

ניתוח רב גורמי של חברת הפרפרים המשמשת כביואינדקטור להשפעת
האדם ואיכות בית הגידול בפארק רמת הנדיב

רחלי שוורץ צחור

חיבור לשם קבלת התואר "דוקטור לפילוסופיה"

אוניברסיטת חיפה

הפקולטה למדעים והוראתם

החוג לביולוגיה אבולוציונית וסביבתית

ינואר, 2007

ניתוח רב גורמי של חברת הפרפרים המשמשת כביואינדקטור להשפעת
האדם ואיכות בית הגידול בפארק רמת הנדיב

מאת: רחלי שוורץ צחור

בהדרכת: פרופ' עדו יצחקי
ופרופ' אבי פרבולוצקי

חיבור לשם קבלת התואר "דוקטור לפילוסופיה"

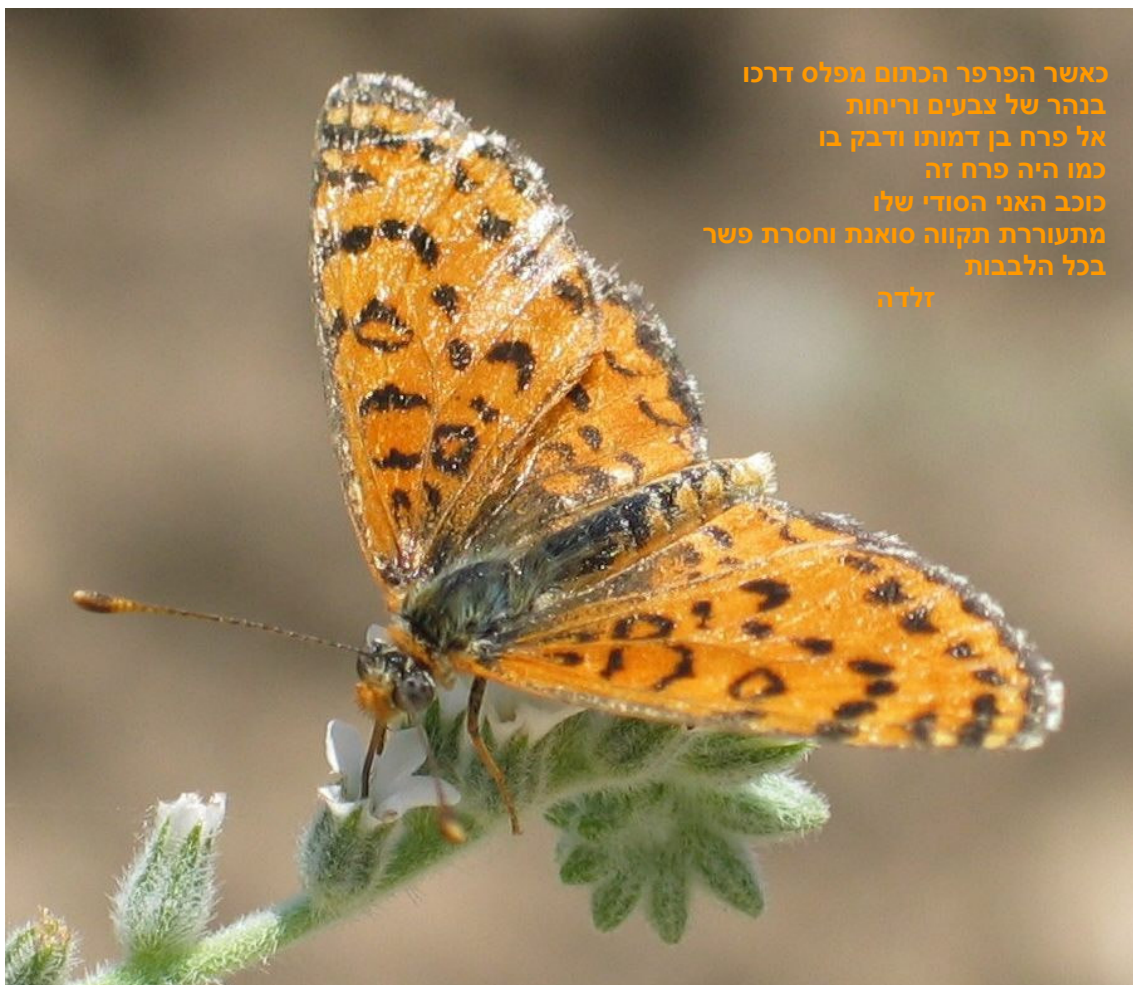
אוניברסיטת חיפה

הפקולטה למדעים והוראתם

החוג לביולוגיה אבולוציונית וסביבתית

ינואר, 2007

מוקדש באהבה וגעגועים
לסבתי – שושנה קוגלר ז"ל
ממנה ספגתי את מהות ההתבוננות
מהפנים אל החוץ
במעגלים הולכים וגדלים



הבעת תודה

עבודת דוקטורט זו, על חברת הפרפרים בפארק רמת הנדיב, היוותה ללא ספק את אחד השיאים בחיי. אני מרגישה צורך להודות לכל אלו שסייעו לי לפסוע בנתיבי הפרפרים ולבחון באמצעותם את האפשרות לקיומו של אופק אקולוגי מבטיח יותר.

תודה מקרב לב למנחים שלי - לפרופ' עדו יצחקי על עזרתו המסורה והמהירה בכל עניין קטן כגדול, על הנכונות, הרצון הטוב, העידוד והחיוך שלא מש מעל פניו מבוקר ועד ערב. לפרופ' אבי פרבולוצקי, על הרעיון המדהים לנושא המחקר – פרפרים כביואינדקטורים, על יכולתו לזקק ולגבש כל רעיון לידי מעשה, על התמיכה, המקצועיות והליווי המסור לאורך כל הדרך.

תודתי העמוקה למנכ"ל רמת הנדיב הוגו יאן טרגו ולכל צוות העובדים על התמיכה והעזרה הרבה בכל דבר ועניין ובעיקר על הטיפול המקצועי בצד הלוגיסטי של המחקר. לענבר קטלב, רן לוטן, יוסי בן מיור ורן גיל על העזרה בתצפיות ולאולונה וחברת מטאוטק על הארגון הראשוני של נתוני האקלים.

תודה חמה לנשיא אגודת חובבי הפרפרים, דובי בנימיני, על ששיתף אותי בידיעותיו המפליגות ועל עזרתו הנדיבה בכל עת ובכל שעה. למזכיר האגודה, אופיר תומר, על שיתוף הפעולה הפורה ועל נכונותו לעזור תמיד. לד"ר גיא פאר, על תמיכתו, עזרתו ותובנותיו ולד"ר ירון זיו, על הערותיו המועילות לגבי האנליזה הסטטיסטית.

ברצוני להודות למוסדות שהעניקו לי מלגות. לרשות ללימודים מתקדמים באוניברסיטת חיפה, על מלגת השתלמות שהוענקה לי במשך שלוש שנים תמימות, ולרמת הנדיב, על התמיכה בנסיעתי לכנס על שימור וממשק תומך פרפרים בארה"ב.

תודה מיוחדת אני חבה לבני משפחתי. לדני, בעלי, שעזר, תמך ועודד אותי בכל עת. לילדי, עמי ואיתי, שהתלוו אלי לעיתים מזומנות לשטח המחקר ועזרו לי רבות וליסמין - שגדלה לתוך הוויית הפרפרים מהיותה בת שנה ועד היום כשהיא מתקרבת ליום הולדתה השמיני. להורי, שבשביל אותנו התוו אני צועדת. אבי, יצחק צחור ז"ל, שעורר בי את הרגשת הפליאה אל מול יופיו הנשגב של הטבע. אימי, יהודית צחור, שבילדותי שוטטתי בין המשתלה וגינות הנוי אותן טפחה, למעבדות המחקר החקלאי בהן עבדה.

תוכן העניינים

עמוד		
IX	תקציר	
XI	רשימת איורים	
XIII	רשימת טבלאות	
1	מבוא כללי	1
2	היתרונות הגלומים בשימוש בפרפרים כביואינדקטור	1.1
2	אפשרות להגדרת כל המינים	1.1.1
2	איתור וזיהוי קלים בשטח	1.1.2
2	זיקה חזקה לבית הגידול	1.1.3
2	מיקום מרכזי בפירמידת המזון	1.1.4
2	מחזור חיים קצר	1.1.5
2	עושר מינים "בינוני"	1.1.6
2	ייצוג מגוון גבוה של בתי גידול	1.1.7
3	הגורמים עבורם יכולים הפרפרים לשמש כביואינדקטור	1.2
3	שינויי אקלים	1.2.1
3	מגוון של קבוצות בעלי חיים שונות	1.2.2
4	מגוון הצומח	1.2.3
4	טופוגרפיה והטרונגניות של בתי גידול	1.2.4
4	שינויים בתכונות הקרקע	1.2.5
4	פרגמנטציה של שטחים טבעיים	1.2.6
4	רעייה	1.2.7
4	שריפות	1.2.8
5	זיהום אוויר	1.2.9
5	עיור ופיתוח	1.2.10
5	אתרים ארכיאולוגיים ומחצבות	1.2.11
5	שטחי אימון צבאיים	1.2.12
6	חשיבות הפרפרים בשימור בתי גידול ומגוון המינים הכולל	1.3
6	פרפרים כמיני מטריה	1.3.1
6	איתור אזורים רגישים במיוחד (Hotspots) הזקוקים לשימור בעזרת פרפרי יום	1.3.2
7	שיחזור בתי גידול בני חלוף ושיטות ממשק מסורתיות (Habitat Restoration)	1.3.3
8	אפיון הפרפרים בישראל	1.4
8	תיזת המחקר	1.5

10	פרפרים כביואינדקטור לאיכות הממשק ובתי הגידול	2
10	מבוא	2.1
11	שיטות	2.2
11	שיטת החתך המעגלי	2.2.1
12	רשימת המסלולים ובתי הגידול בהם חל ניטור הפרפרים ומספרם	2.2.2
14	ניטור פרפרים	2.2.3
14	בתי הגידול ודרכי הממשק הנבדקים	2.2.4
14	רעייה בגריגה	2.2.4.1
14	חורשות מחטניים נטועות תחת משטר רעייה	2.2.4.2
14	דרכי עפר בגריגה ובחורשות הנטועות	2.2.4.3
15	שדות נטושים	2.2.4.4
15	אתרים המועשרים בצמחי צוף ופונדקאים	2.2.4.5
15	אנליזה סטטיסטית	2.2.5
16	תוצאות	2.3
21	דיון	2.4
22	רעייה	2.4.1
23	חורשות נטועות	2.4.2
23	דרכי עפר ושבילים	2.4.3
24	שדות נטושים	2.4.4
25	בית גידול מועשר בצמחיה	2.4.5
26	סיכום	2.4.6
28	השפעת תנאי האקלים על חברת הפרפרים	3
28	מבוא	3.1
29	שיטות	3.2
29	ניטור הפרפרים	3.2.1
29	ניטור נתוני האקלים	3.2.2
30	אנליזה סטטיסטית	3.2.3
30	תוצאות	3.3
30	מדדי הפרפרים	3.3.1
30	הפרמטרים האקלימיים	3.3.2
31	דירוג חשיבותם של משתנים אקלימיים ביחס למגוון, עושר ושפע מיני הפרפרים	3.3.3
39	דיון	3.4
39	אקלים	3.4.1
40	אקלים ופרפרים	3.4.2
41	פרפרים כביואינדקטור להשפעות תנאי אקלים	3.4.3
42	סיכום	3.4.4
43	הפרפרים כביואינדקטור למגוון הצומח בדגש צמחי צוף ופונדקאים	4

43	מבוא	4.1
44	שיטות	4.2
44	ניטור הפרפרים	4.2.1
45	ניטור צמחי צוף	4.2.2
45	ניטור צמחים פונדקאים	4.2.3
45	תצפיות בביקורי פרפרים בצמחי צוף	4.2.4
46	ניטור נתוני האקלים	4.2.5
46	אנליזה סטטיסטית	4.2.6
47	תוצאות	4.3
47	חלקם היחסי של מיני צמחי הצוף והפונדקאים של הפרפרים בכלל מיני הצומח	4.3.1
48	מדדי עושר ושפע של צמחי צוף ופרפרים	4.3.2
51	מדדי עושר ושפע של צמחי הפונדקאים והפרפרים	4.3.3
52	מיני פרפרים ג'נרליסטים וספציאליסטים	4.3.4
56	דיון	4.4
57	עושר ושפע פרפרים וצמחי צוף במהלך השנה	4.4.1
57	עושר ושפע צמחי צוף ופרפרים בבתי הגידול השונים	4.4.2
59	עושר ושפע פרפרים ופונדקאים בבתי הגידול השונים	4.4.3
60	פרפרים ג'נרליסטים וספציאליסטים לגבי צמחי צוף	4.4.4
61	השפעת משתני אקלים וצמחי צוף על מדדי הפרפרים	4.4.5
62	סיכום	4.4.6
63	השפעת גודל כתם של משאב מועשר על דפוסי הטלה ושיחור מזון של פרפרים	5
63	מבוא	5.1
64	שיטות	5.2
65	ניסויי המינפולציה	5.2.1
65	השפעת גודל הכתם של הצמחים הפונדקאים על שעור ההטלה	5.2.1.1
65	השפעת גודל הכתם של צמחי הצוף על דגם שיחור המזון	5.2.1.2
66	השפעת סוג הכתם של צמחי הצוף על דגם שיחור המזון	5.2.1.3
67	תוצאות	5.3
67	השפעת גודל הכתם של הצמחים הפונדקאים על ההטלה	5.3.1
68	השפעת גודל הכתם של צמחי הצוף על דגם שיחור המזון	5.3.2
73	השפעת סוג הכתם של צמחי הצוף על דגם שיחור המזון	5.3.3
75	דיון	5.4
76	מניפולציה בגודל הכתם של צמחים פונדקאים	5.4.1
77	מניפולציה בגודל כתם של צמחי צוף	5.4.2
77	השוואת סוגי כתם של צמחי צוף	5.4.3
78	סיכום	5.4.4

80	השפעת תכונות האקוסיסטמה והממשק על הרכב חברת הפרפרים ברמת הנדיב	6
80	מבוא	6.1
81	שיטות	6.2
81	ניטור הפרפרים	6.2.1
82	ניטור צמחי צוף	6.2.2
82	ניטור נתוני האקלים	6.2.3
82	אנליזה סטטיסטית	6.2.4
83	תוצאות	6.3
84	קבוצת מיני הסתיו	6.3.1
84	קבוצת מיני הקיץ	6.3.2
84	קבוצת מיני האביב	6.3.3
85	קבוצת מיני החורף	6.3.4
85	קבוצת מינים חסרי זיקה עונתית	6.3.5
88	דיון	6.4
88	פרפרי הסתיו	6.4.1
89	פרפרי הקיץ	6.4.2
90	פרפרי האביב	6.4.3
91	פרפרי החורף	6.4.4
92	פרפרים חסרי זיקה עונתית	6.4.5
92	סיכום	6.4.6
94	דיון כללי וסיכום	7
95	הפרפרים כביואינדקטור אקולוגי לרובד בתי הגידול ואורחות הממשק	7.1
95	בית הגידול המועשר בצמחי תרבות	7.1.1
96	בית הגידול של השדות הנטושים	7.1.2
97	בית הגידול של הגריגה	7.1.3
97	רעייה בגריגה	7.1.3.1
98	דרכי עפר ושבילים בגריגה	7.1.3.2
98	בית הגידול של החורשות נטועות	7.1.4
99	הפרפרים כאינדקטור למגוון הצומח בהתבסס על צמחי הצוף והפונדקאים	7.2
100	השפעת תנאי האקלים על חברת הפרפרים	7.3
101	השפעת עונות השנה על חברת הפרפרים	7.4
102	עונת האביב	7.4.1
102	עונת הקיץ	7.4.2
102	עונת הסתיו	7.4.3
103	עונת החורף	7.4.4

103	סיכום	7.4.5
104	ספרות	8
116	נספחים	9
116	משפחות פרפרי היום בישראל	נספח 9.1
119	רשימת מצאי פרפרי היום ברמת הנדיב, לכל מין ניתן קוד בו השתמשי ברישום ובאנליזה הסטטיסטית	נספח 9.2
120	שפע, עושר ומגוון הפרפרים בשמונת בתי הגידול הנבדקים בשנים 2003-05 (ממוצע + סטיית תקן לחתך בבלוק בבית גידול)	נספח 9.3
121	שפע, עושר ומגוון הפרפרים בכל חודשי השנה (ממוצע תלת שנתי + שגיאת תקן לחתך בבלוק בחודש)	נספח 9.4
122	תוצאות תלת שנתיות (2003-2005) של משתני האקלים בכל חודשי השנה (ממוצע + שגיאת תקן לחתך בבלוק בחודש)	נספח 9.5
127	תוצאות מבחני רגרסיה רבת משתנים לבחינת הגורמים האקלימיים המשפיעים על מדדי המגוון, העושר ושפע הפרפרים בבתי הגידול בשנים 2003-05	נספח 9.6
129	גורמי האקלים המשפיעים וגורמי האקלים שאינם משפיעים על מדדי מגוון, עושר ושפע הפרפרים בבתי הגידול בשנים 2003-05 לפי תוצאות מבחני רגרסיה רבת משתנים	נספח 9.7
131	רשימת פונדקאי הפרפרים שעבורם חל איסוף הנתונים ברמת הנדיב ב-2004	נספח 9.8
134	רשימת צמחי צוף של פרפרים ברמת הנדיב לפי תצפיות בשנים 2003-06	נספח 9.9
138	תוצאות מבחני רגרסיה רבת משתנים לבחינת השפעת משתני האקלים וצמחי הצוף על מדדי המגוון, העושר ושפע הפרפרים בבתי הגידול בשנים 2003 ו-2004 (בנפרד)	נספח 9.10
139	תוצאות מבחני רגרסיה רבת משתנים לבחינת השפעת משתני האקלים וצמחי הצוף על מדדי המגוון, העושר ושפע הפרפרים בכל בתי הגידול בשנים 2003-04 (יחד)	נספח 9.11
140	גורמי האקלים המשפיעים (+) ואלו שאינם משפיעים (-) על מדדי מגוון, עושר ושפע הפרפרים בבתי הגידול בשנים 2003 ו-2004 (בנפרד) לפי תוצאות מבחני רגרסיה רבת משתנים	נספח 9.12
142	גורמי האקלים המשפיעים (+) ואלו שאינם משפיעים (-) על מדדי מגוון, עושר ושפע הפרפרים בכל בתי הגידול בשנים 2003-04 יחד, לפי תוצאות מבחני רגרסיה רבת משתנים	נספח 9.13
143	מספר הפרטים הנצפים מכל מיני הפרפרים בשנים 2003-05 והקודים של מיני הפרפרים כפי שהם מופיעים באיורי האורדינציה	נספח 9.14
146	תקציר באנגלית	10

ניתוח רב גורמי של חברת הפרפרים המשמשת כביואינדקטור להשפעת האדם ואיכות בית הגידול בפארק רמת הנדיב

רחלי שוורץ צחור

תקציר

הפגיעה הדרמטית במערכות אקולוגיות טבעיות בארץ ובעולם הובילה למחקר רחב היקף לריסון תהליכי ההרס וההכחדה ולהכרה בצורך בקבוצה טקסונומית שתהווה ביואינדקטור יעיל המורה על שינויים החלים במערכות אקולוגיות ובאוקלוסיות המינים הקיימים בהן. מחקרים רבים הצביעו על קבוצת הפרפרים כביואינדקטור מומלץ למטרה זו.

במחקר הנוכחי נבחנה יכולתה של חברת הפרפרים בפארק רמת הנדיב, המונה 45 מינים, לשמש כביואינדקטור להשפעות האדם ודרכי הממשק המונהגות על ידו (רעייה, נטיעת עצים, גינון ואחזקת דרכים) לאיכות בית הגידול במקום. נבחנה גם יכולתה של חברת הפרפרים לשמש כאינדיקטור למגוון הביולוגי של הצומח בהתבסס על צמחי הצוף והפונדקאים. בנוסף, נחקרה השפעתם של 13 משתני אקלים על חברת הפרפרים והשפעת מיקום וגודל הכתם של משאב מועשר (צמחי צוף ופונדקאים) על דפוסי ההטלה ושיחור המזון של הפרפרים באמצעות ניסויי מניפולציה. לבסוף, נחקרה ההשפעה של מכלול התכונות של האקוסיסטמה (עונתיות, בתי גידול, תנאי אקלים ומדדי צומח) והממשק על דינאמיקת חברת הפרפרים במרחב ובזמן.

הממצאים העיקריים של המחקר מלמדים כי רעיית הבקר בגריגה תורמת לעליה בשפע הפרפרים אך לא להגדלת עושר ומגוון מיני הפרפרים. דרכי העפר הרחבות תורמות לפעילות שיחור הפרפרים בשטחי גריגה ובחורשות נטועות ואילו השבילים הצרים משמשים עבור הפרפרים נתיבי תעופה בתוך נופי החורשה והגריגה הסגורים. בחורשות הנטועות התקבלו ערכים נמוכים לכל מדדי המגוון אך נמצא שיש להן חשיבות עבור מיני פרפרים העוברים בהן קיוט בקיץ. בשדות הנטועים נמצאו ערכים גבוהים עבור כל מדדי מגוון הפרפרים ובבית הגידול המועשר באמצעות גינון נמצאו ערכי שיא עבור כל מדדי מגוון הפרפרים.

מניסויי המניפולציה עולה כי לגודל הכתם המועשר יש השפעה על שיחור הפרפרים אחרי מזון ואתרי הטלה וכי האטרקטיביות של בית הגידול המועשר עולה בעונות היבשות בהן הוא מהווה כעין "נווה מדבר" בשל צמחי הצוף הפורחים בו. עוד נמצא כי ניטור חברת הפרפרים נותן אינדיקציה מצוינת של עושר ושפע צמחי הצוף (המהווים 27% מכלל מיני הצומח) אך לא של עושר ושפע הפונדקאים. בחינת מדרג משתני האקלים לפי חשיבותם בעיצוב מבנה חברת הפרפרים מלמדת כי לקרינה היומית המקסימלית יש את ההשפעה הגדולה ביותר על מדדי המגוון של הפרפרים ולאחר מכן, ללחות היחסית המינימלית ולמשתני הטמפרטורה. מאנליזת האורידנציה

עולה כי לזיקה העונתית חשיבות מכרעת בעיצוב מבנה חברת הפרפרים והם מתקבצים לקבוצות של פרפרי סתיו, פרפרי חורף, פרפרי אביב ופרפרי קיץ למרות שרבים מהמינים מעופפים ביותר מעונה אחת.

מסקנות המחקר הן: 1. חברת הפרפרים מהווה אינדיקטור אקולוגי מהימן לפעולות ממשק והשפעות האדם. לפי חברת הפרפרים, פסיפס בתי הגידול ומערך הטיפולים הממשקיים (רעייה, דילול, חורשות נטועות, גינון ואחזקת דרכים) מגדילים את ההטרוגניות האקולוגית ומעלים את מדדי המגוון הביולוגי. 2. חברת הפרפרים מהווה אינדיקטור מהימן למגוון הצומח בשל הקשר ההדוק של הפרפרים לצמחי הצוף. 3. ניטור ארוך טווח של חברת הפרפרים יחד עם ניטור תנאי האקלים כמו, קרינה, לחות יחסית וטמפרטורה יכולים לשמש ככלי יעיל בליווי התאוששות מערכות אקולוגיות לאחר התרחשותן של תופעות טבע כמו בצורת, שרפות או שיטפונות בתנאי אקלים ים תיכוניים. 4. למרבית מיני הפרפרים זיקה עונתית גבוהה המגלמת בתוכה את הזיקה וההתאמה של כל מין פרפר לגומחה האקולוגית שלו, המורכבת מתמהיל של מרכיבים הכולל גם את: תנאי האקלים, מצאי צמחי הצוף והפונדקאים ובמידה מסוימת, גם את סוג בית הגידול ודרכי הממשק, כפי שעולה ממחקר זה.

רשימת איורים

מספר	שם	עמוד
2.1	תצלום אוויר של שטח רמת הנדיב.	13
2.2	ממוצע שלוש שנתי (2003-05) של שפע, עושר ומגוון הפרפרים בשמונת בתי הגידול הנבדקים (ממוצע + סטיית תקן לחתך בבלוק בבית גידול).	17
2.3	האינטראקציה של בית הגידול והחודש במבחן שוניות דו-כיווני והשפעתם על שפע ומגוון הפרפרים הממוצע בשנים 2003-05.	19
2.4	תוצאות מבחני חי בריבוע לגבי תדירות מעוף הפרפרים לאורך, בניצב ולצד דרכי העפר/השבילים בשמונת בתי הגידול הנבדקים.	20
2.5	תוצאות מבחני חי בריבוע לגבי תדירות ביקורי הפרפרים בצמחי צוף והתנהגותם הטריטוריאלית בשמונת בתי הגידול הנבדקים.	21
3.1	שפע, עושר ומגוון הפרפרים בכל חודשי השנה (ממוצע שלוש שנתי 2003-05 + שגיאת תקן).	32
3.2	ממוצע יומי תלת שנתי (+ שגיאת תקן) של ערכי טמפי' המקסימום, טמפי' המינימום והטמפי' הממוצע בכל חודשי השנה.	33
3.3	ממוצע שלוש שנתי (+ שגיאת תקן) של ערכי מקסימום לחות יחסית, מינימום לחות יחסית וממוצע לחות יחסית בכל חודשי השנה.	34
3.4	ממוצע שלוש שנתי (+ שגיאת תקן) של ערכי הטמפרטורה, הלחות יחסית ומהירות הרוח היממתיים הממוצעים בכל חודשי השנה.	35
3.5	ממוצע שלוש שנתי (+ שגיאת תקן) של הממוצע היומי של ערכי מהירות הרוח, כלל הקרינה ומקסימום הקרינה בכל חודשי השנה.	36
3.6	ממוצע שלוש שנתי (+ שגיאת תקן) של כמות הגשם המצטברת בחודשי השנה.	37
4.1	חלוקת מיני צמחי הבר ברמת הנדיב (577 במספר) לצמחי צוף של פרפרים, לצמחים מואבקי חרקים ולצמחים מואבקי רוח + שרכים.	47
4.2	עושר הפרפרים וצמחי הצוף שלהם לחתך בחודש בשנים 2003-04 (ממוצע שנתי ושגיאת תקן).	49
4.3	שפע הפרפרים וצמחי הצוף שלהם לחתך בחודש בשנים 2003-04 (ממוצע שנתי ושגיאת תקן).	49
4.4	עושר הפרפרים וצמחי הצוף שלהם בבתי הגידול השונים בחתך בחודש בשנים 2003-04 (ממוצע שנתי ושגיאת תקן).	50
4.5	מתאם עושר צמחי הצוף ועושר הפרפרים בבתי הגידול בשנת 2004.	50
4.6	שפע הפרפרים וצמחי הצוף שלהם בבתי הגידול השונים בחתך בחודש בשנים 2003-2004 (ממוצע שנתי ושגיאת תקן).	51
4.7	עושר הפרפרים והפונדקאים שלהם בבתי הגידול השונים בחתך בחודש בשנים 2003-04 (ממוצע שנתי ושגיאת תקן).	51

52	שפע הפרפרים והפונדקאים שלהם בבתי הגידול השונים בחתך בחודש בשנים 2003-04 (ממוצע שנתי ושגיאת תקן).	4.8
54	התפלגות ביקורי המין הגינרליסט לימונית האשחר (<i>Gonepteryx</i> <i>cleopatra</i>) בצמחי צוף בשנים 2003-05.	4.9
55	התפלגות ביקורי המין הספציאליסט, כחליל האשחר (<i>Strymonidia</i> <i>spini melanth</i>), בצמחי צוף שכולם צמחי בר בשנים 2003-05.	4.10
65	מערך הניסוי	5.1
68	מספר זחלים של לבנין הכרוב לעציץ בכתמים קטנים וגדולים בסתיו ובאביב (ממוצע + שגיאת תקן).	5.2
70	מספר ביקורי הפרפרים בצמחי צוף בכתמים קטנים וגדולים בסתיו ובאביב (ממוצע + שגיאת תקן).	5.3
71	מספר ביקורי הפרפרים בצמח צוף בעציץ בודד בכתמים קטנים וגדולים בעונות הסתיו והאביב (ממוצע + שגיאת תקן).	5.4
72	מספר פרחי צמחי הצוף המבוקרים ע"י פרפרים בכתמים קטנים לעומת גדולים בסתיו ובאביב (ממוצע + שגיאת תקן).	5.5
72	מספר הפרחים המבוקרים ע"י פרפרים בעציץ בודד בכתמים קטנים וגדולים בסתיו ובאביב (ממוצע + שגיאת תקן).	5.6
74	מספר ביקורי הפרפרים בסוגי כתמים שונים בסתיו ובאביב (ממוצע + שגיאת תקן).	5.7
75	מספר הפרחים המבוקרים ע"י פרפרים בסוגי הכתמים השונים בסתיו ובאביב (ממוצע + שגיאת תקן).	5.8
86	דיאגראמת אורדינציה של מבנה חברת הפרפרים ברמת הנדיב ביחס ל-11 משתנים סביבתיים.	6.1
87	דיאגראמת אורדינציה של מבנה חברת הפרפרים ברמת הנדיב ביחס ל-21 משתנים סביבתיים.	6.2

רשימת טבלאות

מספר	שם	עמוד
2.1	תוצאות מבחן שונויות דו כיווני לבדיקת חשיבות הגורמים המשפיעים על שפע, מגוון, ועושר מיני הפרפרים בשנים 2003-05.	18
3.1	סיכום הקשר בין גורמי האקלים ומדדי המגוון, העושר ושפע הפרפרים בכל בתי הגידול בשנים 2003-05 לפי תוצאות מבחני רגרסיה רבת משתנים.	37
3.2	הקשר בין גורמי האקלים ומדדי המגוון, העושר ושפע הפרפרים בכל בתי הגידול מלבד בית גידול 8 בשנים 2003-05 לפי תוצאות מבחני רגרסיה רבת משתנים.	38
3.3	תוצאות מבחני רגרסיה לינארית רבת משתנים לבחינת תרומת הגורמים האקלימיים העיקריים לשונות במדדי המגוון, העושר ושפע הפרפרים בכל בתי הגידול הנבדקים בשנים 2005-03.	38
3.4	תוצאות מבחני רגרסיה לינארית רבת משתנים לבחינת תרומת הגורמים האקלימיים העיקריים לשונות במדדי המגוון, העושר ושפע הפרפרים בכל בתי הגידול מלבד בית גידול 8 בשנים 2003-05.	39
4.1	חלקם היחסי של מיני צמחי הצוף והפונדקאים של הפרפרים בצמחיית רמת הנדיב.	47
4.2	תצפיות ביקורי פרפרים בצמחי צוף ועושר צמחי צוף מבוקרים בשנים 2005-03.	53
4.3	מדדי צומח וגורמי האקלים המשפיעים (+) ואלו שאינם משפיעים (-) על מדדי המגוון, העושר ושפע הפרפרים בכל בתי הגידול מלבד בית גידול 8 בשנים 2003-04 לפי תוצאות מבחני רגרסיה רבת משתנים.	56
4.4	תוצאות מבחני רגרסיה רבת משתנים לבחינת מדדי הצומח וגורמי האקלים המשפיעים על מדדי המגוון, העושר ושפע הפרפרים בכל בתי הגידול מלבד בית גידול 8 בשנים 2003-4.	56
5.1	מיני צמחי הצוף שנצפו בניסוי בסוגי הכתמים השונים.	66
5.2	בדיקת מובהקות ההבדלים במס' הזחלים של לבנין הכרוב (<i>Pieris brassicae</i>) לעציץ בכתמים קטנים וגדולים בסתיו ובאביב, לפי מבחן שונויות דו-כיווני.	68
5.3	רשימת מיני הפרפרים שנצפו בכתמי צוף גדולים וקטנים בסתיו ובאביב.	69
5.4	בדיקת מובהקות ההבדלים במס' ביקורי הפרפרים הממוצע בכתמים קטנים וגדולים בסתיו ובאביב, לפי מבחן שונויות דו-כיווני.	70
5.5	בדיקת מובהקות ההבדלים במס' ביקורי הפרפרים הממוצע בצמח צוף בעציץ בודד בכתמים קטנים וגדולים בסתיו ובאביב, לפי מבחן שונויות דו-כיווני.	71
5.6	בדיקת מובהקות ההבדלים במס' הממוצע של הפרחים המבוקרים ע"י פרפרים בכתמים קטנים וגדולים בסתיו ובאביב, לפי מבחן שונויות דו-	72

כיווני.

73	בדיקת מובהקות ההבדלים במס' הממוצע של הפרחים המבוקרים ע"י פרפרים בעציץ בודד בכתמים קטנים וגדולים בסתיו ובאביב, לפי מבחן שוניות דו-כיווני.	5.7
73	מיני הפרפרים שנצפו בסוגי הכתם השונים בסתיו ובאביב.	5.8
75	בדיקת מובהקות ההבדלים במס' הממוצע של ביקורי פרפרים בסוגי הכתמים השונים בסתיו ובאביב, לפי מבחן שוניות דו-כיווני.	5.9
75	בדיקת מובהקות ההבדלים במס' הממוצע של הפרחים המבוקרים ע"י פרפרים בסוגי הכתמים השונים בסתיו ובאביב, לפי מבחן שוניות דו-כיווני.	5.10

פרק 1: מבוא כללי

הפגיעה המואצת במערכות אקולוגיות טבעיות בישראל ובעולם כולו מהווה איום על המגוון הביולוגי (Biodiversity) (New, 1995; Thomas et al., 2004). בחלקים גדולים של העולם משולים שטחי הנוף הטבעי ששרדו לאיים בים של פיתוח הכולל עיור ואזורי תעשייה כמו גם יישובים כפריים, שטחים חקלאיים נרחבים ורשת צירי תחבורה מסועפת.

חשיבות עליונה נודעת לשימור מגוון מיני הצומח ובעלי החיים אשר עדיין קיימים בשטחי הנוף הטבעי. בכדי לנסות ולהגן על מרבית המינים, מבלי לחקור כל אחד מהם באופן פרטני, נהוג בקרב המדענים להשתמש בקבוצות מסוימות של צמחים או בעלי חיים כביואינדיקטורים (סמנים ביולוגיים) המלמדים על מצבן של קבוצות בעלי חיים אחרות, מצב חברות הצומח השונות, בתי הגידול השונים והמערכת האקולוגית בכללותה (Brown & Freitas, 2000; Cardoso et al., 2004; DeHeer et al., 2005; Pereira & Cooper, 2006).

המדענים מעדיפים להשתמש בקבוצה טקסונומית שלמה של מינים ולא במינים בודדים כאינדיקטור לאיכות המערכת האקולוגית. זאת מכיוון שמחקרים רבים הראו שכאשר משתמשים במינים בודדים כאינדיקטורים התוצאה עשויה לשקף רק תחום צר של תנאים אקולוגיים הדרושים לאורגניזמים אלו בלבד. מחקר של קבוצה טקסונומית שלמה בתנאי שאינה גדולה מדי (עד עשרות מינים), נחשב לאידיאלי היות והוא נותן תמונה מקיפה על היבטים שונים של בית הגידול (Keer et al., 2000). קבוצה טקסונומית מאוד גדולה, המכילה אלפי מינים, אינה מומלצת מפני שנדרש מאמץ עצום לשם זיהויים והגדרתם של כל המינים הנכללים בה. McGeoch (1998) מחלקת את המושג ביואינדיקטור לשלוש קטגוריות משנה: 1. אינדיקטור סביבתי (Environmental indicator) המתייחס למין בודד או קבוצת מינים המגיבים בדרך מידית, נצפית ומדידה, להפרעות סביבתיות או לשינויים במצב הסביבה כמו זיהום האוויר או ההתחממות הגלובלית. 2. אינדיקטור אקולוגי (Ecological indicator) המתייחס לקבוצת מינים טקסונומית הקשורה לאפקט שיש לשינויים סביבתיים בבית הגידול או לפרגמנטציה של בתי גידול על מערכות ביוטיות. 3. אינדיקטור למגוון מינים (Biodiversity indicator) המתייחס לקבוצה טקסונומית אחת או למספר קבוצות טקסונומיות המשקפות מדדי מגוון של קבוצות טקסונומיות אחרות בבית הגידול או בסט של בתי גידול.

קבוצת מיני הפרפרים נחשבת לאחת מקבוצות הביואינדיקטורים הטובות ביותר לכל הקטגוריות המפורטות לעיל. בעשור האחרון הלך והתרחב השימוש בקבוצה זו כביואינדיקטור המורה באופן מוצלח על שינויים החלים בגורמים השונים המרכיבים מערכות אקולוגיות (Thomas & Mallorie, 1985; Kermen, 1994; New, 1995; Pearson & Carroll, 1999; Brown & Freitas, 2000; Kerr et al., 2000; Lund & Rahbek, 2002; Fleishman et al., 2002; Kitahara & Watanabe, 2003; Croxton et al., 2005; DeHeer et al., 2005).

1.1 היתרונות הגלומים בשימוש בפרפרים כביואינדקטור

1.1.1 אפשרות להגדרת כל המינים - מאז ומעולם, בנוסף לאנטומולוגים, היו בנמצא חובבי טבע רבים שנמשכו לפרפרים בשל יופיים הרב, הכירו אותם בשמותיהם, באורחות חייהם ואף תעדו אותם באיורים וצילומים (New, 1995). כתוצאה מהתיעוד הרב קיימים היום בכל העולם מגדירים הכוללים את רוב רובם של הפרפרים. לכן קל יחסית ללמוד להכיר, לזהות ולהגדיר את מרבית מיני הפרפרים (מלבד באזורים הטרופיים הלחים בהם קיימים עדיין מינים רבים שטרם הוגדרו).

1.1.2 איתור וזיהוי קלים בשטח - רוב הפרפרים גדולים יחסית, עפים לאט יחסית, קל לראותם, לזהותם במעוף ובמידה ודרוש, קל גם לתפוס ולהגדיר אותם (Pollard, 1977).

1.1.3 זיקה חזקה לבית הגידול - מרבית מיני הפרפרים הם בעלי צרכים ספציפיים ומוגדרים מבית הגידול (Fleishman & Murphy, 1999). לכל מין יש מיני צמחים פונדקאים שרק עליהם מטילה הנקבה את הביצים ועלוותם מהווה מקור מזון לחללים. הפרפרים הבוגרים של כל מין מותאמים באורך החדק, חוש הראייה וחוש הריח להיזון על פי רוב מצמחים בעלי פרחי צוף. לעיתים קרובות שטח המחיה של הפרפרים הבוגרים רחב יותר משל החללים, אך הוא עדיין מוגבל בגודלו על ידי הצמחים הפונדקאים אליהם צריכות הנקבות לשוב ולהטיל (Shreeve & Mason, 1980; Thomas & Mallorie, 1985; Loertscher et al., 1995). מכאן, שפגיעה או שינוי המשפיעים על הצמחים הפונדקאים ו/או צמחי הצוף בבית הגידול ישפיעו מידית על הפרפרים שהם לרוב מונופאגים או אוליגופאגים.

1.1.4 מיקום מרכזי בפירמידת המזון - הפרפרים כצרכניים ראשוניים מהווים חוליה אמצעית בשרשרת המזון בין הצמחים היצרניים לבין ציפורים, לטאות וחרקים הטורפים ומטפילים אותם. ככלל, הפרפרים רגישים לגורמים שונים במערכת האקולוגית, ובפרט לשינויים החלים באוכלוסיות הפונדקאים, הטורפים והטפילים שלהם (Ohsaki & Sato, 1994; Weeks, 2003).

1.1.5 מחזור חיים קצר - אוכלוסיות חרקים, ובכלל זה גם פרפרים, מגיבות מהר לשינויים במערכת האקולוגית בשל זמן הדור הקצר שלהם. כל פרפר היום מקימים לפחות דור אחד בשנה ולעיתים שניים עד שמונה דורות בשנה (בנימיני, 2002א). לכן, ניתן ללמוד בעזרתם במהירות על השינויים המתחוללים במערכת האקולוגית וזאת, בשונה מקבוצות מיני הזוחלים, העופות והיונקים המגיבים יחסית לאט.

1.1.6 עושר מינים "בינוני" - סדר הגודל האידיאלי בקבוצה טקסונומית הנבחרת לשמש כביואינדקטור עומד על עשרות מינים. במרבית המחקרים שעסקו במגוון ועושר פרפרי יום במקומות שונים בעולם, אכן נמצא עושר של עשרות מיני פרפרים (Colling et al., 2003; Sutcliffe et al., 2003; Kravchenko et al., 2002; Kerr et al., 2000; Fleishman & Thomas & Mallorie, 1985; Murphy, 1999; Debinski & Brussard, 1994). יוצא מכלל זה הוא האזור הטרופיק הלח בו יש מאות מינים (Lawton et al., 1998).

1.1.7 ייצוג מגוון גבוה של בתי גידול - הפרפרים נפוצים בכל בתי הגידול, בכל היבשות בעולם, מלבד בקטבים ובבתי גידול אקוטים (New, 1995).

1.2 הגורמים עבורם יכולים הפרפרים לשמש כביואינדקטור

פרסומים מדעיים רבים מעידים על היות הפרפרים אינדקטורים ביולוגיים מהימנים הן לשינויים החלים בגורמים הביולוגיים והאביוטיים המרכיבים את המערכת האקולוגית והן להשפעות שונות של האדם על האקוסיסטמה, להלן דוגמאות:

1.2.1 שינויי אקלים - ההתחממות הגלובלית בשלושים השנה האחרונות מתבטאת גם בשינויים בתפוצת הפרפרים. באירופה ובמערב אסיה נמצא שההתחממות גרמה לתזוזה של תחום התפוצה של מינים גנרליסטים צפונה ולהכחדה של חלק מהמינים הספצייליסטים (Sutcliffe et al., 1996; Parmesan et al., 1999; Hill et al., 2000; Keer, 2001; Warren et al., 2001; Konvicka et al., 2003; Bolotov, 2004). בבריטניה בחנו את תופעת "הקדמת האביב" המתבטאת בעליה מוקדמת של הטמפרטורות באביב ונמצא שהיא משפיעה על עיתוי הופעת הפרפרים הבוגרים, המקדימים להגיע מהגלמים (Sparks & Yates, 1997). ממצאים דומים התקבלו לגבי 23 מיני פרפרים באקלים ים תיכוני בקליפורניה (Forister & Shapiro, 2003). בישראל נמצאו בעשורים האחרונים שישה מינים פליאוטרופיים חדשים שהגיעו מדרום, כנראה בעקבות ההתחממות הגלובלית ושישה מינים אירופיים שהגיעו מצפון, כנראה בשל ההקצנה האקלימית (חורף קר יותר וקיץ חם יותר). מינים צפוניים אלו הרחיבו למעשה את גבול תפוצתם הדרומי לחרמון ולצפון הארץ (בנימיני, 2002). לאחרונה נחקרת גם השפעת תופעת האל-ניניו (ENSO) על הפרפרים. Vandebosch (2003) מצא שתנודות שפע הפרטים באוכלוסיותיו של הפרפר הנווד נימפית החורשף (*Vanessa cardui*) מושפעות מאירועי האל-ניניו ולכן, לדעתו, ניתן ללמוד באמצעות הפרפרים על ההשפעות ארוכות הטווח של שינויי האקלים הגלובליים. Cleary & Mooers (2004) חקרו את השפעתן של שריפות המתרחשות כתוצאה משנות יובש הקשורות לתופעת האל-ניניו, ביערות גשם באקוודור ומצאו, שהן ביערות השרופים והן ביערות שהפכו מבודדים כתוצאה מהשריפות, חלה ירידה בעושר המינים ביחס ליערות הגשם שלא נפגעו מהשריפות.

1.2.2 מגוון של קבוצות בעלי חיים שונות - שאלת המפתח בנושא המגוון הביולוגי היא: האם קצב ההכחדה בקבוצת אורגניזמים אחת מייצג גם קבוצות נוספות? מחקרים הראו מתאם חיובי בין שפע, עושר ומגוון מיני הפרפרים באנגליה לבין מדדים אלו בקבוצות בעלי חיים אחרות (Thomas et al., 2004). New וחבריו (1995) מציינים את קבוצת הפרפרים כביואינדקטור מצוין וכקבוצה מובילה "נושאת דגל" בשימור כלל חסרי החוליות. Thomas (2005) מציינ את קבוצת הפרפרים כאינדקטור המייצג נאמנה את השינויים החלים במגוון קבוצות החרקים היבשתיים. Kerr וחבריו (2000) מצאו שפרפר יום וחגבים הם ביואינדקטורים מוצלחים להערכת מגוון הדבוראים. מחקרים רבים הראו מיתאם גבוה בין מצב אוכלוסיות הפרפרים לבין זה של הציפורים (Pearson & Debinski & Brussard, 1994; Swengel & Swengel, 1999; Carroll, 1999; Fleishman et al., 2002) ושל היונקים (Wilcox et al., 1986) ו-Lund – Rahbek (2002) מצאו שעושר הפרפרים יכול לשקף באופן סביר את עושר הציפורים, הזוחלים והחיפושיות. מנגד, נמצא שמגוון הפרפרים אינו מהווה אינדקטור מוצלח עבור מגוון העשים

הקרובים להם מבחינה פילוגנטית (Ricketts et al., 2002) ועבור מגוון העכבישאים (Grill et al., 2005).

1.2.3 מגוון הצומח – מחקרים במקומות שונים בעולם (מרקו, אוסטריה, קנדה, קמרון, אנגליה ואיטליה) הראו שעושר הפרפרים משקף את עושר מיני הצומח ושצפיפות הפרפרים משקפת את כיסוי השטח והמגוון הגבוה של הצומח (Thomas & Mallorie, 1985; Kerr et al., 2001; Grill et al., 2005; Pascher & Rabb, 2002; Stork et al., 2003; Croxton et al., 2005). במחקר שנערך בישראל (בנחל אורן, בכרמל) נמצא במפנה דרומי עושר פרפרים גבוה יותר מאשר במפנה צפוני ותפוצת הפרפרים נמצאה במיתאם שלילי עם כיסוי השטח בעצים ושיחים. לדעת החוקרים, משקפים ממצאים אלו את הנגישות הגבוהה לצמחים הפונדקאים ולצמחי הצוף במפנה הדרומי וכן את איכותם של צמחים אלו במפנה זה (Kravchenko et al., 2002).

1.2.4 טופוגרפיה והטרונגניות של בתי גידול – במספר מחקרים נמצא מתאם חיובי גבוה בין מגוון הפרפרים לבין מידת ההטרונגניות של בתי הגידול ושל הטופוגרפיה שלהם (Thomas et al., 1992; Kremen, 1992; Sanchez-Rodriguez & Baz, 1995; Gutierrez, 1997; Fleishman et al., 2003; Maes et al., 2002).

1.2.5 שינויים בתכונות הקרקע – במחקר שנערך בהולנד נמצא מתאם בין עושר מיני הפרפרים לחומציות וללחות הקרקע וכן לתכולת הנוטרינטים המצויים בה. הממצאים מלמדים על רגישותם של מיני פרפרים שונים לחומציות הקרקע, לניקוז ולשטיפת נוטרינטים ממנה (Eutrophication) (Oostermeijer & Van-Swaay, 1998).

1.2.6 פרגמנטציה של שטחים טבעיים – מחקרים על פרפרים הראו שקיטוע של שטחים טבעיים גורם לירידה במגוון המינים, במיוחד עקב הפגיעה במינים מתמחים (ספציאליסטים) התלויים בפונדקאי בודד או מיני פונדקאים ספורים הנפגעים או נעלמים עקב הקיטוע (Wettstein & Schmid, 1999; Ramos, 2000; Zschokke et al., 2000; Krauss et al., 2003a; Krauss et al., 2003b).

1.2.7 רעייה – לרעייה מתונה נמצאה השפעה חיובית על פאונת הפרפרים במגוון בתי גידול במקומות שונים ברחבי העולם הכוללים: חורש (Woodland) בסקוטלנד ואנגליה (Kirkland, 2002), ביצות (Wetland) בשוויץ (Wettstein & Schmid, 1999), חוליות חופיות (Coastal dunes) בהולנד (Wallis DeVries & Raemakers, 2001), אדמות מרעה חצי טבעיות (Semi-natural Grassland) בגרמניה (Kruess & Tschardtke, 2002) ובפינלנד (Poyry et al., 2005), ערבות עשבוניות (Tallgrass prairie) ויערות אורנים בקרקע צחיחה (Pine barrens) (Swengel, 1998). חלק מהחוקרים מציינים שעל מנת לשמור על מגוון גבוה של פרפרים עדיף לעיתים קציר או גיזום על פני רעייה או להחיל את הרעייה לסירוגין על פסיפס של שטחים.

1.2.8 שריפות – ממשק של שריפת חלקות לסירוגין נמצא יעיל בהגנה על מינים נדירים של כחלילים ונימפיות (Hammond 1984 New אצל 1995). זאת, היות וחלק מהזחלים של מינים אלו תלויים בצמחים

פונדקאים עשבוניים ו/או בנמלים מטפלות אשר אוכלוסיותיהם מתדלדלות בשלבים מתקדמים של הסוקסציה. במערב ארצות הברית נבחנה השפעת המדיניות של שריפות מתוכננות ביערות מחטניים על פרפרים. בפארק יוסמטי נמצאה השפעה חיובית של השריפות על עושר מיני הפרפרים (Huntzinger, 2003) ומאידך, ב-Great Basin לא נמצא הבדל מובהק בעושר המינים בין חלקות שרופות לחלקות ביקורת (Fleishman, 2000). לעומת זאת, כאשר בחנו השפעה של ממשק שריפה או קציר על מיני פרפרי בערבות עשבוניות (Tallgrass prairies) נמצא שהקציר עדיף בהרבה על השריפה למינים הספציאליסטים, בעוד שלמינים ג'נרליסטיים ופולשים אין העדפה ברורה (Swengel, 1996).

1.2.9 זיהום אוויר – לעיתים יכולים הפרפרים להוות גם אינדיקטורים לזיהום אוויר. Wiess (1999) מצא שזיהום אוויר על ידי מכוניות משפיע באופן עקיף על הפרפרים בכך שהוא מעודד פלישת מין עשב לקרקעות דלות בחנקן. עשב זה דוחק את הפונדקאי של מין נימפית נדיר (*Euphydryas editha bayensis*), אולם ממשק רעייה אינטנסיבי הגורם להעשרת הקרקע בחנקן מונע את פלישת העשב ומייצב את אוכלוסיות הפונדקאים והפרפרים. Corke (1999) מציינ שזיהום אוויר גורם ישירות לעושר נמוך של מיני פרפרים סמוך לאזורי תעשייה באירופה. במחקר מוצע שהסיבה להיכחדותם של חלק מהמינים נעוצה בכך שמיני פרפרים אלו ניזונים מטל דבש מזוהם. טל דבש זה הופרש על ידי כנימות על גבי עלים שדבק בהם זיהום מהאוויר והזדהם מהם. מחקר נוסף שנערך במשך שש שנים בהולנד מורה על פגיעה של זיהום אוויר בעושר מיני הפרפרים בניגוד לעשים. החוקרים סבורים שהפגיעה בפרפרים היא אפקט משני לפגיעה בצמחי הצוף היות והם מצאו שצמחי הצוף של הפרפרים רגישים למתכות כבדות הרבה יותר מאשר צמחי הצוף של העשים (Mulder et al., 2005).

1.2.10 עיור ופיתוח – מידת ההסתגלות של הפרפרים לערים תלויה במידת הניתוק מהאזורים הטבעיים ובהצלחת הפרפרים להסתגל לצמחים פונדקאים ולמקורות צוף חלופיים (Hogsden, 2004). נמצא, שככל שהעיר יותר צפופה ויש בה יותר אלמנטים אורבאניים בקילומטר מרובע כך יורד, כצפוי, עושר מיני הפרפרים (Soderstrom et al., 2001). בעיר פאלו אלטו וסביבתה, בקליפורניה, נמצא קשר בין גרדיאנט אורבאני הכולל: שמורת טבע, אתר נופש, מגרש גולף, שכונת מגורים, אזור משרדים ואזור עסקים עירוני לבין ירידה בשפע ובמגוון מיני הפרפרים (Blair & Launer, 1995). לעומת זאת, כאשר בדקו את השפעת העיר בולדר (קולרדו, ארה"ב) בת כ-100 אלף תושבים על מגוון מיני הפרפרים בשטחי בתה עשבוניים המקיפים את העיר, הופתעו החוקרים מכך שנשמר מגוון גבוה יחסית לאזור של 68 מיני פרפרים (Colling et al., 2003).

1.2.11 אתרים ארכיאולוגיים ומחצבות - בבריטניה נמצא מגוון גבוה ביותר של פרפרים באתרים ארכיאולוגיים, כנראה בגלל שכבת הקרקע הדקה המאטה את התפתחות הצומח וטמפרטורה גבוהה יותר של הקרקע בשל החשיפה לשמש (Warren, 1993 אצל New 1995). בציחה ערכו סקרי פרפרים ב-21 מחצבות בקרקעות גירניות ונמצא שהן משמשות מקלט למינים מסוימים, בעיקר כאשר הן ממוקמות ליד שטחים עשבוניים (Benes et al., 2003).

1.2.12 שטחי אימון צבאיים – בעולם מצויים שטחים עצומים תחת חסות צבאית. בחלקם נעשה שימוש צבאי מזערי והם הופכים אזורים מוגנים למינים רבים בבר וביניהם גם למינים נדירים.

דוגמה לכך מהווה מין כחליל נדיר (*Lycaeides melissa*) ששרד יחד עם מין תורמוס (*Lupinus perennis*), המהווה את הפונדקאי שלו, ביער אלון-אורן מעורב בשטח צבאי במערב ארצות הברית (Smith et al., 2002).

1.3 חשיבות הפרפרים בשימור בתי גידול ומגוון המינים הכולל

הפרפרים הפכו בשנים האחרונות אלמנט חשוב בשמירת טבע ובניהול שטחים פתוחים. נושא זה בא לידי ביטוי במספר אופנים:

1.3.1 פרפרים כמיני מטריה – באמצעות בעלי חיים וצמחים, שהוכרוזו כמינים מוגנים על פי חוק, ניתן לשמר את בית גידולם ובתוכם גם מינים רבים אחרים. ההחלטה על איזה מינים כדאי להגן בחוק היא פעמים רבות סובייקטיבית ונקבעת לא רק על פי נדירותם אלא גם על פי יופיים או גודלם. לכן סביר יותר שצמח כמו רקפת מצויה (*Cyclamen persicum*) יוכרז ערך טבע מוגן מאשר הצמח יבשוש מצויץ (*Xeranthemum cylindraceum*) הנדיר ממנו. באופן זה הוכרו גם פרפרים נדירים הבולטים ביופיים כמוגנים ברחבי העולם והם משמשים כמטריה המגנה על כלל האורגניזמים בבית גידולם (Launer & Murphy, 1994; Kremen, 1994; Brown & Freitas, 2000; Lu & Samways, 2002; Betrus et al., 2005). בישראל לא חוקקו עד כה חוק להגנת הפרפרים הנדירים, כמו גם פרוקי רגליים אחרים, עקב התנגדותו של הלובי החקלאי. לאחרונה חודש מאבק אגודת חובבי הפרפרים להכללת מיני הפרפרים הנדירים ברשימת בעלי החיים המוגנים (פאר, 2005).

1.3.2 איתור אזורים רגישים במיוחד (Hotspots) הזקוקים לשימור בעזרת פרפי יום – מקובל כי אזור בו מצוי ריכוז גבוה של מינים נדירים מוכרז כאזור רגיש בו מוגנים כלל האורגניזמים. באמצעות הפרפרים מאתרים החוקרים לעיתים קרובות אזורים חמים חדשים. יערות היער האטלנטי בברזיל (Atlantic forest landscapes) הוגדרו כיעדי שימור לאחר שנמצאו בהם 65 מיני פרפרים נדירים שהם קדומים ובעלי מורפולוגיה פרימיטיבית. החוקרים העריכו שבעקבות הפרפרים ימצאו במקום גם מינים נדירים נוספים של חרקים, צפרדעים, ציפורים, יונקים וצמחים (Brown & Freitas, 2000). במחקר ביפן נמצא מגוון פרפרים, כולל מינים הנמצאים בסכנת הכחדה, גבוה יותר בשולי יערות (Woodland) ביחס למרכז היער עצמו ולשטחים פתוחים בסביבתו. החוקרים הגדירו את שולי היער כאזור חם שיש לשמור ולהגן עליו (Kitahara & Watanabe, 2003). במדגסקר, מחקר על סוג פרפרים הכולל מינים אנדמיים רבים סייע לתיחום של שמורות טבע ולקביעת הממשק שיינקט בהן (Kremen, 1994) ואילו בבלגיה פיתחו באמצעות נתוני מגוון הפרפרים מודל לאיתור ושימור "אזורים חמים" (Maes et al., 2003). בישראל, באזור טרשים ייחודי הנושק לעיר צפת גדל צמח נדיר הקרוי דרדר גילדני (*Centaurea behen*) המשמש פונדקאי לאוכלוסייה שרידית של פרפר נדיר - נימפית הקוצץ (*Melitea arduinna evanescens*). באתר נמצאו מינים נדירים נוספים של זבובים וחיפושיות. לאחר שהתברר כי במקום עומדת להבנות שכונת וילות חדשה ערכה אגודת חובבי הפרפרים הישראלית הפגנה

מתקשרת במקום ובעקבות זאת, הצהירה עיריית צפת על נכונותה להכריז על האתר כעל שמורה אורבאנית (פאר, 2005).

1.3.3 שיחזור בתי גידול בני חלוף ושיטות ממשק מסורתיות (Habitat Restoration) - קיימים
בתי גידול המוגדרים כבני חלוף והם קשורים ישירות לשיטות ייעור, חקלאות ורעה מסורתיות שמשו את האדם מאות ואף אלפי שנה. במאה השנים האחרונות ננטשות שיטות מסורתיות אלו מפני שאינן כלכליות ורבים ממיני הצמחים ובעלי החיים שהסתגלו אליהן נכחדים. הודות לתשומת הלב לה זוכים הפרפרים נערכים במקומות שונים בעולם מאמצים לשמירת בתי גידול ייחודיים אלו (New, 1995). בפינלנד נעשה שיחזור (Restoration) של אדמת מרעה חצי טבעית על ידי השבת משטר רעייה בעוצמות משתנות ונבדקה השפעתו על הפרפרים. החוקרים הגיעו למסקנה שזהו ממשק יעיל לשיחזור חברות החרקים בבית גידול זה (Poyry et al., 2005, 2004). בהולנד הגיעו למסקנות דומות לגבי שיחזור ממשק רעייה בדיונות עשבוניות ובנוסף נמצא שהרעייה מהווה יתרון לארבעה מיני פרפרים שהוכרו נדירים (WallisDe Vries & Raemakers, 2001). בבריטניה נחקר מין נימפית *Mellicta athalia* שהיה על סף הכחדה ונמצא שלזחלים דרוש מיקרו הביטט ייחודי ב"רצפת" היער שנוצר על ידי ממשק הסרת שיחי תת היער בשיטת ייעור מסורתית. לאור המחקר הותאמה מדיניות שימור חדשה שגרמה להתאוששות אוכלוסיות המין בשמורות. אך מחוץ להן, היכן שלא הונהגה המדיניות החדשה, נכחד הפרפר (Warren 1991). אצל New (1995). דוגמה נוספת היא של הכחליל *Maculinea arion* המותאם לבית גידול עשבוני, שבאופן מסורתי היה נתון לרעייה באנגליה. משנת 1950 פסקה הרעייה כמעט לחלוטין, העשב גבה והכחליל כמעט נכחד עקב הפגיעה בנמלים המטפלות מהמין *Myrmica sabuleti* השוכנות באותו בית הגידול וחיות בסימביוזה עם הכחליל. בשמורות הטבע בהן יושמה מדיניות של קציר, רעייה או שריפת העשב התחדשו אוכלוסיות הכחליל. בדיעבד הסתבר שהממשק גרם להצלה של מיני חרקים נדירים נוספים ביניהם עוד ארבעה מיני כחלילים (Thomas et al. 1994). אצל New (1995). בחוף המזרחי של ארה"ב נחקר מין נימפית *Speyeria zerene hippolyta* נדיר ואנדמי שכמעט נכחד. התברר שצמחי הסיגל (*Viola adunca*), המשמשים פונדקאים לזחלי הנימפית, כמעט נעלמו מפני שבית הגידול העשבוני עבר סוקצסיה. עוד הסתבר, שצמחי הסיגל מותאמים לשריפות בהן נהגו האינדיאנים להשתמש בעבר לשמירת השטחים העשבוניים פתוחים לשם ציד, דייג וליקוט צמחי בר (Hammond & McCorkle 1984 אצל New 1995). מחקר שליווה ממשק כריתת עצים וגיזום שיחים ושרכים הראה גידול של מאות צמחי סיגל לעומת צמחים בודדים בשטחי הביקורת. כתוצאה מכך התאוששה אוכלוסיית הנמפיות ובנוסף ניצלו, הודות לממשק, מינים רבים של חרקים וצמחים נדירים (Hammond 1987 אצל New 1995). גם ביפן נמצא כי נטישת החקלאות המסורתית ושיטות היעור הקדומות פגעו קשות בפאונת הפרפרים. המסקנה גם שם הייתה כי מומלץ לקיים ממשק קבוע הכולל את השיטות המסורתיות שננטשו ככלי לשימור מגוון הפרפרים (Sibatani, 1992).

1.4 אפיון הפרפרים בישראל

הפרפרים או פרפרי יום הם קבוצת משפחות של פרפראיים העפים ביום (אם כי פרפראיים אלו אינם היחידים המעופפים ביום). בנוסף, ניכרים בני משפחות אלו במחושים דמויי אלה ובכך שבשעת עמידה הם מסוגלים לזקוף את כנפיהם כלפי מעלה ולהצמידן באופן המציג את צדן התחתון של הכנפיים (איזנשטיין, 1983). בארץ, כולל החרמון, קיימים 141 מינים המיוצגים בשבע המשפחות הבאות: משפחת הצבעוניים הכוללת 8 מינים בארץ, משפחת הלבניניים עם 26 מינים, משפחת הדנאיתיים עם מין אחד בלבד, משפחת הנימפיתיים עם 22 מינים, משפחת הסטיריתיים עם 16 מינים, משפחת הכחליליים עם מספר שיא העומד על 45 מינים ומשפחת ההספריתיים עם 23 מינים (בנימיני, 2002). הרחבה לגבי אפיון משפחות פרפרי היום הקיימות בארץ מצויה בנספח 9.1.

הפרפרים סיגלו לעצמם דרכים לשרוד בתנאי מזג אוויר קשים ומחסור במזון. דרך אחת היא הדיאפאוזה המתבטאת במצב של תרדמה בו נמשכים החיים תוך האטה רבה בקצב חילוף החומרים והנשימה (בנימיני, 2002). הדיאפאוזה מאפשרת לפרפרים לשרוד בתנאי עקה שאינם נוחים. בארץ מתאפיינים תנאי עקה אלו מצד אחד בקיץ ארוך, חם ויבש שבו רוב הצמחים העשבוניים מתייבשים וכתוצאה מכך יש מחסור בצמחי צוף ופונדקאים ומצד שני בחורף המאופיין בטמפרטורות נמוכות, גשמים ורוחות שאינם נוחים לפעילות פרפרי היום. הדיאפאוזה מתרחשת אצל מינים שונים בשלבים שונים של הגלגול, לרוב בשלבי הגולם או הביצה כשלעיתים היא רב שנתית. דרך נוספת המאפשרת למיני פרפרים שונים לשרוד בתנאי עקה היא הנדידה. פרפרים נודדים כבודדים, בקבוצות קטנות או בלהקות גדולות, לרוב בכיוון צפון (איזנשטיין, 1987; בנימיני, 2002). שלא כמו הציפורים, בדרך כלל נדידתם היא חד כיוונית ובמינים שהנדידה היא דו כיוונית היא גם בין דורית (כלומר הפרטים שנוודדים חזרה הם צאצאי הפרטים שנודדו בתחילה). ישנם מינים נודדים הפוקדים את ישראל מידי שנה (דנאית תפוח סדום (*Danaus chrysippus*), לבנין הצלף (*Madias fausta*) וכחליל הרימון (*Deudorix livia*) ואילו מינים אחרים מופיעים בכמויות מידי מספר שנים כנראה כתוצאה מגידול אוכלוסין דרמטי לאחר שנים גשומות בארצות מוצאם (נמפית החורשף (*Vanessa cardui*), לבנין משויש (*Anaphaeis aurota*), לבנין הכסיה (*Catopsilla florella*) ועוד (איזנשטיין, 1987; בנימיני, 2002).

1.5 תיזת המחקר

במסגרת התיזה נחקרה חברת הפרפרים, המונה 45 מינים, בפארק רמת הנדיב. המחקר הקיף מספר תחומים ונחלק לחמישה חלקים עיקריים. חלקו הראשון של המחקר עסק בחברת הפרפרים כביואינדקטור לאיכות בתי הגידול בפארק, לאורחות הממשק הנהוגות בפארק ולהשפעת פעולות האדם במקום (פרק 2). חלקו השני של המחקר עסק בהשפעת תנאי סביבה אביוטיים (תנאי אקלים) על חברת הפרפרים (פרק 3). חלקו השלישי של המחקר עסק בהשפעת תנאים ביוטיים (צמחי צוף ופונדקאים) על חברת הפרפרים וביכולתה של חברת הפרפרים לשמש כאינדיקטור למגוון הצמחים בפארק, בהתבסס על צמחי הצוף והפונדקאים של הפרפרים (פרק 4). במחקר

נכללו גם ניסויי מניפולציה בהם נבחנה השפעת גודל כתם של משאב מועשר ומיקומו על שיחור הפרפרים אחרי צמחי צוף ופונדקאים (פרק 5). לבסוף, נחקרה השפעתן של מכלול תכונות של האקוסיסטמה (עונתיות, בתי גידול, תנאי אקלים אביוטיים ומדדי צומח ביוטיים) והממשק (רעייה, חורשות נטועות ודרכי עפר) על דינמיקת חברת הפרפרים במרחב ובזמן (פרק 6). ממצאי המחקר העיקריים סוכמו בדיון כללי (פרק 7).

פרק 2: פרפרים כביואינדקטור לאיכות הממשק ובתי הגידול

2.1 מבוא

קבוצת פרפרי היום הוכחה במחקרים רבים כביואינדקטור המלמד היטב על השפעתן של פעולות ממשקיות ואנושיות שונות על מרכיבים שונים במערכת האקולוגית (Brown & Kremen, 1992; Freitas, 2000; Keer et al., 2000; Lund & Rahbek, 2002; DeHeer et al., 2005; Thomas & Mallorie, 2005). קבוצה זו מהווה אינדיקטור יעיל עבור מגוון ועושר מיני הצומח (Thomas & Mallorie, 2005; WallisDe Vries & Raemakers, 2001; Croxton et al., 2005; New 1995; Pearson & Carroll, 1999; Lund & Rahbek, 2002; Thomas et al., 2004) ועבור טיב בתי גידול שונים (Brown & Freitas, 2000; Fleishman et al., 2002; DeHeer et al., 2005). באמצעות הפרפרים נלמדה, מחד, הפגיעה הקשה במגוון המינים שנגרמה עקב פרגמנטציה ואובדן של בתי גידול באזורים מתפתחים (Zschokke et al., 2000; Krauss et al., 2003a; Krauss et al., 2003b) ומאידך, חשיבות שימורן ושחזורן (Restoration) של שיטות ממשק מסורתיות כמו רעייה, קציר, גיזום ויעור בכדי לשמר את המגוון הקיים (Sibatani, 1990; Wettstein & Schmid, 1999; Griebeler & Seitz, 2002; Konvicka et al., 2003(b); Poyry et al., 2005). רעייה מתונה נמצאה כגורם המאט את קצב הסוקצסיה וסגירת השטח (Munguira & Martin, 1993; Thomas & Jones, 1993; Munguira et al., 1997); הרעייה תורמת למגוון הפרפרים ולשימור מינים נדירים מפני שהאטת הסוקצסיה מאפשרת את המשך התפתחותם של מיני עשבוניים שחלקם מהווים צמחי צוף ופונדקאים לפרפרים (Warren 1991 at New, 1995; WallisDe Vries & Raemakers, 2001; Poyry et al., 2005, 2004). קציר מסורתי באינטנסיביות נמוכה נמצא לעיתים יעיל אף יותר מרעייה עבור הפרפרים (Swengel, 1999; Wettstein & Schmid, 1996). שיחזור שיטות ייעור מסורתיות של גיזום ודילול עצים תרם גם כן למגוון ועושר הפרפרים על ידי הגדלת חדירת אור וריבוי הצומח העשבוני (Walts & Convington, 2004; Kleintjes et al., 2004). מחקרים שונים הדגישו את חשיבות ההטרונות של בתי הגידול ושיטות הממשק גם עבור מיני פרפרים ספציפיים וגם עבור מגוון פרפרים כולל גבוה (Loertscher et al., 1995; Swengel, 1998; Bachelard & Descimon, 1999; Keer et al., 2001; Kruess & Tschardtke., 2002).

אי לכך החלטתי במחקר זה לנטר את כלל 45 מיני פרפרי היום המאכלסים את בתי הגידול העיקריים ברמת הנדיב, שחלקם נתונים לפעולות ממשק הנהוגות במקום ולפעילות אנטרופוגנית חזקה. בהתאם לכך ניטרתי את פאונת הפרפרים לאורך שבילים ודרכים קיימים בגריגה עם רעיית

בקר ובלעדיה, בחורשות מחטניים נטועות הנתונות לרעייה, בשדות נטושים, בגן הזיכרון להנצחת הברון רוטשילד ואישתו, באתר הארכיאולוגי חורבת עקב ובקרבת מעיין עין צור (שלושת האחרונים הם אתרים מושכי קהל מבקרים בהם נעשה טיפול צמחי נופי (גינון) בדרגות שונות). מטרתו העיקרית של המחקר הייתה להשתמש בממצאי ניטור פרפרי היום לשם ניתוח והגדרה של משמעות פעולות האדם השונות בפארק רמת הנדיב בעבר ובהווה כך שיתקבל מענה לשאלות הבאות:

1. האם מדדי המגוון העושר והשפע של הפרפרים מושפעים מרעייה?
2. האם לרוחב הדרך העוברת בבית הגידול יש השפעה על מדדי המגוון העושר והשפע של הפרפרים?
3. כיצד משפיעות חורשות האורנים הנטועות על מדדי מגוון, עושר ושפע הפרפרים?
4. כיצד משפיעים אתרים מועשרים בצמחי תרבות ושדות נטושים על מדדי מגוון, עושר ושפע הפרפרים?

מהתוצאות יהיה ניתן להסיק כיצד לשפר את הממשק באופן שיגביר את שימור מגוון פרפרי היום בפארק רמת הנדיב ובמקומות דומים לו בארץ ובעולם. אך היות והפרפרים מהווים אינדיקטור אקולוגי, למחקר יש חשיבות נוספת הנעוצה בכך שהוא עשוי לשקף את השפעת פעולות הממשק השונות על כלל המערכת האקולוגית בפארק.

2.2 שיטות

2.2.1 שיטת החתך המעגלי

המחקר נערך בפארק רמת הנדיב (נ.צ. 2173/1457) והתבצע בשיטת החתך המעגלי של Pollard (1977), אשר הוכחה במחקרים רבים כמוצלחת ויעילה בהערכת השינויים החלים בשפע ועושר הפרפרים מידי שנה (Kerr et al., 2000; Fleishman & Murphy, 1999; Royer et al., 1998; Thomas & Mallorie, 1985; Shreeve & Mason, 1980; Pollard, 1977). על פי שיטה זו נקבעו בשטח רמת הנדיב שני מסלולים מעגליים - "ארוך" ו"קצר". המסלול "הארוך" היה נתון כולו לרעיית בקר מידי שנה מחודש אפריל ועד חודש יוני, אורכו היה כארבעה קילומטרים והוא עבר בחמישה בתי גידול שונים, על גבי דרכי עפר רחבות או שבילים צרים כמפורט בסעיף 2.2.2. המסלול "הקצר" עבר בשני בתי גידול בשטח ללא רעייה, אורכו היה כקילומטר וחצי והוא הקיף נופי גריגה, על גבי דרכי עפר רחבות ושבילים צרים כמפורט בסעיף 2.2.2. ניטור הפרפרים התבצע על גבי שני מסלולים אלו ובנוסף נוטרו הפרפרים גם בבית גידול מועשר בצומח שכלל את גן הזכרון המטופח, את האתר הארכיאולוגי חורבת עקב המוקף גינן של צמחים טבעיים, ואת אזור מעיין עין צור והבוסתן שלידו כמוזכר בסעיף 2.2.2. הניטור חל לכל אורכם של שני המסלולים ובאתרים הנ"ל וכלל בסך הכול שמונה בתי גידול. כאשר, בהגדרת בית הגידול נכללו גם סוג הדרך (דרך עפר או שביל) וגם המצאות או העדר רעייה. עבור כל בית גידול נקבעו על גבי המסלולים שישה מקטעים באורך של 50 מטר שהיוו שש חזרות שחולקו בשלושה בלוקים. לאורך מקטעים אלו התבצע איסוף נתונים שיועד לאנליזה הסטטיסטית. במספר מקומות לא ניתן היה למקם

מספיק חתכים באורך חמישים מטר על גבי המסלול המעגלי ולכן סומנו חתכים נוספים בניצב למסלול (ראה איור 2.1).

2.2.2 רשימת המסלולים ובתי הגידול בהם חל ניטור הפרפרים ומספרם:

המסלול "הארוך" כלל:

בית גידול מס' 1 – דרך עפר רחבה בנוף גריגה (שיחים בכיסוי בינוני של כ-60% בגובה 1-3 מטר)
תחת רעיית בקר עונתית

בית גידול מס' 2 - דרך עפר רחבה בנוף חורשת מחטניים צפופה תחת רעיית בקר עונתית

בית גידול מס' 3 - שביל צר בנוף חורשת מחטניים צפופה תחת רעיית בקר עונתית

בית גידול מס' 4 - שביל צר בנוף של שדות נטושים עם חורשת מחטניים דלילה תחת רעיית בקר עונתית

בית גידול מס' 5 - שביל צר בנוף גריגה תחת רעיית בקר עונתית

המסלול "הקצר" כולל:

בית גידול מס' 6 - דרך עפר רחבה בנוף גריגה ללא רעייה

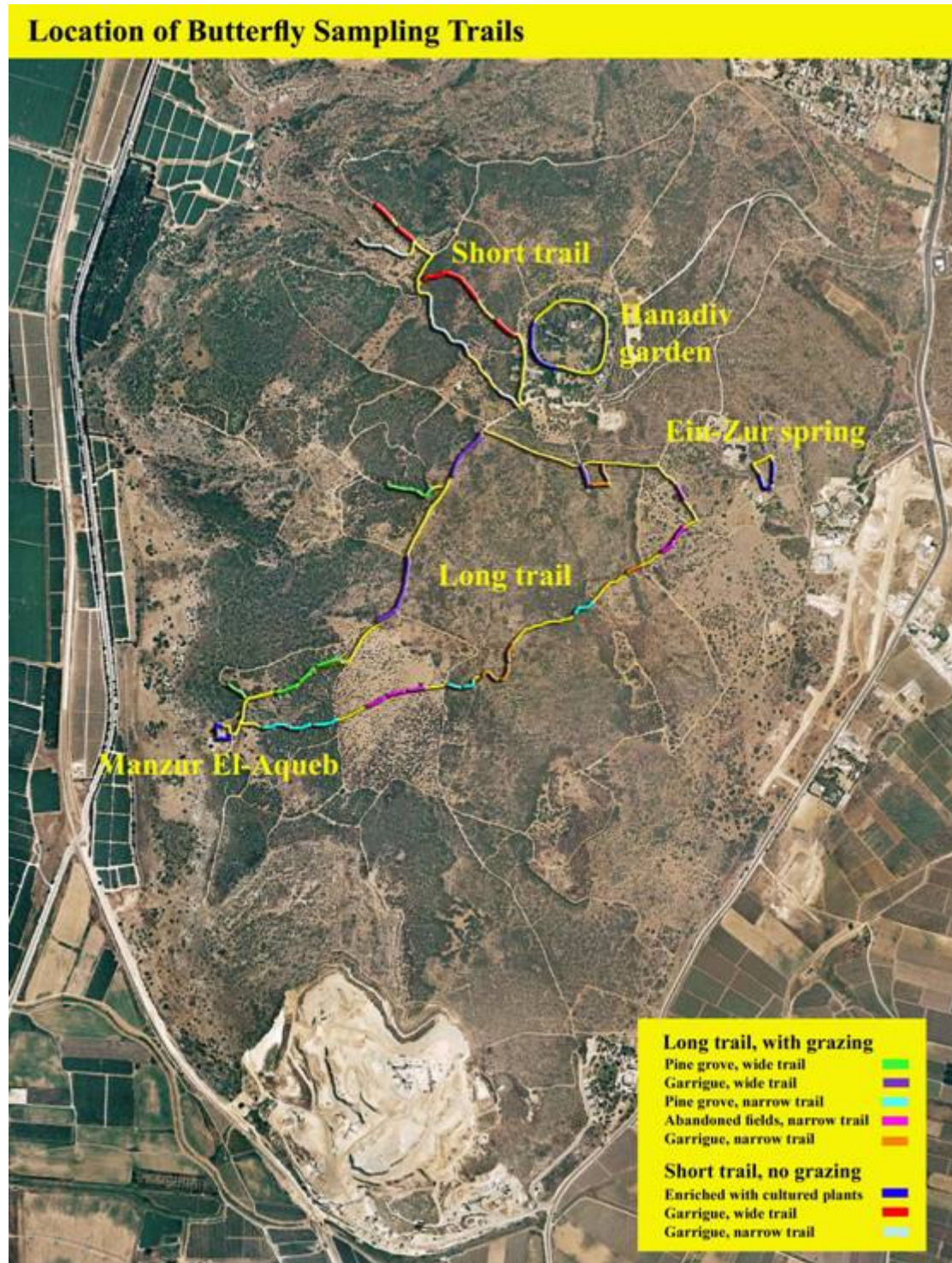
בית גידול מס' 7 - שביל צר בנוף גריגה ללא רעייה

אתרים עם גינון:

בית גידול מס' 8 - אתרים עם רמות שונות של גינון ללא רעייה (גן הזכרון, אזור מעיין עין צור ואזור חורבת עקב)

איור 2.1: תצלום אוויר של שטח רמת הנדיב

על גבי התצלום משורטטים מסלולי דיגום הפרפרים ומיקום הבלוקים והחתכים לאורך המסלולים.



2.2.3 ניטור פרפרים

במהלך איסוף הנתונים הראשוני נתפסו, בעזרת רשת פרפרים פרטים בודדים של מרבית מיני פרפרי היום הקיימים ברמת הנדיב. פרפרים אלו נפרשו, הוגדרו והוכנסו לאוסף ששימש כרפרנס לזיהוי מיני הפרפרים השונים וזוויגיהם. רשימת מצאי פרפרי היום של רמת הנדיב מפורטת בנספח 9.2. מידי שבוע (בשנת 2003) או שבועיים (בשנים 2004-2005), בכל חודשי השנה, נערכו סיורים לרישום מצאי וכמות הפרפרים במסלול ה"ארוך", במסלול ה"קצר" ובאתרים שפורטו. הסיורים נערכו, כאמור, בשיטת Pollard (1977) במזג אוויר נוח, ללא גשם או רוח חזקה ובטמפרטורה של מעל 17°C . ההליכה בעת הסיורים נעשתה בקצב אחיד ובמהלכה נצפו, זוהו ברמת המין ונרשמו כל הפרפרים שנראו עד חמישה מטרים קדימה בגבולות רוחביים נתונים. גבולות רוחביים אלו כללו את השביל או הדרך כולל שוליים של מטר אחד מכל צד. לפי Pollard (1977) רוחבו המדויק של המסלול אינו חשוב כל עוד גבולותיו קבועים ורוחבו אינו עולה על חמישה מטרים. רישום התצפיות נעשה בעזרת מחשב כף-יד מסוג iPAQ וכשנדרש נתפסו הפרפרים בעזרת רשת לשם זיהוי, אך לרוב היה קל לזהותם במעוף או בעת שהיו ניחים. בשנת 2005 נרשמה גם התנהגות הפרפרים הנצפים במשך 30 שניות לפי מספר קטגוריות: מעוף לאורך הדרך, מעוף חוצה דרך, מעוף מקביל לדרך, מעוף בשולי הדרך, מציצת צוף, מעוף טריטוריה, קרב בטריטוריה, עמדת תצפית בטריטוריה, מעוף חיזור, הזדווגות, מעוף הטלה, "התחרדות" (Basking), קיוט (אסטיבציה) ופרפר נטרף (עבור 6 הקטגוריות המוזכרות בסוף הרשימה לא היו מספיק נתונים בכדי לנתח אותן כמותית ושלושת הקטגוריות הקשורות בטריטוריה אוחדו לקטגוריה של התנהגות טריטוריאלית). מצאי הפרפרים בחתכים וכמותם שמשו לחישוב שפע (abundance), עושר (species richness) ומגוון (species diversity) המינים של פרפרי היום בחודשי השנה ובבתי הגידול השונים ברמת הנדיב.

2.2.4 בתי הגידול ודרכי הממשק הנבדקים

2.2.4.1 רעייה בגריגה – ברמת הנדיב מתקיים ממשק רעייה מזה שש עשרה שנה באמצעות עדר פרות לבשר (גזע סימנטל מעורב) המסייעת להקטנת סכנת השריפות במקום. במחקר זה נבחנת השפעת הרעייה בשטחי הגריגה של רמת הנדיב על פרפרי היום ביחס לשטחי גריגה ללא רעייה המשמשים כביקורת.

2.2.4.2 חורשות מחטניים נטועות תחת משטר רעייה – חורשות מחטניים נשתלו על כ- 13% מכלל שטחה של רמת הנדיב. במחקר זה נבחנה השפעת החורשות, שהן בית גידול מעשה ידי אדם, על פרפרי יום ביחס לבתי הגידול האחרים. רוב החורשות הן חורשות אורנים שנשתלו על קרקעות טרה רוסה ורנדזינה והן נתונות לרעייה במסגרת הממשק הנהוג במקום. חורשות ללא רעייה לא נבדקו עקב מספרן הקטן.

2.2.4.3 דרכי עפר בגריגה ובחורשות הנטועות – שבילים ודרכי עפר הם כורח המציאות בשטחים "ירוקים" ו"פתוחים" המושכים אליהם קהל מבקרים רב ומצריכים פעולות ממשק שונות. בשטחה של רמת הנדיב יש מספר רב של שבילי מטיילים צרים (כ-80 ס"מ רוחב) ודרכי עפר רחבות (כ-3 מטר) המשמשים את המטיילים הרבים הפוקדים את המקום כאשר דרכי העפר משמשות גם רוכבי אופניים ומעט כלי רכב המורשים לנסוע במקום. במחקר נבחנת השפעתן של דרכי העפר

הרחבות ביחס לשבילים צרים בגריגה ללא רעייה, בגריגה עם רעייה ובחורשות נטועות הנתונות לרעייה.

2.2.4.4 שדות נטושים – ברמת הנדיב ישנם עמקי טוף עם קרקע גרומוסול אלובית עמוקה (מעל למטר) ששמשו בעבר לאורך זמן רב לחקלאות דגניים מסורתית. בין השנים 81-1978 נטעו בשטחים אלו חורשות מחטניים (ברושים ואורנים) בשל עלות הכשרתם הנמוכה (שילר, 2001). בשנות התשעים של המאה העשרים דוללו באופן חריף חלק מחורשות אלו, אז גם נערך סקר צומח ברמת הנדיב והתברר שלבית גידול זה פלורה ייחודית הכוללת את מרבית מיני הצומח הנדירים הקיימים ברמת הנדיב (שגיא וחובריו 2001). מרבית שטחי השדות הנטושים נתונים לרעייה ולכן נבדק בית גידול זה תחת משטר רעייה בלבד.

2.2.4.5 אתרים המועשרים בצמחי צוף ופונדקאים – ברמת הנדיב ישנם אתרים המאופיינים בגינון היוצר העשרה מלאכותית של הפלורה אליה מגיבים הפרפרים בחיפושיהם אחרי צמחי צוף ופונדקאים. כללתי במחקר שלושה אתרים המתאפיינים במעורבות גינונית ברמות שונות: גן הזיכרון לברון רוטשילד ואישתו, זהו גן בוטני מטופח המשתרע על כשבעים דונם בו שתולים אלפי צמחים מהעולם כולו המטופלים ומושקים במשך כל השנה. האתר השני הוא המתחם הארכיאולוגי של חורבת עקב, סביבו נשתלו צמחי תבלין מהפלורה הישראלית שרבים מהם פורחים גם בעונת היובש. האתר השלישי הוא מעיין עין צור המספק כל השנה מים לפלורה טבעית ולא טבעית הגדלה בקרבתו, לטרסות בהן נשתלו ירקות ולבוסתן עצי פרי המצוי במקום. שלושת האתרים הללו מוגנים מפני הרעייה, אך מתבצעות בהן פעולות גינון וממשק הכוללות גם כיסוח והוצאת העשבייה.

ברמת הנדיב מעט שטחי בתה עשבוניים ושטחי חורש מפותחים. עקב שטחם המוגבל, הם לא נכללו במחקר.

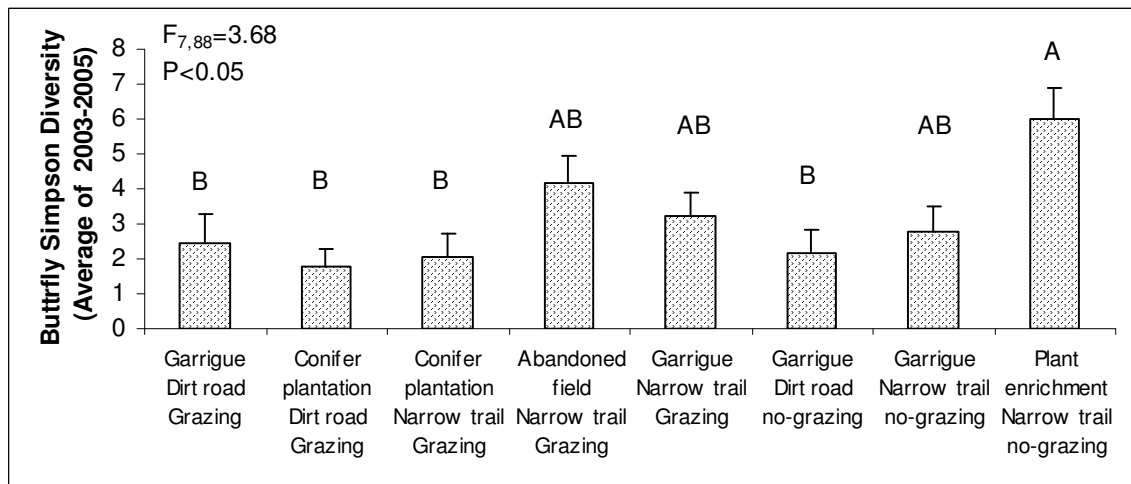
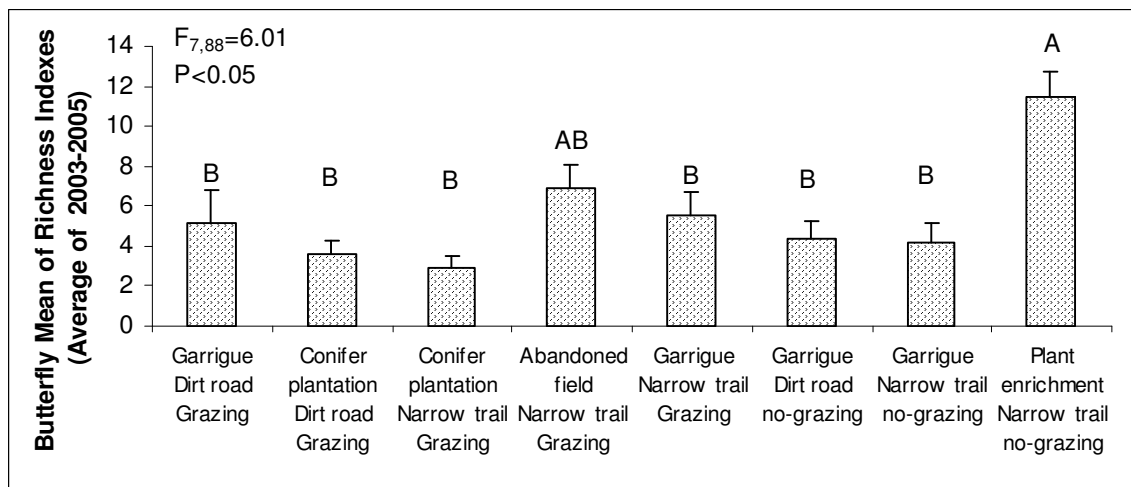
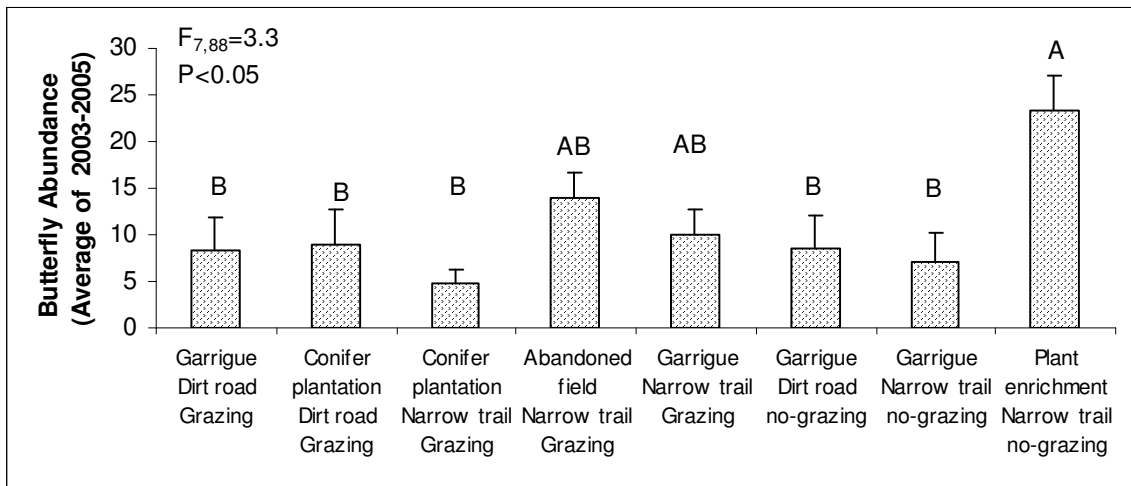
2.2.5 אנליזה סטטיסטית

חושבו עקומות צבירה עבור כל מיני הפרפרים, בכל בית גידול, בכל חודש, בשנים 2003-2005 בתוכנת Estimate-S-7.5 (Colwell et. al., 2004). בתוכנה זו חושב גם מספר רב של מדדים עבור שפע, עושר ומגוון מיני הפרפרים. מבין מדדי המגוון בחרתי ב – Simpson diversity index הנחשב למומלץ (Magurran, 1995; Baselga & Novoa, 2005; Bossart, 2006). לגבי מדד עושר המינים השתמשתי במדד משוקלל המבטא את הממוצע של ארבעת מדדי העושר הבאים: Chao1, Chao2, Jack1, Jack2 בהתאם להמלצתם של מספר חוקרים (Magurran, 1995; Walther & Moore, 2005). מדדי השפע, העושר המשוקלל ומגוון סימפסון חושבו בכל שנת מחקר (2003-2005) עבור כל בית גידול, היות ולא נמצא הבדל מובהק בערכי המדדים הללו בין שלוש שנות המחקר הן הוגדרו כ – Repeated measures, הממוצע של שלושתן חושב יחד ובעזרת תוכנת SPSS נבדקה מובהקות ההבדלים בין בתי הגידול השונים (בנספח 9.2 מוצג איור ערכי שפע, מגוון ועושר הפרפרים של כל שנת מחקר בנפרד). בעזרת תוכנת SPSS בוצעו מבחן שונויות דו כיווני (Two way ANOVA) ושרטוטי אינטראקציות בכדי להבין את השפעת נוף הצומח בבית הגידול, ממשק הרעייה, השפעת השבילים ודרכי העפר וחודשי השנה על שפע, עושר ומגוון פרפרי

היום בבתי הגידול הנבדקים. בכדי לבדוק את תדירות קטגוריות ההתנהגות השונות של הפרפרים בבתי הגידול השונים נערכו מבחני חי בריבוע.

2.3 תוצאות

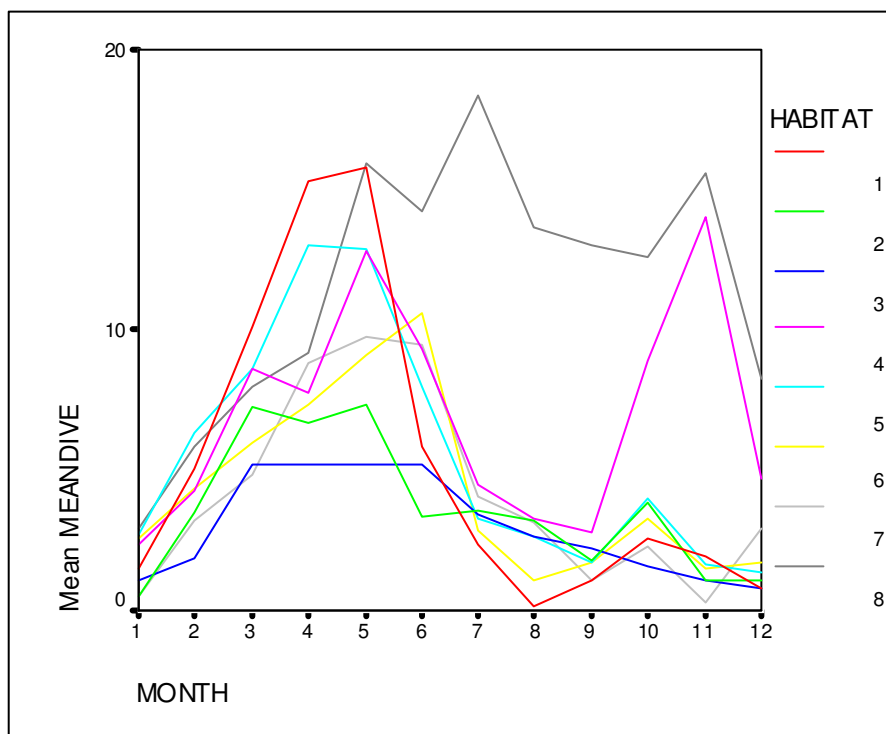
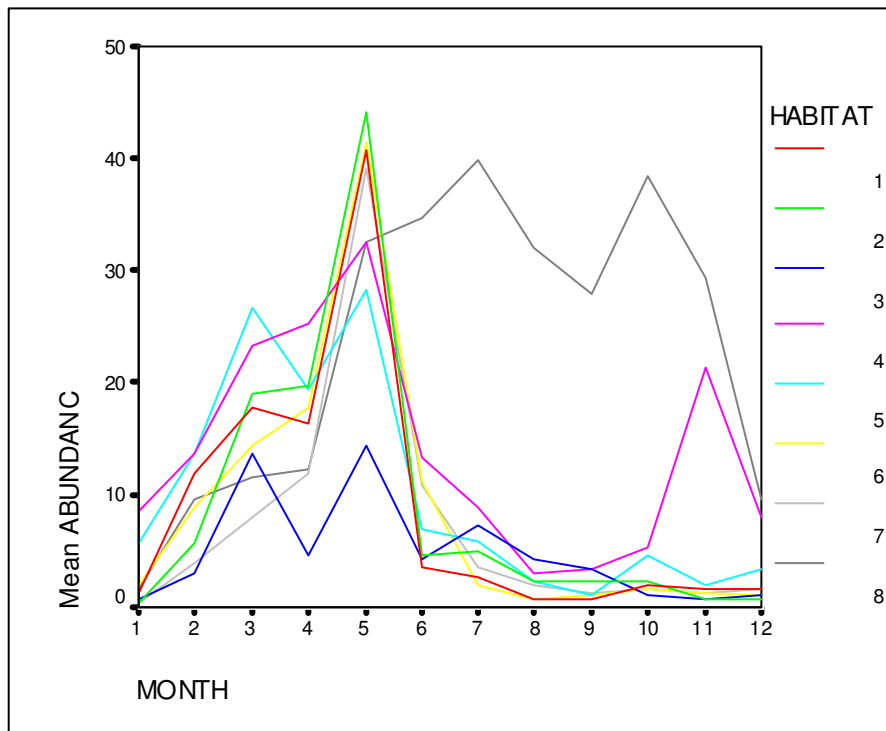
בית הגידול של ההעשרה בצמחי צוף ותרבות (גינן) בלט בערכים גבוהים של המדדים לשפע, מגוון ועושר הפרפרים לעומת שאר בתי הגידול, בכל שנות המחקר (2003 – 2005) (איור 2.2). גם בבית הגידול של השדות הנטושים התקבלו ערכים גבוהים יחסית ושונים במובהק ממרבית בתי הגידול האחרים עבור כל המדדים הנבדקים. בבתי הגידול של הגריגה התקבלו לרוב ערכים נמוכים יחסית עבור מרבית המדדים, מלבד שני יוצאים מהכלל: בגריגה עם שביל צר ורעייה התקבלו ערכים גבוהים במובהק עבור מדדי השפע והמגוון ובגריגה עם שביל צר ללא רעייה התקבל ערך גבוה במובהק עבור מדד המגוון. בחורשות המחטניים התקבלו ערכים נמוכים יחסית עבור כל המדדים הנבדקים. לרעייה ולדרך רחבה לא הייתה לרוב השפעה מובהקת על מדדי הפרפרים הנבדקים ביחס להעדר רעייה (בגריגה) או ביחס לשביל צר (בגריגה ובחורשת המחטניים), בהתאמה (איור 2.2). במבחן שונויות דו כיווני נמצא כי לבתי הגידול ולחודשי השנה יש השפעה מובהקת על שפע, עושר ומגוון הפרפרים. אבל בגלל האינטראקציה המובהקת לגבי מדדי שפע ועושר הפרפרים, לא ניתן לבדד את השפעתו הייחודית של כל אחד מהמשתנים הבלתי תלויים (בית גידול וחודש) לגבי שני מדדים אלו (טבלה 2.1). האינטראקציה לגבי מדדי השפע והעושר מובהקת בעיקר בשל שני בתי גידול יוצאי דופן: בית הגידול המועשר בצמחי צוף ותרבות, בו נותרו ערכי השפע והעושר גבוהים גם בחודשי הקיץ והסתיו לעומת שאר בתי הגידול (איור 2.3) ובית גידול של השדות הנטושים בו נמצאו ערכי שפע ועושר גבוהים בחודשי הסתיו (איור 2.3). במבחני חי בריבוע נמצא כי תדירות מעוף הפרפרים לאורך הדרכים והשבילים גבוהה מהמצופה, בעיקר בבתי גידול סגורים יחסית (גריגה ללא רעייה עם שביל צר או דרך רחבה וחורשת אורנים עם שביל צר). עוד נמצא לגבי תדירות קטגוריה התנהגותית זו כי התקבלו ערכים נמוכים במיוחד בבתי גידול פתוחים יחסית כמו גריגה עם רעייה והעשרה (איור 2.4). לגבי תדירות מעוף חוצה דרך/שביל של הפרפרים נמצאו ערכים גבוהים מהמצופה בבתי הגידול של ההעשרה והשדות הנטושים (איור 2.4). לגבי מעוף הפרפרים בשולי הדרך/השביל נמצאו ערכים גבוהים מהמצופה בבתי הגידול של ההעשרה, בגריגה עם דרך רחבה ובחורשות עם דרך רחבה (איור 2.4). לגבי ביקורי הפרפרים בצמחי צוף נמצאו ערכים גבוהים מהמצופה בבתי הגידול של העשרה ושדות נטושים וערכים נמוכים מהמצופה בכל שאר בתי הגידול כאשר בחורשות עם שביל צר לא היו ביקורים כלל (איור 2.5). לגבי התנהגותם הטריטוריאלית של הפרפרים נמצא ערך גבוה מהמצופה באופן בולט בבית הגידול של ההעשרה ולעומת זאת נמצאו ערכים נמוכים במיוחד בחורשות (איור 2.5).



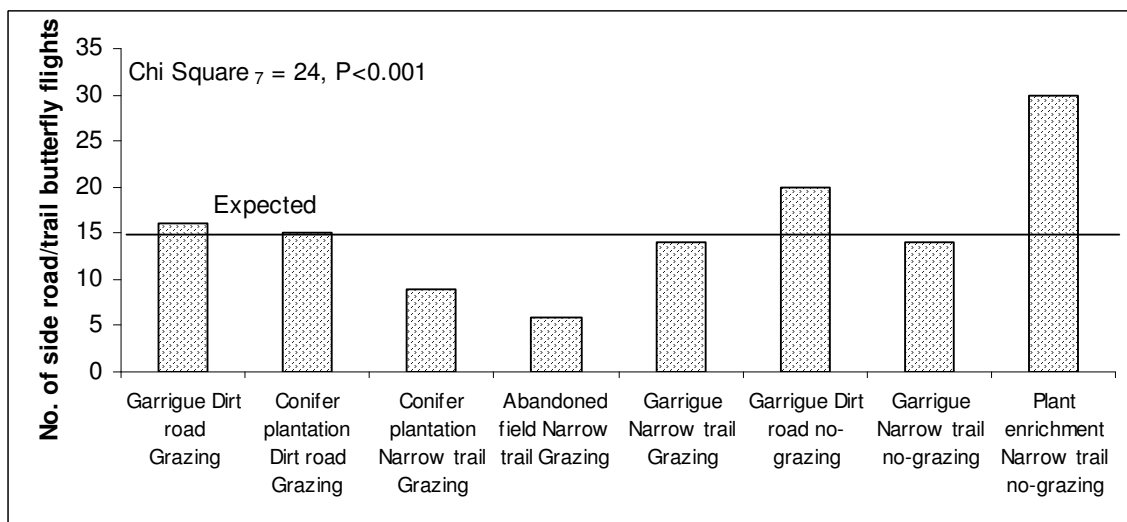
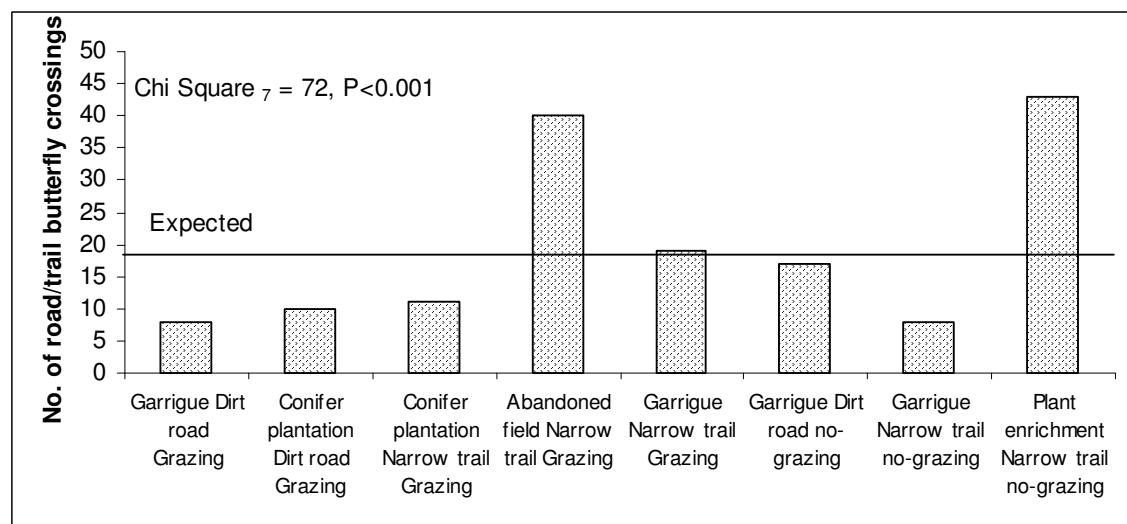
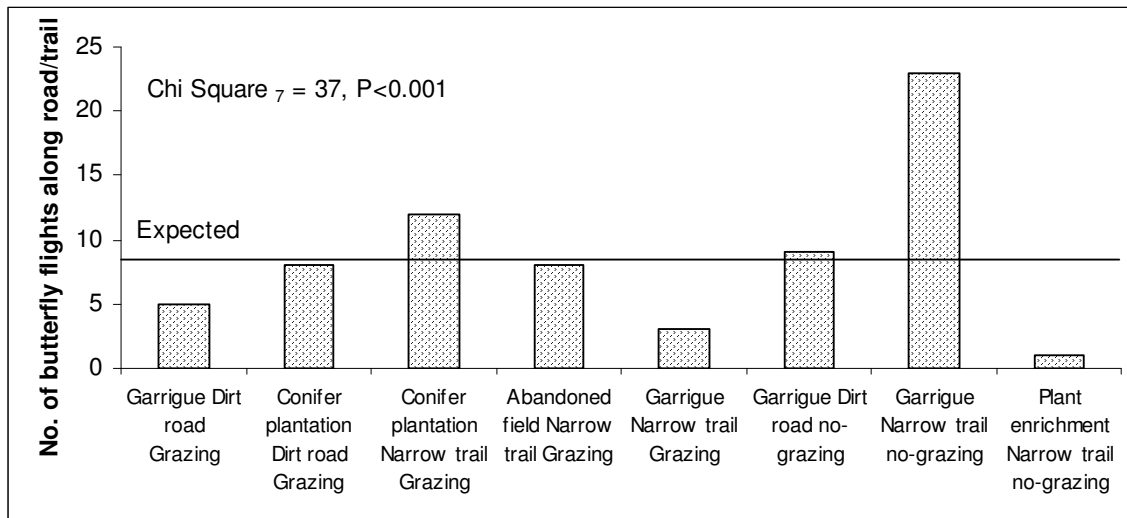
איור 2.2: ממוצע שלוש שנותי (2003-05) של שפע, עושר ומגוון הפרפרים בשמונת בתי הגידול הנבדקים (ממוצע + סטיית תקן לחתך בבלוק בבית גידול). באיור רשומות תוצאות מבחן שוניות חד-כיווני להבדל בין בתי הגידול. אותיות שונות מעל עמודות מעידות על הבדל סטטיסטי מובהק בין בתי הגידול במבחן post-hoc (Bonferroni, $P<0.05$).

טבלה 2.1: תוצאות מבחן שונניות דו כיווני לבדיקת חשיבות הגורמים המשפיעים על שפע, מגוון, ועושר מיני הפרפרים בשנים 2003-05.

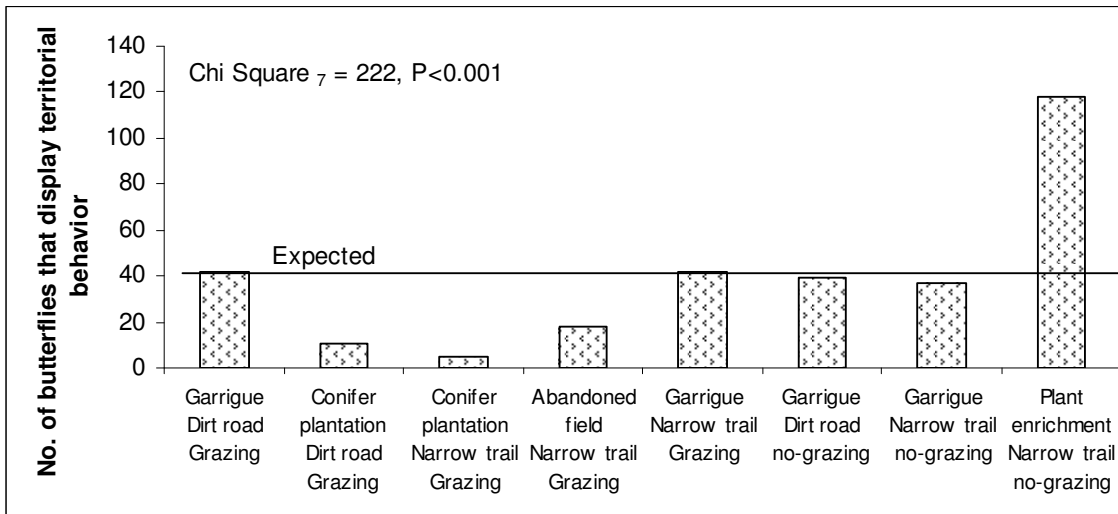
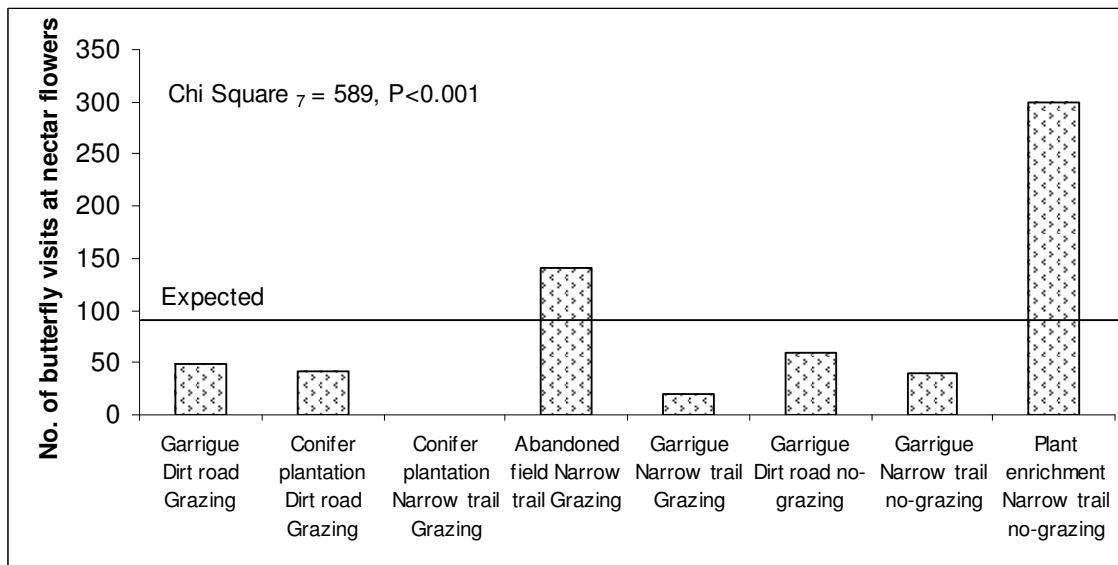
Source of Variation	R ²	df	F	P
Mean of Richness Indexes (Average of 2003-2005)	72%			
Model		95	5.23	<0.001
Habitat		7	22.96	<0.001
Month		11	16.94	<0.001
Habitat X Month		77	1.94	<0.001
Simpson Diversity (Average of 2003-2005)	58%			
Model		95	2.8	<0.001
Habitat		7	8.6	<0.001
Month		11	10.4	<0.001
Habitat X Month		77	1.18	>0.05
Abundance (Average of 2003-2005)	81%			
Model		95	8.5	<0.001
Habitat		7	24.05	<0.001
Month		11	36.34	<0.001
Habitat X Month		77	3.13	<0.001



איור 2.3: האינטראקציה של בית הגידול והחודש במבחן שוניות דו-כיווני והשפעתם על שפע ומגוון הפרפרים הממוצע בשנים 2003-05 (ביג 1 – גריגה עם דרך רחבה ורעייה, ביג 2 – חורשת מחטניים עם רעייה, ביג 3 – חורשת מחטניים עם רעייה, ביג 4 – שדות נטושים עם רעייה, ביג 5 – גריגה עם שביל צר ורעייה, ביג 6 – גריגה עם דרך רחבה ללא רעייה, ביג 7 – גריגה עם שביל צר ללא רעייה, ביג 8 – אתרים מועשרים בצמחיה).



איור 2.4 : תוצאות מבחני חי בריבוע לגבי תדירות מעוף הפרפרים לאורך, בניצב ולצד דרכים בשמונת בתי הגידול הנבדקים. הערך הצפוי בהנחה שאין הבדל בין בתי הגידול מצוין בקו מאוזן (Expected). עמודה מעל הקו המאוזן מעידה על העדפת בית הגידול ועמודה מתחת לקו זה מעידה על "דחייה".



איור 2.5: תוצאות מבחני חי בריבוע לגבי תדירות ביקורי הפרפרים בצמחי צוף והתנהגותם הטריטוריאלית בשמונת בתי הגידול הנבדקים. הערך הצפוי בהנחה שאין הבדל בין בתי הגידול מצוין בקו מאוזן (Expected). עמודה מעל הקו המאוזן מעידה על העדפת בית הגידול ועמודה מתחת לקו זה מעידה על "דחייה".

2.4 דיון

אתגר מרכזי בשימור מגוון המינים בארץ ובעולם הוא עצירת הירידה המואצת במגוון הביולוגי (Biodiversity) בכלל הפאונה והפלורה (Thomas et al., 2004). לשם כך דרושות הערכות תקופתיות של מצב המגוון. הערכות אלו מתקבלות על ידי האקולוגים, בין השאר, בעזרת שימוש בקבוצה טקסונומית שלמה המשמשת כאינדיקטור ביולוגי (Indicator Taxa / Bioindicator). קבוצת הפרפרים הינה אחת הקבוצות המומלצות למטרה זו (New, 1985) ובה השתמשתי גם אני בכדי לבחון את השפעות הממשק, האדם והאקלים בבתי הגידול השונים ברמת הנדיב. במבחן

שונויות זו כיווני לבדיקת הגורמים המשפיעים על שפע, מגוון, ועושר מיני הפרפרים מצאתי כי לבתי הגידול ולחודשי השנה (כתוצאה מתנאי האקלים המאפיינים אותם) יש השפעה מובהקת על מדדים אלו (טבלה 2.1). לאינטראקציה בין החודש לבית הגידול יש השפעה מובהקת לגבי מדדי שפע ועושר הפרפרים (טבלה 2.1), כלומר לגבי מדדים אלו לא כל בתי הגידול "מתנהגים" באופן זהה בחודשים השונים. יוצאי הדופן הם בית גידול 8 המועשר בצמחי צוף ותרבות (כולל גינון והשקיה), בו נותרו ערכי השפע והעושר גבוהים גם בחודשי הקיץ והסתיו ובית גידול 4 (שדות נטושים), בו נמצאו ערכי שפע ועושר גבוהים בחודשי הסתיו (איור 2.3). ממצאים אלו ואחרים מלמדים כי קבוצת הפרפרים מהווה ביואינדקטור יעיל בעבור חלק מהשפעות האדם והממשק כפי שיפורט להלן.

2.4.1 רעייה

ככלל נחשבת הרעייה כתורמת לשימור מגוון פרפרים גבוה כל עוד היא אינה אינטנסיבית וממושכת מידי. מחקרים רבים הראו שיש צורך ברעייה, מתונה בדרך כלל, של מקנה או אילים בכדי להגן על אוכלוסיות פרפרים נדירים ממשפחת הנמפיתיים (Konvicka et al., 2003; Feber et al., 2001; Weiss, 1999; Munguira et al., 1997; Pollard & Cooke, 1994). הצביעו מחקרים נוספים על הצורך ברעייה מתונה לשמירה על מיני כחלילים (Bachelard & Descimon, 1999; Hoettinger et al., 2003; Ellis, 2003; Griebeler & Seitz, 2002; WallisDe Vries, 2004; Krauss et al., 2004(2)). לכחלילים צורך עקיף ברעייה המוסבר בתלות המורכבת שלהם, הן בצמחים פונדקאים והן בנמלים, שלשניהם דרוש בית גידול פתוח וחשוף יחסית (Griebeler & Seitz, 2002). מרבית מיני הכחלילים הם מירמקופיליים - "אוהבי נמלים" וחיים בסימביוזה עם נמלים מטפלות (Attendant ants). לכן לגבי מיני כחלילים רבים השמירה על בית גידול פתוח באמצעות הרעייה היא חשובה וטומנת בחובה תנאים אופטימאליים לנמלים המטפלות, לפונדקאים ולצמחי הצוף. למרות כל האמור לעיל, באנליזה של תוצאות שלוש שנות המחקר ברמת הנדיב, לא מצאתי כי הרעייה תורמת באופן מובהק למגוון ועושר הפרפרים בגריגה (איור 2.2). הרעייה תרמה במובהק לשפע של הפרפרים בגריגה עם שביל צר ולא תרמה לשפע שלהם בגריגה עם דרך רחבה. לדעתי, התוצאות מלמדות על איזון בין התרומה של הרעייה לשימור מגוון הפרפרים לבין פגיעתה בהם. מצד אחד, הרעייה מכלה כבר בתחילת האביב צמחי צוף המזינים את הפרפרים הבוגרים וצמחים עשבוניים המהווים פונדקאים לזחליהם. מאידך, היא מאטה את תהליכי הסוקצסיה, מונעת את סגירת השטח (Munguira & Martin, 1993; Thomas & Jones, 1993) ובכך מאפשרת שמירה על מגוון גבוה והתפתחות נאותה של כלל מיני העשבוניים ובתוכם עשרות מיני צמחי צוף ופונדקאים של הפרפרים. תמיכה נוספת למאזן שבין השפעות הרעייה החיוביות והשליליות מתקבלת מניתוח תוצאות התנהגות הפרפרים בגריגה עם ובלי רעייה. באיור 2.5 ניתן לראות שאין הבדל ניכר בין מספר ביקורי הפרפרים בצמחי צוף בשטחי גריגה עם וללא רעייה ובהתאם לכך גם לא נצפה מספר גבוה מהמצופה של פרפרים המבקרים בצמחי צוף בשטחי גריגה עם רעייה. יתכן והרעייה מאטה את תהליך הסוקצסיה ובעקיפין מסייעת להגברת הפריחה אך בו בעת היא מכלה צמחי צוף רבים. לגבי ההתנהגות הטריטוריאלית של הפרפרים נמצא כי בגריגה עם רעייה התקבל בדיוק מספר הפרפרים המצופה

ואילו בגריגה ללא רעייה התקבל מספר פרפרים נמוך במעט מהמצופה (איור 2.5). תוצאות אלו משקפות התאמה של פאונת הפרפרים למשטר רעייה.

2.4.2 חורשות נטועות

בחורשות המחטניים הנטועות התקבלו ערכים נמוכים יחסית לכל מדדי מגוון הפרפרים (איור 2.2), כאשר בחורף (נובמבר עד ינואר) הגיע מצאי הפרפרים בחורשות לשיא השפל (איור 2.3). ממצאים אלו אינם מפתיעים בהתחשב בכך שהפרפרים הם חרקים אקטותרמיים ופעילותם תלויה באנרגיית השמש (Scott, 1986). מרבית הפרפרים פורשים כנפיים, קולטים בעזרתן את קרני השמש (Basking) ומעלים את טמפרטורת הגוף עד ל- 29°C מעלות צלזיוס ורק אז יש ביכולתם לעוף (Kingsolver, 1985; Scott, 1986). ערכי הטמפרטורה והקרנה הנמוכים בחורשות אינם דוחקים החוצה רק את הפרפרים אלא גם את מרבית מיני הצמחים העשבוניים וביניהם מרבית צמחי הצוף והפונדקאים של הפרפרים ולכן יורדת עוד יותר אטרקטיביות החורשות לפרפרים. לצד שבילים צרים בחורשות ולצד דרכים רחבות הייתה אומנם פעילות אך ברמה נמוכה מהמצופה ולא התקיימה כלל פעילות מציצת צוף של הפרפרים (איור 2.5). ערכים נמוכים מאוד מהמצופה התקבלו גם עבור ההתנהגות הטריטוריאלית של הפרפרים בחורשות בשל התאמה נמוכה של פאונת הפרפרים לבית גידול זה (איור 2.5). בשולי הדרכים הרחבות בחורשות עופפו פרפרים במספר גבוה מהמצופה (איור 2.4), ייתכן ובשל תנאי קרינה משופרים. באופן דומה נמצא במחקר שנערך ביערות אורני פנדרוסה (*Pinus ponderosa*) צפופים, בהם נעשה שיקום נופי (Restoration), שעושר מיני הפרפרים באתרים המשוחזרים עלה יחד עם הקרינה, כמות הפונדקאים ושפע צמחי הצוף (Walts & Convington, 2004). גם בניו-מקסיקו נמצא שממשק של דילול עצים מחטניים ופיזור רסק (Overstory reduction and slash mulching - ORSM) גרם להגדלת כיסוי שטחי תת היער בעשבוניים ולגידול בשפע ועושר הפרפרים (Kleintjes et al., 2004). יחד עם זאת, חשוב לציין, שמהתצפיות שלי עולה כי בעבור מיני פרפרים מסוימים יש לחורשות חשיבות רבה, כנראה לאור העובדה שרמת הנדיב אינה משופעת בחורש מפותח והחורשות הנטועות הן לעיתים מאין חלופה לחורש טבעי. נקבות הצבעוני השקוף (*Archon*) ונימפית היערה (*Limnitis reducta schiffmuelleri* Higgins) חודרות לחורשות בעקבות הפונדקאים שלהם שאומנם גדלים גם מחוץ לחורשות אך בתדירות נמוכה בהרבה. נקבות הסטרית הפקוחה (*Maniola telmessia telmessia* Zeller) עוברות קיוט (אסטיבציה) בצל החורשה במשך כל הקיץ ורק עם בוא הסתיו הן מטילות. גם פרפרי לימונית האשחר (*Gonepteryx cleopatra taurica* Staudinger) מנצלים את צל החורשות לאסטיבציה חלקית בקיץ. ככלל, נראה כי בעבור מינים נוספים חשיבותן של החורשות עולה בשיאו של הקיץ (יולי - ספטמבר), אז עולה יחסית מצאי הפרפרים בחורשות (איור 2.3). זאת היות והפרפרים מסוגלים להיות פעילים בדרך כלל רק עד לטמפרטורה של 42°C ובתנאי שחום גופם אינו עולה מעל 38°C (Scott, 1986).

2.4.3 דרכי עפר ושבילים

דרכי העפר הרחבות, בהשוואה לשבילים צרים, לא הוסיפו במובהק למדדי שפע, עושר ומגוון מיני הפרפרים בגריגה ובחורשות הנטועות (איור 2.2), בכל זאת הייתה גם לדרכי העפר וגם לשבילים השפעה על התנהגות הפרפרים. בקטגורית מעוף הפרפרים לאורך השבילים ודרכי העפר נמצא כי מעופם גבוה מהמצופה או קרוב מאוד למצופה בגריגה ללא רעייה ובחורשות (איור 2.4). זאת היות והפרפרים "משתמשים" בשבילים ובדרכים כנתיבי תעופה נוחים בתוך נופי החורשה והגריגה הסגורים. לעומת זאת, בבתי הגידול של השדות הנטושים וההעשרה התקבלו ערכים גבוהים מהמצופה למעוף חוצה דרך או שביל היות ובבתי גידול אלו הנוף לרוב פתוח, הפרפרים לא נזקקים לשבילים כנתיבי תעופה פנויים וחוצים אותם בדרכם מבלי משים. עוד נמצא כי הפרפרים ממעטים לעופף לצד השבילים הצרים בחורשות ובגריגה עם ובלי רעייה ולעומת זאת מעופפים ברמה גבוהה מהמצופה לצד הדרכים הרחבות בכל בתי הגידול הללו. נראה כי הדרכים הרחבות יוצרות בבתי גידול בעלי נוף סגור מעין תת בית גידול מואר יותר המאפשר יותר צמיחה ופריחה של צמחי צוף ופונדקאים המושכים יותר מיני פרפרים. למסקנות דומות הגיעו גם Smith וחבריו (2002) שמצאו בארה"ב שדרכי העפר בתוך יער מעורב של אלון-אורן תורמות לגידול באוכלוסייתו של מין כחליל מוגן בקורלציה לגידול בצמחי הצוף והפונדקאי שלו בשולי הדרך. Saarinen וחבריו (2005) מצאו בפינלנד מגוון מיני פרפרים גבוה יותר בשולי כבישים רחבים ביחס לשולי דרכים כפריות צרות בעיקר הודות למגוון גבוה יותר של צמחי הצוף. עוד נמצא בפינלנד ששולי כבישים וצמתים הנתונים לממשק של כיסוח הולם יכולים לשמש בית גידול אלטרנטיבי לפרפרי אחו (Valtonen & Saarinen, 2005). בנוף חקלאי בצרפת נמצא שעיקר פעילותם של הפרפרים בשולי דרכי עפר ושבילים היא מציצת צוף, בהתאמה לשפע גבוה של צמחי צוף המאפיין את שולי הדרכים והשבילים ביחס לשטחי מרעה ואחו קרובים (Ouin et al., 2004).

2.4.4 שדות נטושים

בשדות הנטושים נמצאו ערכים גבוהים במובהק ממרבית בתי הגידול עבור כל המדדים הנבדקים דהיינו שפע, עושר ומגוון הפרפרים (איור 2.2). אתרים אלו מתאפיינים בקרקעות אלוביות עמוקות וכבדות ברובן מהסוג גרומוסול (*Gromosol alluvial soils*) והן שימשו בעבר לחקלאות מסורתית באמצעים פרימיטיביים. בהמשך ננטשו השדות ולפני כשלושים שנה נשתלו במקום עצי יער במסגרת פעולות ייעור של קק"ל. בעשרים השנה האחרונות מתבצעת במקום רעיית בקר עונתית ולפני כתיסר שנים דוללו משמעותית עצי הברוש בחורשות (שילר וחבריו 2001). מצאתי כי שפע ועושר הפרפרים בבית גידול זה גבוה במיוחד בסתיו בניגוד למרבית בתי הגידול (איור 2.3). אני משערת שזה נובע מהפלורה המגוונת והייחודית בבית גידול זה, בו מרוכזים רוב הצמחים הנדירים המצויים ברמת הנדיב (ידע אישי). חלק ממינים אלו, דוגמת קייצנית צמירה (*Carline Lanata L.*), צנינה קוצנית (*Exoacantha heterophylla Labill*) ודו גון ירושלמי (*Lachnophyllum noaeum Boiss*) פורחים בעונות הקיץ והסתיו השחונות ומשמשים מקור צוף חשוב לפרפרים. מרבית קרקעות הגרומוסול בישראל מנוצלות היום לחקלאות מודרנית בשל איכותן ועומקן (רביקוביץ, 1966). לכן, בעידן המודרני, נחשבים אתרים אלו לנדירים ויחד איתם הפכו גם חלק ממיני הצומח, שהסתגלו בשעתו לחקלאות המסורתית, לנדירים. הרכב הפלורה הייחודי בקרקעות אלו השפיע באופן חיובי על הפרפרים ובא לידי ביטוי ברמה גבוהה מהמצופה

של אירועי מציצת צוף על ידי הפרפרים בבית גידול זה (איור 2.5). תמונה דומה מתקבלת ממחקרים רבים שנערכו בערבות עשב על קרקע גירנית Calcareous grasslands ממוצא אלובי באירופה. קרקעות אלו מהוות את אחד מבתי הגידול עשירי המגוון באירופה. במהלך המאה העשרים הצטמצם שטחן באופן ניכר עקב נטישת החקלאות המסורתית שהפכה בלתי כדאית (Poschlod & Wallis De Vries, 2002). היום תופסות קרקעות אלו מקום מרכזי בשימור וממשק של שטחים טבעיים באירופה בעיקר בהקשר של מניעת הכחדת מינים ושימור על מגוון גבוה של מיני הצומח (Barbaro et al., 2000; Krauss et al., 2004a), חסרי החוליות בכלל (Zschokke et al., 2000; Bell et al., 2001; Steffan-Dewenter & Tschardtke, 2002) והפרפרים בפרט (Balmer & Erhardf, 2000; Krauss et al., 2003a; Krauss et al., 2003b). המאפיינים בית גידול ייחודי זה. פעילות טריטוריאלית נמוכה מהמצופה התקבלה בבית גידול זה (איור 2.5) ובכל זאת הבחנתי בשני מינים מכלל פאונת הפרפרים ברמת הנדיב, המעופפים כמעט תמיד בביוטופ הקרקעות האלוביות בצמוד לפונדקאים שלהם, האופייניים גם הם לבית גידול זה. פרפרים אלו הם: נימפית הבוצין (*Melitaea trivia syrica* Rebel) וכחליל השברק (*Polyommatus icarus zelleri* Verity) המעופפים לרוב בקרבת הפונדקאים שלהם בוצין מפורץ (*Verbascum sinatum* L.) ושברק קוצני (*Ononis spinosa* L.), בהתאמה.

2.4.5 בית גידול מועשר בצמחיה

האתרים המייצגים בית גידול זה (הגן הבוטני, חורבת עקב ומעיין עין צור) אינם דומים ובכל זאת יש להם מכנה משותף - העשרה בצמחי צוף ופונדקאים. מהתוצאות עולה כי באתרים אלו התקבלו ערכי שיא, גבוהים במובהק, מכל שאר בתי הגידול עבור מדדי שפע, עושר ומגוון הפרפרים (איור 2.2). עוד נמצא כי יתרון בית הגידול הזה לפרפרים גבוה במיוחד מחדש יוני ועד דצמבר כלומר בעונות הקיץ, הסתיו ותחילת החורף (איור 2.3). בעונות אלו קיים מחסור בצמחי צוף בשטח הטבעי, הפרפרים מנצלים את ניידותם, מתעופפים לחפש מקורות צוף ומוצאים אותם באתרים המועשרים. תופעה זו ידועה ואף השפיעה על סגנון חדש של גינון אקולוגי שמטרתו למשוך פרפרים לגנים (Schneck, 2001; Mikula, 1997; Thomas, 1996; Ajilvsgi, 1990). עוד נמצא במחקר זה כי פעילות מציצת הצוף של הפרפרים ופעילותם הטריטוריאלית באתרים המועשרים גבוהות בהרבה מהמצופה (איור 2.5). כלומר, שפע צמחי הצוף מושך את הפרפרים לאתרים המועשרים ולעיתים קרובות הזכרים קובעים בהם את הטריטוריה שלהם וממתיינים לנקבות. נערכו מעט מחקרים על יכולתם של גנים לתמוך באוכלוסיות הפרפרים באופן בלעדי. בסן פרנסיסקו ואזורים מיושבים בסביבתה בקליפורניה ערכו מחקר על מין זנב סנונית (*Battus philenor*) הנמשך אל הגנים בנוסף לצמחי הצוף גם בשל מין הצמח הפונדקאי שלו הגדל בהם. החוקרים מצאו שרק בגנים שקיימים בהם הפונדקאים מעל 40 שנה מצליח הפרפר להשלים את הגלגול מהביצה ועד לבוגר וגם אז אחוזי השרידות נמוכים מאשר בשטחי הבר (Levy & Connor, 2004). לעומת זאת, מיני פרפרים פוליפגיים מסוגלים להסתגל במהירות יחסית לפונדקאים חדשים מצמחי התרבות היות וכחקרים בעלי מחזור חיים קצר הם מצליחים לקיים מספר דורות בשנה (בנימיני 2002א'). בעיר דיויס בקליפורניה ובשכונות הסובבות אותה נמצא שמרבית מיני

הפרפרים מתרבים בעיקר על צמחים עשבוניים זרים (Alien plants) ועבור כ- 40% מהם כלל לא ידועים פונדקאים מקומיים בעיר ובשכונות הסובבות אותה (Shapiro, 2002). מתצפיות ברמת הנדיב עולה כי לגבי חלק מהמינים, האתרים המועשרים אטרקטיביים לא רק בשל צמחי הצוף אלא גם בזכות צמחים פונדקאים חדשים שאומצו על ידיהם. אזכיר שני מינים - כחליל האספסת (*leptotes pirithous*), מין פוליפגי, מתרבה על עופרית הכיף (*Plumbago auriculata*) שהובאה לישראל כצמח נוי מדרום אפריקה וגדלה בגן הבוטני ברמת הנדיב (Benyamini 2004) וכחליל הרימון (*Deudorix livia* Klug) המתרבה על שיטת המשוכות (*Acacia farnesiana*) (בנימיני, 2002 א), שהובאה לארץ מארה"ב לפני כמאה שנה בכדי לשמש גדר דוקרנית גבוה לשדות חקלאיים והפכה למין פולש המתפשט בישראל בעיקר בבתי גידול לחים. יש לציין שבעבור כחלילים אלו מהווים הצמחים הזרים שהוזכרו פונדקאים עיקריים, כלומר הם יועדפו, במידה והם בנמצא, על פני פונדקאים אחרים (תומר, 2005). את אזור מעיין עין צור וחורבת עקב מאפיינים גם מיני צמחים רודראליים התורמים אף הם למשיכת הפרפרים. לדוגמה: ארכובית הציפורים (*Polygonum arenastrum* Boreau), ארכובית שבטבטית (*Polygonum*) *lequisetiforme* Sm עוקץ העקרב הארופאי (*Heliotropium europaeum* L.) וסרפד הכדורים (*Urtica pilulifera* L.), מהווים פונדקאים למיני הפרפרים כחליל החומעה (*Lycaena*) *thersamon omphale* Klug, כחליל הארכובית (*Lycaena phlaeas timeus* Cramer), כחליל מקושט (*Freyeria trochylus trochylus* Fteyer) ונימפית הסרפד (*Vanessa atalanta*) (Linnaeus), בהתאמה. בנוסף, פורחים שלושת מיני הצמחים הראשונים שהוזכרו בעונות הקיץ והסתיו השחונות ומהווים מקור צוף אטרקטיבי לכלל מיני הפרפרים המתעופפים בעונות אלו. באוסטריה נערך מחקר באי על נהר הדנובה. באתר רודראלי על אי זה נמצא שפע מיני הפרפרים והצמחים הגבוה ביותר בהשוואה לבתי הגידול האחרים (Pascher & Rabb, 2002) ואילו במחקר באנגליה הוגדרה קבוצה של פרפרים רודראליים המותאמים לבית גידול רודראלי (Shereeve et al., 2001).

2.4.6 סיכום

תוצאות המחקר שהוצגו בפרק זה ממחישות כי השימוש בקבוצת פרפרי היום כאינדקטור אקולוגי הינו כלי יעיל לבחינת השפעת האדם על המערכת האקולוגית בכלל, והשפעתן של פעולות ממשקיות פרטניות ויזומות בפרט.

רעיית הבקר מהווה גורם המאט את התפתחות הסוקצסיה הטבעית ואת סגירת השטח ע"י צומח מעוצה הדוחק מינים עשבוניים. נמצא כי היא אינה תורמת לעושר ומגוון מיני הפרפרים בגריגה. לגבי שפע הפרפרים היא נמצאה כתורמת בגריגה עם שביל צר בלבד (איור 2.2). יתכן וממצאים אלו התקבלו בשל העובדה שהבקר אוכל צמחים רבים המשמשים צמחי צוף לפרפרים ופונדקאים לחליהם. לדעתי, כדאי לבחון האם רעיית עיזים מתאימה יותר לממשק הפארק ותביא לשפע ומגוון פרפרים גבוה עוד יותר היות והעיזים מעדיפות צומח מעוצה על פני צומח עשבוני (Devendra, 1978; Arnold, 1982) ולכן, יש להניח כי יפגעו פחות בצמחי הצוף והפונדקאים של הפרפרים. דרכי העפר הרחבות נמצאו תורמות למעוף הפרפרים בשטחי גריגה עם ובלי רעייה

ובחורשות נטועות, כנראה היות והן יצרו מעין דרכי אור שתרמו לשפע צומח עשבוני. ואילו השבילים הצרים נמצאו כמשמשים עבור הפרפרים נתיבי תעופה בתוך נופי החורשה והגריגה הסגורים. בחורשות הנטועות התקבלו ערכים נמוכים לכל מדדי המגוון, ובכל זאת הן תורמות למגוון ועושר מיני הפרפרים הכולל ברמת הנדיב. זאת היות ויש להן חשיבות מכרעת עבור מיני פרפרים (בעיקר סטיריות) העוברים בהן קיוט (אסטיבציה), בקיץ החם והיבש. בשדות הנטושים (משנות ה-50) נמצאו ערכים גבוהים עבור כל מדדי מגוון הפרפרים. זהו בית גידול המתאפיין בקרקע ממוצא אלובי ופלורה עשירה וייחודית התומכת במיני פרפרים ג'נרלסטיים וספציאליסטים כאחד. לבסוף, כצפוי, בבית הגידול המועשר בצמחי צוף ופונדקאים (גינת חורבת עקב, אזור מעיין עין צור וגן הזכרון) נמצאו ערכי שיא עבור כל מדדי מגוון הפרפרים. עיקר חשיבותו של בית גידול זה היא בעונות הקיץ, הסתיו ותחילת החורף בהן ישנו מחסור בצמחי צוף בכל חלקי הפארק, אז מוצאים בבית גידול זה מרבית מיני הפרפרים את מזונם. ישנם מינים שזחליהם הסתגלו לפונדקאים חדשים בבית הגידול המועשר ואצל חלקם חל גידול במספר הדורות שהם מקימים מידי שנה.

לסיכום, אני סבורה כי קיומו של פסיפס בתי הגידול הטבעי ומערך הטיפולים הממשקיים (רעייה, דילול, חורשות נטועות, גינון ואחזקת דרכים), מגדיל את ההטרוגניות האקולוגית ברמת הנדיב ומעלה את מדדי המגוון הביולוגי כפי שמשקפים ממצאינו עבור הפרפרים, לכן בראש ובראשונה רצוי לשמור על הטרוגניות בתי הגידול ודרכי הממשק הנהוגות בשטח הפארק.

פרק 3: השפעת תנאי האקלים על חברת הפרפרים

3.1 מבוא

מחקרים מגוונים נעשו לגבי הקשר שבין פרפרים לתופעות טבע אקלימיות כגון ההתחממות הגלובלית, ההקצנה האקלימית, תופעת האל-ניניו ושריפות טבעיות. נמצא כי בעטייה של ההתחממות הגלובלית חלו שינויים בתחום התפוצה של מיני פרפרים רבים ומינים נוספים נכחדו או הפכו לנתונים בסכנת הכחדה (Sutcliffe et al., 1996; Parmesan et al., 1999; Hill et al., 2000; Warren et al., 2001; Konvicka et al., 2003; Bolotov, 2004; Schtickzelle 2004; Holy & James, 2005). ההקצנה האקלימית, המתבטאת בחורף קר יותר וקיץ חם יותר, נמצאה כמשפיעה על שינויים במרחב התפוצה ובעיתוי הופעת הבוגרים במיני פרפרים רבים (Sparks & Peterson et al., 2004; Yates, 1997; Roy et al., 2001; Forister & Shapiro, 2003). אירועי האל-ניניו בחוף המערבי בארה"ב השפיעו על שפע הפרפרים הנוודים (Vandenbosch, 2003) ואילו השריפות הנלוות לאל-ניניו נמצאו כאחראיות על ירידה בעושר מיני הפרפרים ביערות גשם באקוודור (Cleary & Mooers, 2004). מכלול הממצאים במחקרים הנזכרים לעיל אינו מפתיע בהתחשב בכך שלפרפרים תלות מוחלטת באקלים ובתנאי מזג האוויר. הם ימנעו מלעוף בגשם סוער, רוחות חזקות ובטמפרטורות נמוכות מ- 16°C וגבוהות מ- 42°C בשל מבנה גופם העדין ובשל היותם אורגניזמים בעלי טמפרטורת גוף משתנה (Poikilotherms) התלויה בטמפרטורת הסביבה (Scott, 1986). תחום טמפרטורת הגוף האופטימאלי עבורם הוא $28-32^{\circ}\text{C}$ וביכולתם לווסת במידה מסוימת את חום גופם על ידי מספר אופני התנהגות. כשהטמפרטורה נמוכה, אך לא מעונן ויש קרינה ישירה, הם יעמדו חשופים לשמש ויפרשו כנפיים אל מול קרני השמש בכדי להתחמם, התנהגות הנקראת Dorsal basking. מקצת ממיני הפרפרים יסגרו את הכנפיים בעמידה ויטו את הגוף יחד עם הכנפיים כלפי קרני השמש בכדי להתחמם, התנהגות הנקראת Lateral basking. הפרפרים נוהגים גם להתחמם תוך כדי עמידה על קרקע או סלע שהתחממו קודם לכן בשמש. כשטמפרטורת האוויר גבוהה מידי הם יקררו את עצמם על ידי סגירת הכנפיים ועמידה במקביל לכיוון קרני השמש או יתעופפו לאזור מוצל (Scott, 1986). מיני פרפרים רבים שורדים בתנאי קור וחום קשים הודות להתאמת שלבי הגלגול המלא, המאפיין את מחזור חייהם, לעונות השנה. אצל רוב המינים מתקיימת דיאפאוזה (תרדמה בה חלה האטה ניכרת בקצב המטבוליזם) בשלבי הביצה והגולם החלים בהתאמה לעונות החורף ו/או הקיץ הקשות, בהן בנוסף לעקת תנאי האקלים ישנו גם מחסור במזון. במינים מסוימים חלה הדיאפאוזה בשלב הזחל ויש מינים אצלם עובר הבוגר אסטיבציה (הורדת פעילות למינימום) בקיץ. זחלי הפרפרים מסוגלים גם הם לווסת באופן התנהגותי את חום גופם אם כי פחות מהבוגרים. הם נוהגים לזחול על גבי הפונדקאי לאזור חשוף לקרני השמש במזג אוויר קר ולחילופין, כשמזג האוויר חם מאוד, הם מסתתרים תחת עלי הפונדקאי, בפרותיו או בפרחיו ואף יורדים להסתתר בסדקי הקרקע (Scott, 1986).

1986). גם ללחות האוויר יש השפעה ניכרת על הפרפרים שכן מרבית רקמת גופם מורכבת ממים. במינים רבים מכוסה גוף הפרפר הבוגר בשער צפוף המונע התאדות. בנוסף, החדק הארוך המאפיין את הפרפרים מאפשר להם לחדש במהירות את מלאי הנוזלים הדרוש להם תוך כדי מציצת נוזלים מהירה ובכמות גדולה יחסית (Nov'ak, 1985). הזחלים מקבלים את מלאי הנוזלים הדרוש להם תוך כדי אכילת רקמת עלי הפונדקאי, פירותיו ופרחיו. זחלים של מינים רבים שומרים על תנאי לחות משופרים ומאבדים פחות מים על ידי כך שהם מסתתרים בתוך מיקרו בית גידול כמו עלה מגולגל, גבעול, פרח, פרי, קן נמלים או סדקי קרקע (Nov'ak, 1985). הנדידה, אותה סיגלו מינים רבים של פרפרים, אף היא דרך באמצעותה נמנעים הפרפרים מתנאי אקלים קשים במיוחד. למרות הידע הרב שהצטבר אודות הפרפרים, אין בנמצא ניתוח מפורט של מכלול תנאי האקלים המשפיעים על שפע, עושר ומגוון הפרפרים וחשיבותם היחסית. במחקר זה נערך ניטור של כלל מיני הפרפרים מול ניטור של מכלול תנאי האקלים בכדי לענות על שאלות המחקר הבאות:

1. לאילו משתני אקלים יש את ההשפעה הרבה ביותר על חברת הפרפרים?
2. מהו מדרג החשיבות של משתני האקלים המשפיעים על חברת הפרפרים?

3.2 שיטות

3.2.1 ניטור הפרפרים

ניטור הפרפרים נערך בכל חודשי השנה במשך שלוש שנים ברציפות תוך כדי סיורים רגליים שהתבצעו אחת לשבוע בשנת 2003 ואחת לשבועיים בשנים 2004-2005. הסיורים כללו מסלול מעגלי באורך 4 קילומטרים, מסלול מעגלי נוסף באורך 1.5 קילומטרים וסיורים קצרצרים בשלושה אתרים נוספים (200-600 מטר אורך כל אחד). מסלולי הסיור והאתרים כללו מגוון בתי גידול והשפעות אדם הנפוצים ברמת הנדיב (ראה פרוט פרק 2 סעיף 2.2.4). במהלך הסיורים נערך רישום של מצאי וכמות הפרפרים ב-48 חתכים (כל חתך באורך של 50 מטר) בשיטת Pollard (1977). הסיורים נערכו במזג אוויר נוח ללא גשם או רוח חזקה, בטמפרטורה מעל 17°C ותוך כדי הליכה בקצב אחיד. בעת הסיורים נרשמו כל הפרפרים שנראו עד חמישה מטרים קדימה בגבולות רוחביים קבועים שכללו שביל (ברוחב 1 מטר)/דרך (ברוחב 3 מטר) עם שוליים של מטר אחד מכל צד.

3.2.2 ניטור נתוני האקלים

ניטור נתוני האקלים התבצע בתחנה מטאורולוגית המוצבת דרך קבע ברמת הנדיב ומספקת באופן רציף ערכים הנמדדים כל עשר דקות, בכל שעות היממה ובכל ימות השנה. במחקר השתמשתי בנתונים מהשנים 2003-2005 עבור הפרמטרים האקלימיים הבאים: טמפרטורת מקסימום יומית, טמפרטורת מינימום יומית, טמפרטורת יומית ממוצעת, טמפרטורת יממתית ממוצעת, מקסימום לחות יחסית יומית, מינימום לחות יחסית יומית, לחות יחסית יומית ממוצעת, לחות יחסית יממתית ממוצעת, מהירות רוח יומית ממוצעת, מהירות רוח יממתית ממוצעת, מקסימום קרינה יומית, קרינה יומית מצטברת וכמות משקעים חודשית מצטברת. נתונים יומיים נאספו משש בבוקר ועד חמש אחר הצהריים ונתונים יממתיים נאספו 24 שעות ביממה.

3.2.3 אנליזה סטטיסטית

חושבו עקומות צבירה עבור כל מיני הפרפרים בכל חודש בשנים 2003-2005 בתוכנת Estimate-S-7.5 (Colwell et. Al., 2004). בתוכנה זו חושבו גם מדדי שפע, עושר ומגוון מיני הפרפרים. מבין מדדי המגוון בחרתי ב – Simpson diversity index הנחשב למומלץ (Magurran, 1995; Bossart, 2006; Baselga & Novoa, 2005). לגבי מדד עושר המינים השתמשתי במדד משוקלל המבטא את הממוצע של ארבעת מדדי העושר הבאים: Chao1, Chao2, Jack1, Jack2 בהתאם להמלצתם של מספר חוקרים (Magurran, 1995; Walther & Moore, 2005). מדדי השפע, העושר המשוקלל ומגוון סימפסון חושבו בכל שנת מחקר (2003-2005) עבור כל חודש. היות ולא נמצא הבדל מובהק בערכי המדדים הללו בחודשים השונים בין שלוש שנות המחקר הן הוגדרו כ – Repeated measures. לגבי כל מדד חושב ממוצע שלוש השנים ובעזרת תוכנת SPSS נבדקה מובהקות ההבדלים בין החודשים השונים. מנתוני הפרמטרים האקלימיים שנאספו בתחנה המטאורולוגית ברמת הנדיב חושבו ממוצעים עבור כל חודש בכל שנת מחקר בנפרד ועבור שלוש שנות המחקר יחד. נערכה גם רגרסיה ליניארית רבת משתנים בכדי לבדוק לאיזה פרמטרים אקלימיים יש את ההשפעה הגדולה ביותר על מדדי השפע, העושר המשוקלל ומגוון סימפסון של הפרפרים בכל שנת מחקר לחוד ובשלוש שנות המחקר יחד. מבחני הרגרסיה רבת המשתנים נערכו פעמיים: פעם אחת עבור מדדי הפרפרים שהתבססו על נתונים שנאספו בכל בתי הגידול ופעם שניה עבור מדדי הפרפרים שהתבססו על נתונים שנאספו בכל בתי הגידול מלבד בית הגידול המועשר. זאת מפני שבבית גידול זה קיימת העשרה בצמחיה והשקייה בעונת היובש שיוצרת אפקט הנוגד את תנאי האקלים הטבעיים.

3.3 תוצאות

3.3.1 מדדי הפרפרים

ערכים גבוהים יחסית נמצאו עבור כל מדדי הפרפרים הנבדקים באביב, מחודש מרץ ועד יוני, כאשר בחודש מאי הגיעו לשיא מדדי השפע והעושר ובאפריל-מאי הגיע לשיא מדד המגוון (איור 3.1). במהלך השנה נמצאו ערכים נמוכים יחסית במדדי הפרפרים בשתי תקופות, האחת בסתיו בחודש ספטמבר והשניה בחורף בחודשים דצמבר-ינואר. בין שתי תקופות שפל אלו היתה עליה מסוימת במדדי הפרפרים בחודשים אוקטובר-נובמבר (איור 3.1), (בנספח 9.4 מוצג איור ערכי שפע, מגוון ועושר הפרפרים בחודשי השנה השונים עבור כל שנת מחקר בנפרד).

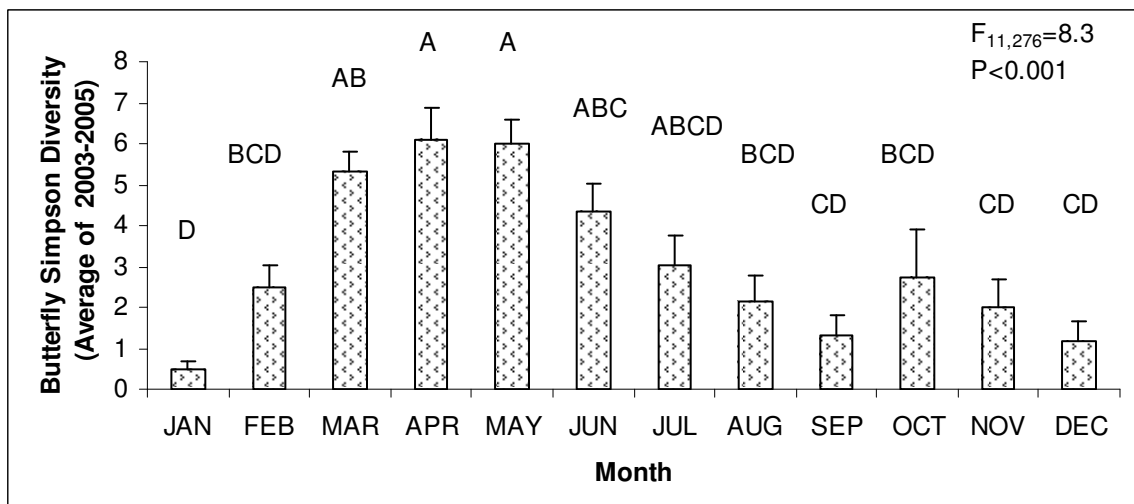
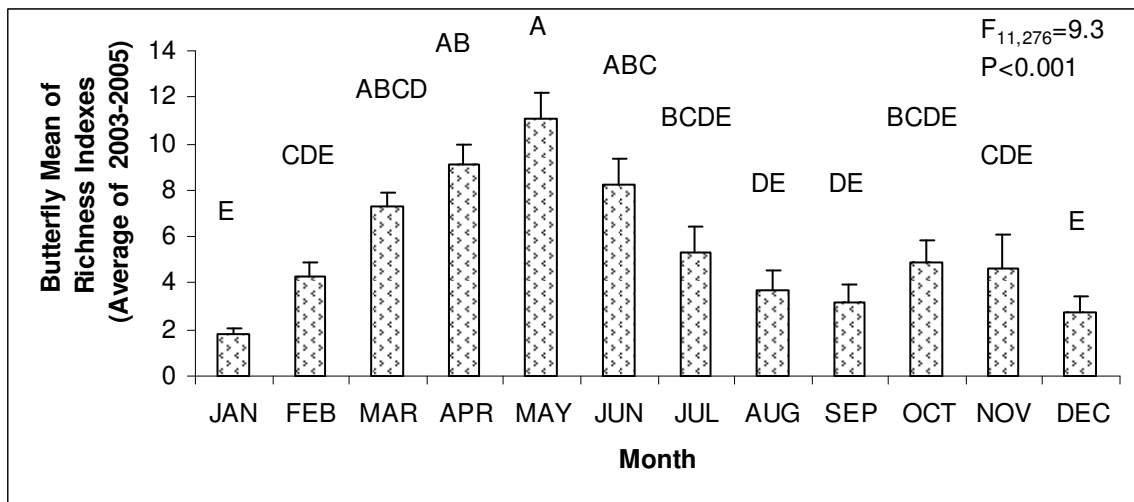
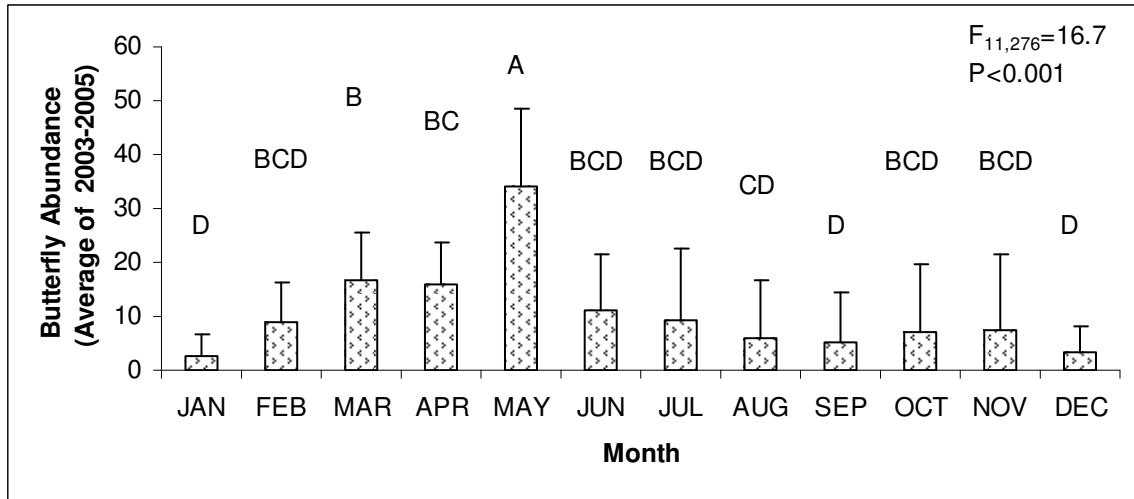
3.3.2 הפרמטרים האקלימיים

תוצאות חישוב ממוצעי כל המשתנים של הטמפרטורה (מקסימום טמפ' יומית, מינימום טמפ' יומית, ממוצע טמפ' יומית וממוצע טמפ' יממתי) עבור השנים 2003-2005 מראות ששפל הטמפרטורה השנתית הוא בחודש פברואר. ממרץ מתחילה עליה הדרגתית רציפה עד לשיא השנתי בחודש אוגוסט ומספטמבר מתחילה ירידה הדרגתית רציפה לקראת השפל של השנה הבאה (איור 3.2 ו-3.4). לעומת זאת, חישוב ממוצעי המשתנים של הלחות היחסית (מקסימום

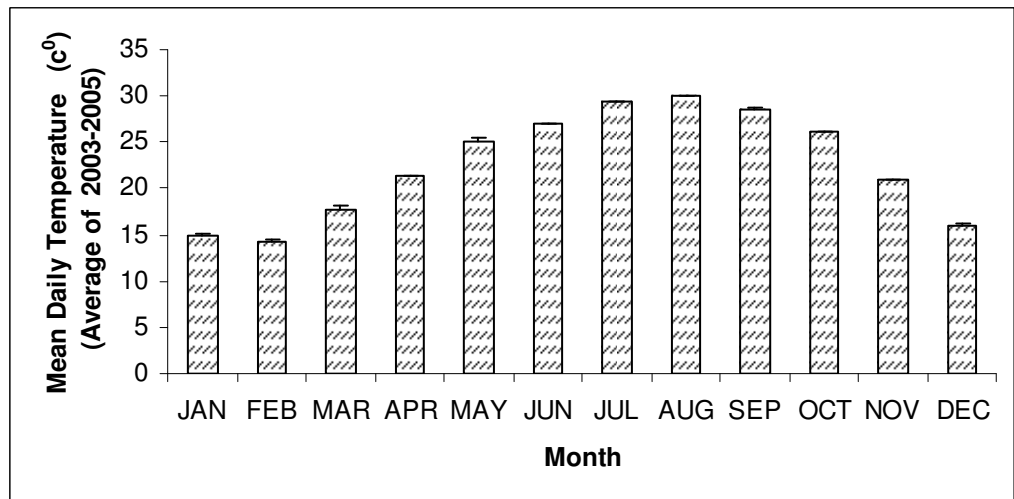
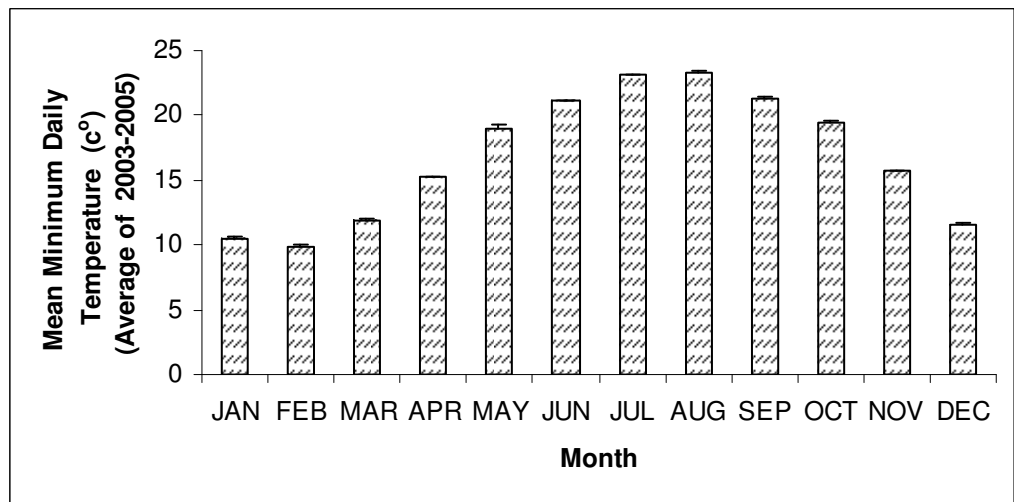
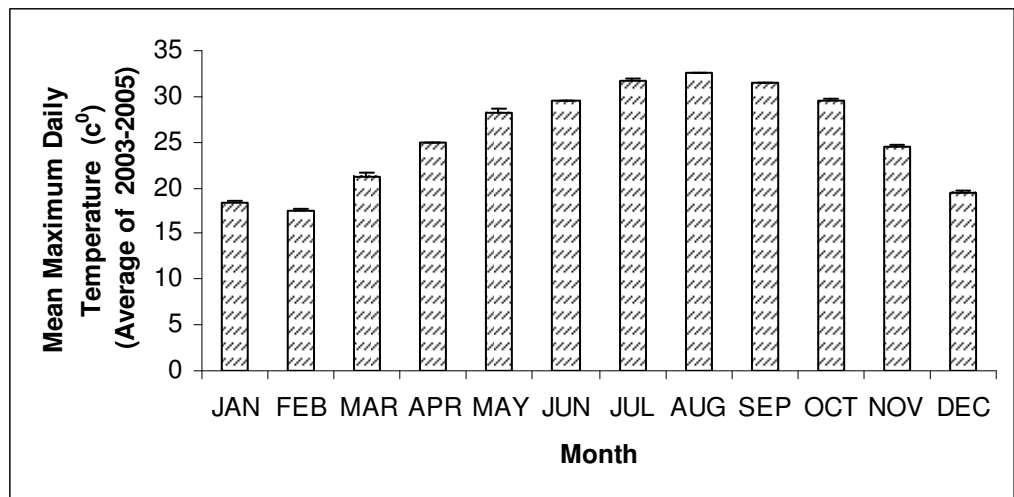
לחות יחסית יומית, מינימום לחות יחסית יומית, לחות יחסית יומית ממוצעת ולחות יחסית יממתית ממוצעת) מלמד על שני שיאים ושתי נקודות שפל במהלך השנה. בינואר-פברואר נמצאים ערכי הלחות היחסית בשיא השנתי הראשון, לאחר מכן ישנה ירידה לשפל בחודשים אפריל-מאי, שוב עליה לקראת שיא שני בחודשים יוני-יולי-אוגוסט, ירידה לקראת שפל נוסף בנובמבר והמשך עליה לאחריו (איור 3.3 ו-3.4). ממוצעי ערכי מהירות הרוח היממתית והיומית מלמדים על שיא בולט בינואר ושפל באוגוסט כאשר הירידה בערכי החודשים מהשיא לשפל והעליה מהשפל מדורגות אך לא באופן רציף (איור 3.4 ו-3.5). בדומה לממצאים עבור ערכי הטמפרטורה גם עבור ערכי הקרינה (סה"כ קרינה יומית ומקסימום קרינה יומית) התקבלו שיא בולט אחד ושפל בולט אחד במהלך השנה כאשר שאר החודשים מדורגים בסדר עולה לקראת השיא ובסדר יורד לקראת השפל. אך בשונה מהטמפרטורה, שיא הקרינה התקבל בחודש יוני והשפל התקבל בחודש דצמבר (איור 3.5). מרבית המשקעים ירדו בין חודש נובמבר לחודש מרץ (בין 28 ל-65 מ"מ בחודש) כאשר בתחילת העונה, בחודש אוקטובר, ובסוף העונה, באפריל, ירדו מעט משקעים (פחות מ-10 מ"מ לחודש) ומחודש מאי ועד סוף ספטמבר שרר יובש מוחלט ללא משקעים (איור 3.6). ממוצעי נתוני הפרמטרים האקלימיים עבור כל חודש בכל שנת מחקר בנפרד מוצגים בנספח 9.5.

3.3.3 זירוג חשיבותם של משתנים אקלימיים ביחס למגוון, עושר ושפע מיני הפרפרים

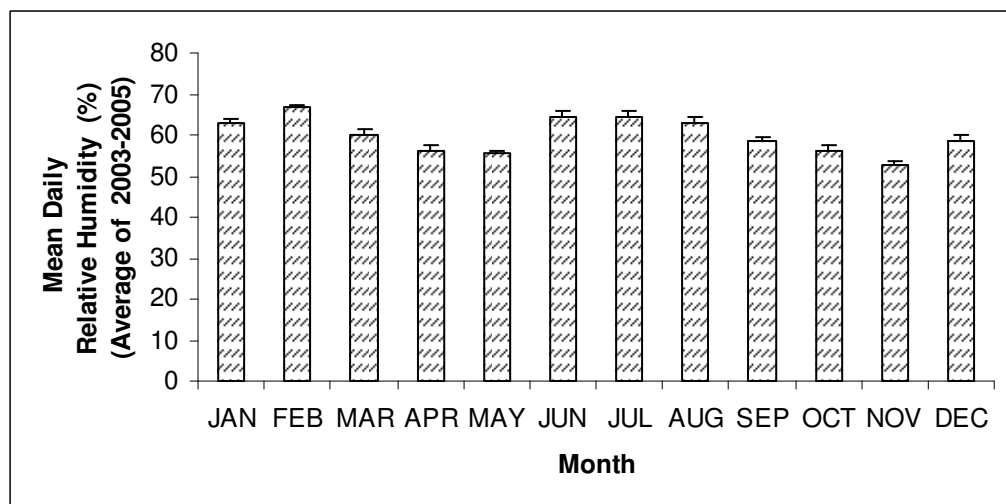
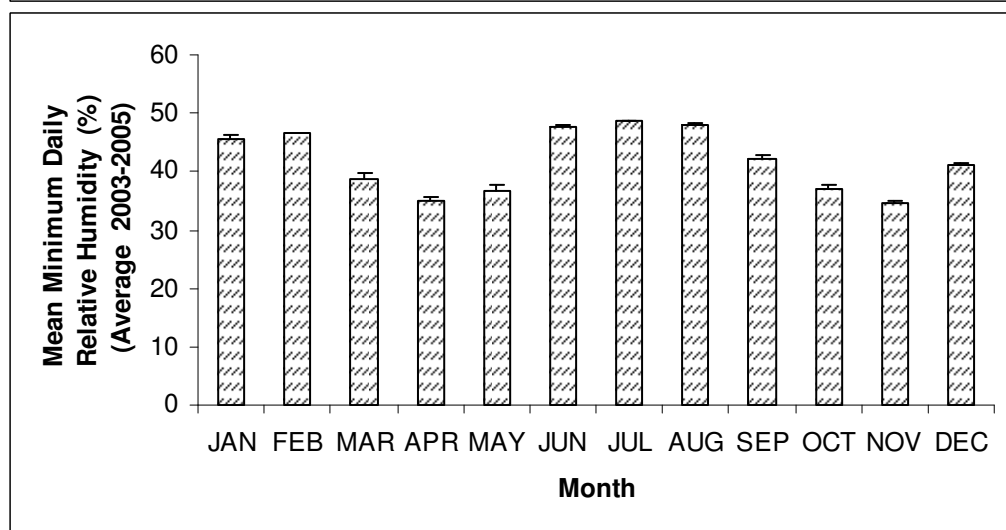
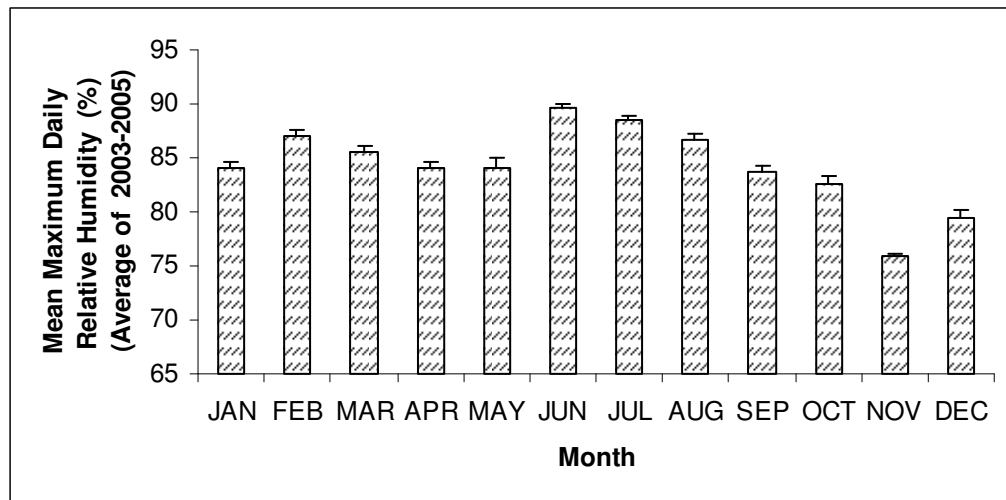
מתוצאות הרגרסיות רבות המשתנים עבור השנים 2003-2005 עם וללא בית גידול 8 עולה כי המשתנים שלהם משמעות חיונית עבור מגוון, עושר ושפע הפרפרים הם: הקרינה היומית המקסימאלית, הלחות היחסית היומית המינימאלית ומשתנים שונים של הטמפרטורה. לגבי שאר המשתנים האקלימיים (משקעים, מהירות רוח יומית ויממתית, סה"כ קרינה, לחות יחסית יממתית, יומית ומקסימאלית) נמצא שהם אינם משפיעים באופן מובהק על מדדי מגוון הפרפרים או שנמצא שהם תלויים במשתנים אחרים שלהם יש השפעה רבה על מדדי הפרפרים ולכן הם נפסלו (טבלאות 3.1 ו-3.2). מבין המשתנים האקלימיים שנמצאו כמשפיעים באופן חיובי ומובהק על מדדי הפרפרים היתה למקסימום הקרינה ההשפעה הגדולה ביותר, לאחר מכן למינימום הלחות היחסית ולבסוף לאחד מהמשתנים של הטמפרטורה. מלבד עבור מדד המגוון ברגרסיה ללא בית גידול 8, שלגביו קדם בחשיבות פרמטר הטמפרטורה לפרמטר מינימום הלחות היחסית (טבלאות 3.4 ו-3.3). מהשוואת תוצאות שתי הרגרסיות עם ובלי בית גידול 8 עולה שאין הבדל משמעותי במשתנים האקלימיים המשפיעים על מדדי הפרפרים אך יש עליה בערכי השונות המוסברת (R^2), בעיקר לגבי עושר הפרפרים שעלה מ-20.5% ל-39.9% ושפע הפרפרים שעלה מ-24.4% ל-53.9% ברגרסיה שלא כללה את בית גידול 8 ביחס לרגרסיה שכללה את בית גידול 8 (איורים 3.3 ו-3.4). תוצאות הרגרסיה הלינארית רבת המשתנים שנערכה עבור כל שנת מחקר לחוד מוצגות בנספחים 9.6 ו-9.7.



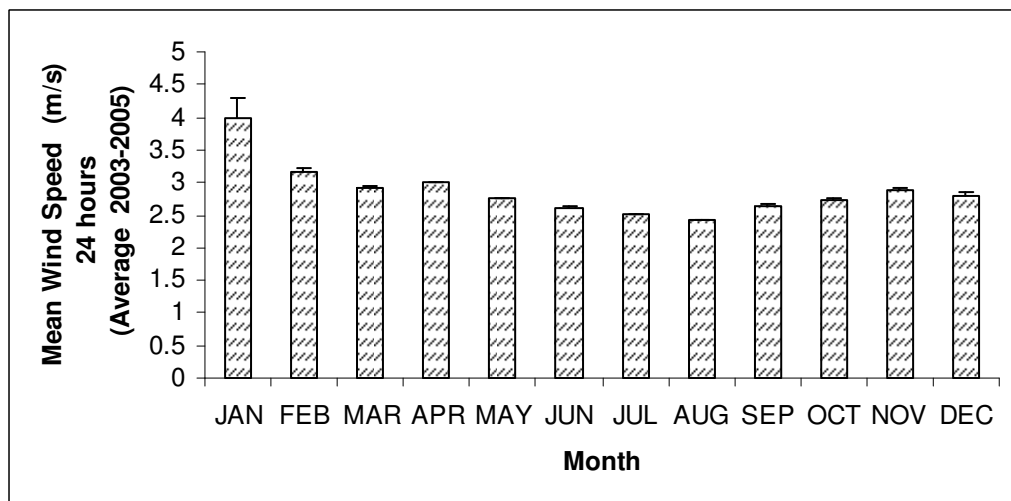
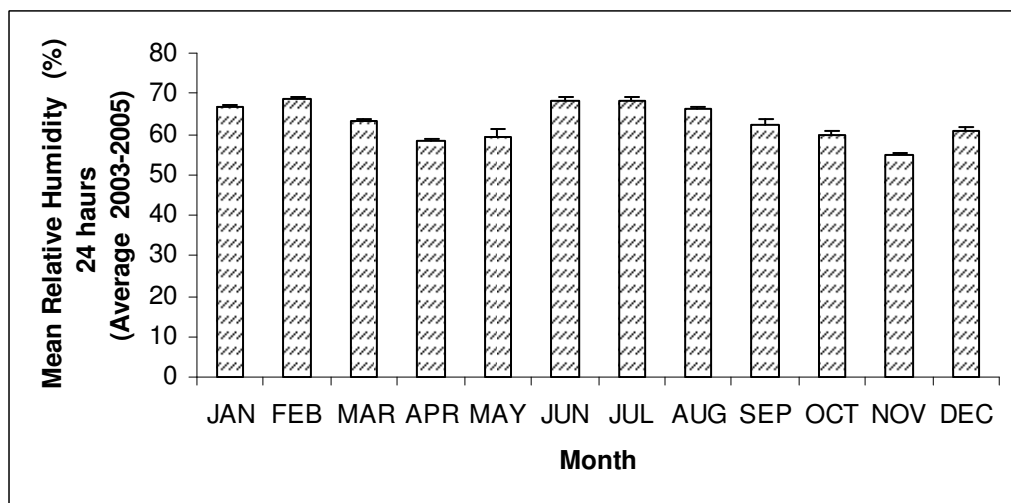
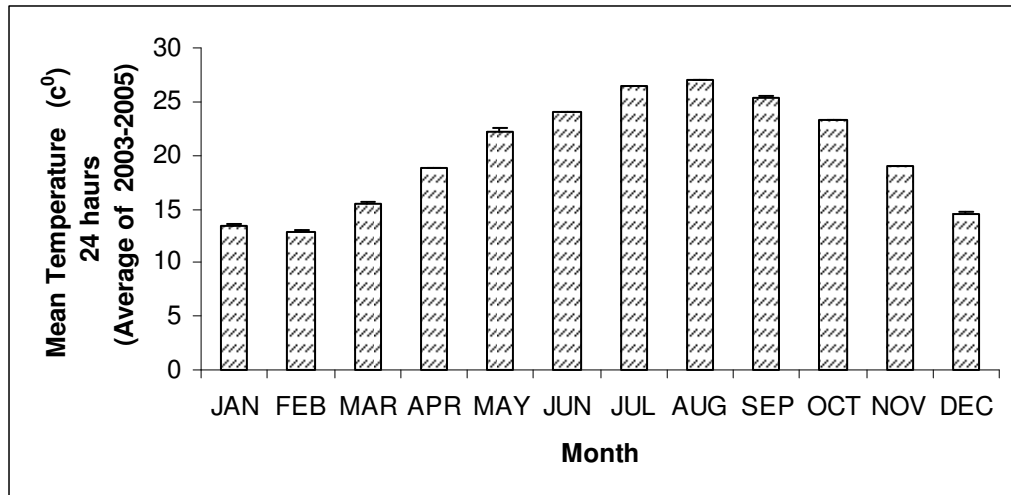
איור 3.1: שפע, עושר ומגוון הפרפרים בכל חודשי השנה (ממוצע שלוש שנות 2003-2005 + שגיאת תקן). אותיות שונות מעל העמודות המעידות על הבדל סטטיסטי מובהק ביניהם במבחן Post-hoc (Bonferroni, $P < 0.05$).



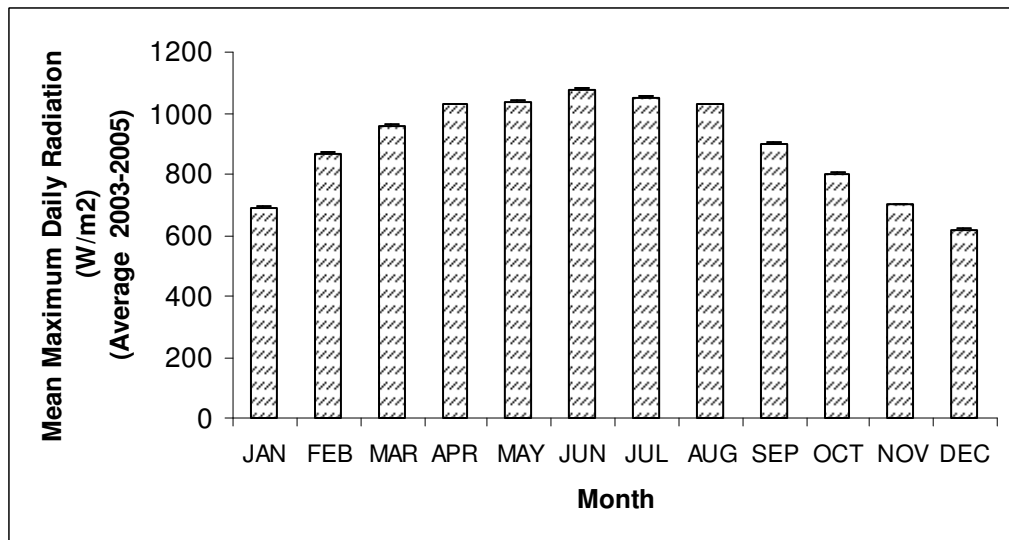
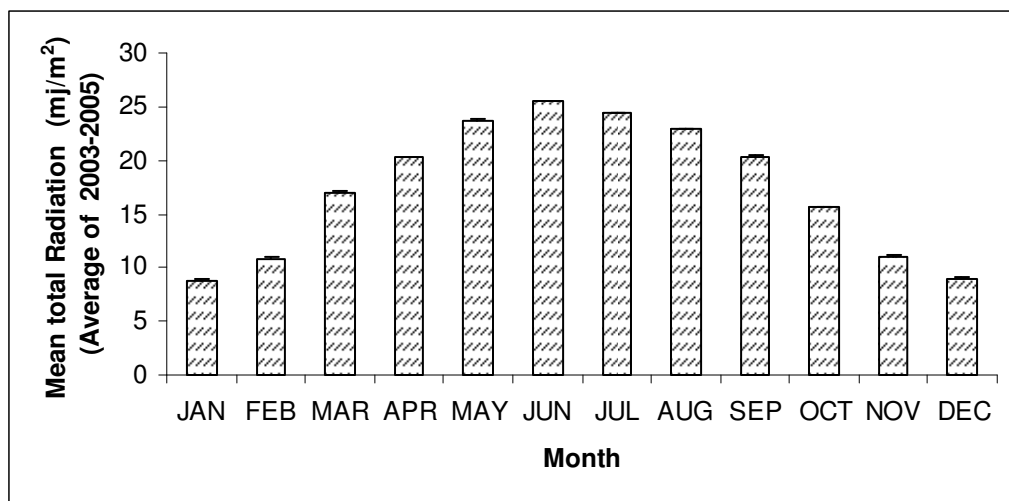
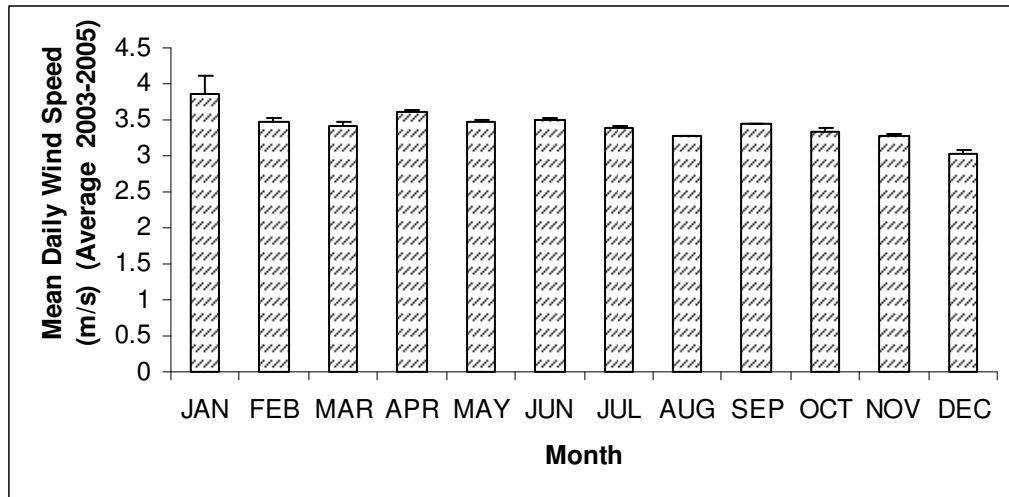
איור 3.2: ממוצע יומי תלת שנתי (+ שגיאת תקן) של ערכי טמפ' המקסימום, טמפ' המינימום והטמפ' הממוצעת בכל חודשי השנה.



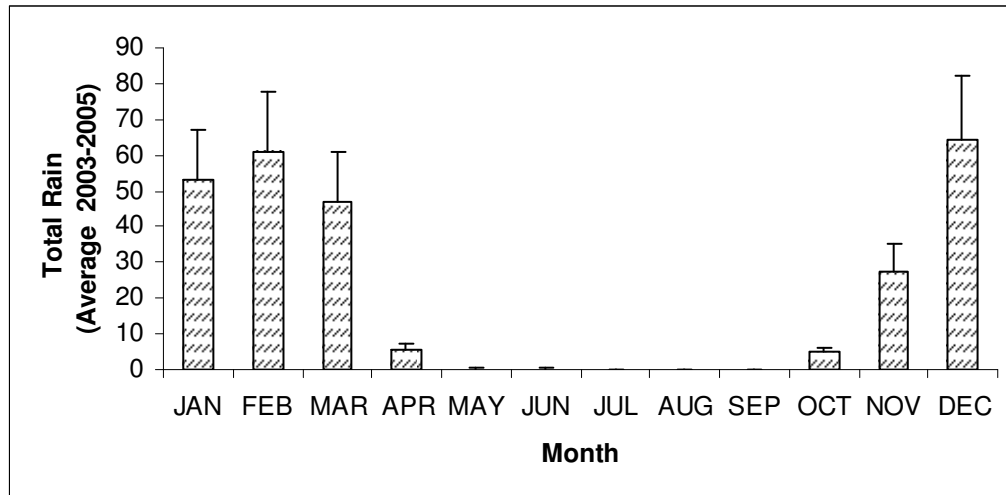
איור 3.3: ממוצע שלוש שנתי (+ שגיאת תקן) של הממוצע היומי של ערכי מקסימום לחות יחסית, מינימום לחות יחסית וממוצע לחות יחסית בכל חודשי השנה.



איור 3.4: ממוצע שלוש שנתי (+ שגיאת תקן) של ערכי הטמפרטורה, הלחות יחסית ומהירות הרוח היממתיים הממוצעים בכל חודשי השנה.



איור 3.5: ממוצע שלוש שנתי (+ שגיאת תקן) של הממוצע היומי של ערכי מהירות הרוח, כלל הקרינה ומקסימום הקרינה בכל חודשי השנה.



איור 3.6: ממוצע שלוש שנתי (+ שגיאת תקן) של כמות הגשם המצטברת בחודשי השנה.

טבלה 3.1: סיכום הקשר בין גורמי האקלים ומדדי המגוון, העושר ושפע הפרפרים בכל בתי הגידול בשנים 2003-2005 לפי תוצאות מבחני רגרסיה רבת משתנים. השפעה מעטה -, +, השפעה רבה - +++.

Factor	Butterfly Simpson Diversity 2003-05	Butterfly Mean of Richness Indexes 2003-05	Butterfly Abundance 2003-05
Maximum daily temperature (C°)	-	-	+
Minimum daily temperature (C°)	-	-	-
Mean daily temperature (C°)	-	-	-
Mean temperature (C°) 24 hours	+	+	-
Maximum daily relative humidity (%)	-	-	-
Minimum daily relative humidity (%)	++	++	++
Mean daily relative humidity (%)	-	-	-
Mean relative humidity (%) 24 hours	-	-	-
Mean daily wind speed (m/s)	-	-	-
Mean wind speed (m/s) 24 hours	-	-	-
Total daily radiation (mj/m ²)	-	-	-
Maximum daily radiation (w/m ²)	+++	+++	+++
Rain per month (mm)	-	-	-

טבלה 3.2: הקשר בין גורמי האקלים ומדדי המגוון, העושר ושפע הפרפרים בכל בתי הגידול מלבד בית גידול 8 בשנים 2003-2005 לפי תוצאות מבחני רגרסיה רבת משתנים. השפעה מעטה - , השפעה רבה - +++.

Factor	Butterfly Simpson Diversity 2003-05	Butterfly Mean of Richness Indexes 2003-05	Butterfly Abundance 2003-05
Maximum daily temperature (C°)	-	+	-
Minimum daily temperature (C°)	-	-	-
Mean daily temperature (C°)	+	-	-
Mean temperature (C°) 24 hours	-	-	+
Maximum daily relative humidity (%)	-	-	-
Minimum daily relative humidity (%)	++	++	++
Mean daily relative humidity (%)	-	-	-
Mean relative humidity (%) 24 hours	-	-	-
Mean daily wind speed (m/s)	-	-	-
Mean wind speed (m/s) 24 hours	-	-	-
Total daily radiation (mj/m ²)	-	-	-
Maximum daily radiation (w/m ²)	+++	+++	+++
Rain per month (mm)	-	-	-

טבלה 3.3: תוצאות מבחני רגרסיה לינארית רבת משתנים לבחינת תרומת הגורמים האקלימיים העיקריים לשונות במדדי המגוון, העושר ושפע הפרפרים בכל בתי הגידול הנבדקים בשנים 2003-2005.

Dependent Variable	Year	R ² (%)	df	F	P	Independent Variable	Value coefficient	S.E coeff.	P
Butterfly Simpson Diversity	2003-05	20.8	3	24.89	<0.001	Constant	1.577	1.627	0.333
						Maximum radiation	0.012	0.002	<0.001
						Minimum daily RH	-0.155	0.034	<0.001
						Mean 24 hours temp	-0.156	0.047	0.001
Butterfly Mean of Richness Indexes	2003-05	20.5	3	24.45	<0.001	Constant	3.223	2.319	0.166
						Maximum radiation	0.017	0.002	<0.001
						Minimum daily RH	-0.226	0.049	<0.001
						Mean 24 hours temp	-0.179	0.067	0.008
Butterfly Abundance	2003-05	24.4	3	30.47	<0.001	Constant	16.119	5.86	0.006
						Maximum radiation	0.044	0.005	<0.001
						Minimum daily RH	-0.785	0.119	<0.001
						Minimum daily temp	-0.479	0.154	0.002

טבלה 3.4: תוצאות מבחני רגרסיה לינארית רבת משתנים לבחינת תרומת הגורמים האקלימיים העיקריים לשונות במדדי המגוון, העושר ושפע הפרפרים בכל בתי הגידול מלבד בית גידול 8 בשנים 2003-2005.

Dependent Variable	Year	R ² (%)	df	F	P	Independent Variable	Value coefficient	S.E. coeff.	P
Butterfly Simpson Diversity	2003-05	22	3	23.823	<0.001	Constant	0.342	1.621	0.833
						Maximum radiation	0.012	0.002	<0.001
						Minimum daily temp	-0.208	0.049	<0.001
						Minimum daily RH	-0.13	0.034	<0.001
Butterfly Mean of Richness Indexes	2003-05	33	3	39.99	<0.001	Constant	5.83	2.076	0.005
						Maximum radiation	0.019	0.002	<0.001
						Minimum daily RH	-0.271	0.042	<0.001
						Maximum daily temp	-0.285	0.055	<0.001
Butterfly Abundance	2003-05	40	3	53.877	<0.001	Constant	16.823	4.913	0.001
						Maximum radiation	0.051	0.005	<0.001
						Minimum daily RH	-0.847	0.103	<0.001
						Mean 24 hours temp	-0.924	0.142	<0.001

3.4 דיון

3.4.1 אקלים

אזור האקלים הים תיכוני בישראל מאופיין בתקופת יובש ארוכה מאוד המתחילה בסוף האביב, ממשיכה בקיץ יבש וחם במיוחד ומסתיימת תוך התמתנות איטית בסתיו. החורף, לעומת זאת, נוח יחסית, גשום, קר בלילה ולעיתים קרובות אביבי ביום. ימי שמש חמימים בחורף אינם נדירים ולעומת זאת אירועי שלג נחשבים לנדירים (פרבולוצקי וחובריו, 1992). עונות הסתיו והאביב הן למעשה עונות מעבר בין תקופת היובש והתקופה הגשומה והן חסרות מאפיינים בולטים כמו שלכת מלאה בסתיו ולבלוב מתפרץ לאחר תרדמה באביב, המאפיינים אקלים ממוזג. בהתאם לכך נמדדו ברמת הנדיב מרבית המשקעים מנובמבר ועד מרץ, בעוד שבתחילת העונה הגשומה באוקטובר ובסוף העונה הגשומה באפריל ירדו מעט משקעים (פחות מ-10 מ"מ לחודש) ומחודש מאי ועד סוף ספטמבר שרר יובש מוחלט ללא גשם (איור 3.6). כצפוי באקלים ים תיכוני, גובה הטמפרטורות נמצא ביחס הפוך למשקעים (Trewartha et al., 1968) ובהתאם לכך נמדדו טמפרטורות גבוהות בכל החודשים השחונים וטמפרטורות נמוכות יחסית בעונה הגשומה. לשיא החום הגיעו הטמפרטורות בחודש אוגוסט ולשיא הקור הן הגיעו בחודש פברואר (איורים 3.2, 3.4 ו-3.6). שיא ערכי הקרינה הקדים בחודשיים את שיא הטמפרטורות ונקבע בחודש יוני (איור 3.5). הפער שבין שיא הקרינה לבין שיא טמפרטורת האוויר נגרם עקב תלות טמפרטורת האוויר בטמפרטורת גוף מים גדול הנמצא בסמוך - הים התיכון. לוקח זמן עד שהקרינה גורמת להעלאת טמפרטורת הים התיכון לשיא ורק אז נוצר איזון בין טמפרטורת הים לטמפרטורת האוויר המגיעה לשיא בחודש אוגוסט (שגיב, בע"פ). נמצא כי ערכי הלחות היחסית ירדו לשפל פעמיים במהלך השנה, בשתי עונות המעבר (איורים 3.3 ו-3.4), זאת כתוצאה מאפיק ים סוף המגיע מדרום באביב ובסתיו ומביא עמו אוויר יבש (שגיב, בע"פ).

3.4.2 אקלים ופרפרים

נראה כי עבור הפרפרים תקופת המעבר באביב היא הנוחה ביותר ובמידה מסוימת גם תקופת המעבר בסתיו. הערכים הגבוהים ביותר עבור כל מדדי הפרפרים הנבדקים נמצאו באביב, מחודש מרץ ועד יוני, כאשר בחודש מאי הגיעו לשיא מובהק מדדי השפע והעושר ובאפריל-מאי הגיע לשיא מובהק מדד המגוון (איור 3.1). שתי תקופות נמצאו קשות במיוחד לפרפרים במהלך השנה: החורף - בחודשים ינואר-פברואר ושלהי הקיץ - בחודשים אוגוסט-ספטמבר, בהן התקבלו ערכים נמוכים במובהק במדדי הפרפרים הנבדקים (איור 3.1). בין שתי תקופות שפל אלו, של סוף הקיץ ותחילת החורף, חלה עליה מסוימת במדדי הפרפרים בעונת המעבר בסתיו בחודשים אוקטובר-נובמבר (איור 3.1). Shapiro וחבריו (2003) מצאו גם הם במחקר חמש שנתי שנערך באקלים ים תיכוני בקליפורניה דגם הכולל שיא עיקרי של עושר מיני פרפרים באביב, לאחר מכן ירידה בקיץ ושיא שני מתון יחסית בעונת הסתיו. לדעתם, דגם זה משקף את האדפטציה של הפרפרים לאקלים ולמקורות מזון.

מהשוואת השינוי במדדי הפרפרים (איור 3.1) לכלל משתני האקלים (איורים 3.2-3.6) עולה כי הדגם של שפל (חורף)-שיא (אביב)-שפל (קיץ)-שיא יחסי (סתיו), הקיים אצל הפרפרים במהלך השנה, אינו קיים לגבי אף משתנה אקלימי אך הוא נמצא במידה רבה ביחס הפוך לדגם השנתי של הלחות היחסית (איורים 3.3 ו-3.4). בעונות המעבר, בחודשים בהם התקבלו הערכים הנמוכים ביותר של לחות האוויר היחסית, התקבלו ערכים גבוהים למדדי הפרפרים. יתכן וזאת מפני שלחות אוויר יחסית נמוכה מהווה טריגר להגחת הפרפרים מהגלמים. תמיכה לכך מהוות תצפיות בהגחתם של לבניני כרוב מהגלמים בימי שרב (ידע אישי) אך המשך מחקר יסודי דרוש בתחום זה. מכל מקום, מהאנליזה הסטטיסטית עולה כי הלחות היחסית אינה המשתנה האקלימי המשמעותי ביותר עבור הפרפרים במחקר זה. תוצאות רגרסיות רבות משתנים שבחנו את השפעתם של משתני האקלים השונים על הפרפרים בכלל בתי הגידול מלמדות כי למקסימום הקרינה ההשפעה הגדולה ביותר על שפע, עושר ומגוון הפרפרים, לאחר מכן למינימום הלחות היחסית ולבסוף, ובאופן חלקי, לאחד מהמשתנים של הטמפרטורה (טבלה 3.3) (לגבי הטמפרטורה, בנספח 9.5 ניתן לראות שבחודש מאי בשנת 2003 היתה טמפרטורה גבוהה במיוחד ויתכן שהיא שהשפיעה על כמות הפרפרים החריגה שנמצאה באותו חודש ובאותה שנה (נספח 9.4)).

ברגרסיות שנערכו עבור כל בתי הגידול, מלבד בית הגידול של ההעשרה בו ישנה צמחיה מושקית (בית גידול 8), התקבלו תוצאות דומות, מלבד עבור מדד המגוון שלגביו קדם בחשיבותו משתנה הטמפרטורה למשתנה מינימום הלחות היחסית (טבלה 3.4). השוואת תוצאות הניתוח הסטטיסטי, עם ובלי בית הגידול של ההעשרה, מראה, שאומנם אין הבדל משמעותי במשתנים האקלימיים המשפיעים על מדדי הפרפרים אך ישנה עליה בערכי השונות המוסברת - R^2 בניתוח שכלל את בית הגידול של ההעשרה ביחס לניתוח שלא כלל את בית הגידול של ההעשרה (איורים 3.3 ו-3.4). כלומר, בית גידול מלאכותי, הכולל השקיה, המתווסף לכלל בתי הגידול משבש במידה מסוימת את תלותם של הפרפרים במשתני האקלים וגורם לירידה של תלות זו. בסך הכול התקבלו ערכי R^2 נמוכים יחסית (מתחת ל-55%) עבור כל מדדי הפרפרים גם ללא בית הגידול המושקה. ערכים נמוכים אלו מלמדים על כך שבנוסף למשתנים האקלימיים ישנם גורמים

חשובים נוספים המשפיעים על הפרפרים, כפי שאכן נמצא במספר מחקרים שבדקו בנוסף למשתני האקלים גם פרמטרים כמו: דיות (evapotranspiration), רעייה והשפעות אחרות של האדם (Warren et al., 2001; Hawkins et al., 2003; Stefanescu et al., 2004; Holy & James, 2005).

חשיבותם היחסית של משתני אקלים שונים עבור הפרפרים משתנה בהתאם לאזור האקלימי בו הם חיים. באקלים טרופי בדרום תאילנד נמצא שאין קורלציה מובהקת בין שפע ועושר הפרפרים לבין הלחות היחסית, הטמפרטורה והמשקעים (Boonvanno et al., 2000). לעומת זאת, באנגליה, באקלים ממוזג, נמצא קשר בין תנודות בגודל אוכלוסיות של 28 מיני פרפרים לבין הטמפרטורה והמשקעים (Roy et al., 2001). באקלים ים תיכוני בספרד, בניגוד לממצאים במחקר זה (המלמדים על חשיבות הקרינה, הלחות היחסית והטמפרטורה), נמצא עושר מיני הפרפרים בקורלציה שלילית עם הטמפרטורה וקורלציה חיובית עם המשקעים, מלבד בתנאי קור וגשם קיצוניים. משתני הקרינה והלחות לא נבדקו (Stefanescu et al., 2004).

במרבית המחקרים בהם נבדקה השפעתם של משתני אקלים על הפרפרים לא נבדקה הקרינה (Boonvanno et al., 2000; Roy et al., 2001; Warren et al., 2001; Hawkins et al., 2003; Stefanescu et al., 2004; Holy & James, 2005), אולי בשל קושי טכני ואולי בשל הנחה שהשפעתה משנית להשפעת הטמפרטורה. גם בספרים ממעטים להזכיר את השפעת הקרינה על הפרפרים (Scott, 1986; Nov'ak, 1985; Benimni, 2002; א; איזנשטיין, 2003). לעומת זאת, Walts & Convington (2004) מציינים את עוצמת הקרינה כגורם המשפיע משמעותית על עושר הפרפרים. כאמור, גם במחקר זה, הקרינה נמצאה כמשתנה החשוב ביותר עבור הפרפרים. הקרינה המשמעותית לפרפרים היא קרינה ישירה וחשיבותה טמונה בכך שהיא מאפשרת לפרפרים לקלוט חום ולהעלות את טמפרטורת הגוף במהירות עד לטמפרטורת הסביבה במזג אוויר קר (Clench, 1966). זאת, בזכות סירקולצית הדם, המתחמם בכנפי הפרפרים הדקיקות, וחוזר לגוף הפרפר ומחמם אותו. פעולה זו דומה לפעולת קולט שמש המחמם את המים ביעילות רבה בימי שמש חמים ומזרים אותם חזרה לדוד. לפי Miaoulis ו-Heliman (1998) מבנה כנפי הפרפרים, כולל ציפוי הקשקשים הדקיק שלהן, תורם לתרמורגולציה אצל הפרפרים בכך שהוא מאפשר קליטה של 65%-96% מקרינת השמש. פרפרים בעלי צבעים כהים קולטים יותר קרינה (Schmitz, 1994; Berthier, 2005). בהתאם לכך, נמצא שפרטים השייכים לווריאנט כהה היו יותר פעילים בהגנה על הטריטוריה שלהם מפרטים השייכים לווריאנט בהיר של אותו המין, כתוצאה מיכולתם הגבוהה יותר להתחמם במהירות בכתם אור ביער ולצאת למעוף טריטוריה (Van Dyck et al., 1997). Kingsolve (1985) תעד מכניזם חדש של התנהגות תרמורגולטיווית, הנקראת Reflectance basking והאופיינית לפרפרים בהירים כמו מיני לבנינים. כנפיהם הלבנות משמשות כמחזירי אור סולריים, המכוונים כלפי הגוף ומחממים אותו.

3.4.3 פרפרים כביואינדקטור להשפעות תנאי אקלים

השפעת ההתחממות הגלובלית על הפרפרים הוכחה במחקרים רבים ביבשות שונות בעולם ובכללן: אירופה, אסיה, ארה"ב ואוסטרליה (Sutcliffe et al., 1996; Sparks & Yates, 1997;)

Parmesan et al.,1999; Hill et al., 2000 ;Warren et al., 2001; Konvicka et al., 2003; Forister & Shapiro, 2003; Bolotov, 2004; Peterson et al., 2004; Beaumont et al., 2005). Warren וחובריו (2001) מציינים שבאנגליה, במשך 30 השנים האחרונות, תרמה ההתחממות האקלימית לגידול באוכלוסיות של מינים ג'נרליסטים, המהווים את רוב המינים, ואפשרה להם להרחיב את תפוצתם כלפי צפון, אך אובדן בתי גידול היווה כוח מנוגד בעל השפעה חזקה אשר פגע ב-75% מהמינים והביא לירידה כוללת בתפוצתם ובגודל אוכלוסיותיהם. החוקרים מציינים עוד כי באזור האקלים הים תיכוני באירופה המצב חמור פי כמה היות ובאזור זה משפיעים גם ההתחממות האקלימית וגם אובדן בתי הגידול ככוחות משולבים הפוגעים בפרפרים וגורמים לירידה במגוון שלהם. זאת, היות ובאקלים ים תיכוני הגיעו תנאי האקלים לגבול הסבילות של הפרפרים. ההתחממות האקלימית ושינויי האקלים באזור האקלים הים תיכוני משפיעים כמובן על כלל האורגניזמים במערכת האקולוגית ולכן ניטור ארוך טווח של הפרפרים ותנאי האקלים יכול לשקף את המתחולל בחברות צמחים וקבוצות בעלי חיים, בעיקר אקטותרמיים ובמיוחד מאביקים.

3.4.4 סיכום

במחקר זה נמצא כי מדרג משתני האקלים, לפי החשיבות היחסית, לגבי שפע, עושר ומגוון הפרפרים הוא: קרינה יומית מקסימלית, לחות יחסית יומית מינימלית ומשתנים שונים של הטמפרטורה. לגבי שאר המשתנים האקלימיים הנבדקים נמצא שהם אינם משפיעים באופן מובהק על מבנה חברת הפרפרים או שהם תלויים במשתנים אחרים, שלהם יש השפעה רבה יותר על הרכב חברת הפרפרים. לאור ממצאים אלו, לדעתי, ניטור ארוך טווח של הפרפרים חייב לכלול גם התייחסות לתנאי האקלים תוך שימת דגש על קרינה, לחות יחסית וטמפרטורה כדי להבין האם שינויים נצפים מקורם בשינוי אקלימי גלובאלי או בשינויים מקומיים (בצומח או הפרעות שונות). ניטור מקביל של פרפרים ותנאי אקלים יכול לשמש גם ככלי יעיל במאמץ השימור הכרוך בליווי התאוששות מערכות אקולוגיות לאחר התרחשותן של תופעות טבע כמו בצורת, שרפות או שיטפונות הנגזרות מתנאי אקלים ים תיכוניים.

פרק 4: הפרפרים כביואינדקטור למגוון הצומח, בדגש צמחי צוף

ופונדקאים

4.1 מבוא

קבוצת הפרפרים נחשבת לביואינדקטור טקסוני (Taxa Bioindicator) מוצלח עבור גורמים ביוטיים שונים במערכת האקולוגית (New, 1995; Rahbek & Lund, 2002) ועבור השפעתם של גורמים אביוטיים עליה (Hill et al., 2000; Keer, 2001; Roy et al., 2001; Peterson et al., 2004). מחקרים רבים הראו כי הפרפרים מהווים ביואינדקטור מוצלח עבור שפע, עושר ומגוון של חרקים, ציפורים, זוחלים ואף יונקים (Wilcox et al., 1986; Debinski & Brussard, 1994; Swengel & Swengel, 1999; Pearson & Carroll, 1999; Keer et al., 2000; Fleishman et al., 2002; Rahbek & Lund, 2002; Thomas, 2005). עם זאת, נראה, כי מבין הגורמים הביוטיים מלמדת קבוצת הפרפרים באופן טוב במיוחד על מצב חברת הצומח. זאת, בשל התלות התזונתית הכפולה של הפרפרים בצמחים במהלך מחזור חייהם, שכן גם זחלי הפרפרים ניזונים מעלי צמחים המהווים פונדקאים עבורם וגם הפרפרים הבוגרים ניזונים ממגוון צמחי צוף (Proctor et al., 1966; Scott, 1986). לכן, בהכללה, ניתן לומר כי פגיעה דרסטית בשפע ובעושר מיני הצומח תתבטא בפגיעה ישירה בשפע ובעושר הפרפרים ומנגד, מצב שפיר של מדדי הצומח יתבטא בשפע ומגוון פרפרים גבוה. בהתאם לכך, נמצאה במחקרים רבים בעולם התאמה בין צפיפות הפרפרים ועושר המינים שלהם לבין מידת כיסוי השטח בצומח ומגוון ועושר מיני הצומח (Thomas & Mallorie, 1985; Kerr et al., 2001; Pascher & Rabb, 2002; Stork et al., 2003; Croxton et al., 2005; Grill et al., 2005; Shepherd & Debinski, 2005; Valtonen et al., 2005).

מנגד, נמצא במספר מחקרים כי הפרפרים אינם מהווים ביואינדקטור מוצלח עבור הצומח (Kremen, 1992; Hawkins & Porter, 2002). במחקרים אלו, השתמשו באנליזה הסטטיסטית בנתונים של כלל מיני הצומח בשטח המחקר, שהועמדו מול נתוני חברת הפרפרים באתר, אך לא נבדקו בהם באופן ישיר צמחי הצוף והפונדקאים של הפרפרים. בנוסף, מעט מחקרים בחנו באופן מקיף ויסודי את מגוון צמחי הצוף של הפרפרים, את השימוש המדויק של כל מין ומין של פרפר במיני צמחי צוף מסוימים ואת מידת הג'נרליסטיות או הספציאליסטיות של מיני הפרפרים לגבי צמחי הצוף שלהם. יוצא מהכלל הוא מחקרם של Tudor וחבריו (2004), בו נותחו 5638 תצפיות של ביקורי פרפרים בצמחי צוף. על סמך תצפיות אלו ומספר תכונות מורפולוגיות של הפרפרים, חילקו החוקרים את מיני הפרפרים למינים ג'נרליסטים ולמינים ספציאליסטים לגבי צמחי צוף. הם מצאו שלמינים הספציאליסטים זיקה ליער בעל נוף סגור (גבוה וצפוף) ורובם הוכרוזו מינים מוגנים. מחקר רב יחסית נערך אודות הצמחים הפונדקאים של הפרפרים, אך לרוב נערך המחקר

Stanton, 1982; Papaj & Rauser, 1987; Peterson,) לגבי מיני פרפרים בודדים ופונדקאיהם (1996; Brommer & Fred, 1999; Singer & lee, 2000; Robakiewicz & Robbins 2001; Aponte et al., 2003; Fred & Brommer, 2003; Miska et al., 2003; Chen et al., 2004; Krauss at al., 2004; Tillberg & Breed, 2004 הפונדקאים של כל המינים המרכיבים אותה. במחקר הנוכחי ערכתי עבודה יסודית וחלוצית בה נחקרו בפארק רמת הנדיב בנוסף לכל 45 מיני הפרפרים גם כל מיני צמחי הצוף (154 מינים) ומרבית הפונדקאים (75 מינים) של הפרפרים בכדי לתת מענה לשאלות האקולוגיות הבאות:

1. האם קיים מתאם בין מדדי השפע והעושר של צמחי הצוף של הפרפרים למדדי השפע והעושר של קבוצת הפרפרים בחודשי השנה ובתי הגידול השונים?
2. האם קיים מתאם בין מדדי השפע והעושר של צמחי הפונדקאים של הפרפרים למדדי השפע והעושר של קבוצת הפרפרים בבתי הגידול השונים?
3. אלו פרפרים הם גנרליסטים ואלו פרפרים הם ספציאליסטים לגבי מיני צמחי הצוף מהם הם ניזונים?
4. מה הם דפוסי שיחור המזון של מין גנרליסט מול מין ספציאליסט?
5. מהו מדרג החשיבות של משתני הצומח ומשתני האקלים על כלל חברת הפרפרים?

4.2 שיטות

4.2.1 ניטור הפרפרים

ניטור הפרפרים נערך בכל חודשי השנה במשך שנתיים רצופות תוך כדי סיורים רגליים שהתבצעו אחת לשבוע בשנת 2003 ואחת לשבועיים בשנת 2004. הסיורים כללו מסלול מעגלי באורך 4 קילומטרים, מסלול מעגלי נוסף באורך 1.5 קילומטרים וסיורים קצרצרים בשלושה אתרים נוספים (200-600 מטר אורך כל אחד). מסלולי הסיור והאתרים כללו את מגוון בתי גידול, כולל השפעות אדם, הבאים:

1. דרך עפר רחבה בתוך גריגה תחת רעיית בקר עונתית
2. דרך עפר רחבה בתוך חורשת מחטניים צפופה תחת רעיית בקר עונתית
3. שביל צר בתוך חורשת מחטניים צפופה תחת רעיית בקר עונתית
4. שביל צר בתוך שדה נטוש עם חורשת מחטניים דלילה תחת רעיית בקר עונתית
5. שביל צר בתוך נוף גריגה תחת רעיית בקר עונתית
6. דרך עפר רחבה בתוך נוף גריגה ללא רעייה
7. שביל צר בתוך נוף גריגה ללא רעייה
8. אתרים עם רמות שונות של גינן ללא רעייה (גן הזיכרון, אזור עין צור ואזור חורבת עקב), פרוט נוסף לגבי בתי הגידול בפרק 2 סעיף 2.2.4. הסיורים נערכו לפי שיטת Pollard (1977) ונעשה בהם רישום של מצאי וכמות הפרפרים ב-48 חתכים (כל חתך באורך של 50 מטר). בכל בית גידול סומנו שישה חתכים בשלושה בלוקים (ראה איור 2.1 בפרק 2). הסיורים נערכו במזג אוויר נוח ללא גשם או רוח חזקה, בטמפרטורה מעל 17°C ותוך כדי הליכה בקצב אחיד. בעת הסיורים נרשמו כל הפרפרים שנראו עד חמישה מטרים קדימה בגבולות רוחביים קבועים שכללו שביל/דרך

עם שוליים של מטר אחד מכל צד. במהלך הסיורים נרשמו גם תצפיות מזדמנות של ביקורי פרפרים בצמחי צוף תוך זיהוי מין הפרפר ומין צמח הצוף המבוקר.

4.2.2 ניטור צמחי צוף

ניטור צמחי הצוף התבצע פעם בשבועיים במשך כל חודשי השנה בשנים 2003-2004 לאורכם של שני המסלולים ובאתרי הגינון על גבי אותם החתכים, ובאותם בתי הגידול בהם חל ניטור הפרפרים כפי שתואר בסעיף הקודם (4.2.1). איסוף נתוני צמחי הצוף כלל הערכות לגבי כמות הצמחים הפורחים ממינים שנכללו ברשימה של צמחי צוף. את הרשימה גיבשתי על סמך תצפיות מוקדמות שערכתי לגבי ביקורי פרפרים בפרחים ברמת הנדיב במהלך השנים 2002-2001. רשימה זו התעדכנה כל העת על סמך תצפיות נוספות בשטח גם בשנים 2003-2006 (רשימת צמחי הצוף מופיעה בנספח 9.9). כמות הפריחה הוערכה עבור כל צמח צוף שנמצא בשולי הדרך מימין לחתך, לכל אורכו ובניצב לו במרחק של עד מטר אחד ממנו. ההערכה הכמותית בוצעה בסולם דירוגי ונעה בין הערכים 1 ל-3. ערך 1 ביטא עד 10 פרטים פורחים, ערך 2 ביטא בין 11 ל-50 פרטים פורחים וערך 3 ביטא מעל 50 פרטים פורחים. ההערכה ניתנה לגבי כל החתך לאחר ההליכה בו. בחישוב שפע צמחי הצוף הערכה של 1 חושבה כחמישה פרטים פורחים, הערכה של 2 חושבה כשלושים פרטים פורחים והערכה של 3 חושבה כשבעים וחמישה פרטים פורחים.

4.2.3 ניטור צמחים פונדקאים

ניטור הצמחים הפונדקאים התבצע אחת לשבועיים בשנת 2004 לאורכם של שני המסלולים ובאתרי הגינון על גבי אותם החתכים, ובאותם בתי הגידול בהם בוצע ניטור הפרפרים וניטור צמחי הצוף. הניטור נערך בשיטת "סרגל צעדים" לפיה בכל צעד לאורך החתך, כאשר מונחת כף הרגל על הקרקע, בודקים ורושמים אם במקביל אליה, בשולי הדרך, גדל הצמח הפונדקאי. הניטור הקיף את ארבעת הצמחים הפונדקאים הנפוצים ביותר בצמחיית הבר ברמת הנדיב עבור כל אחד מ-45 מיני הפרפרים המצויים בה. עבור מיני פרפרים מסוימים, שנמצא שיש להם גם פונדקאים תרבותיים ברמת הנדיב, נאספו נתונים גם לגבי מין פונדקאי תרבותי אחד. לפרפרים, עבורם הוגדר על ידי אגודת חובבי הפרפרים פונדקאי עיקרי, נאספו נתונים רק לגביו, מפני שכאשר קיים בשטח פונדקאי עיקרי הנקבות מטילות רק עליו. פונדקאים הקיימים ברמת הנדיב ולא נמצאו על החתך קיבלו את הערך אפס. עבור מיני פרפרים שהידע אודות פונדקאיהם אינו וודאי לא נאספו נתוני פונדקאים (רשימת הפונדקאים מפורטת בנספח 9.8). עבור כל פונדקאי נאספו נתונים פעם אחת בשנה. לגבי מינים חד שנתיים איסוף הנתונים חל במועד פריחתם בכדי להקל על זיהויים.

4.2.4 תצפיות בביקורי פרפרים בצמחי צוף

איתור פרפרים המבקרים בפרחים נערך תוך כדי הליכה במסלולים בעת ניטור הפרפרים בשנים 2003-2005. כאשר ניראה פרפר מבקר בפרח המשכתי לצפות בו במשך 30 שניות במהלכן ספרתי את הצמחים והפרחים בהם ביקר. עבור כל מין פרפר חושב אחוז הביקורים במין הצמח המבוקר ביותר על ידו בכדי להגדיר מינים ספציאליסטים וגנרליסטים. מין פרפר שמספר ביקוריו במין צמח הצוף המבוקר ביותר על ידו עלה על 74% הוגדר כספציאליסט, מין פרפר שמספר ביקוריו

במין צמח הצוף המבוקר ביותר על ידו עלה על 60% והיה מתחת 74% הוגדר כנוטה לספציאליסטיות ואילו מין פרפר שמספר ביקוריו במין צמח הצוף המבוקר ביותר על ידו היה מתחת ל-60% הוגדר כגנרליסט. ריכוז התצפיות המוצג בתוצאות אינו כולל את מיני הפרפרים שנצפו מבקרים בפחות מ-20 פרחים.

4.2.5 ניטור נתוני האקלים

ניטור נתוני האקלים התבצע בתחנה מטאורולוגית המוצבת דרך קבע ברמת הנדיב ומספקת באופן רציף ערכים הנמדדים כל עשר דקות, בכל שעות היממה ובכל ימות השנה. בחלק זה של המחקר השתמשתי בנתונים מהשנים 2003-2004 עבור הפרמטרים האקלימיים הבאים: טמפרטורת מקסימום יומית, טמפרטורת מינימום יומית, טמפרטורת יומית ממוצעת, טמפרטורת יממתית ממוצעת, מקסימום לחות יחסית יומית, מינימום לחות יחסית יומית, לחות יחסית יומית ממוצעת, לחות יחסית יממתית ממוצעת, מהירות רוח יומית ממוצעת, מהירות רוח יממתית ממוצעת, מקסימום קרינה יומית, קרינה יומית ממוצעת, מהירות רוח יממתית ממוצעת, מקסימום קרינה יומית, קרינה יומית ממוצעת, מהירות רוח יממתית ממוצעת. נתונים יומיים נאספו משש בבוקר ועד חמש אחר הצהריים ונתונים יממיים נאספו 24 שעות ביממה.

4.2.6 אנליזה סטטיסטית

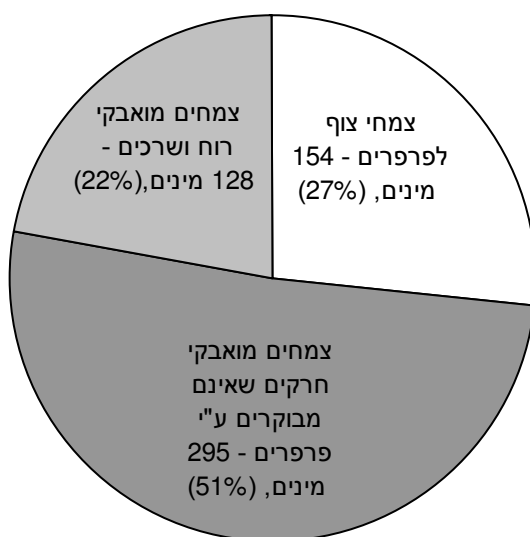
חושבו עקומות צבירה עבור כל מיני הפרפרים בכל חודש בשנים 2003-2004 בתוכנת Estimate-S-7.5 (Colwell et. al., 2004). בתוכנה זו חושבו גם מדדי שפע, עושר ומגוון מיני הפרפרים. מבין מדדי המגוון בחרתי ב – Simpson diversity index ולגבי מדד עושר המינים השתמשתי במדד משוקלל המבטא את הממוצע של ארבעת מדדי העושר הבאים: Chao1, Chao2, Jack1, Jack2. מדדי השפע, העושר המשוקלל ומגוון סימפסון חושבו בכל שנת מחקר (2003 ו-2004) עבור כל חודש ועבור כל בית גידול. בנוסף חושב ממוצע של שתי השנים יחד (היות ולא נמצא הבדל מובהק בערכי המדדים בין שתי שנות המחקר הן הוגדרו כ – Repeated measures). מנתוני משתני צמחי הצוף והפונדקאים שנאספו ברמת הנדיב חושבו ממוצעי עושר ושפע עבור כל חודש ועבור כל בית גידול בכל שנת מחקר בנפרד. עקב הדגם של עליות וירידות במדדי צמחי הצוף המקדימות בדרך כלל בחודש את העליות והירידות במדדי הפרפרים במהלך חודשי השנה נערכו קורלציות בין עושר ושפע הפרפרים לעושר ושפע צמחי הצוף בחודשי השנה בהפרש של חודש וגם ללא הפרש זה. בנוסף, נערכו מבחני קורלציה לא פרמטרית (Spearman) בין עושר ושפע צמחי הצוף והפונדקאים לעושר ושפע הפרפרים בבתי הגידול השונים. נערך מבחן שונויות חד כיווני לבחינת מובהקות ההבדלים בין עושר ושפע צמחי הצוף והפונדקאים בין בתי הגידול השונים. נערכה גם רגרסיה רבת משתנים בכדי לבדוק לאיזה משתני אקלים וצמחי צוף יש את ההשפעה הגדולה ביותר על מדדי השפע, העושר המשוקלל ומגוון סימפסון של הפרפרים בכל שנת מחקר לחוד (מוצג בנספחים 9.10 ו-9.12) ובשתי שנות המחקר יחד. מבחני הרגרסיה רבת המשתנים נערכו פעמיים: פעם אחת עבור מדדי הפרפרים שהתבססו על נתונים שנאספו בכל בתי הגידול, ופעם שניה עבור מדדי הפרפרים שהתבססו על נתונים שנאספו בכל בתי הגידול מלבד בית גידול 8, זאת מפני שבבית גידול זה קיימת העשרה בצמחיה מושקית והשקיית צמחיה זו בעונת היובש יוצרת אפקט

הנוגד את תנאי האקלים הטבעיים. התוצאות דומות אך ההבדלים משמעותיים יותר (R^2 גבוה יותר) ללא בית גידול 8 ולכן בחרתי להציג תוצאות אלו (התוצאות הכוללות את בית גידול 8 מוצגות בנספח 9.11 ו-9.13).

4.3 תוצאות

4.3.1 חלקם היחסי של מיני צמחי הצוף והפונדקאים של הפרפרים בכלל מיני הצומח

כרבע ממיני צמחי הבר ברמת הנדיב (מעל 150 מינים) ידועים כצמחי צוף של פרפרים (איור 4.1). יחד עם מיני הצמחים הפונדקאים הידועים עד כה מגיע עושר מיני הצומח המהווה תשתית תזונתית לכלל הפרפרים וזחליהם ליותר משליש מעושר הצומח הכולל ברמת הנדיב (מעל 200 מינים) (טבלה 4.1).



איור 4.1: חלוקת מיני צמחי הבר ברמת הנדיב (577 במספר) לצמחי צוף של פרפרים, לצמחים מואבקי חרקים ולצמחים מואבקי רוח + שרכים.

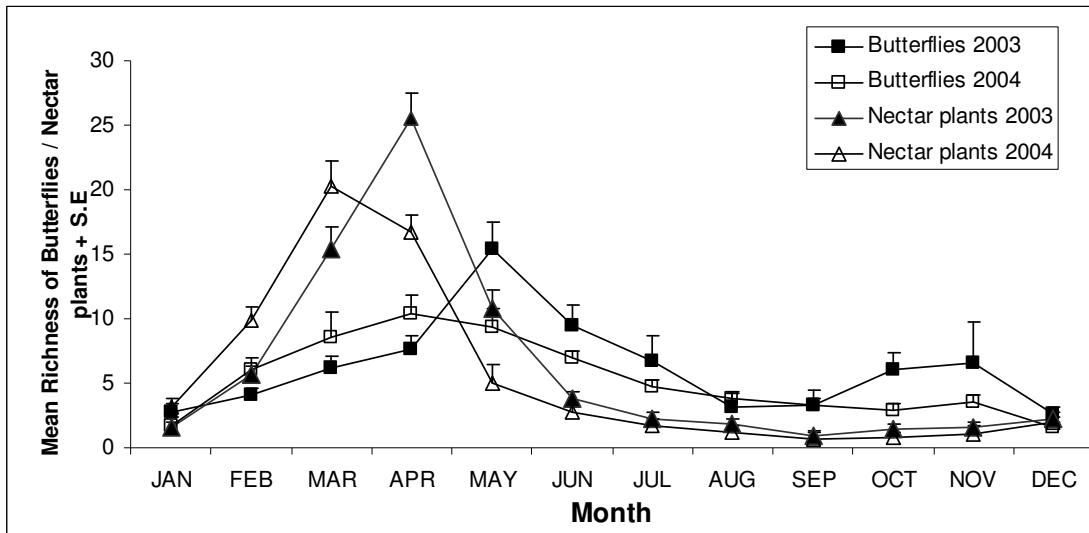
טבלה 4.1: חלקם היחסי של מיני צמחי הצוף והפונדקאים של הפרפרים בצמחיית רמת הנדיב (41 מיני צוף משמשים גם כפונדקאים ולכן סך צמחי הצוף ופונדקאים עומד על 212 מינים ולא על 253 מינים).

קטגוריית צומח	מספר מינים	אחוז
צמחי צוף לפרפרים	154	27
פונדקאים לפרפרים	99	17
צמחי צוף ופונדקאים	212	37
צמחי צוף שהם גם פונדקאים	41	7
סה"כ עושר מיני הצומח	577	100

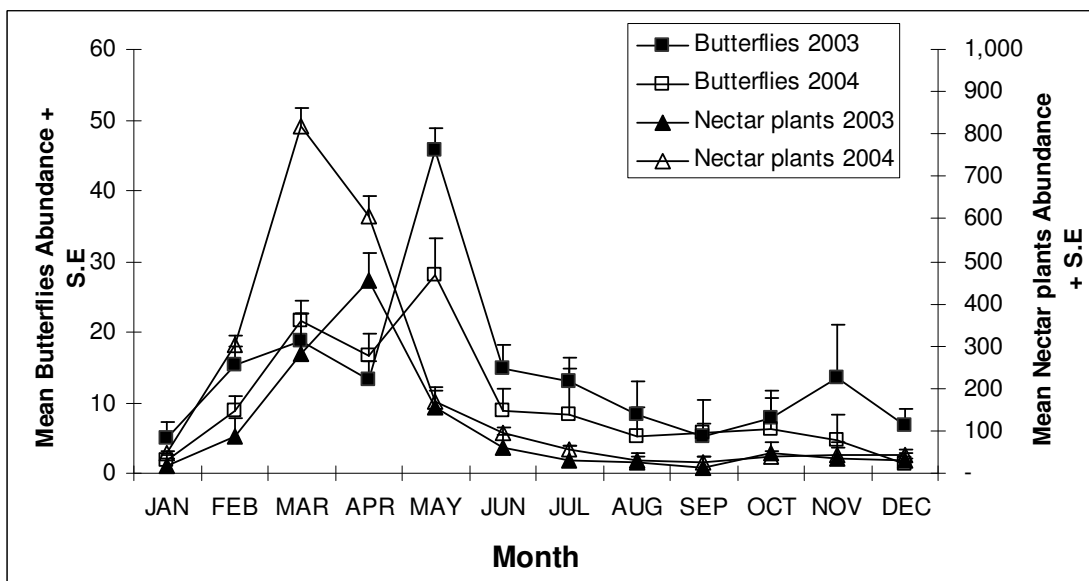
4.3.2 מדדי עושר ושפע של צמחי צוף ופרפרים

מתוצאות המחקר עולה שלרוב יש התאמה במשך השנה בין העליות והירידות בעושר ושפע צמחי הצוף והפרפרים. אך, שיא העושר והשפע של הפרפרים (ב-2003 באפריל וב-2004 במאי) מאחר בחודש את שיא צמחי הצוף (ב-2003 במרץ וב-2004 באפריל), מלבד שפע הפרפרים ב-2003 שהגיע לשיא במאי כחודשיים לאחר שיא שפע צמחי הצוף (איורים 4.2 ו-4.3). בנוסף, בסתיו, בחודשים אוקטובר-נובמבר, הייתה עליה בעושר ושפע הפרפרים שאין לה מקבילה בולטת בעושר ושפע צמחי הצוף (איור 4.3). קורלציה מובהקת נמצאה בין עושר הפרפרים בחודשי השנה לבין עושר צמחי הצוף בחודש הקלנדרי הקודם ($r_s=0.89$, $P<0.001$, $n=12$), ובין שפע הפרפרים בכל חודש מחודשי השנה לבין שפע צמחי הצוף בחודש הקלנדרי הקודם ($r_s=0.85$, $P<0.001$, $n=12$), וגם בשנת 2003 ו-2004 בהתאמה. לעומת זאת לא נמצאה קורלציה מובהקת עבור עושר ושפע הפרפרים לבין עושר צמחי הצוף ($r_s=0.39$, $n=12$) ושפע צמחי הצוף באותו חודש קלנדרי ב-2003. מאידך, נמצאה קורלציה מובהקת עבור עושר צמחי צוף ופרפרים ($r_s=0.73$, $P<0.001$, $n=12$) ועבור שפע צמחי צוף ופרפרים ($r_s=0.87$, $P<0.001$, $n=12$) בשנת 2004. אולם, היא היתה יותר חלשה ביחס לקורלציה בין מדדי הפרפרים למדדי צמחי הצוף בהפרש של חודש.

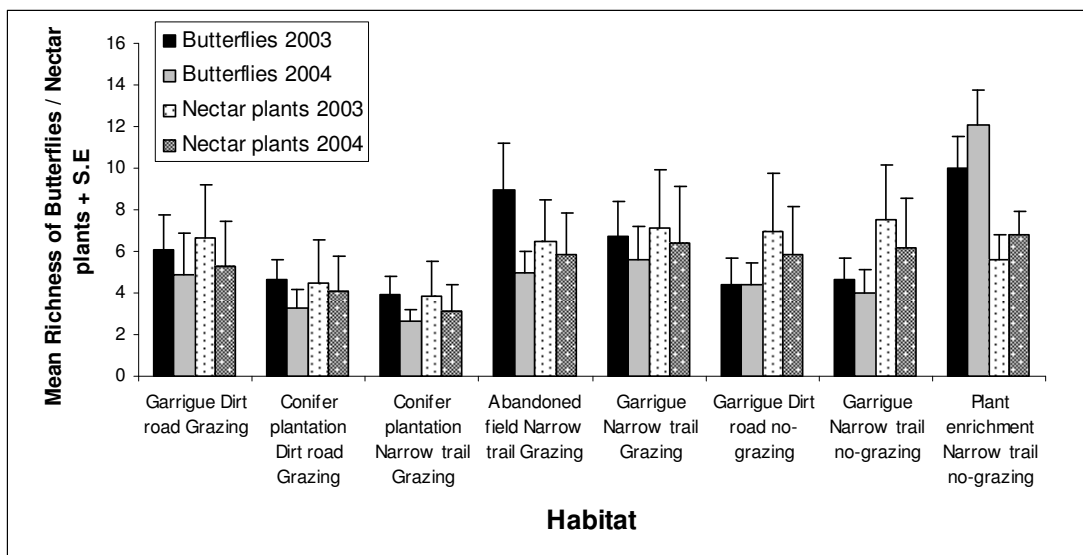
ההבדלים בעושר מיני צמחי הצוף בבתי הגידול השונים אינם מובהקים גם בשנת 2003 וגם בשנת 2004 ($F_{7,88}=0.33$, $P>0.05$ ו- $F_{7,88}=0.38$, $P>0.05$, בהתאמה) (איור 4.2). באופן דומה גם ההבדלים בשפע צמחי הצוף בבתי הגידול השונים אינם מובהקים בשנים 2003 ו-2004 ($F_{7,88}=0.33$, $P>0.05$ ו- $F_{7,88}=0.76$, $P>0.05$, בהתאמה) (איור 4.3). בנוסף לכך, תוצאות המחקר מלמדות כי אין התאמה בין עושר צמחי הצוף לעושר הפרפרים בבתי גידול שונים בשנת 2003 ($r_s=0.48$, $n=8$) אך יש התאמה כזו בשנת 2004 ($r_s=0.79$, $P<0.05$, $n=8$) (איור 4.4) ולפי התאמה זו ככל שעושר צמחי הצוף גדול יותר בבית הגידול, גדל בו גם עושר הפרפרים (איור 4.5). מהשוואת השנים זו לזו עולה כי יש התאמה בין עושר הפרפרים בשנת 2003 לבין עושר הפרפרים בשנת 2004 בבתי הגידול השונים ($r_s=0.88$, $P<0.001$, $n=8$), אך אין התאמה כזו בין עושר צמחי הצוף בשנת 2003 לבין עושר צמחי הצוף בשנת 2004 בבתי הגידול השונים ($r_s=0.59$, $n=8$). למרות שגם עושר הפרפרים וגם עושר צמחי הצוף גבוהים יותר בשנת 2003 בכל בתי הגידול מלבד בבית הגידול המועשר (איור 4.4).



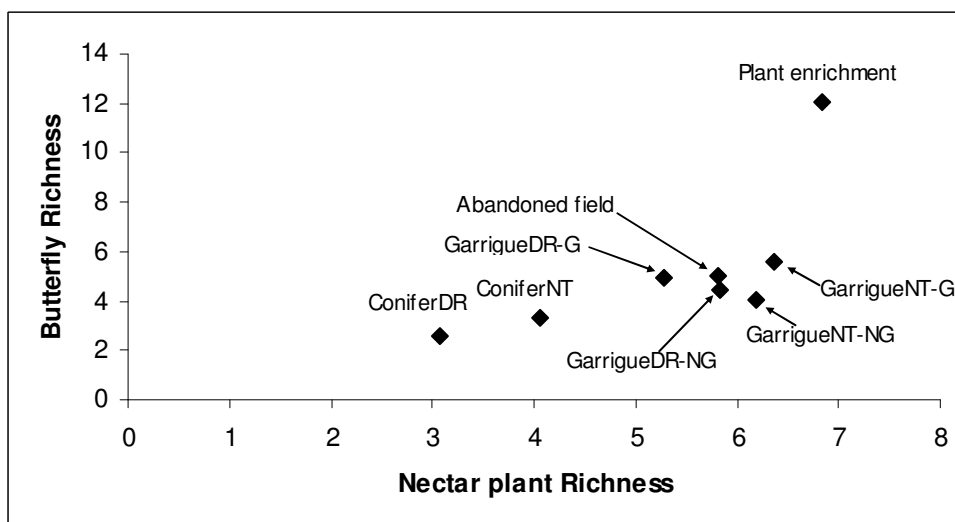
איור 4.2: עושר הפרפרים וצמחי הצוף שלהם לחתך בחודש בשנים 2003-2004 (ממוצע שנתי ושגיאת תקן).



איור 4.3: שפע הפרפרים וצמחי הצוף שלהם לחתך בחודש בשנים 2003-2004 (ממוצע שנתי ושגיאת תקן).

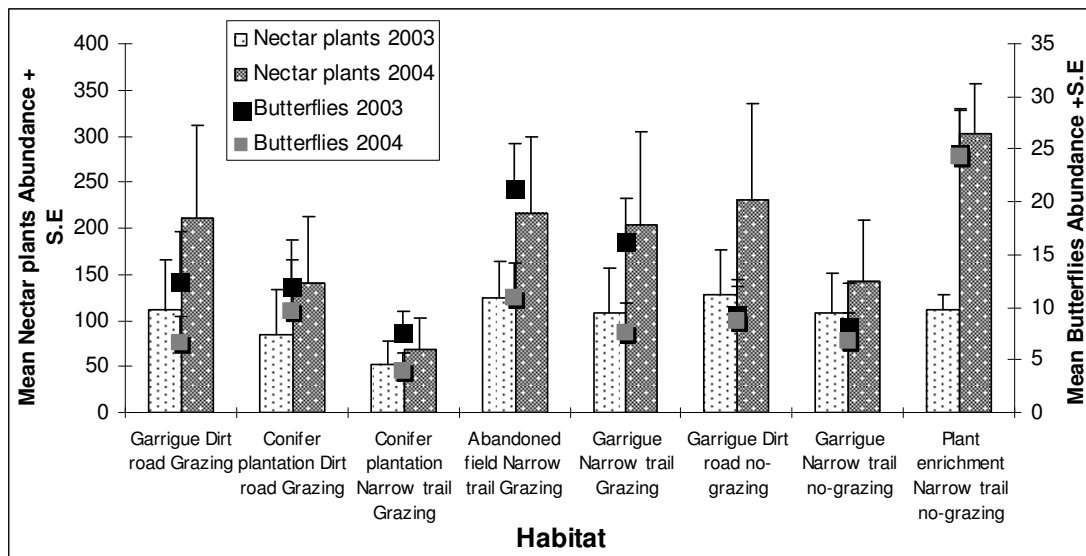


איור 4.4: עושר הפרפרים וצמחי הצוף שלהם בבתי הגידול השונים בחודש בשנים 2004-2003 (ממוצע שנתי ושגיאת תקן).



איור 4.5: מתאם עושר צמחי הצוף ועושר הפרפרים בבתי הגידול בשנת 2004 (דרך עפר מסומנת ב-DR, שביל צר מסומן ב-NT, רעייה מסומנת ב-G ואי רעייה מסומנת ב-NG).

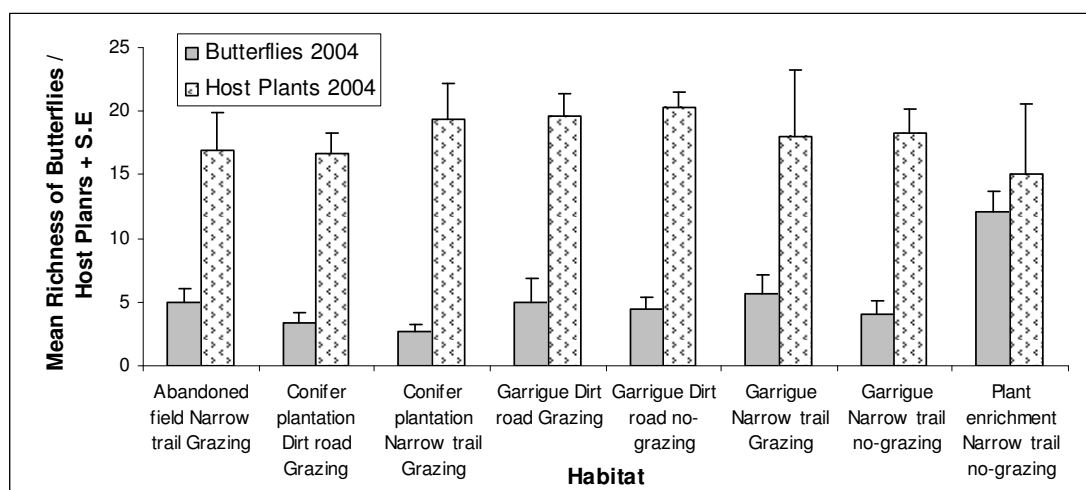
לגבי שפע צמחי הצוף והפרפרים בבתי הגידול השונים נמצא כי אומנם בחורשות האורנים ובגריגה ללא רעייה ושביל צר התקבלו ערכים נמוכים יחסית של שפע צמחי צוף ופרפרים (איור 4.6) אך לא נמצא מתאם בין מידת שפע הפרפרים למידת שפע צמחי הצוף בכל בתי הגידול ($r_s=0.45$, $n=8$) - בשנת 2003 וב-2004 ($r_s=0.64$, $n=8$). מהשוואת השנים זו לזו, עולה כי יש התאמה גם בין שפע הפרפרים בשנת 2003 לבין שפע הפרפרים בשנת 2004 בבתי הגידול השונים ($r_s=0.74$, $P<0.05$, $n=8$) וגם בין עושר צמחי הצוף בשנת 2003 לבין עושר צמחי הצוף בשנת 2004 בבתי הגידול השונים ($r_s=0.91$, $P<0.001$, $n=8$).



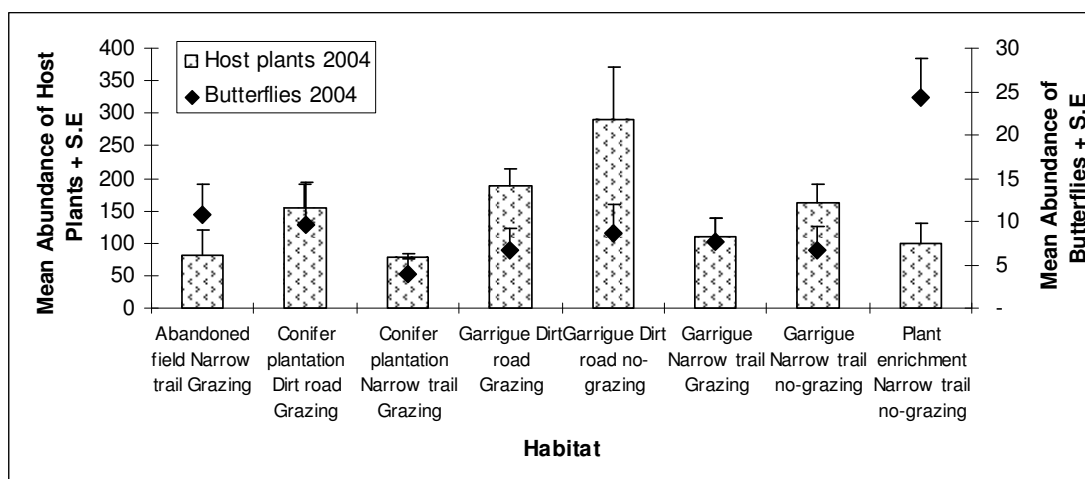
איור 4.6: שפע הפרפרים וצמחי הצוף שלהם בבתי הגידול השונים בחתך בחודש בשנים 2004-2003 (ממוצע שנתי ושגיאת תקן).

4.3.3 מדדי עושר ושפע של צמחי הפונדקאים והפרפרים

תוצאות המחקר מלמדות כי ההבדלים בעושר מיני הפונדקאים בבתי הגידול השונים אינם מובהקים (איור 4.7) ($F_{7,16}=0.29$, $P>0.05$) ולעומת זאת, ההבדלים בשפע שלהם בבתי הגידול השונים כן מובהקים (איור 4.8) ($F_{7,16}=3.06$, $P<0.05$). בנוסף, לא נמצא מתאם בין עושר ושפע הפרפרים לעושר ושפע הפונדקאים שלהם בבתי הגידול השונים ($r_s=0.12$, $n=8$ ו- $r_s=0.38$, $n=8$), בהתאמה). בהתאם לתוצאות אלו ניתן לראות באיור 4.8 שהתקבל שפע פונדקאים גבוה במיוחד ושפע פרפרים נמוך בגריגה עם דרך עפר ללא רעייה, ולחילופין שפע פונדקאים נמוך ושפע פרפרים גבוה במיוחד בבית הגידול המועשר בצמחי תרבות.



איור 4.7: עושר הפרפרים והפונדקאים שלהם בבתי הגידול השונים בחתך בחודש בשנים 2004-2003 (ממוצע שנתי ושגיאת תקן).



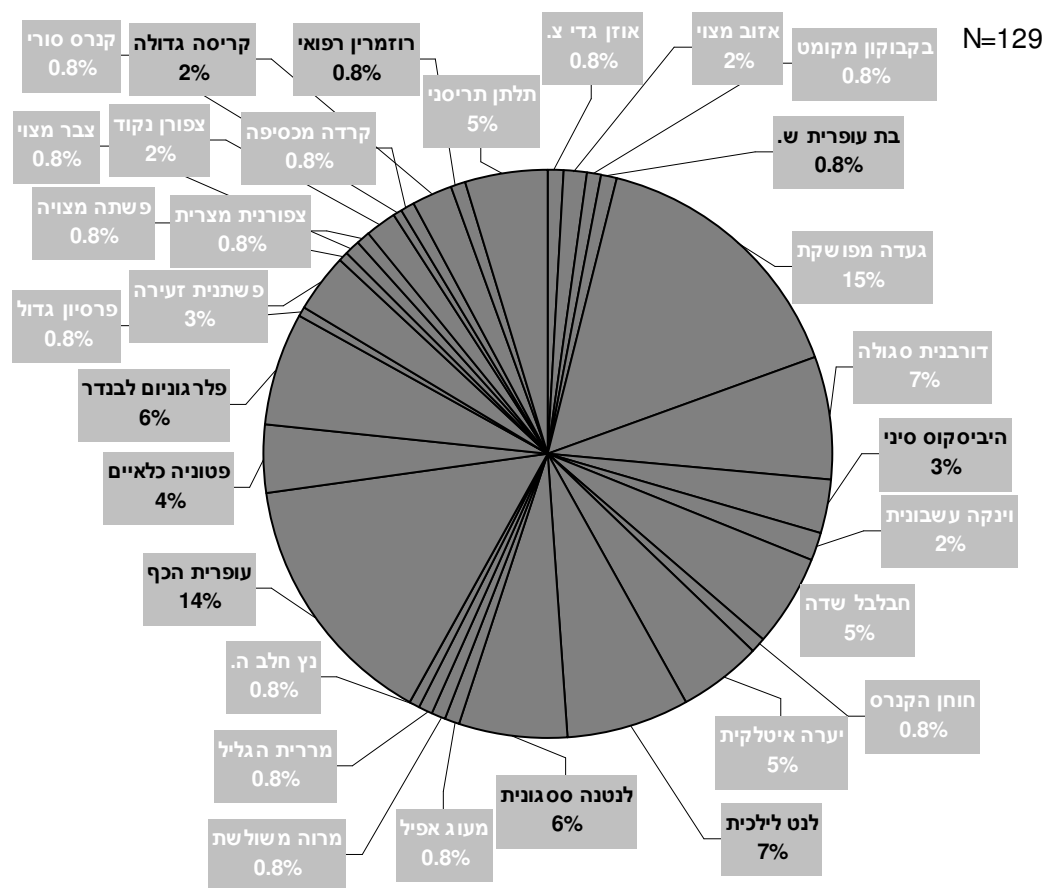
איור 4.8: שפע הפרפרים והפונדקאים שלהם בבתי הגידול השונים בחתך בחודש בשנים 2004-2003 (ממוצע שנתי ושגיאת תקן).

4.3.4 מיני פרפרים ג'נרליסטים וספציאליסטים

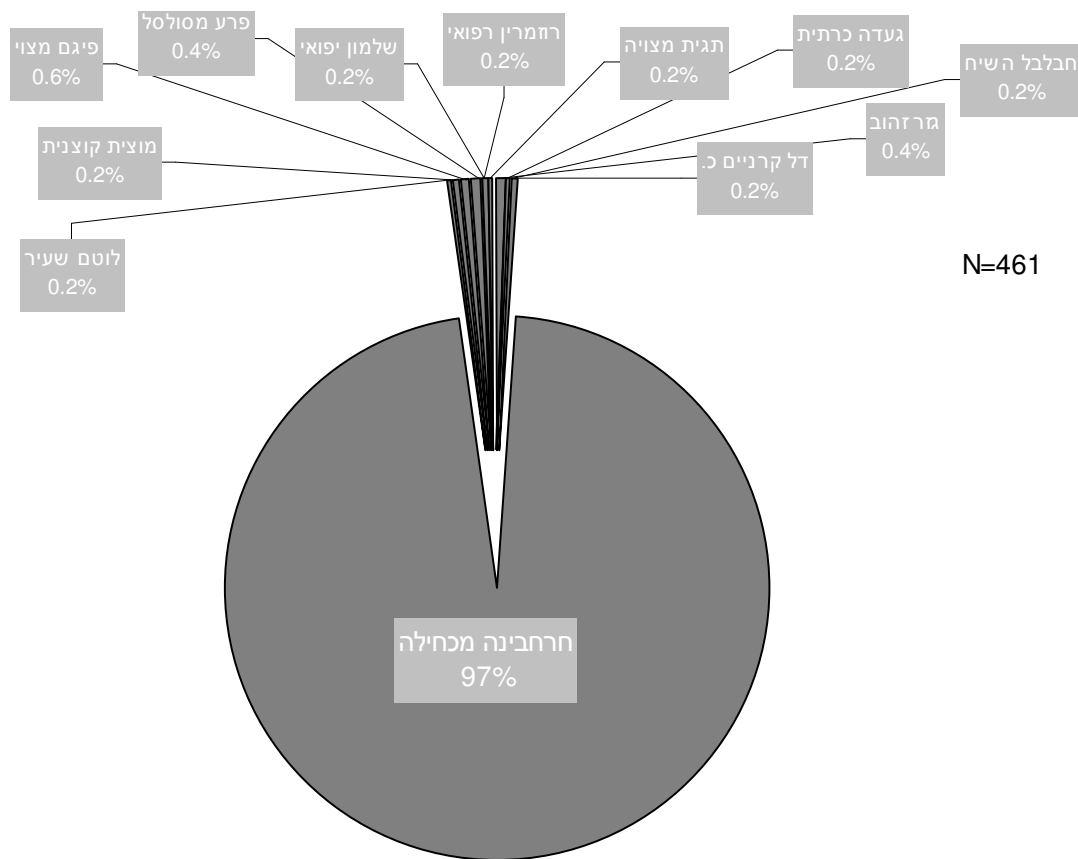
תצפיות על ביקורי הפרפרים בצמחי הצוף מלמדות כי מרבית מיני הפרפרים ברמת הנדיב הם ג'נרליסטים (טבלה 4.2) לגבי צמחי הצוף מהם הם ניזונים ולכן הם מבקרים בצמחי צוף שונים לפי זמינותם במרחב ובזמן. כדוגמה למין ג'נרליסט שימש הפרפר לימונית האשחר (*Gonepteryx cleopatra*) אשר נצפה ניזון מ-31 מיני צמחי צוף ב-129 ביקורים. מתוך 31 מיני צמחי הצוף 22 מינים היו צמחי בר ו-9 מינים היו צמחי תרבות (איור 4.9.1). אומנם מספר הביקורים שלו לא התחלק שווה בין מיני צמחי הצוף אך הוא גם לא עלה על 15% מכלל הביקורים בצמח הצוף המועדף ביותר. לעומת רוב המינים שהם ג'נרליסטים, יש מינים בודדים שהם ספציאליסטים ולהם העדפה ברורה לצמח צוף מסוים. בולט במיוחד הוא כחליל האשחר (*Strymonodia spini melantho*) (החולק את אותם פונדקאים עם לימונית האשחר) אשר גילה העדפה ברורה לתרחיבה המכחילה וביקר בה 97% מכלל 461 ביקוריו בצמחי צוף. שאר 3% של ביקוריו הוקדשו ל-11 מיני צמחי בר נוספים (איור 4.10).

טבלה 4.2: תצפיות ביקורי פרפרים בצמחי צוף ועושר צמחי צוף מבוקרים בשנים 2003-2005. הטבלה כוללת רק את מיני הפרפרים שנצפו מבקרים בלמעלה מ- 20 פרחים. בנוסף מוצגים בטבלה: מין הצמח המבוקר ביותר על ידי כל מין פרפר, אחוז הביקורים בו והגדרת מין הפרפר כספציאליסט, נוטה לספציאליסטיות או ג'נרליסט. סימון כוכבית (*) מורה על צמח צוף תרבותי.

מין הפרפר	מספר הביקורים	עושר כלל מיני צוף מבוקרים	עושר מיני צמחי תרבות מבוקרים	אחוז הביקורים הרב ביותר במין צמח אחד	שם מין צמח הצוף המבוקר ביותר	הגדרת הפרפר ג'נרליסט/ספציאליסט
הספרית הדוחן <i>Pelopidas thrax</i>	20	9	5	35	לנטנה סגונית* <i>Lantana camara</i>	ג'נרליסט
הספרית החלמית <i>Carcharodus alceae</i>	28	13	5	36	עוקץ העקרב <i>Heliotopium europaeum</i>	ג'נרליסט
הספרית נחושית <i>Thymelicus hyrax</i>	40	6	0	75	שלמון יפואי <i>Cephalaria joppensis</i>	ספציאליסט
זנב סנונית נאה <i>Ppilio machaon syriacus</i>	82	24	3	16	קורנית מקורקפת <i>Coridothymus capitatus</i>	ג'נרליסט
כחליל אזוב <i>Pseudophilotes vicrama</i>	49	8	0	77	חרחבינה מכחילה <i>Eryngium creticum</i>	ספציאליסט
כחליל אספסת <i>Syntarucus prithous</i>	75	12	8	35	רוזמרין רפואי* <i>Rosmarinus officinalis</i>	ג'נרליסט
כחליל אפון <i>Lampidies boeticus</i>	29	12	5	38	חרחבינה מכחילה <i>Eryngium creticum</i>	ג'נרליסט
כחליל האשחר <i>Strymonidia spini melantho</i>	461	12	1	97	חרחבינה מכחילה <i>Eryngium creticum</i>	ספציאליסט
כחליל חומעה <i>Lycaena thersamon omphale</i>	69	8	0	66	עוקץ העקרב <i>Heliotopium europaeum</i>	נוטה לספציאליסטיות
כחליל קוטב <i>Zizeeria karsandra</i>	25	4	0	64	עוקץ העקרב <i>Heliotopium europaeum</i>	נוטה לספציאליסטיות
כחליל שברק <i>Polyommatus icarus zelleri</i>	55	12	1	52	עוקץ העקרב <i>Heliotopium europaeum</i>	ג'נרליסט
לימונית האשחר <i>Gonepteryx cleopatra taurica</i>	129	31	9	15	געה מפושקת <i>Teucrium divaricatum</i>	ג'נרליסט
לבנין ירוק פסים <i>Euchloe belemia belemia</i>	175	35	0	28	בקבוקון מקומט <i>Rapistrum rugosum</i>	ג'נרליסט
לבנין כרוב <i>Pieris brassicae catoleuca</i>	115	43	14	26	ברקן סורי <i>Notobasis syriaca</i>	ג'נרליסט
לבנין כתום כנף <i>Anthocharis cardamines</i>	38	14	0	26	אפון מצוי <i>Pisum sativum</i>	ג'נרליסט
לבנין צלף <i>Madais fausta fausta</i>	25	8	3	32	עוקץ העקרב <i>Heliotopium europaeum</i>	ג'נרליסט
לבנין צנון <i>Artogeia rapae leucosoma</i>	142	41	6	25	עוקץ העקרב <i>Heliotopium europaeum</i>	ג'נרליסט
לבנין רכפה <i>Pontia daplidice daplidice</i>	29	8	0	28	שלה ספרדי <i>Erucaria hispanica</i>	ג'נרליסט
נמפית בוצין <i>Melitaea triviva syriaca</i>	70	17	0	29	חרחבינה מכחילה <i>Eryngium creticum</i>	ג'נרליסט
נמפית חורשף <i>Vanessa cardui cardui</i>	193	30	6	19	טיון דביק <i>Inola viscosa</i>	ג'נרליסט
סטירית יבלית <i>Lasiommata maera orientalis</i>	21	5	1	43	רוזמרין רפואי* <i>Rosmarinus officinalis</i>	ג'נרליסט
סטירית משוישת <i>Melanargia titea titania</i>	161	16	1	65	ברקן סורי <i>Notobasis syriaca</i>	נוטה לספציאליסטיות
סטירית פקוחה <i>Maniola telmessia telmessia</i>	41	8	0	71	חרחבינה מכחילה <i>Eryngium creticum</i>	נוטה לספציאליסטיות
צבעוני שקוף <i>Archon apollinus bellargus</i>	74	21	1	19	צפורני חתול מצויות <i>Calendula arvensis</i>	ג'נרליסט



איור 4.9 התפלגות ביקורי המין הגינרליסט לימונית האשחר (*Gonepteryx cleopatra*) בצמחי צוף בשנים 2003-2005. שמות הצמחים הכתובים בלבן מורים על צמחי בר ושמות הצמחים הכתובים בשחור מורים על צמחי תרבות.



איור 4.10 התפלגות ביקורי המין הספציאליסט כחליל האשחר (*Strymonodia spini melantho*) בצמחי צוף שכולם צמחי בר בשנים 2003-2005.

מתוצאות הרגרסיה רבת המשתנים עבור השנים 2003-2004, ללא בית גידול 8 (המועשר בצמחי תרבות), עולה כי המשתנים שלהם משמעות חיובית עבור מגוון, עושר ושפע הפרפרים מבין משתני האקלים ומדדי הצומח הנבדקים הם: עושר צמחי הצוף, אחד ממשתני הקרינה (קרינה יומית מצטברת או מקסימאלית), לחות יחסית יומית מקסימאלית וטמפרטורה יממתית וממוצעת וזהו גם סדר חשיבותם. לגבי שאר המשתנים האקלימיים (משקעים, מהירות רוח יומית ויממתית, טמפרטורה מינימאלית ומקסימאלית ולחות יחסית יממתית, יומית ומינימאלית) נמצא שהם אינם משפיעים באופן חיובי או כלל אינם משפיעים על מדדי מגוון הפרפרים או שנמצא שהם תלויים במשתנים אחרים שלהם יש השפעה רבה על מדדי הפרפרים ולכן הם נדחו (טבלה 4.3).

טבלה 4.3: מדדי צומח וגורמי האקלים המשפיעים (+) ואלו שאינם משפיעים (-) על מדדי המגוון, העושר ושפע הפרפרים בכל בתי הגידול מלבד בית גידול 8 בשנים 2003-2004 לפי תוצאות מבחני רגרסיה רבת משתנים ($P < 0.05$). השפעה מעטה -, +, השפעה רבה - + + +.

Factor	Butterfly Simpson Diversity 2003-04	Butterfly Mean of Richness Indexes 2003-04	Butterfly Abundance 2003-04
Maximum daily temperature (C°)	-	-	-
Minimum daily temperature (C°)	-	-	-
Mean daily temperature (C°)	-	-	-
Mean temperature (C°) 24 hours	-	+	-
Maximum daily relative humidity (%)	-	-	+
Minimum daily relative humidity (%)	-	-	-
Mean daily relative humidity (%)	-	-	-
Mean relative humidity (%) 24 hours	-	-	-
Mean daily wind speed (m/s)	-	-	-
Mean wind speed (m/s) 24 hours	-	-	-
Total daily radiation (mj/m ²)	++	++	-
Maximum daily radiation (w/m ²)	-	-	++
Rain per month (mm)	-	-	-
Nectar abundance	-	-	-
Nectar richness	+++	+++	+++

טבלה 4.4: תוצאות מבחני רגרסיה רבת משתנים לבחינת מדדי הצומח וגורמי האקלים המשפיעים על מדדי המגוון, העושר ושפע הפרפרים בכל בתי הגידול מלבד בית גידול 8 בשנים 2004-2003. לטבלה הוכנסו רק משתנים שנמצאו משפיעים במובהק על מדדי הפרפרים.

Dependent Variable	Year	R ² (%)	df	F	P	Independent Variable	Value coefficient	S.E. coeff.	P
Butterfly Simpson Diversity	2003-04	26.7	2	30.1	< 0.001	Constant	-0.654	0.75	0.384
						Nectar richness	0.224	0.032	< 0.001
						Total radiation	0.107	0.041	0.009
Butterfly Mean of Richness Indexes	2003-04	44.8	3	44.4	< 0.001	Constant	1.917	1.302	0.143
						Nectar richness	0.251	0.045	< 0.001
						Total radiation	0.363	0.094	< 0.001
						Mean 24 hour temp'	-0.27	0.117	0.022
Butterfly Abundance	2003-04	50.6	3	55.9	< 0.001	Constant	46.53	11.31	< 0.001
						Nectar richness	0.671	0.077	< 0.001
						Maximum radiation	0.031	0.005	< 0.001
						Maximum daily RH	-0.842	0.164	< 0.001

4.4 דיון

רמת הנדיב התברכה בעושר גבוה של צמחי בר העומד על 577 מינים, מתוכם גבוה מאוד חלקם של הצמחים מואבקי החרקים העומד על 78% כששאר 22% המינים מייצגים מואבקי רוח ומינים בודדים של שרכים (איור 4.1). מתוך הצמחים מואבקי החרקים נצפו עד כה 27% (154 מינים) המבוקרים על ידי הפרפרים. בנוסף, מהווים 17% ממיני הצומח (99 מינים) פונדקאים עבור הפרפרים (7% מהצמחים מהווים בו זמנית גם צמחי צוף וגם פונדקאים עבור פרפרים). כך שפאונת הפרפרים במקום, הכוללת 45 מינים, נתמכת ישירות על ידי 37% (212 מינים) מכלל עושר מיני הצומח (טבלה 4.1).

4.4.1 עושר ושפע פרפרים וצמחי צוף במהלך השנה

במחקר זה נמצא כי עושר ושפע הפרפרים מגיע לשיא עיקרי באביב ולשיא משני, נמוך יותר, בסתיו (איורים 4.2 ו-4.3). Shapiro וחבריו (2003) מצאו דגם דומה בחברת הפרפרים בקליפורניה ולשיטתם זהו דגם המבטא את האדפטציה של הפרפרים לאקלים ים תיכוני ולמקורות מזון. בהתאם לתאוריה זו נמצא במחקר הנוכחי כי במהלך חודשי השנה קיימת התאמה בין עושר ושפע הפרפרים לעושר ושפע צמחי הצוף בהפרש של חודש (איורים 4.2 ו-4.3). כאשר, לרוב, מועד שיא עושר ושפע צמחי הצוף, הפורחים מתחילת האביב, מקדים את השיא של מועדי עושר ושפע הפרפרים בחודש ימים. ממצאים דומים מאוד התקבלו אצל Petanidou (2004) שבדקה ביוון את מגוון מיני הפרחים מואבקי החרקים בעת פריחתם ביחס למגוון הכולל של החרקים המאביקים לאורך השנה. לטענתה שיא הפריחה מקדים את שיא הופעת המאביקים היות ותנאי האקלים הים תיכוני משפיעים על תכונות הפריחה של הצמחים בייעילות גבוהה יותר מאשר על פעילות החרקים המאביקים עליהם. אך יכולה להיות סיבה נוספת ל"הקדמת" שיא מדדי הפריחה ביחס לשיא מדדי הפרפרים במחקר הנוכחי והיא, שמדדי הפרפרים חושבו עבור שלב הפרפר הבוגר בעוד ששלב הזחל הוא השלב המותאם יותר לשיא הביומאסה הצמחית המתבטאת גם בשיא הפריחה (אשר אודותיה נאספו הנתונים). שכן, בשלב הזחל חל גידול המסה העיקרי במחזור חיי הפרפר. במיני פרפרים מסוימים גדלה מסת הזחל פי 10,000 מעת בקיעתו ועד להגעתו לגודלו המקסימאלי. גם משאבי החלבונים והשומנים עבור ייצור הביצים והזרע אצל הנקבה והזכר הבוגרים נאגרים כבר בשלב הטרולי ואילו הצוף ממנו ניזונים הפרפרים הבוגרים רק מספק להם אנרגיה לתעופה (Scott, 1986). כלומר, בעונה "הירוקה" הקצרה מגיע הצומח לשיא הביומסה במהירות ולכך מותאם השלב הטרולי של הפרפרים בעוד ששלב הבוגר נדחק אל מחוץ לשיא הביומסה ולשיא עושר ושפע הצמחים הפורחים (איורים 4.2 ו-4.3).

4.4.2 עושר ושפע צמחי צוף ופרפרים בבתי הגידול השונים

בבתי הגידול השונים לא התקבל מתאם בין שפע צמחי הצוף הפורחים לשפע הפרפרים (איור 4.6) אך התקבל מתאם חיובי מובהק בין עושר צמחי הצוף הפורחים לבין עושר הפרפרים (איורים 4.4 ו-4.5). בנוסף, התקבל גרדיאנט עולה של ערכי עושר ושפע הפרפרים מבתי גידול סגורים (חורשות אורנים ובמידה מסוימת גם גריגה עם שביל צר ללא רעייה) דרך בתי גידול סגורים למחצה (גריגה עם דרך רחבה ו/או רעייה) ועד לבתי גידול פתוחים (שדות נטושים עם מעט ברזשים, ושטחי גינון מועשרים). בבתי הגידול הסגורים ביותר (חורשות המחטניים) התקבלו הערכים הנמוכים ביותר של עושר ושפע צמחי הצוף בהשוואה לבתי הגידול הסגורים למחצה ובתי הגידול הפתוחים (איורים 4.4 ו-4.5) אם כי לא נמצאו הבדלים מובהקים בעושר ושפע צמחי הצוף בבתי הגידול השונים. Stefanescu וחבריו (2005) מצאו גם הם גרדיאנט עולה מחורש סגור לבית גידול פתוח לגבי עושר ושפע הפרפרים באקלים ים תיכוני. לדעתם, הגרדיאנט מלמד על מספר רמות התאמה של מיני פרפרים לצל. נראה כי צל רב או קרינה מועטה מהווים את אחד הגורמים המשמעותיים לערכים הנמוכים יחסית של הפרפרים וצמחי הצוף בחורשות האורנים ברמת הנדיב. להעדר הקרינה יש השפעה שלילית על מרבית מיני הפרפרים שהם אורגניזמים פויקילותרמיים ופעילותם במזג אויר קריר מתאפשרת רק לאחר שהתחממו בשמש תוך כדי פרישת כנפיהם כלפי קרני השמש בפעילות המכונה Basking (Kingsolver, 1985; Scott, 1986). העדר קרינה משפיע באופן

שלילי גם על נביטה, צמיחה ופריחה במרבית הצמחים (Greulach, 1973), ובכלל זה גם על מרבית צמחי הצוף ובמיוחד על החד שנתיים שביניהם (מכלל 154 מיני צמחי הצוף של צמחיית הבר ברמת הנדיב 111 מינים הם חד שנתיים). בהתאם לכך, בגריגה, המהווה בית גידול סגור למחצה עם חדירה של קרינה, התקבלו ערכים גבוהים יותר של עושר ושפע פרפרים וצמחי צוף בהשוואה לחורשות (איורים 4.4 ו-4.6). שוורץ צחור וחובריה (2003) מצאו יותר קרינה ופריחה בחלקות עשבוניות חשופות לרעייה בהשוואה לחלקות מוגנות מרעייה. לפי פרבולוצקי וזליגמן (1998), הרעייה מסייעת בפתיחת השטח ובהאטת הסוקצסיה ולכן, ניתן היה לצפות שבגריגה חשופה לרעייה יתקבלו ערכים גבוהים בהרבה של מדדי מיני צמחי הצוף והפרפרים בהשוואה לשטחי גריגה מוגנים מרעייה. בפועל, לא התקבלו הבדלים מובהקים. יתכן והסיבה לכך היא קיזוז האפקט החיובי של הרעייה, קרי, פתיחת השטח, באפקט השלילי שלה, המתבטא בכך שהפרות אוכלות צומח עשבוני ואף צומח מעוצה, כולל חלק ניכר מצמחי הצוף והפונדקאים של הפרפרים. Steffan & Tschertke (1996) טובעים את המושג "Succession of butterfly communities" בעקבות ממצאיהם לגבי העליה בעושר מיני הפרפרים והצמחים עם הגיל של שדות המצויים בשלבי סוקסציה ראשוניים, עד השנה השלישית, בה חלה ירידה בעושר מיני הצמחים והפרפרים עקב החלפת מיני צומח חד שנתיים במיני צומח רב שנתיים. במחקר שלי בשדות הנטושים, ובמיוחד בבית הגידול המועשר בצמחי תרבות, התקבלו מדדי פרפרים גבוהים ביחס לשאר בתי הגידול, למרות שלא התקבלו בהם מדדים גבוהים יותר של צמחי צוף (איורים 4.4 ו-4.6). זאת, מפני שהפיזור השנתי של צמחי הצוף הפורחים בבתי גידול אלו היה אחיד יותר ובעונות הקיץ והסתיו השחונות פרחו בהם הרבה יותר צמחי צוף שמשכו אליהם יותר פרפרים בהשוואה לשאר בתי הגידול. בשדות הנטושים הייתה יותר פריחה בעונות היובש, בשל התייבשותה האיטית של אדמת הגרומסול העמוקה ממוצא אלובי ובשל הפלורה הייחודית המאפיינת בית גידול זה (ידע אישי). גם באירופה נמצאו קרקעות ממוצא אלובי כעשירות במיוחד בצומח (Krauss et al., 2004(a); Barbaro et al., 2000; Krauss et al., 2003(a); Krauss et al., 2003(b); Wallis De Vries et al., 2000; Balmer & Erhardf, 2000) ובשל כך, הן מהוות יעד מרכזי לשימור (Wallis De Vries et al., 2002). במחקר הנוכחי בבית הגידול המועשר הייתה יותר פריחה בעונות השחונות והתקבלו בו מדדי פרפרים גבוהים מפני שהוא מושקה ברובו ובחלקו ומהווה מקלט לצמחים רודראליים הפורחים בעונת היובש. בית גידול כזה, המאופיין בצמחי תרבות רבים, המשמשים לגינון בישובים עירוניים, הוגדר על ידי Angold וחבריו (2006) כבית גידול אורבאני (Urban habitat), התומך במינים אורבאניים (Urban species) של פרפרים, חיפושיות ויונקים. Shapiro (2002), שחקר גם הוא את חברת הפרפרים בסביבה עירונית, מציין את מספרם הגבוה של מיני הפרפרים האורבאניים ומסביר כי רבים מהם נתמכים לא רק על ידי צמחי צוף אלא גם על ידי צמחי תרבות זרים המהווים פונדקאים עבורם.

4.4.3 עושר ושפע פרפרים ופונדקאים בבתי הגידול השונים

השוואת בתי הגידול השונים לגבי עושר ושפע פונדקאי הפרפרים מלמדת כי אין הבדלים מובהקים ביניהם לגבי עושר הפונדקאים (איור 4.7) אך, ישנם הבדלים מובהקים ביניהם לגבי השפע שלהם (איור 4.8). שפע פונדקאים גבוה במיוחד נמצא בגריגה ללא רעייה עם דרך רחבה ונראה שהוא מבטא את התאמת הפונדקאים לבית הגידול הטבעי-מקורי ברמת הנדיב. במיוחד לאור ההשוואה לבתי הגידול שהתהוו בהשפעת האדם קרי: השדות הנטושים, חורשות נטועות ובית הגידול המועשר בצמחי תרבות בהם נמצא עושר פונדקאים נמוך יחסית. בולטת גם ההשפעה החיובית שיש לדרך רחבה על שפע הפונדקאים ביחס לשביל צר כאשר משווים את שטחי הגריגה ללא רעייה/עם רעייה ודרך רחבה לשטחי גריגה ללא רעייה/עם רעייה ושביל צר וכאשר משווים את החורשות הנטועות עם הדרך הרחבה לחורשות הנטועות עם השביל הצר. נראה כי לדרכי העפר הרחבות השפעה חיובית על הפונדקאים בבתי גידול סגורים או סגורים למחצה היות והן יוצרות מעין נתיבים מוארים המעודדים צמיחה של מגוון מינים (הכולל גם את פונדקאי הפרפרים) בשולי הדרך. Smith וחובריו (2002) מצאו גם הם שדרכי עפר תרמו להתפתחות הפונדקאים של כחליל מוגן בתוך יער מעורב של אלון ואורן. הרעייה ברמת הנדיב השפיעה באופן שלילי על השפע (איור 4.7) של הפונדקאים ובאופן מעט חיובי על עושרם (איור 4.7) בגריגה. השפעת הרעייה אם כן אינה חד משמעית לגבי הפונדקאים. מחד גיסא, היא מסייעת לפתיחת השטח והאטת הסוקצסיה (Perevolotsky & Seligman, 1998) ובכך תורמת ישירות לחדירת אור לבתי גידול סגורים ובעקיפין להתפתחות הצומח העשבוני. אך, מצד שני, הרעייה פוגעת בצומח היות והפרות ניזונות ממנו ורומסות אותו. יתכן ולחץ רעייה מתון יותר, או לחילופין, רעיית עיזים, הניזונות בעיקר מהצומח המעוצה (Devendra, 1978; Arnold, 1982), היו מועילים יותר לפונדקאים ולפרפרים התלויים בהם. לא נמצא מתאם בין עושר ושפע הפרפרים לעושר ושפע הפונדקאים בבתי הגידול השונים (איורים 4.7 ו- 4.8). למשל, בגריגה ללא רעייה ועם דרך עפר רחבה, נמצא שפע גבוה במיוחד של פונדקאים ושפע נמוך של פרפרים ואילו בבית הגידול המועשר בצמחי תרבות נמצא שפע פרפרים גבוה במיוחד ושפע פונדקאים נמוך (איור 4.8). זאת, כנראה, היות ונתוני הפרפרים נאספו אודות זכרים ונקבות יחד ובדרך כלל, לפחות כ-65% מכלל התצפיות בפרפרים מתעדות זכרים (בנימיני - ידע אישי). התיעוד הגבוה יחסית של הזכרים נובע מכך שמינים רבים הם בעלי דימורפיזם זוויגי המתבטא בכך שהזכרים בולטים בצבעוניותם ביחס לנקבות שהן בעלות מראה "צנוע" בהרבה, המקנה להן הסוואה טובה נגד טורפים במהלך ההטלה בה הן מאוד פגיעות (Novak, 1985). בנוסף, הזכרים בולטים גם בעת שיחורם אחרי צמחי צוף וגם בעת פעילותם הטריטוריאלית בעוד הנקבות, ככלל, אומנם נראות בעת שיחורן אחרי צמחי צוף אך כמעט ואינן נראות בעת שיחורן אחרי הפונדקאים והטלתן עליהם. ולראיה, בכל שנת 2005, בעת ניטור הפרפרים על גבי שני המסלולים ברמת הנדיב, מתוך כ-600 תצפיות, 273 היו בזכרים ונקבות המבקרים בפרחים, 312 היו בזכרים בעת פעילות טריטוריאלית ורק 15 בנקבות מטילות. כלומר, פעילות רוב הפרפרים הנצפים בעת הניטור מוקדשת לשיחור אחר צמחי צוף ולהגנה על הטריטוריה. מכאן, שלפי תוצאות מחקר זה, הניטור המעגלי של כלל הפרפרים בשיטת פולרד, על פיו נערכו מחקרים כה רבים (Pollard, 1977; Shreeve & Mason, 1980; Mason, 1980; Thomas & Mallorie, 1985; Royer et al., 1998; Fleishman & Murphy, 1999; Kerr et al.,

Saarinén, 2002; 2000), אינו משקף נאמנה את שיחור הנקבות אחרי הפונדקאים ואת הקשר בין נוכחות פרפרים לשפע ועושר מיני הפונדקאים בבתי הגידול השונים. לכן, אם במסגרת המחקר יש חשיבות לשקף את הפונדקאים בבתי הגידול רצוי להתמקד באופן פרטני על מיני פרפרים מסוימים והפונדקאים הספציפיים להם, כפי שאכן נעשה במחקרים רבים (Stanton, 1982; Papaj & Rauser, 1987; Peterson, 1996; Brommer & Fred, 1999; Singer & Lee, 2000; Robakiewicz & Robbins 2001; Aponte et al., 2003; Fred & Brommer, 2003; Miska et al., 2003; Chen et al., 2004; Krauss et al., 2004; Tillberg & Breed, 2004), או להוסיף לניטור הפרפרים גם ניטור של כלל הפונדקאים כפי שנעשה במחקר זה.

4.4.4 פרפרים ג'נרליסטים וספציאליסטים לגבי צמחי צוף

ידועה הקו-אבולוציה בין צמחים להרביבורים, המודגמת בצורה מופלאה בין הפרפרים לצמחים הפונדקאים שלהם (Ehrlich & Roughgarden, 1987) ומתבססת על ההגנה הכימית של מין הצמח הפונדקאי ופיצוחה על ידי מין פרפר ספציפי. ה"פיצוח" מתבטא בכך שזחלי אותו פרפר מפתחים עמידות לחומר הכימי הרעיל הקיים בפונדקאי ולכן מסוגלים להיזון ממנו מבלי להיפגע (Price, 2002). ידוע גם כי מרבית הפרפרים הם ספציאליסטים לגבי פונדקאיהם וניזונים רק ממעט מיני צמחים המהווים פונדקאים עבורם (Loertscher et al., 1995). לעומת זאת, ידוע אך מעט על בחירתם (Weiss & Papa, 2000; Andersson, 2003) והעדפתם של צמחי הצוף על ידי הפרפרים (Weiss, 1997; Grundel et al., 2000; Reid & Culin, 2002) ועל היות מיני פרפרים מעטים ספציאליסטים למיני צמחי צוף מסוימים (Goulson et al., 1997; Baz, 2001; Tudor et al., 2004). במחקר זה ניתחתי כ-2251 תצפיות של כ-40 מיני פרפרים שביקרו ב-158 מיני פרחים בשנים 2003-2005, מתוכם כ-27 מיני תרבות והשאר מיני בר. מהתוצאות עולה כי מרבית מיני הפרפרים ברמת הנדיב הם ג'נרליסטים (17 מינים), שלושה מינים ספציאליסטים, ולעוד 4 מינים יש נטייה לספציאליסטיות (טבלה 4.2). 16 מינים נוספים נצפו מבקרים בפרחים בפחות מ-20 תצפיות ולכן לא התאפשר לקבוע באם הם ג'נרליסטים או ספציאליסטים וכ-5 מינים לא נצפו כלל מבקרים בפרחים. עוד ניתן לראות, שהמינים שהוגדרו כג'נרליסטים ביקרו במשרעת שבין אפס לארבעה עשר מיני צמחי צוף תרבותיים בעוד שהמינים שהוגדרו כספציאליסטים או נוטים לספציאליסטיות, לרוב לא ביקרו כלל בצמחי צוף תרבותיים ומיעוטם ביקר בצמח צוף תרבותי אחד (טבלה 4.2). נראה כי למרבית המינים הג'נרליסטים ניידות (מוביליות) גבוהה, המאפשרת להם לעבור בקלות משטח הבר לשטחים המגוונים בפארק ולהיזון בהם מצמחי צוף תרבותיים. בהקשר לכך מסבירים Tudor וחבריו (2004), שהנטייה לג'נרליסטיות של פרפרים לגבי צמחי צוף מתפתחת אצל מינים שיש להם מגוון גבוה יחסית של פונדקאים, הגדלים במגוון בתי גידול. לכן, פיתחו מינים אלו ניידות גבוהה, חדק ארוך, מוטת כנפיים רחבה, תקופת מעוף ממושכת ומספר גבוה של דורות במהלך השנה. לעומת זאת, המינים הספציאליסטים מאפיינים מעט פונדקאים, חדק קצר, מוטת כנפיים צרה, תקופת מעוף קצרה וניידות נמוכה, הגורמות למפגשים מעטים יחסית שלהם עם מיני צמחי צוף. הסבר זה של Tudor וחבריו (2004) מודגם יפה בהשוואת מכלול תצפיות ביקוריהם של המין הג'נרליסט לימונית האשחר (*Gonepteryx cleoptra*) והמין

הספציאליסט כחליל האשחר (*Strymonidia spini*) בצמחי הצוף במחקר זה. פילוח מספר הביקורים של המין הג'נרליסט לימונית האשחר (*Gonepteryx cleoptra*), בעל החדק הארוך (16 מ"מ) ומוטת הכנפיים הרחבה (5 ס"מ), במיני פרחי הצוף השונים, מראה כי הוא ביקר ב-31 מיני צמחי צוף. מתוך כלל הביקורים, 44% היו ב-9 מיני צמחי צוף תרבותיים והשאר במיני בר. באף מין צמח צוף לא עלה מספר הביקורים על 15% (איור 4.9). לעומת זאת, פילוח מספר הביקורים של המין הספציאליסט כחליל האשחר (*Strymonidia spini*), בעל החדק הקצר (5 מ"מ) ומוטת הכנפיים הצרה (3 ס"מ), מראה כי הוא ביקר ב-12 מיני צמחי צוף ומתוך כלל הביקורים 99.8% הוקדשו למיני צמחי בר ומהם, כ-97% הוקדשו לחרחבינה המכחילה (*Eryngium creticum*), המהווה עבורו צמח צוף עיקרי (איור 4.10). כפי שאופייני למינים ספציאליסטים, כחליל האשחר מעופף בקרבת הפונדקאי שלו בתקופה קצרה של כחודשיים ומקים דור אחד בלבד בשנה (בנימיני, 2002א). למעשה, שני המינים - לימונית האשחר וכחליל האשחר - חולקים את הפונדקאי אשחר ארץ ישראלי (*Rhamnus lycioides*), האופייני לחורש וגריגה ים תיכוניים. אך, עבור לימונית האשחר מהווה גם המין אשחר רחב העלים (*Rhamnus alaternus*) פונדקאי. מין זה אופייני לחורש לח ובשל "דרישתו" למים, התאזרח בקלות בגינות נוי מושקות ברחבי הארץ לאחר שציפורים הניזונות מפרי העסיסי הפיצו את זרעיו. הפרפר לימונית האשחר לא פיגר אחרי הפונדקאי שלו - אשחר רחב העלים ובעקבותיו, הרחיב את תחום תפוצתו לגינות וגנים מושקים עד לדרום הארץ (צביקה אבני בע"פ). היות ומין זה ג'נרליסט לצמחי צוף, הוא הרחיב את תפוצתו במקביל לפונדקאי תוך הסתגלות מהירה לצמחי צוף תרבותיים שפרחו בגנים המושקים.

4.4.5 השפעת משתני אקלים וצמחי צוף על מדדי הפרפרים

בחינת השפעת משתני האקלים ומשתני צמחי הצוף על עושר, מגוון ושפע הפרפרים מלמדות כי לעושר צמחי הצוף יש את ההשפעה הגדולה ביותר על מדדי הפרפרים. הגורם השני בחשיבותו הוא אחד ממשתני הקרינה (קרינה מקסימאלית או מצטברת) ולבסוף יש השפעה למקסימום הלחות היחסית או ממוצע הטמפרטורה היממתית (טבלה 4.4). כאשר ערכי ה- R^2 המסבירים את המודל עבור מגוון, עושר ושפע הפרפרים היו 26.7%, 44.8%-ו-50.6%, בהתאמה (טבלה 4.4). הממצא שלעושר צמחי הצוף ההשפעה הרבה ביותר, מבין המשתנים הנבדקים, על מדדי הפרפרים תומכת בתוצאות נוספות שהתקבלו בפרק זה לגבי הקשר החיובי שבין עושר ושפע צמחי הצוף ועושר ושפע הפרפרים במהלך השנה ובבתי הגידול השונים (איורים 4.2-4.5). גם Grill וחובריו (2005) מציינים כי הפקטור הסביבתי המכריע ביותר לגבי מגוון הפרפרים הוא נוכחות פרחים. חוקרים נוספים מצאו שזמינות צמחי הצוף ואחוז כיסוי הצומח היו הגורמים החשובים ביותר עבור עושר ושפע הפרפרים (Shepherd & Debinski, 2005) וכן קורלציה בין שפע ותפוצת צמחי הצוף לשפע ותפוצת הפרפרים (Chen et al., 2004). הקרינה נמצאה כמשתנה השני בחשיבותו עבור הפרפרים וכמשתנה השלישי בחשיבותו נמצא משתנה הלחות המקסימאלית או משתנה הטמפרטורה היממתית הממוצעת. הפרפרים הם יצורים פויקילותרמיים כלומר בעלי "דם קר" ולכן טמפרטורת גופם מושפעת מטמפרטורת הסביבה. הם מסוגלים לפעילות רק כאשר טמפרטורת גופם מגיעה ל- 28°C ובכדי להגיע לערך כזה, כשטמפרטורת הסביבה נמוכה ממנו, הם זקוקים לקרינה ישירה המאפשרת להם לקלוט חום דרך שטח הפנים של כנפיהם ולהעלות במהירות את

טמפרטורת גופם (Scott, 1986). בטמפרטורת סביבה גבוהה, לחות אוויר גבוהה מסייעת במניעת התייבשותם של הפרפרים, שמרבית רקמת גופם מורכבת ממים (Nov'ak, 1985).

4.4.6 סיכום

פאונת הפרפרים בפארק רמת הנדיב המונה 45 מינים נתמכת ישירות על ידי מינים רבים של צמחי צוף ופונדקאים, שיחד מהווים 37% (212 מינים) מכלל עושר מיני צומח הבר במקום (נספחים 9.8 ו-9.9). במחקר זה נמצא כי מרבית מיני הפרפרים בפארק הם ג'נרליסטים (לגבי צמחי צוף) וניזונים מקשת רחבה של צמחי צוף מצמחיית הבר. חלק ממינים ג'נרליסטים אלו נתמך גם על ידי 37 מיני צמחי צוף ופונדקאים מצמחי התרבות הגדלים במספר אתרים בשטח רמת הנדיב ומאופיינים ברמות שונות של ג'נרליות בצמחי תרבות (גן הזיכרון, אזור עין צור ואזור חורבת עקב). ממצאי מחקר זה מלמדים כי ניטור הפרפרים בשיטת המסלול המעגלי של פולרד מהווה ביואינדקס יעיל עבור מונון הצומח, בעיקר עקב הקשר ההדוק של הפרפרים לצמחי הצוף. התקבל מתאם בין עושר ושפע הפרפרים לעושר ושפע צמחי הצוף השונים במהלך השנה. התקבלו שיא עיקרי באביב ושיא משני בסתיו עבור מדדי הפרפרים ומדדי צמחי הצוף, אם כי באביב, שיאי עושר ושפע פריחת צמחי הצוף הקדימו בכחודש את שיא עושר ושפע הפרפרים. גם בבתי הגידול התקבל מתאם בין עושר צמחי הצוף לעושר הפרפרים. בחורשות הנטועות התקבלו ערכים נמוכים יחסית של מדדי הפרפרים וצמחי הצוף, כנראה, עקב מחסור באור ובקרינה. בגריגה, בשדות הנטושים ובבית הגידול המועשר התקבלו מדדי פרפרים וצמחי צוף גבוהים יותר. בגריגה לא היתה השפעה ניכרת לרעייה, כנראה היות והאפקט החיובי של פתיחת השטח על ידי רעיית הפרות המתבטא בכסוי רחב יותר של השטח בצומח עשבוני, התקזז באפקט השלילי של אכילת הצומח העשבוני ורמיסתו על ידי הפרות. בשדות הנטושים ובבית הגידול המועשר התקבלו מדדי פרפרים גבוהים יחסית היות ובבתי גידול אלו הושפעו הפרפרים מפריחה שופעת יחסית בעונות הקיץ והסתיו השחונות. ניטור הפרפרים בשיטת פולרד נותן אינדיקציה פחות טובה לגבי עושר ושפע הפונדקאים, כנראה מפני שיותר זכרים נצפים בעת הניטור ביחס לנקבות ובנוסף, רוב הפרטים הנצפים במהלך הניטור משחרים אחרי צמחי צוף או פעילים בהגנה על הטריטוריה שלהם ויחסית מעט נקבות נצפות בעת שיחור אחרי פונדקאים. ברגרסיה רבת משתנים נמצא כי לעושר צמחי הצוף יש את ההשפעה הגדולה ביותר על שפע, עושר ומונון הפרפרים והשפעתו גבוהה משל כל משתני האקלים, אם כי, גם למשתני מקסימום קרינה או קרינה מצטברת, מקסימום לחות יחסית וטמפרטורה יממתית ממוצעת יש השפעה על מדדי הפרפרים. כלומר, תוצאות הרגרסיה רבת המשתנים מורות גם הן על כך שהפרפרים מאוד מושפעים מצמחי הצוף ותלויים בהם. עקב תלות הפרפרים בצמחי הצוף, והיות מרביתם ג'נרליסטים, הניזונים ממונון רחב של צמחי צוף, יכולים מדדי העושר והשפע שלהם להוות ביואינדקס יעיל עבור מדדי העושר והשפע של מיני הצומח באקלים ים תיכוני, המאופיין בעושר גבוה של מינים עשבוניים חד שנתיים.

פרק 5: השפעת גודל כתם של משאב מועשר על דפוסי הטלה ושיחור

מזון של פרפרים

5.1 מבוא

מרבית מיני הפרפרים הם צמחוניים אובליגטוריים (Scott, 1986). תלותם בצמחים כמקור מזון מתבטאת בשני שלבים עיקריים במחזור חייהם – שלב גידול הזחל ושלב הבוגר. הזחלים לרוב מונופאגיים או אוליגופאגיים הניזונים מעלי צמחים פונדקאיים ייחודיים לכל מין (Scott, 1986) ואילו הפרפרים הבוגרים הם בעלי חדק ארוך וצר המותאם למציצת צוף מתחתיתם של פרחים צינוריים צרים (Proctor et al., 1966). המערכת האקולוגית הטבעית הגיעה, בתהליך אבולוציוני ממושך, לידי כך שהיא משקפת מצב בו מותאמים שלבי הגלגול של מיני הפרפרים השונים לשלבים הפנולוגיים של צמחי הבר בהם הם תלויים. כך מותאמים שלבי הטלת הביצים, בקיעת הזחלים והתפתחות הזחלים לצמיחת פונדקאים חד שנתיים או לבלוב פונדקאים רב שנתיים (Scott, 1986) וכך מותאמת העונה בה פעילים הבוגרים לעונה בה שכיחים צמחי צוף פורחים מהם הפרפרים ניזונים.

למרות האמור לעיל, במהלך שנות המחקר של הפרפרים בפארק רמת הנדיב התקבלו מדדי מגוון פרפרים (שפע, עושר ומגוון) גבוהים במיוחד באזורים המועשרים במשאבים (בעיקר צוף הנתרם מצמחי תרבות, ראה פרקים 2 ו-4) כמו הגן המטופח העוטף את קברו של הברון רוטשילד, שטח הגינון סביב האתר הארכיאולוגי חורבת עקב ומתחם מעיין עין צור הכולל בוסתן וגן ירק. אזורי העשרה אלו משתרעים על שטח מצומצם יחסית, פחות מ-3% מכלל שטחה של רמת הנדיב ולמרות זאת התברר כי הם משמשים כאבן שואבת למיני פרפרים רבים. במיוחד בלט מספר רב של פרפרים באתרים מועשרים אלו בתקופה היבשה הממושכת מחודש יוני ועד נובמבר, האופיינית לאקלים ים תיכוני (ראה פרק אקלים). בתצפיות מדוקדקות שערכתי בהתנהגות הפרפרים התברר כי מרבית מיני הפרפרים המעופפים באתרים המועשרים מוצצים צוף מפרחי צמחי תרבות שונים אך חלקם, בנוסף לכך, גם אימצו לעצמם פונדקאים חדשים מבין צמחים אלו (10 מיני פרפרים מתוך 45 המינים הקיימים בפארק). אצל חלק ממיני הפרפרים של רמת הנדיב פונדקאיים אלו הם משניים לפונדקאי הבר המקוריים ואילו אצל מיעוטם (שני מינים) הפכו הפונדקאים התרבותיים הזרים לעיקריים. כלומר, כאשר הם בנמצא, הנקבות לא תטלנה על פונדקאים אחרים. מינים אלו הם כחליל האספסת *Syntarucus pirithous* Linnaeus שאימץ כפונדקאי עיקרי את עופרית הכף *Plumbago capensis* שהובאה מדרום אפריקה וכחליל הרימון *Acacia farnesiana* שאימץ כפונדקאי עיקרי את שיטת המשוכות *Deudorix livia* Klug שהובאה לכאן מארצות הברית והפכה למין פולש בבתי גידול לחים בישראל ובכלל זה גם במעיין עין צור ברמת הנדיב.

למרות המחקר הענף אודות פרפרים ברחבי העולם, אך מעט ידוע על השפעת צמחי התרבות על הפרפרים ועל הסתגלותם לצמחי התרבות. יוצא דופן הוא תיעוד ממושך של פאונת הפרפרים

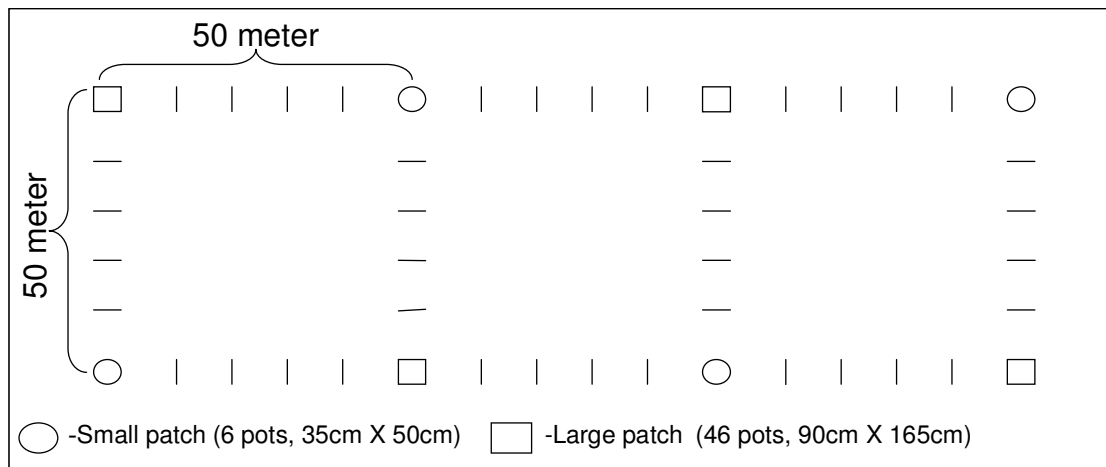
במשך 30 שנה בעיר האוניברסיטאית דיוויס שבקליפורניה, ארה"ב. מתיעוד זה עולה שרוב מיני הפרפרים הנצפים לעיתים קרובות בגנים בעיר מתרבים בעיקר על צמחי תרבות זרים, לרוב עשבוניים ולגבי 40% מהמינים כלל לא ידועים פונדקאים טבעיים בסביבה האורבאנית והם תלויים רק בפונדקאים זרים (Shapiro, 2002). בכדי להבין טוב יותר את ההשפעה שיש לכתם משאב מועשר על התנהגות השיחור ודגם ההטלה של הפרפרים ואת השפעת צמחי התרבות על הפרפרים המקומיים בפארק רמת הנדיב ערכתי ניסויי מניפולציה כדי שייסיעו במתן תשובות לשאלות הבאות:

1. האם גודל הכתם של משאב הפונדקאי משפיע על משיכת נקבות הפרפרים להטלה בעונות האביב והסתיו?
2. האם גודל הכתם של משאב הצוף משפיע על משיכת הפרפרים לביקור בפרחים שבכתם בעונות האביב והסתיו?
3. כיצד משפיע כתם עשיר בצמחי צוף על משיכת הפרפרים לביקורים בפרחים באזור עתיר משאבים (אזור מגונן) ביחס לכתם צמחי צוף באזור בו המשאבים משתנים עונתית (צמחיית הבר) וביחס לכתם צמחי צוף מלאכותי שיצרתי בשטח הבר בעונות האביב והסתיו?

5.2 שיטות

פארק רמת הנדיב משתרע על שטח של כ-4500 דונם. שטח הפארק נשלט ע"י תצורות צומח מעוצות - בתה, גריגה וחורש טבעי. בנוסף נטועות ברחבי הפארק חורשות אורנים וברושים. בפארק מספר אתרים המועשרים בצמחי תרבות - גן הזכרון המטופח סביב לקבר של הברון רוטשילד ששטחו - 70 דונם ובו גדלים מיני עצים, שיחים ופרחים מהעולם כולו. האתר הארכיאולוגי חורבת עקב, שסביבו נשתלו צמחי תבלין ומתחם מעיין עין צור הכולל שרידים ארכיאולוגיים, בריכות ופלגי מים המשקים טראסות בהן מגדלים ירקות בערוגות ובוסתנים של עצי פרי.

ניסויי המניפולציות נערכו באזור מגודר במרכז הפארק בשטח טבעי בו נטועה חורשה דלילה מאוד של עצי ברוש. בשטח זה הוצבו שמונה שולחנות בשתי שורות מקבילות המרוחקות זו מזו כחמישים מטר (ארבעה שולחנות בשורה). המרחק בין כל שני שולחנות סמוכים היה גם הוא חמישים מטר (ראה איור 5.1). גובה השולחנות היה כמטר ונועד למנוע פגיעה בעציצים ע"י חזירי בר הפעילים באזור ומסוגלים להיכנס לשטח למרות הגידור. השולחנות שמשו כבסיס להנחת עציצים עבור שלושה ניסויים שבוצעו באותו אופן בשתי עונות (אביב וסתיו) בשנת 2005. באביב פרחו מספר מינים של צמחי בר עשבוניים באזור הניסוי (טבלה 5.1) ואילו בסתיו הייתה באזור הניסוי רק צמחייה עשבונית יבשה ללא פריחה. בסתיו פרחו במרחק של כ-250 מטר משטח הניסוי שיחים רב שנתיים של טיון דביק (*Inula viscosa*) והוחלט לכלול אותם בתצפיות. בגן הזכרון, בניגוד לשטח הבר, הייתה פריחה שופעת בשתי העונות והתצפיות התמקדו במספר מינים אטרקטיביים לפרפרים (טבלה 5.1).



איור 5.1: מערך הניסוי

5.2.1 ניסויי המניפולציה

5.2.1.1 השפעת גודל הכתם של הצמחים הפונדקאים על שיעור ההטלה

לצורך הניסוי נבחר הצמח כרוב הגינה (*Brassica oleracea*) המהווה פונדקאי ללבנין הכרוב שתילי כרוב בגודל בינוני (15 ס"מ גובה) נשתלו בעציצים. העציצים חולקו והוצבו על השולחנות באופן הבא: על ארבעה שולחנות הוצבו 6 עציצים בכדי ליצור כתם קטן (50X35 ס"מ) ועל ארבעה שולחנות הוצבו 46 עציצים בכדי ליצור כתם גדול (165X90 ס"מ). הכתמים הגדולים והקטנים הוצבו לסירוגין כך שהכתמים הקרובים ביותר לכל כתם קטן היו גדולים ולהיפך (ראה איור 5.1). לאחר ארבעה שבועות נערך חיפוש אחר הטלות וזחלים על גבי הצמחים. הצמחים נבדקו אחד לאחד, תטולות וזחלים שאותרו, נספרו ונרשמו. הניסוי נערך פעמיים, באביב ובסתיו בשנת 2005. התוצאות נותחו במבחן שונות דו-כיווני לבדיקת השפעת גודל הכתם והעונה על מספר הזחלים המשקף את הטלת נקבות לבנין הכרוב על שתילי הכרוב (הטלות של לבנין הצנון לא נמצאו).

5.2.1.2 השפעת גודל הכתם של צמחי הצוף על דגם שיחור המזון

לצורך הניסוי נבחר צמח הצוף *Pelargonium ionidiflorum* אשר בתצפיות פרלימינאריות טרם הניסוי נמצא כי פרפרים ממינים שונים מרביתם לבקר בפרחיו. שתילי *Pelargonium ionidiflorum* גודלו בעציצים במשתלה עד לפריחה ואז חולקו והוצבו על השולחנות בשטח הפתוח באותו אופן המתואר בסעיף 5.2.1.1, כך שנוצרו ארבעה כתמי צוף גדולים וארבעה כתמי צוף קטנים המסודרים בשטח לסירוגין. כארבעה ימים לאחר שהוצבו העציצים בשטח נערך סבב תצפיות, בתדירות של יום בשבוע במשך שלושה שבועות, כלומר, סה"כ שלושה ימי תצפית. בכל יום תצפית השתתפו במקביל ארבעה צופים, שניים צפו בכתמים גדולים ושניים צפו בכתמים קטנים באותו הזמן. נערכו 5 תצפיות לאורך היום בתחילת כל שעה עגולה בין 9:00 בבוקר ל-

13:00 בצהריים כאשר לכל תצפית הוקדשו 30 דקות. במהלך התצפית זוהה ונרשם כל פרפר שנחת על הפרחים וכן נספרו ונרשמו מספר הפרחים מהם מצץ הפרפר צוף. הניסוי נערך פעמיים, באביב וסתיו 2005. התוצאות נותחו במבחן שוניות דו-כיווני לבדיקת השפעת גודל הכתם והעונה על ביקורי הפרפרים בצמחי הצוף ועל מספר הפרחים המבוקרים ע"י הפרפרים.

5.2.1.3 השפעת סוג הכתם של צמחי הצוף על דגם שיחור המזון

לצורך הניסוי הוגדרו וסומנו ארבעה סוגי כתמים בגודל שווה (165X90 ס"מ) השונים זה מזה בהרכב הצומח (טבלה 5.1) כדלהלן:

1. כתם הומוגני של צמחי תרבות פורחים בגן הנדיב.
2. כתם הומוגני של צמחי תרבות פורחים שתולים בעציצים ומוצבים בשטח הבר.
3. כתם הטרוגני של צמחי בר פורחים השכיחים בשטח הבר.
4. כתם הומוגני של מין שיח פורח מצמחי הבר בשטח הבר.

התצפיות בביקורי הפרפרים בכתמים נערכו בסבב תצפיות יומי בין 9:00 בבוקר ל-13:00 בצהריים בשני ימי תצפית בהפרש של שבוע. בכל יום תצפית השתתפו שלושה צופים. צופה אחד צפה בכתמים בגן הנדיב, צופה שני צפה בכתמים המלאכותיים של צמחי הצוף התרבותיים בשטח הבר ואילו הצופה השלישי צפה בכתמים ההטרוגניים של צמחי הבר. בעונת הסתיו לא היו כלל צמחים פורחים בכתמי הבר ההטרוגניים ולכן הצופה השלישי צפה בכתם צמחי בר הומוגני. מספר התצפיות, תזמונן, משכן ורישומן היה כפי שמתואר בסעיף 5.2.1.2. הניסוי נערך פעמיים, באביב ובסתיו 2005. התוצאות נותחו במבחן שוניות דו-כיווני לבדיקת השפעת סוג הכתם והעונה על ביקורי הפרפרים בצמחי הצוף ועל מספר הפרחים המבוקרים ע"י הפרפרים.

טבלה 5.1: מיני צמחי הצוף שנצפו בניסוי בסוגי הכתמים השונים.

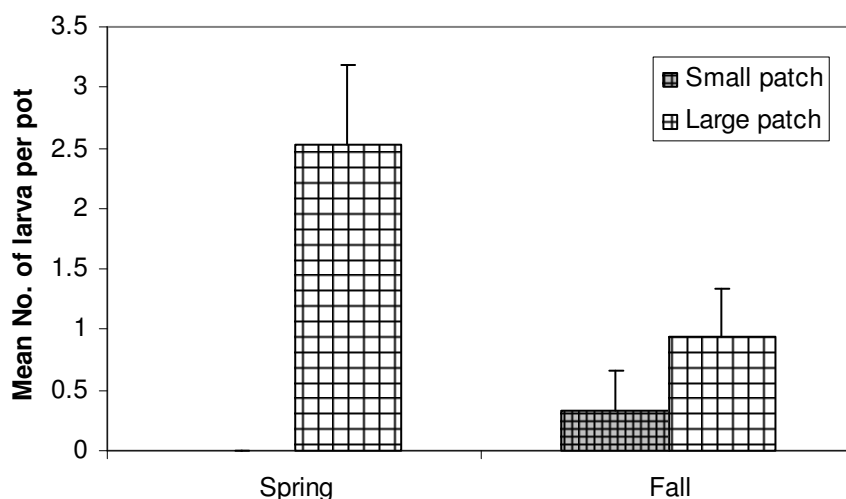
סוג כתם/עונה	כתם צמחי תרבות הומוגני בגן	כתם צמחי תרבות הומוגני בבר	כתם צמחי בר הטרוגני	כתם צמחי בר הומוגני
אביב	<ol style="list-style-type: none"> 1. לנטנה ססגונית <i>Lantana camara</i> 2. לנטנה לילכית <i>Lantana sellowiana</i> 3. פלרגוניום קרקפתי <i>Pelargonium capitatum</i> 4. גרמית זוחלת <i>Osteospermum fruticosum</i> 5. עופרית הכף <i>Plumbago capensi</i> 6. פלרגוניום <i>Pelargonium ionidiflorum</i> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. פלרגוניום <i>Pelargonium ionidiflorum</i> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. חוח עקוד <i>Scolymus maculatus</i> 2. מוצית קוצנית <i>Pallenis spinosa</i> 3. פשתה שעירה <i>Linum pubescent</i> 4. חרחבינה מכחילה <i>Eryngium creticum</i> 5. ערבז נאה <i>Centaurium tenuiflorum</i> 	לא נבדק
סתיו	<ol style="list-style-type: none"> 1. לנטנה ססגונית <i>Lantana camara</i> 2. לנטנה לילכית <i>Lantana sellowiana</i> 3. עופרית הכף <i>Plumbago capensi</i> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. פלרגוניום <i>Pelargonium ionidiflorum</i> 	אין פריחה	<ol style="list-style-type: none"> 1. טיון דביק <i>Inula viscosa</i>

			4. אזוביון פינטה <i>Lavandula sp.</i> 5. סביון מלבין <i>Senecio cineraria</i> 6. טגטס מפושק <i>Tagetes patula</i>	
--	--	--	--	--

5.3 תוצאות

5.3.1 השפעת גודל הכתם של הצמחים הפונדקאים על ההטלה

בכדי לבדוק את השפעת גודל כתם הפונדקאי בחרנו בכרוב הגינה (*Brassica oleracea*) המהווה פונדקאי עבור שני מיני לבנינים בעלי אסטרטגית הטלה שונה. לבנין הכרוב (*Pieris brassicae*) מתאפיין בהטלת ביצים המונה עשרות ביצים ולבנין הצנון (*Artogeia rapae*) מתאפיין בהטלת ביצים בודדות. בניסוי, הגיבו לכתמים רק נקבות ל. הכרוב שהטילו בהם. מצאתי כי גודלו של כתם הצמחים הפונדקאיים משפיע באופן חיובי מובהק על מס' הזחלים הממוצע שנצפה לצמח (איור 5.2 וטבלה 5.2). כלומר, נקבות לבנין הכרוב איתרו טוב יותר כתמים גדולים ו/או העדיפו כתמים גדולים על פני קטנים להטלת הביצים. לגבי העונה, מצאתי כי למרות שבאביב נצפו יותר זחלים בממוצע לצמח מאשר בסתיו (איור 5.2), ההבדל אינו מובהק (טבלה 5.2). מכאן שהעונה לכשעצמה אינה משפיעה, אך האינטראקציה בין גודל הכתם לעונה מובהקת (טבלה 5.2) כך שבסתיו ההבדלים במס' הזחלים לעציץ בין כתמים קטנים לגדולים פחות דרסטיים. יש לציין שנקבות לא הטילו באביב בכתמים הקטנים (איור 5.2). בסיכומו של דבר, העונה, גודל הכתם והאינטראקציה ביניהם מסבירים יחדיו כ-64% מהשונות במספר הזחלים לעציץ (טבלה 5.2).



איור 5.2: מספר זחלים של לבנין הכרוב לעציץ בכתמים קטנים וגדולים בסתיו ובאביב (ממוצע + שגיאת תקן).

טבלה 5.2: בדיקת מובהקות ההבדלים במספר הזחלים של לבנין הכרוב (*Pieris Brassicae*) לעציץ בכתמים קטנים וגדולים בסתיו ובאביב לפי מבחן שונות דו-כיווני.

Source	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	3	5.05	7.22	0.01
SEASON	1	1.57	2.25	0.16
PATCH SIZE	1	9.89	14.14	0.00
SEASON *PATCH SIZE	1	3.69	5.27	0.04
Error	12	0.70		

R Squared = .643

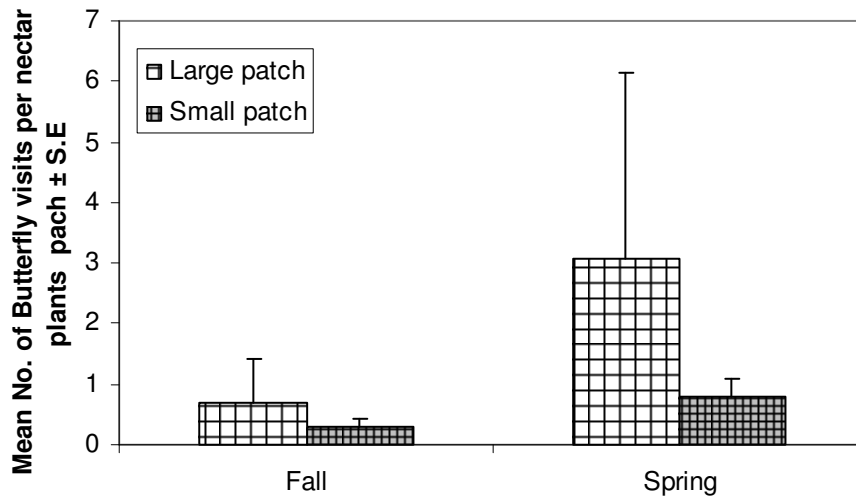
5.3.2 השפעת גודל הכתם של צמחי הצוף על דגם שיחור המזון

בשתי העונות עושר המינים היה גבוה יותר בכתמים הגדולים: באביב - 5 מינים בכתם גדול לעומת 3 מינים בכתם קטן ובסתיו - 8 מינים לעומת 6, בהתאמה (טבלה 5.3). מינים מסוימים, כמו זנב סנונית נאה (*Ppilio machaon syriacus*) ולבנין כרוב (*Pieris brassicae catoleuca*), ביקרו הן בכתמים גדולים והן בכתמים קטנים בשתי העונות (טבלה 5.3). לעומת זאת, הספרית השעורה (*Thymelicus acteon phoenix*), הספרית הדוחן (*Pelopidas thrax thrax*) ונמפית החורשף (*Vanessa cardui cardui*) ביקרו בכתמים גדולים וקטנים אך רק בעונה אחת. ואילו כחליל האפון (*Lampidies boericus*) ונמפית הסרפד (*Vanessa atalanta*) ביקרו אך ורק בכתמים גדולים בשתי העונות.

טבלה 5.3: רשימת מיני הפרפרים שנצפו בכתמי צוף גדולים וקטנים בסתיו ובאביב 2005.

מין הפרפר	אביב		סתיו	
	כתם גדול	כתם קטן	כתם גדול	כתם קטן
זנב סנונית נאה <i>Ppilio machaon syriacus</i>	+	+	+	+
הספרית הדוחן <i>Pelopidas thrax thrax</i>	+	+	+	+
הספרית השעורה <i>Thymelicus acteon phoenix</i>	+	+	+	+
כחליל אספסת <i>Syntarucus prithous</i>	+	+	+	+
כחליל אפון <i>Lampidies boericus</i>	+	+	+	+
לבנין כרוב <i>Pieris brassicae catoleuca</i>	+	+	+	+
לבנין משויש <i>Anaphaeis aurota</i>	+	+	+	+
לבנין צלף <i>Madais fausta fausta</i>	+	+	+	+
נימפית חורשף <i>Vanessa cardui cardui</i>	+	+	+	+
נימפית סירפד <i>Vanessa atalanta</i>	+	+	+	+

נמצא כי בשתי העונות ממוצע מספר ביקורי הפרפרים בכתם גדול היה גבוה יותר מאשר בכתם קטן באופן מובהק (איור 5.3 וטבלה 5.4), מכאן שלגודל הכתם השפעה חיובית מובהקת על מספר ביקורי הפרפרים בפרחים. כמו כן מצאתי כי לעונה יש השפעה על מספר ביקורי הפרפרים. באביב היו במובהק יותר ביקורי פרפרים מאשר בסתיו (איור 5.3 וטבלה 5.4). גם לאינטראקציה של גודל הכתם והעונה יש השפעה מובהקת (טבלה 5.4) ולכן לא ניתן להפריד בין ההשפעה של עונה וגודל כתם. השילוב של כתם גדול ועונת האביב משך מספר גבוה יחסית של פרפרים (איור 5.3) ובסיכומו של דבר, העונה, גודל הכתם והאינטראקציה ביניהם מסבירים יחד כ-80% מהשוונות בסך כל מספר הביקורים לכתם (טבלה 5.4). לעומת זאת, בחינה של ממוצע מספר ביקורי פרפרים בצמח בעציץ בודד בכתמים גדולים וקטנים, מלמדת שלמרות שיש יותר ביקורים בכתמים קטנים לעומת גדולים בשתי העונות (איור 5.4) התוצאה אינה מובהקת (טבלה 5.5). לגבי העונה, מתברר כי באביב היו באופן מובהק יותר ביקורים בצמח בעציץ בודד מאשר בסתיו (איור 5.4 וטבלה 5.5) בדומה לממצאים שהתקבלו עבור כלל הכתם (איור 5.3 וטבלה 5.4). ואילו לאינטראקציה של גודל הכתם והעונה לא הייתה השפעה על מס' ביקורי הפרפרים בצמח בעציץ בודד (טבלה 5.5). בסיכומו של דבר, העונה, גודל הכתם והאינטראקציה ביניהם מסבירים יחדיו כ-42% מהשוונות במספר הביקורים בצמח הבודד (טבלה 5.5).

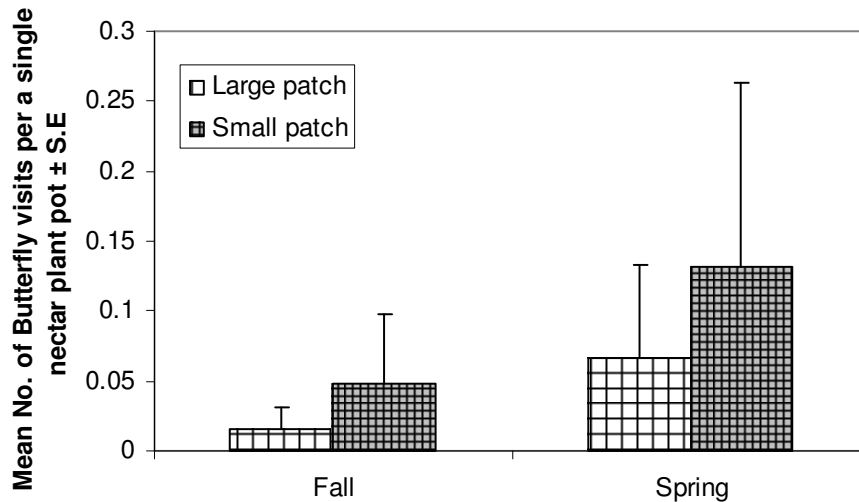


איור 5.3: מספר ביקורי הפרפרים בצמחי צוף בכתמים קטנים וגדולים בסתיו ובאביב (ממוצע + שגיאת תקן).

טבלה 5.4: בדיקת מובהקות ההבדלים במספר ביקורי הפרפרים הממוצע בכתמים קטנים וגדולים בסתיו ובאביב לפי מבחן שונות דו-כיווני.

Source	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	3.00	6.33	15.90	0.00
SEASON	1.00	8.20	20.60	0.00
PATCH SIZE	1.00	7.30	18.33	0.00
SEASON * PATCH SIZE	1.00	3.49	8.76	0.01
Error	12.00	0.40		

R Squared = .799



איור 5.4: מספר ביקורי הפרפרים בצמח צוף בעציץ בודד בכתמים קטנים וגדולים בסתיו ובאביב (ממוצע + שגיאת תקן).

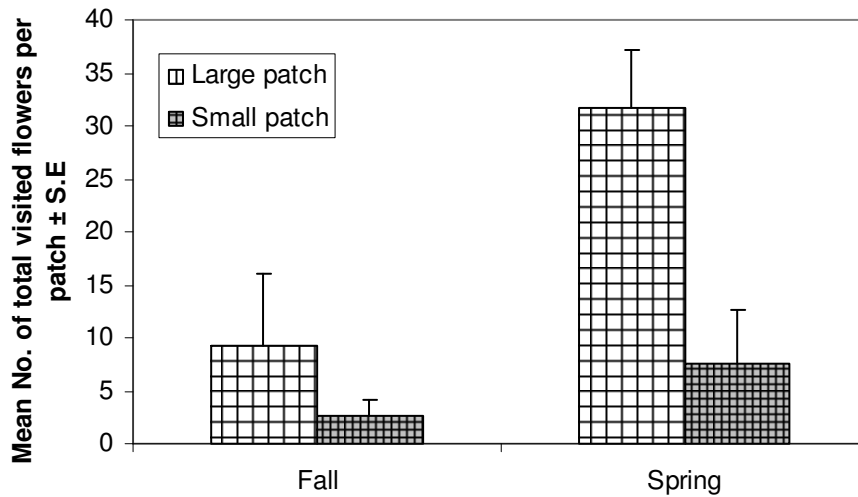
טבלה 5.5: בדיקת מובהקות ההבדלים במס' ביקורי הפרפרים הממוצע בצמח צוף בעציץ בודד בכתמים קטנים וגדולים בסתיו ובאביב לפי מבחן שוניות דו-כיווני.

Source	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	3	0.01	2.94	0.08
SEASON	1	0.02	5.56	0.04
PATCH SIZE	1	0.01	2.96	0.11
SEASON * PATCH SIZE	1	0.00	0.31	0.59
Error	12	0.00		

R Squared = .424

מצאתי כי גם לגודל הכתם וגם לעונה יש השפעה מובהקת על מס' הפרחים המבוקרים ע"י פרפרים (איור 5.5 וטבלה 5.6) אך לאינטראקציה ביניהם אין השפעה מובהקת (טבלה 5.6). כלומר, מספר הפרחים המבוקרים ע"י פרפרים גדול יותר בכתם גדול במובהק בהשוואה למספר הפרחים המבוקרים ע"י פרפרים בכתם קטן, ללא קשר לעונה. כמו כן, מספר הפרחים המבוקרים ע"י פרפרים גדול יותר במובהק באביב בהשוואה למספר הפרחים המבוקרים ע"י פרפרים בסתיו ללא קשר לגודל הכתם. בסיכומי של דבר, העונה וגודל הכתם מסבירים יחדיו כ-62% מהשונות במספר הפרחים המבוקרים (טבלה 5.6).

לעומת זאת, בחינה של ממוצע מספר הפרחים המבוקרים בצמח בעציץ הבודד בכתמים גדולים וקטנים בשתי העונות מלמדת כי לגודל הכתם, לעונה וגם לאינטראקציה ביניהם אין השפעה מובהקת על מס' הפרחים/עציצים המבוקרים ע"י פרפרים (איור 5.6 וטבלה 5.7), אם כי בשתי העונות היו יותר פרחים מבוקרים בכתמים הקטנים (איור 5.6).

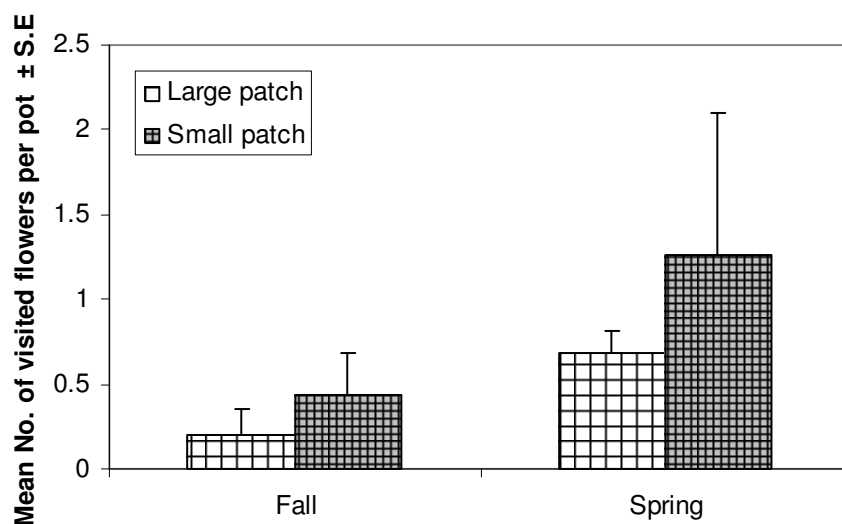


איור 5.5: מספר פרחי צמחי הצוף המבוקרים ע"י פרפרים בכתמים קטנים לעומת גדולים בסתיו ובאביב (ממוצע + שגיאת תקן).

טבלה 5.6: בדיקת מובהקות ההבדלים במספר הממוצע של הפרחים המבוקרים ע"י פרפרים בכתמים קטנים וגדולים בסתיו ובאביב לפי מבחן שוניות דו-כיווני.

Source	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	3	667.70	6.43	0.01
SEASON	1	747.52	7.20	0.02
PATCH SIZE	1	947.97	9.13	0.01
SEASON * PATCH SIZE	1	307.62	2.96	0.11
Error	12	103.78		

R Squared = .617



איור 5.6: מספר הפרחים המבוקרים ע"י פרפרים בעציץ בודד בכתמים קטנים וגדולים בסתיו ובאביב (ממוצע + שגיאת תקן).

טבלה 5.7: בדיקת מובהקות ההבדלים במספר הממוצע של הפרחים המבוקרים ע"י פרפרים בעציץ בודד בכתמים קטנים וגדולים בסתיו ובאביב לפי מבחן שוניות דו-כיווני.

Source	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	3	0.82	1.03	0.41
SEASON	1	1.70	2.14	0.17
PATCH SIZE	1	0.65	0.81	0.38
SEASON * PATCH SIZE	1	0.11	0.14	0.72
Error	12	0.80		

R Squared = .205

5.3.3 השפעת סוג הכתם של צמחי הצוף על דגם שיחור המזון

בשתי העונות, עושר מיני הפרפרים שביקרו בפרחים בכתמים בגן גבוה ביחס למספר המינים שביקרו בכתמי צמחי התרבות בשטח הבר (יחס של 4:5 באביב ו-3:6 בסתיו, טבלה 5.8). מספר המינים המבקרים בכתם צמחי הבר ההטרוגני שואף לאפס אך לעומת זאת, מספר המינים המבקרים בכתם ההומוגני של צמחי בר בסתיו גבוה יחסית ועומד על 5.

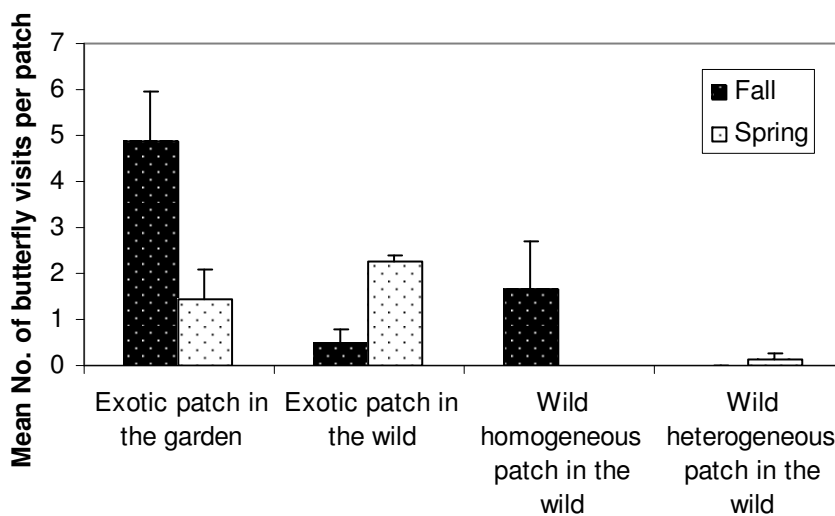
טבלה 5.8: מיני הפרפרים שנצפו בסוגי הכתם השונים בסתיו ובאביב.

סתיו		אביב		מין הפרפר		
כתם צמחי הבר הומוגני	כתם צמחי הבר הטרוגני	כתם צמחי תרבות בבר	כתם צמחי תרבות בגן	כתם צמחי תרבות בבר	כתם צמחי תרבות בגן	
			+		+	זנב סנונית נאה <i>Ppilio machaon</i>
		+	+		+	הספרית הדוחן <i>Pelopidas thrax</i>
+					+	הספרית החלמית <i>Carcharodus alceae</i>
					+	הספרית השעורה <i>Thymelicus acteon</i>
		+	+			כחליל אספסת <i>Syntarucus pritiuous</i>
		+				כחליל רימון <i>Deudorix livia</i>
			+		+	כחליל שברק <i>Polyommatus icarus</i>
					+	לבנין כרוב <i>Pieris brassicae</i>
+				+	+	לבנין צנון <i>Artogeia rapae</i>
			+		+	לימונית אשחר <i>Gonepteryx</i>
					+	

							<i>cleopatra</i> נימפית חורשף <i>Vanessa cardui</i> נימפית סירפד <i>Vanessa atalanta</i>
--	--	--	--	--	--	--	--

מצאתי כי באביב בכתם צמחי התרבות שמוקם בשטח הבר ביקר מספר הפרפרים הגבוה ביותר ואילו בסתיו מספר הביקורים הגבוה ביותר היה בכתם צמחי התרבות בגן. עוד מצאתי שבסתיו היו יחסית הרבה ביקורים בכתם צמחי הבר ההומוגני ואילו בכתם צמחיית הבר ההטרוגנית היה מספר הביקורים הנמוך ביותר (איור 5.7). ההבדלים במספר הביקורים בסוגי הכתמים השונים נמצאו מובהקים (טבלה 5.9) מלבד לגבי הכתם ההומוגני של צמחי הבר בשטח הבר שלא היה קיים באביב ולכן לא נכלל במבחן השוניות. עוד נמצא כי לעונה אין השפעה על מספר ביקורי הפרפרים אך לאינטראקציה בין העונה לכתם יש השפעה מובהקת (טבלה 5.9), הנובעת מכך שבאביב היה מספר ביקורי הפרפרים גבוה בכתם צמחי התרבות בגן מאשר בכתם צמחי התרבות בשטח הבר ואילו בסתיו היה המצב הפוך ומספר ביקורי הפרפרים בכתם צמחי התרבות בשטח הבר היה גבוה מאשר בכתם צמחי התרבות בגן. בסיכומי של דבר, העונה, גודל הכתם והאינטראקציה ביניהם מסבירים יחדיו כ-66% מהשונות במספר הביקורים (טבלה 5.9).

לגבי השפעת סוג הכתם על מספר הפרחים המבוקרים ע"י פרפרים מצאתי כי גם לסוג הכתם (מלבד הכתם ההומוגני של צמחי הבר שלא נבדק באביב ולכן לא נכלל במבחן השוניות), גם לעונה וגם לאינטראקציה ביניהם יש השפעה מובהקת (טבלה 5.10) על מספר הפרחים המבוקרים ע"י הפרפרים. האינטראקציה המובהקת בין סוג הכתם לעונה נובעת מכך שבאביב מספר הפרחים המבוקרים ע"י פרפרים גבוה בכתם צמחי התרבות בשטח הבר ביחס לכתם צמחי התרבות בגן ואילו בסתיו המצב הפוך ומספר הפרחים המבוקרים בכתם צמחי התרבות בגן גבוה ביחס לכתם צמחי התרבות בשטח הבר (איור 5.8). בסיכומי של דבר, העונה, גודל הכתם והאינטראקציה ביניהם מסבירים יחדיו כ-72% מהשונות במספר הפרחים המבוקרים (טבלה 5.10).

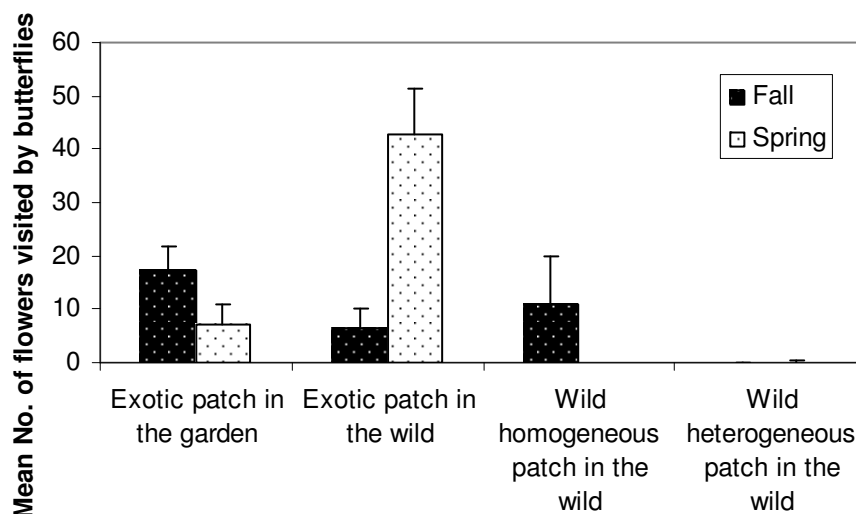


איור 5.7: מספר ביקורי הפרפרים בסוגי כתמים שונים בסתיו ובאביב (ממוצע + שגיאת תקן).

טבלה 5.9: בדיקת מובהקות ההבדלים במס' הממוצע של ביקורי פרפרים בסוגי הכתמים השונים בעונות בסתיו ובאביב לפי מבחן שוניות דו-כיווני.

Source	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	5	17.74	8.04	0.00
SEASON	1	1.72	0.78	0.39
PATCH TYPE	2	22.55	10.22	0.00
SEASON * PATCH TYPE	2	16.88	7.65	0.00
Error	21	2.21		

R Squared = .657



איור 5.8: מספר הפרחים המבוקרים ע"י פרפרים בסוגי הכתמים השונים בסתיו ובאביב (ממוצע + שגיאת תקן).

טבלה 5.10: בדיקת מובהקות ההבדלים במס' הממוצע של הפרחים המבוקרים ע"י פרפרים בסוגי הכתמים השונים בסתיו ובאביב לפי מבחן שוניות דו-כיווני.

Source	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	5	1,058.51	10.76	0.00
SEASON	1	507.29	5.16	0.03
PATCH TYPE	2	1,194.50	12.14	0.00
SEASON * PATCH TYPE	2	1,298.76	13.20	0.00
Error	21	98.37		

R Squared = .719

5.4 דיון

ברחבי פארק רמת הנדיב תועדו עד כה 45 מינים של פרפרי יום (נספח 9.2), כ-150 מינים של צמחי בר המשמשים עבורם מקור צוף וכ-100 מיני צמחי בר השמשים עבורם כצמחים פונדקאים (נספחים 9.9 ו-9.8 בהתאמה). למרות שפע צמחי הבר המהווים מזון, הן לזחלים והן לפרפרים

הבוגרים, מצאתי כי פרפרים רבים יחסית מתעופפים וניזונים דרך קבע באתרים המעושרים בצמחי תרבות, בעיקר בעונות הקיץ והסתיו היבשות בבר. מניפולציה בגודל כתם צמחי צוף וצמחים פונדקאים תרבותיים והשוואת כתמי המניפולציה הגדולים לכתמים בבר ובגן סייעה להבנת התופעה ומשמעותה.

5.4.1 מניפולציה בגודל הכתם של צמחים פונדקאים

קיימות שתי אסטרטגיות עיקריות בשיחור פונדקאים והטלת ביצים בפרפרים (Scott, 1986). האסטרטגיה הנפוצה אצל רוב המינים היא זיהוי הפונדקאי במעוף, נחיתה, הטלת ביצה בודדת על עלה וחוזר חלילה. האסטרטגיה הפחות נפוצה כוללת איתור ובחירה של צמח מסוים ממין הפונדקאי, בחינה ממושכת של הצמח הנבחר תוך כדי מעוף ונחיתות מרובות ולבסוף הטלת מקבץ של עשרות ביצים על עלה. במינים בהם מטילות הנקבות מקבצי ביצים קיימת אצל הזחלים התנהגות חברתית, הם ניזונים יחד וטווים לעצמם מעטה קורים משותף (Scott, 1986). בניסוי שערכתי מצאתי על צמחי הכרוב הטלות וזחלים של לבנין הכרוב (*Pieris brassicae*) אצלו קיימת אסטרטגיה של הטלת מקבצי ביצים. בכתמים גדולים של צמחי כרוב (146 צמחים) נמצאו יותר קבוצות של זחלים ומספרם הממוצע לצמח היה גבוה יותר במובהק בהשוואה לכתמים קטנים (6 צמחים), גם באביב וגם בסתיו (איור 5.2, טבלה 5.2). מכך ניתן להסיק שנקבות ל. הכרוב (*Pieris brassicae*) איתרו טוב יותר את כתמי הכרוב הגדולים ו/או העדיפו לצורכי הטלה כתמי כרוב גדולים על פני קטנים. Le Masurier (1994) מצא שאסטרטגיית הטלת מקבץ הביצים בל. הכרוב (*Pieris brassicae*) משתלמת רק כאשר צפיפות הצמחים הפונדקאים גדולה מפני שלאחר הנשל הרביעי מחפשים הזחלים צמח חדש להיזון ממנו: "כ-81% מהזחלים מצליחים למצוא פונדקאי חדש במרחק חצי מטר לעומת 16% המוצאים פונדקאי חדש במרחק 2.5 מטר". לעומת זאת, מצאו Bukovinszky וחבריו (2005), בניסוי בו נבדקו כתמים בסדרי גודל דומים לכתמים שנבדקו במחקר שלי, כי נקבת הלבנין *Pieris rapae* מעדיפה להטיל דווקא על כתמים קטנים (9 צמחים) ביחס לכתמים גדולים (100 צמחים). במין זה (*Pieris rapae*) נמצא כי הנקבה בוחרת בצמחים מבודדים של הפונדקאי להטלת ביצים בודדות והחוקרים הניחו כי אסטרטגיית הטלה זו תורמת לפיזור סיכון הזחלים ("spread the risk") (Root & Kareiva, 1984). גם נקבת הנימפית *Charidryas harrisii* בוחרת בצמח (פונדקאי) שיש לו מעט שכנים מבני מינו אך מטילה עליו צבר ביצים גדול (Robakiewicz & Robbins, 2001). מכאן, שאי אפשר לקשור באופן גורף בין אסטרטגיה של הטלת צברי ביצים לצפיפות פונדקאים (גודל כתם). אך ממחקרים רבים עולה כי קיימת השפעה חיובית של נוכחות וכמות הצמחים הפונדקאים בשטח על שפע הפרפרים, בין אם פרפרים אלו הם בעלי אסטרטגיה של הטלת צברי ביצים (Chen et al., 2004, Anthes et al.,) ובין אם הם בעלי אסטרטגיה של הטלת ביצים בודדות (Fred Thomas & singer, 1987, 2003). מכל מקום ייתכן שאסטרטגיית ההטלה של ל. הכרוב (*Pieris Brassicae*), הכוללת הן הטלת צברי ביצים והן בחירה בכתמים גדולים וצפופים של הפונדקאי, היא שאפשרה לו להתרבות בהצלחה כה רבה בשדות הכרוב והכרובית עד כדי כך שנחשב לחרק מזיק שיש להדבירו (טייד, 1966).

עוד מצאתי במחקר זה כי באביב היו יותר הטלות בהשוואה לסתיו ומספר הזחלים הממוצע לצמח היה גבוה יותר אך לא במובהק (איור 5.2, טבלה 5.2). לכן, לעונה כשלעצמה אין השפעה על מספר ההטלות והזחלים, אך יש השפעה לאינטראקציה בין גודל הכתם והעונה (טבלה 5.2). בסתיו, ההבדלים בין כתמים קטנים לגדולים פחות דרסטיים לעומת האביב (איור 5.2), ייתכן שהסיבה לכך היא שבסתיו קיים מחסור בצמחים פונדקאים, הגורם לנקבות לבנין הכרוב להיות פחות בררניות ולהטיל גם בכתמים קטנים במידה ואלו אותרו על ידיהן.

5.4.2 מניפולציה בגודל כתם של צמחי צוף

גודל כתם צמחי הצוף השפיע באופן חיובי על מספר ביקורי הפרפרים בכתם (איור 5.3, טבלה 5.4) ועל מספר הפרחים המבוקרים בכתם (איור 5.5, טבלה 5.6) אך לא על מספר ביקורי הפרפרים בעציץ הבודד (איור 5.4, טבלה 5.5) וגם לא על מספר הפרחים המבוקרים בעציץ (איור 5.6, טבלה 5.7). ממצאים אלו מדגישים את היתרון שבפריחה כיתמית היוצרת פרסומת גדולה, המגבירה את יכולת האיתור של הפרפרים ואת הסיכוי שלהם להיזון. ממצאים דומים התקבלו ע"י Reid & Culin (2002), שמצאו, שבחלקה גדולה, השתולה בצמחים בצבע אחיד מהמין *Zinnia elegans* נצפה מספר ביקורי פרפרים רב יותר מאשר בחלקה קטנה. לפרפרים יש את היכולת ללמוד לזהות בו זמנית צבע אחד לצורך שיחור מזון וצבע שני לצורך שיחור להטלה (Weiss & Papaj, 2003). הם יבחרו לבקר במין צמח הצוף אשר לו מספר הפרחים או התפרחות הרב ביותר (Grundel et al., 2000) ובאוקלוסיות של המין אותו בחרו, הם יעדיפו כתם הנמצא בשיא הפריחה (Peterson, 1996). מצאתי שבאביב היו במובהק יותר ביקורי פרפרים בהשוואה לסתיו גם בכתם וגם בעציץ הבודד (איור 5.3, טבלה 5.4, איור 5.4, טבלה 5.5). ממצאים אלו מתיישבים עם ממצאים אחרים בעבודה הנוכחית המלמדים על כך ששפע ועושר הפרפרים ברמת הנדיב מגיע לשיא באביב (פרק 3). בנוסף, הסתבר שהאינטראקציה של כתם גדול בעונת האביב משפיעה באופן חיובי ומובהק על מספר ביקורים גבוה של פרפרים בפרחים (איור 5.3, טבלה 5.4).

5.4.3 השוואת סוגי כתם של צמחי צוף

סוג הכתם השפיע באופן מובהק על מספר ביקורי הפרפרים ועל מספר הפרחים המבוקרים בכתמים (טבלה 5.9, טבלה 5.10), אך בכל עונה "זכה" סוג כתם שונה לרוב הביקורים ולרוב הפרחים המבוקרים. באביב התקבל מספר ביקורי הפרפרים והפרחים המבוקרים הגבוה ביותר בכתם צמחי התרבות שמוקם בשטח הבר (איור 5.7, איור 5.8). נראה כי הגן, על צמחי התרבות שבו, אינו אטרקטיבי במיוחד באביב עבור הפרפרים מפני שתנאי מזג האוויר אידיאליים, הלחות בקרקע עדיין גבוהה ויש שפע של פריחה בשטחי הבר. לכן, נראה כי מרבית הפרפרים התעופפו באביב בשטח הבר אך יחד עם זאת, העדיפו לבקר בכתם פריחה הומוגני על פני כתם פריחה הטרוגני. McNeeley & Singer (2001) מציינים שפרפרים מסוגלים ללמוד להעדיף פרחים של מיני צמחי צוף מסוימים ולבקר בהם. הפרפרים מפתחים נאמנות (constancy) למין צמח צוף היוצר כתמים עם צפיפות פרחים גבוהה. אסטרטגיה זו מקטינה את זמן הלמידה והטיפול בפרח

ומגדילה למקסימום את כמות המזון ליחידת זמן. כאשר פוחתת כמות הפרחים, יורדת תדירות המפגשים של הפרפרים איתם ואז יפתחו הפרפרים נאמנות זמנית למין פרח אחר (Goulson et al., 1997). בסתיו, בניגוד לאביב, התקבל מספר שיא של ביקורי פרפרים ופרחים מבוקרים בכתם צמחי התרבות בגן ואילו בכתם צמחי התרבות בבר היו מעט ביקורי פרפרים ומעט פרחים מבוקרים. בכתם ההטרוגני של צמחיית הבר לא פרחו כלל פרחים וכמובן לא היו ביקורי פרפרים (איורים 5.7 ו-5.8). ממצאים אלו משקפים את תגובת הפרפרים להבדלים הדרסטיים הקיימים בין העונות בשטח הבר באקלים ים תיכוני וגם את יכולתם של הפרפרים "לנצל" את השינויים בסדרי בראשית אותם יצר האדם בהקמתם של גנים וגינות מושקים. Shapiro (2002) מסביר שפאונת הפרפרים המקורית באקלים ים תיכוני הייתה מותאמת לרבייה בעונת האביב הנוחה ורוב הפרפרים בפאונה זו היו חד או דו-דוריים, אך ב-200 השנה האחרונות, בהשפעת האדם, התארכה עונת הרבייה אצל חלק ניכר ממיני הפאונה מהאביב ועד לסתיו והפכה לרבייה רב-דורית הנשענת, על פונדקאים וצמחי צוף המושקים בקיץ. במדינת קליפורניה תועדו עד כה 82 מכלל 236 מיני הפרפרים הקיימים בה (34%) כמטילים על צמחים תרבותיים וכניזונים מהם בשלב החרוולי, וכן תועדו מינים רבים נוספים המנצלים את צמחי התרבות כמקור צוף (Graves & Shapiro, 2002). נראה, אם כן, כי בעונת היובש מהווה הגן ברמת הנדיב "נווה מדבר" הקולט לתוכו את הפרפרים בעת חיפושיהם אחרי צמחי צוף וצמחים פונדקאים. לפרפרים יש יכולת להתאים את התנהגות שיחור המזון שלהם לשינוי בפיזור הגמול ללא קושי שכן, הם סיגלו גמישות ויכולת למידה מהירה לנוכח ההשתנות התמידית של גמול הפרחים במרחב ובזמן (Weiss, 1997). לפי Kuussaari וחבריו (1996), הגירת הפרפרים לבתי גידול ריקים מפרפרים מושפעת, בראש ובראשונה, ממקורות הצוף וגודל הכתם. הממצאים שלי מתיישבים עם תיאור הדינאמיקה באוכלוסיות הפרפרים המוצע על ידי Boughton (1999), המחלק את בתי הגידול לבית גידול "מקור" (source), המייצא פרפרים ולבית גידול "שואב" (sink), המייבא פרפרים. לפיכך, ברמת הנדיב, מקור הפצת הפרפרים הוא על פי רוב שטח הבר ואילו הגן מהווה בית גידול שואב המייבא פרפרים, בעיקר בעונות היבשות. מינים מעטים מתרבים תדיר בשטח הגן ועשויים אף ליצא פרטים, לגביהם מוגדר הגן כאתר "שואב לכאורה" (Pseudosink) (Boughton 1999). מכל מקום יש לציין כי אפקט "נווה המדבר" השואב של הגן אינו פועל רק על פאונת הפרפרים. מידי שנה, בעונת היובש מתמודדים עובדי רמת הנדיב עם חזירה ולעיתים גם עם נזקים של בעלי חיים הנכנסים משטח הבר אל הגן. בין בעלי חיים אלו ניתן למנות: דורבנים, גיריות דבש, תנים, שועלים מצויים, צבאים ארץ ישראלים, נמיות, סמורים, קיפודים מצויים ועוד (ביל וודלי, מידע בע"פ). אין ספק, שלגבי תופעה זו, מהווים הפרפרים ביואינדקטור, המשקף נאמנה תמורות במערכת האקולוגית המקיפות גם קבוצות נוספות של בעלי חיים.

5.4.4 סיכום

למרות המחקר הענף אודות פרפרים ברחבי העולם, אך מעט ידוע על השפעת צמחי התרבות על הפרפרים ועל הסתגלותם לצמחי התרבות. במחקר זה ערכתי ניסויי מניפולציה בסתיו ובאביב כדי להבין טוב יותר את ההשפעה שיש לגודל כתם של משאב מועשר, סוגו ומיקומו על התנהגות השיחור של הפרפרים. תוצאות המחקר מלמדות כי על כתמים גדולים של צמחי כרוב, המשמשים

פונדקאים ללבנין הכרוב, הוטלו במובהק יותר ביצים מאשר על כתמים קטנים, גם בסתיו וגם באביב. גודל כתם צמחי הצוף השפיע באופן חיובי על מספר ביקורי הפרפרים בכתם אך לא על מספר ביקורי הפרפרים בצמח הבודד, כאשר באביב היו במובהק יותר ביקורי פרפרים בכתמי צמחי הצוף מאשר בסתיו. באשר לסוג הכתם - באביב התקבל מספר ביקורי הפרפרים הגבוה ביותר בכתם צמחי התרבות שמוקם בשטח הבר ואילו בסתיו, התקבל מספר שיא של ביקורי פרפרים בכתם צמחי התרבות בגן. מהתוצאות עולה כי ברמת הנדיב "מקור" (source) הפצת הפרפרים הוא על פי רוב שטח הבר בו גדלים מרבית הפונדקאים ואילו הגן והשטחים המועשרים הנוספים מהווים בית גידול "שואב" (sink) ה"מיבא" פרפרים, בעיקר בעונות השחונות, בשל שפע הפריחה הקיים בהם בעונות אלו. לגבי תופעה זו של "נווה מדבר שואב" בעונת היובש, מהווים הפרפרים ביואינדקטור המשקף תמורות במערכת האקולוגית המקיפות גם קבוצות נוספות של בעלי חיים.

פרק 6: השפעת תכונות האקוסיסטמה והממשק על הרכב חברת

הפרפרים ברמת הנדיב

6.1 מבוא

חברות פרפרים נחקרו במקומות שונים בעולם בכדי להבין את השפעתם של מגוון גורמים סביבתיים על הרכב המינים שלהן ולעיתים גם בכדי לבחון האם חברת הפרפרים כולה או מינים מסוימים יכולים לשמש כאינדיקטור יעיל להבנת מצב בית הגידול. במחקר מקיף בצ'כיה נחקר הרכב חברת הפרפרים ונמצא כי למשתני האקלים (טמפרטורה ומשקעים) ולמשתנים הגיאוגרפיים (הרום וקו האורך) יש את ההשפעה החזקה ביותר על תפוצת הפרפרים ועל הרכב החברה. עוד נמצא, כי סוגי בתי הגידול המשפיעים ביותר על ההבדלים בתפוצת הפרפרים הם: יערות, ביצות, אחו, הרים ובתי גידול פתוחים (Storch et al., 2003). Fleishman & Nally (2002) מציינים את השפעת הגובה והטופוגרפיה על תפוצת הפרפרים ועל הרכב חברת הפרפרים בהרים בצפון-מערב ארה"ב ומוסיפים כי לדעתם ניטור הפרפרים יכול לשמש ככלי יעיל עבור תוכניות שימור. במזרח ארה"ב נמצא כי חברת הפרפרים האופיינית לגדות נהרות (Riparian) מורכבת מתת קבוצות בעלות אסוציאציה חזקה למשתני הסביבה הבאים: בית הגידול עצמו, כמות הצוף, טמפרטורת האוויר, לחות האוויר היחסית ולחות הקרקע. בשל ממצאים אלו, הגיע החוקר למסקנה כי לחברת פרפרים זו פוטנציאל לשמש כאינדיקטור אקולוגי למצבו של בית גידול ייחודי זה (Nelson, 2006). בסלובקיה נחקרה חברת הפרפרים המאכלסת ביצות אלואיאליות (Alluvial meadows) ליד גדות נהר ונמצא כי לחברת הפרפרים זיקה גבוהה לממשק קציר מסורתי וזיקה נמוכה לרעייה ולדישון (Ruzickova et al., 2004). במערכת אקולוגית חקלאית בשבדיה נחקר הרכב חברת הפרפרים בשדות דגניים, שדות מרעה ואזורי מרעה חצי-טבעיים בחוות בעלות ממשק אורגאני ובחוות בעלות ממשק קונבנציונאלי. נמצא כי הרכב מיני החברה שונה בבתי הגידול השונים וכי לממשק השפעה נמוכה על הרכב המינים (Weibull & Ostman, 2003). בבלגיה נחקרו אזורי אחו לחים ונמצא שככל שהאתר פחות מבודד שפע הפרפרים הנצפה בו גבוה מהמצופה (Sawchik et al., 2003). אזורי אחו לחים נחקרו גם בספרד ונמצא כי חברת הפרפרים שלהם נחלקת לשתי קבוצות עיקריות: קבוצה אחת בעלת זיקה לשטח עשבוני המורכבת משלוש תת-קבוצות בעלות זיקה גבוהה לכרי מרעה עם ממשק קציר מסורתי, לשדות מרעה ולשדות אספסת. הקבוצה השנייה נמצאה כבעלת זיקה גבוהה ליער והיא התחלקה לשתי תת-קבוצות, האחת בעלת זיקה לקצה היער הגובל בשטח מעובד והשנייה בעלת זיקה ליער פתוח עם קרחות יער עשבוניות בתוכו (Stefanescu et al., 2005). ביער גשם טרופי בברזיל נחקרה גילדת מיני פרפרים מוצצי פירות ונמצא שהרכב החברה שלהם מושפע מאוד מעושר מיני העצים ומגיל העצים (לפי היקף גזעי העצים וגובהם) ולכן סבר החוקר כי לגילדה זו יש ערך כאינדיקטור של בית

הגידול (Ramos, 2000). במחקר נוסף בברזיל נחקרה חברת הפרפרים ביער אטלנטי כאינדיקטור לאיתור אתרים הזקוקים לשימור מיידי ונמצא שתת קבוצות שונות בחברה מגלות זיקה למשתני הסביבה הבאים: עונתיות, טמפרטורה, הפרעה ופסיפס קרקעות וחלק מהמינים הוגדרו כאינדיקטורים מוצלחים ליער זה (Brown & Freitas, 2000). במחקר הנוכחי חקרתי כיצד מושפע הרכב חברת הפרפרים בפארק רמת הנדיב ממספר רב של משתנים ובהם: משתני מרחב, הכוללים בתי גידול שונים (גריגה, חורשה נטועה, שדה נטוש, גן מושקה), משתני זמן הכוללים את עונות השנה (סתיו, חורף, אביב וקיץ), משתנים ביוטיים, הכוללים את עושר ואת שפע צמחי צוף, משתני ממשק ומעורבות אדם, הכוללים: רעייה, דרכי עפר, חורשות נטועות והעשרה בצמחי תרבות, ומשתני אקלים אביוטיים, שמצאתי כמשמעותיים ביותר לפרפרים (פרק 3) - מקסימום קרינה יומית ומינימום לחות וטמפרטורה יומית.

מטרות המחקר היו:

1. לאפיין את המשתנים העיקריים האחראיים לעיצוב מבנה חברת הפרפרים ברמת הנדיב.
2. להגדיר תת-קבוצות של מיני פרפרים, שלהן מכנה משותף מבחינת המשתנים המשמעותיים עבורן.
3. ללמוד אלו דרכי ממשק ושימור דרושות לקיום בר קיימא של קבוצות שונות של מיני פרפרים.

6.2 שיטות

בכדי לבחון כיצד מושפעים מיני הפרפרים השונים וחברת הפרפרים כולה מתנאי האקלים, צמחי הצוף, בתי הגידול השונים ודרכי הממשק, ערכתי ניטור מקיף של פרפרים וצמחי צוף בכל בתי הגידול. בנוסף, נערך ניטור רציף של תנאי האקלים במרכז פארק רמת הנדיב.

6.2.1 ניטור הפרפרים

ניטור הפרפרים נערך בכל חודשי השנה במשך שלוש שנים רצופות (2003-2005) תוך כדי סיורים רגליים שהתבצעו אחת לשבוע בשנת 2003 ואחת לשבועיים בשנים 2004-2005. הסיורים כללו מסלול מעגלי באורך 4 קילומטרים, מסלול מעגלי נוסף באורך 1.5 קילומטרים וסיורים קצרים בשלושה אתרים נוספים (200-600 מטר אורך בכל אחד מהם). מסלולי הסיור והאתרים כללו את מגוון בתי גידול והשפעות האדם הבאים (פרוט נוסף לגבי בתי הגידול בפרק 2 סעיף 2.4):

1. נוף גריגה עם דרך עפר רחבה תחת רעיית בקר עונתית
2. חורשת מחטניים צפופה עם דרך עפר רחבה תחת רעיית בקר עונתית
3. חורשת מחטניים צפופה עם שביל צר תחת רעיית בקר עונתית
4. נוף שדות נטושים עם חורשת מחטניים דלילה ושביל צר תחת רעיית בקר עונתית
5. נוף גריגה עם שביל צר תחת רעיית בקר עונתית
6. נוף גריגה עם דרך עפר רחבה ללא רעייה
7. נוף גריגה עם שביל צר ללא רעייה
8. אתרים עם רמות שונות של גינון ללא רעייה (גן הזיכרון, אזור עין צור ואזור חורבת עקב)

הסיוורים נערכו לפי שיטת Pollard (1977, 1993) ונערך בהם רישום של מצאי וכמות הפרפרים ב- 48 חתכים (כל חתך באורך של 50 מטר). בכל בית גידול סומנו שישה חתכים בשלושה בלוקים (ראה איור 2.1 בפרק 2). הסיוורים נערכו במזג אוויר נוח ללא גשם או רוח חזקה, בטמפרטורה מעל 17°C ותוך כדי הליכה בקצב אחיד. בעת הסיוורים נרשמו כל הפרפרים שנראו עד חמישה מטרים קדימה בגבולות רוחביים קבועים שכללו שביל/דרך עם שוליים של מטר אחד מכל צד.

6.2.2 ניטור צמחי צוף

ניטור צמחי הצוף התבצע פעם בשבועיים במשך כל חודשי השנה בשנים 2003-2004 לאורכם של שני המסלולים ובאתרים המגוננים על גבי אותם החתכים, ובאותם בתי הגידול בהם נעשה ניטור הפרפרים, כפי שתואר בסעיף הקודם (6.2.1). איסוף נתוני צמחי הצוף כלל הערכות כמותיות לגבי כמות הצמחים הפורחים ממינים שנכללו ברשימת צמחי הצוף, שגיבשתי על סמך תצפיותי בביקורי פרפרים בפרחים ברמת הנדיב במהלך השנים 2001-2002. הרשימה התעדכנה כל העת על סמך תצפיות נוספות בשטח גם בשנים 2003-2006 (רשימת צמחי הצוף מופיעה בנספח 9.9). נרשמה הערכה כמותית של הפריחה עבור כל צמח צוף שנמצא בשולי הדרך מימין לחתך, לכל אורכו ובניצב לו במרחק של עד מטר אחד ממנו. ההערכה הכמותית נעה בין הערכים 1 ל-3. ערך 1 ביטא עד 10 פרטים פורחים, ערך 2 ביטא בין 11 ל-50 פרטים פורחים וערך 3 ביטא מעל 50 פרטים פורחים, ההערכה ניתנה לגבי כל החתך לאחר ההליכה בו.

6.2.3 ניטור נתוני האקלים

ניטור נתוני האקלים התבצע בתחנה מטאורולוגית המוצבת דרך קבע ברמת הנדיב ומספקת באופן רציף ערכים הנמדדים כל עשר דקות, בכל שעות היממה ובכל ימות השנה. בחלק זה של המחקר השתמשתי בנתונים מהשנים 2003-2005 עבור הפרמטרים האקלימיים הבאים: טמפרטורת מינימום יומית, מינימום לחות יחסית יומית ומקסימום קרינה יומית, שנמצאו כמשמעותיים ביותר עבור הפרפרים ברגרסיה רבת משתנים (פרק 3). נתוני אקלים יומיים אלו נאספו משש בבוקר ועד חמש אחר הצהריים.

6.2.4 אנליזה סטטיסטית

כדי לנתח את השפעות משתני האקלים, הצומח, בתי הגידול, הממשק ומעורבות האדם על חברת הפרפרים השתמשתי באורדינציה מהסוג CANOCO (Canonical Community Ordination for Community Ecology) (Leps & Smilaver, 2003). אורדינציה זו היא למעשה אנליזה רבת משתנים המשמשת לניתוח הגורמים הסביבתיים העיקריים המשפיעים על מבנה החברה מבלי לפגוע ביכולתו של החוקר לבחון את השפעת מכלול הגורמים הנבדקים גם על מינים ספציפיים בחברה (יצחקי ואדר, 1996). אנליזה ה-CANOCO שימשה בהצלחה במחקרים רבים שעסקו בהרכב חברת הפרפרים (Ramos, 2000; Brown & Freitas, 2000; Storch et al., 2003; Sawchik et al., 2003; Weibull & Ostman, 2003; Ruzickova et al., 2004; Stefanescu et al., 2005; Nelson, 2006) ולכן השתמשתי בה גם אני. אנליזה זו כללה את כל הנתונים שנאספו אודות 45 מיני הפרפרים ברמת הנדיב בשנים 2003-2005 ונתוני

משתנים רבים שנאספו במקביל או בו-זמנית עם איסוף נתוני הפרפרים. נתוני הפרפרים כללו תצפיות מעטות או אפס תצפיות עבור מינים שאינם נפוצים ועד מאות תצפיות עבור מינים נפוצים (נספח 9.14). המשתנים השונים כללו: 1. משתני עושר ושפע צמחי צוף שחושבו מנתוני צמחי הצוף שנאספו ברמת הנדיב בכל בתי הגידול וחודשי השנה בשנים 2003-2004. 2. משתני אקלים: טמפרטורת מינימום יומית, מינימום לחות יחסית יומית ומקסימום קרינה יומית שנאספו באותם תאריכים בהם התבצע ניטור הפרפרים בשנים 2003-2005. 3. משתנים איכותיים (לא כמותיים) הכוללים: שמונה בתי גידול (סעיף 6.2.1), ארבע עונות שנה (סתיו עבור החודשים ספטמבר-אוקטובר-נובמבר, חורף עבור החודשים דצמבר-ינואר-פברואר, אביב עבור החודשים מרץ-אפריל-מאי וקיץ עבור החודשים יוני-יולי-אוגוסט), רעייה לעומת אי-רעייה ודרך רחבה לעומת שביל צר. מדדי עושר ושפע הפונדקאים לא נכללו באורדינציה מפני שהם כוללים את פונדקאי כל המינים יחד ולכן אינם משקפים נאמנה את השפעת הפונדקאים הספציפיים והמהותיים לכל מין פרפר. מנגד, נתוני הפונדקאים האינדיבידואליים גם הם לא הוכנסו לאורדינציה היות וניטור הפונדקאים כלל ייצוג חלקי בלבד של כלל הפונדקאים (4 מיני פונדקאים עבור כל מין פרפר). נערכו שתי אורדינאציות, האחת כללה חלק מהמשתנים שהוזכרו לעיל כדלהלן - משתני עושר ושפע צמחי הצוף, משתנה מקסימום הקרינה היומית, משתני ארבעת העונות, משתני הרעייה ואי הרעייה ומשתני הדרך הרחבה והשביל הצר (איור 6.1) ואילו האורדינאציה השנייה כללה את כל המשתנים שהוזכרו לעיל (איור 6.2). כלומר, נכללו בה בנוסף למשתנים שנכללו באורדינאציה הראשונה גם משתני שמונת בתי הגידול ועוד שני משתני אקלים. באורדינאציות עצמן סומן כל משתנה בחיצים כאשר כיוון החץ ואורכו מלמדים על מידת השפעת הגורם הסביבתי על מיני הפרפרים. השפעה רבה מתבטאת באורך החץ, בקרבתו לצירים ובקרבת מין הפרפר אל החץ והתרחקותו ממרכז הצירים. מובהקות השפעת כל משתני הסביבה הנזכרים לעיל על הפרפרים נבדקה במבחן Monte Carlo (Ter Braak & Prentice, 1998).

6.3 תוצאות

לפי מבחן Monte Carlo למשתנים הסביבתיים הקשורים לציר האופקי, האנכי ולשני הצירים הנוספים (שאינם מופיעים באיורי האורדינציה) השפעה מובהקת על הרכב חברת הפרפרים ($P < 0.05$). באורדינציה הראשונה (איור 6.1) הציר האופקי מסביר 34.3% מהשונות בהרכב חברת הפרפרים, הציר האופקי יחד עם הציר האנכי מסבירים 61.8% מהשונות הנ"ל, ואילו ארבעת הצירים - האופקי, האנכי ועוד שני צירים (בלתי נראים באיור) מסבירים יחד כ-84.6% משונות הנ"ל. באורדינציה השנייה (איור 6.2) הציר האופקי מסביר 25.4% מהשונות הנ"ל, הציר האופקי יחד עם הציר האנכי מסבירים 47.5% מהשונות הנ"ל, ואילו ארבעת הצירים - האופקי, האנכי ועוד שני צירים (בלתי נראים באיור) מסבירים יחד כ-68.5% מהשונות הנ"ל. האורדינאציות (איורים 6.1 ו-6.2) מלמדות כי עונות השנה מהוות את המשתנים הסביבתיים המשפיעים ביותר על מבנה חברת הפרפרים, ולאחר מכן, בסדר יורד, משפיעים משתני האקלים, הממשק, הצומח ובתי הגידול. באופן יוצא דופן, ביחס למרבית בתי הגידול, נמצא כי לבית הגידול המועשר בצמחי תרבות ישנה השפעה רבה על חברת הפרפרים ומנגד נמצא כי לחורשות נטועות עם

שביל צר אין השפעה בכלל (איור 6.2). עיון בכיוון השעון באיור 6.1 מצביע על שלוש קבוצות גדולות יחסית של מיני פרפרים הקשורות לעונות הסתיו, הקיץ והאביב, בהתאמה ועוד שתי קבוצות קטנות מאוד הקשורות האחת לרעייה ועושר צמחי צוף והשנייה לעונת החורף. עיון באיור 6.2, בו נכללים יותר גורמים סביבתיים בהשוואה לאיור 6.1 מלמד כי למינים הקשורים לרעייה וצמחי צוף יש נטייה לחבור לקבוצה של פרפרי החורף. להלן פרוט לגבי 4 קבוצות הפרפרים שזיקתן הגבוהה ביותר היא לעונות שנה וקבוצה קטנה נוספת חסרת זיקה עונתית.

6.3.1 קבוצת מיני הסתיו

באיור 6.1 ניתן לראות קבוצה של עשרה מיני פרפרים הקשורה במידה ניכרת לעונת הסתיו ולשביל צר. בחינה של קבוצת פרפרים זו באיור 6.2, בו נכללו גם משתני בתי הגידול ותנאי האקלים, מראה ששמונה מהמינים ה"סתיויים" האלו (הספרית הדוחן *(PelThr)*, כחליל הרימון *(DeuLiv)*, כחליל האספסת *(SynPir)*, כחליל הקוטב *(ZizKar)*, כחליל מקושט *(FreTro)*, סטרית הטבעת *(YptAst)*, דנאית תפוח סדום *(DanChr)*, ונימפית הסרפד *(VanAta)*) קשורים גם לבית הגידול של ההעשרה בצמחי תרבות ולכן יתכן שההעשרה היא שסייעה למינים אלו להיות נפוצים בעונת הסתיו שאינה נוחה אקולוגית לפרפרים (עקב מעט צמחי צוף). שני המינים הנוספים (לבנין צלף *(MadFau)* והספרית שחורה *(GegGam)*) כנראה אינם מושפעים מההעשרה ומאיור 6.2 למדים שהם היו בזיקה גבוהה יותר לבית גידול ללא רעייה.

6.3.2 קבוצת מיני הקיץ

קבוצה זו המונה 9 מינים ניראת באיור 6.1 כבעלת אוריינטציה חזקה לקיץ ולממשק ללא רעייה. בחינה של קבוצה זו באורדינציה 6.2 בה נכללו גם בתי הגידול ותנאי אקלים מלמדת כי חמישה מהמינים (כחליל חומעה *(LycThe)*, סטרית עמומה *(HipFut)*, כחליל שברק *(PolIca)*, כחליל ינבוט *(AzaJes)* וזנב סנונית נאה *(PapMac)*) מתמידים בזיקתם לעונת הקיץ אך מין נוסף (סטרית יבלית *(LasMae)*) מגלה זיקה גבוהה יותר לבית הגידול המועשר בצמחי תרבות ושלושת המינים הנותרים (כחליל מנומר *(AphAcm)*, נמפית היערה *(LimRed)*, והספרית החלמית *(CarAlc)*) מגלים זיקה גבוהה יותר לטמפרטורה יומית מינימאלית כלומר, פעילותם גוברת בימים הפחות חמים בקיץ. המאחד את המינים בקבוצה זו היא היכולת לתפקד בטמפרטורות גבוהות יחסית, המאפשרת להם להמנע מתחרות בעונה הנוחה.

6.3.3 קבוצת מיני האביב

עיון באיור 6.1 מלמד כי 12 מינים הם בעלי אוריינטציה גבוהה לעונת האביב, לדרך רחבה ולמקסימום קרינה. בחינה פרטנית של מינים "אביביים" אלו באורדינציה 6.2 מגלה שרובם מתחלקים לשתי קבוצות. קבוצה אחת של 5 מינים (כחליל הארכובית *(LycPhl)*, כחליל האשחר *(StrSpi)*, סטרית משוישת *(MelTiv)*, הספרית השעורה *(ThyAct)* והספרית נחושית *(ThyHyr)*) המושפעת בעיקר ממקסימום הקרינה וקבוצה שנייה של 6 מינים (הספרית הפטל *(SpiOrb)*, סטרית פקוחה *(ManTel)*, לימונית אשחר *(GonCle)*, לבנין תלתן *(CilCro)*, לבנין רכפה

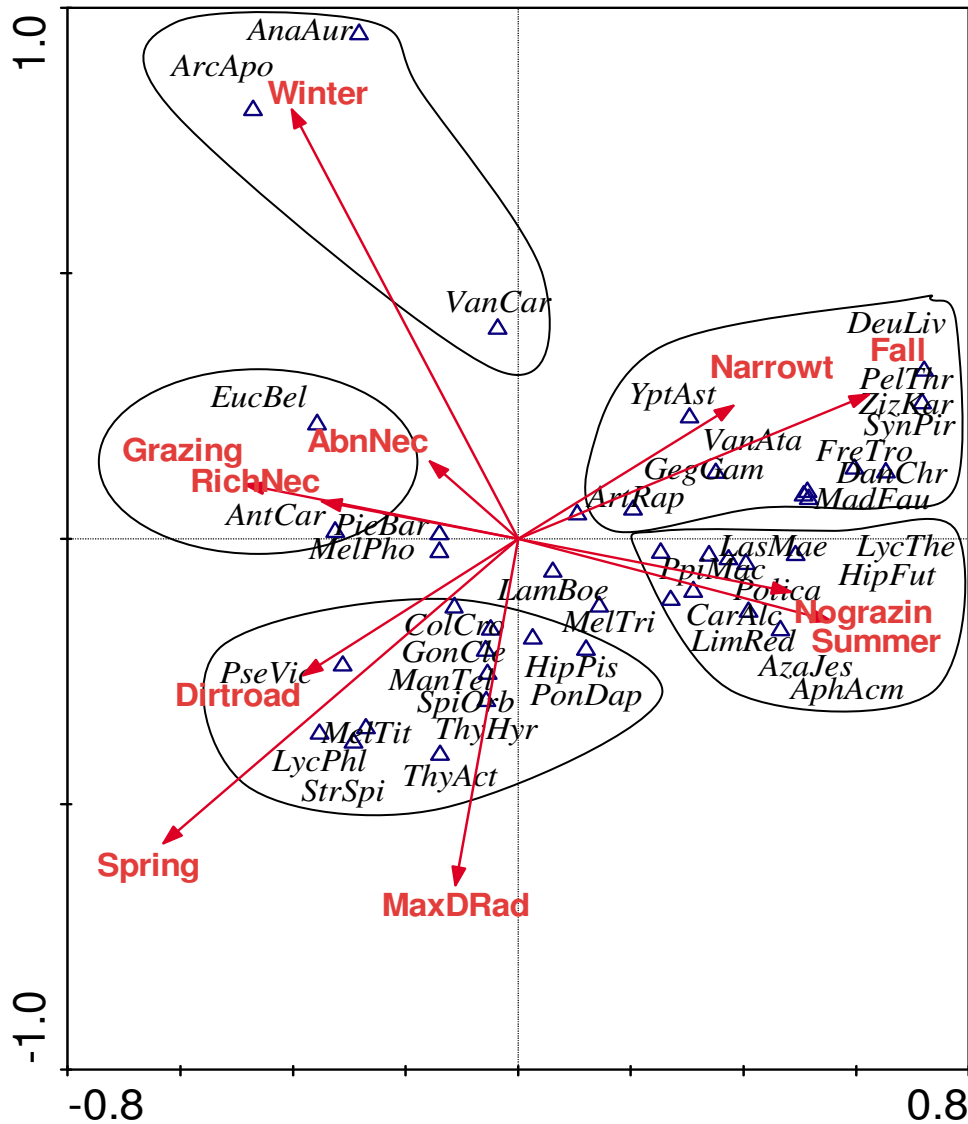
(*PonDap*) וסטירית סיני (*HipPis*) המושפעת בעיקר ממינימום הלחות היחסית. מין נוסף (כחליל אזוב (*PseVic*)) מושפע בעיקר מבית הגידול של גריגה עם דרך רחבה. כלל מיני האביב פעילים בעונה בה ישנם תנאים מיטביים.

6.3.4 קבוצת מיני החורף

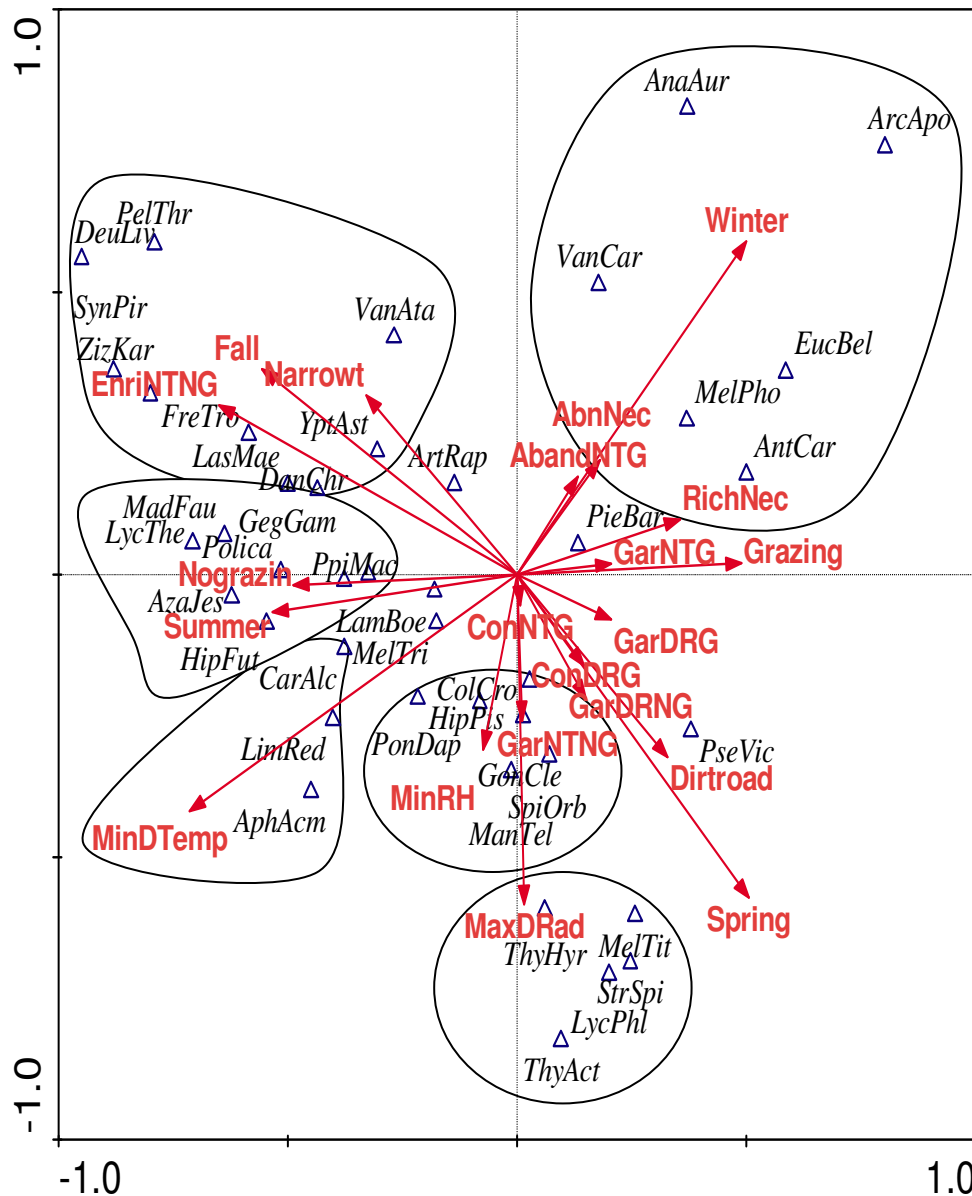
באיור 6.1 ניתן לראות כי לשני מינים (לבנין כתום כנף המצלתיים (*AntCar*) ולבנין ירוק פסים (*EucBel*)) זיקה גבוהה לרעייה ולצמחי צוף ולשלושה מינים נוספים, צבעוני שקוף (*ArcApo*), לבנין משויש (*AnaAur*) ונמפית החורשף (*VanCar*)) זיקה גבוהה לעונת החורף. באיור 6.2 בו נכללים גם בתי הגידול ותנאי האקלים ניתן לראות שמתחזקת זיקתם של המינים המושפעים מהרעייה וצמחי הצוף לעונת החורף וכן זיקתו של מין נוסף (נמפית הדרדר (*MelPho*)), כך שמתקבלת קבוצה של 6 מינים בעלי זיקה לחורף.

6.3.5 קבוצת מינים חסרי זיקה עונתית

בנוסף לקבוצות המתוארות לעיל ישנם עוד שלושה מינים (לבנין כרוב (*PieBar*), לבנין צנון (*ArtRap*) וכחליל האפון (*LamBoe*)) שלהם אין זיקה לעונה מסוימת, לבית גידול מסוים, לתנאי אקלים מסוימים, או למדדי צמחי הצוף. מין נוסף (נימפית הבוצין (*MelTri*)) נמצא חסר זיקה לפרמטרים הנבדקים, כנראה מפני שהוא בעל זיקה גבוהה ביותר לפונדקאי שלו (בוצין מפורץ, *Verbascum sinatim*) ולרוב יעופף רק בקרבתו. ארבעה מינים נוספים לא נכללו באנליזה (כחליל הגרניון, כחליל הבלקן, כחליל הקטנית והספרית הבלוטה) היות והם מופיעים ברמת הנדיב לעיתים נדירות ולא נצפו כלל במהלך איסוף הנתונים (נספח 9.14).



איור 6.1: דיאגרמת אורדינציה של מבנה חברת הפרפרים ברמת הנדיב ביחס למשתנים הסביבתיים הבאים: 4 עונות השנה: סתיו (Fall), חורף (Winter), אביב (Spring), קיץ (Summer), עושר (RichNec) ושפע צמחי צוף (AbnNec), רעייה (Grazing), אי רעייה (Nograzing), דרך עפר רחבה (Dirtroad) ושביל צר (Narrowt) ומשתנה האקלים - מקסימום קרינה יומית (MaxDRad). ערכי ה-Eigenvalues של הציר הראשון והשני הם 0.49 ו-0.38, בהתאמה. מיני הפרפרים מסומנים במשולש (Δ) ובקוד שם בכתב אלכסוני המורכב מהאותיות הראשונות של שמו המדעי של הפרפר (מפתח שמות הפרפרים בנספח 9.14). מינים המוקפים יחד בקו רציף מגיבים באופן דומה לאותם גורמים סביבתיים ומוגדרים כקבוצה.



איור 6.2: דיאגרמת אורדינציה של מבנה חברת הפרפרים ברמת הנדיב ביחס למשתנים הסביבתיים הבאים: 4 עונות השנה, עושר ושפע צמחי צוף ממשק רעייה ודרכים המסומנים כפי שמתואר באיור 6.1. בנוסף נכללים באורדינציה זו גם משתני בתי הגידול השונים: גריגה עם דרך רחבה ורעייה (GarDRG), גריגה עם דרך רחבה ללא רעייה (GarDRNG), גריגה עם שביל צר ורעייה (GarNTG), גריגה עם שביל צר ללא רעייה (GarNTNG), חורשת אורנים עם דרך רחבה ורעייה (ConDRG), חורשת אורנים עם שביל צר ורעייה (ConNTG), שדות נטושים עם רעייה (AbandNTG) והעשרה בצמחי תרבות וגינון (EnriNTNG) וכן משתני האקלים הבאים: מקסימום קרינה יומית (MaxDRad), מינימום לחות (MinRH) וטמפרטורה יומית (MinDtemp). ערכי ה-Eigenvalues של הציר הראשון והשני הם 0.59 ו-0.52 בהתאמה. מיני

הפרפרים מסומנים במשולש (Δ) ובקוד שם בכתב אלכסוני המורכב מהאותיות הראשונות של שמו המדעי של הפרפר (מפתח שמות הפרפרים בנספח 9.14). מינים המוקפים יחד בקו רציף מגיבים באופן דומה לאותם גורמים סביבתיים ומוגדרים כקבוצה.

6.4 דיון

Porter (1992) מציינת כי בכדי להתקיים בחברה, כל אורגניזם חייב שיהיה לו "תפקיד" או התמחות אקולוגית ומרחב מחייה פיזי ואילו Hutchinson (1957 אצל Porter et al., 1992) מתאר את הגומחה (niche) האקולוגית בה חי כל אורגניזם כנפח רב-מימדי (Multidimensional hypervolume), המהווה את סך כל האינטראקציות של האורגניזם עם סביבתו. ההנחה, אם כן, היא שלכל מין בחברה ישנה גומחה אקולוגית משלו אך הגומחות של מינים מסוימים חופפות בחלק מהמימדים. מחקר זה עסק בפרפרים הבוגרים ובמסגרתו נחקרו במשך שלוש שנים רצופות (2003-2005) כל אחד מ-45 מיני פרפרי רמת הנדיב באופן ספציפי ובו בעת נחקרו כל המינים יחד כחברה. במסגרת המחקר נעשה ניסיון לבחון מאלו תת-קבוצות בנויה החברה ואלו גורמים סביבתיים מכריעים מהווים מימד משותף לחלק מהמינים ומשפיעים על החלוקה לתת הקבוצות בחברת הפרפרים. מהמחקר עולה כי לארבע עונות השנה יש את ההשפעה הגדולה ביותר על חלוקת חברת הפרפרים לתת קבוצות ולאחר מכן, בסדר יורד לפי חשיבותם, משפיעים גם משתני האקלים, הממשק, הצומח ובתי הגידול (איורים 6.1 ו-6.2). פרטים מרוב המינים מתעופפים תקופה ממושכת יותר מעונה אחת אך בכל זאת, לרוב, מספרם מגיע לשיא באופן עקבי בעונה מסוימת. לפי האורדינציות (איור 6.1 ו-6.2) העונה היא המשתנה הסביבתי שלו ההשפעה החזקה ביותר על הרכב חברת הפרפרים ולכן, אני מציעה לחלק את חברת הפרפרים ברמת הנדיב לארבע קבוצות עיקריות: פרפרי סתיו, פרפרי קיץ, פרפרי אביב ופרפרי חורף. כל אחת מהקבוצות האלו מושפעת, בנוסף למשתנה העונה, גם ממשתנים נוספים כפי שידון בהמשך. קבוצה נוספת, המונה מעט מינים, אינה מזוהה עם עונה מסוימת.

6.4.1 פרפרי הסתיו

קבוצת הפרפרים שלה זיקה גבוהה לעונת הסתיו מונה עשרה מיני פרפרים (איור 6.1). שמונה מהמינים הללו (הספרית הדוחן (*PelThr*), כחליל הרימון (*DeuLiv*), כחליל האספסת (*SynPir*), כחליל הקוטב (*ZizKar*), כחליל מקושט (*FreTro*), סטרית הטבעת (*YptAst*), דנאית תפוח סדום (*DanChr*), ונימפית הסרפד (*VanAta*)) מגלים זיקה גבוהה גם לבית הגידול של ההעשרה בצמחי תרבות (איור 6.2). לכן, סביר להניח, שההעשרה סייעה למינים אלו להיות נפוצים בסתיו. לפי Shapiro (2002), פאונת הפרפרים המקורית באקלים ים תיכוני הייתה מותאמת בעבר לרבייה בעונת האביב הנוחה, אך, בעקבות השפעות האדם במאתיים השנים האחרונות וטכנולוגיית ההשקיה שפיתח, הסתגלו הפרפרים לרבייה רב דורית הנמשכת עד לסתיו ונשענת על צמחי צוף ופונדקאים מושקים. הסבר זה מתאים מאוד למיני הפרפרים המהווים קבוצה זו היות וקיימת אצלם רבייה רב-דורית ופרטים מהם נראו תדיר מבקרים בצמחי צוף תרבותיים. בנוסף, רוב

המינים האלו מצויים בקרבת יישובי אדם, שטחים חקלאיים ובתי גידול רודראליים ולרובם יש פונדקאים מצמחי התרבות (כחליל האספסת (*SynPir*) וסטריית הטבעת (*YptAst*), החקלאות (כחליל הרימון (*DeuLiv*), כחליל האספסת (*SynPir*) וכחליל הקוטב (*ZizKar*) והצומח הרודראלי (כחליל מקושט (*FreTro*), כחליל הקוטב (*ZizKar*), סטריית הטבעת (*YptAst*) ונימפית הסרפד (*VanAta*)) (בנימיני, 2002, נספח 9.8 רשימת הפונדקאים). שני המינים הנותרים מקבוצת פרפרי הסתיו (לבנין הצלף (*MadFau*) והספריית שחורה (*GegGam*)) גילו זיקה נמוכה יותר לבית הגידול המועשר וזיקה גבוהה יותר לשטח ללא רעייה (איור 6.2), למרות שבתוך השטח ללא הרעייה נכלל גם בית הגידול המועשר. ארבעה מבין המינים הסתויים הם מינים נודדים – נימפית הסרפד שמצליח לשרוד ברמת הנדיב את החורף (בשלב הגולם) ושלושה מינים נוספים שאינם שורדים בה את החורף (בנימיני, 2002). כחליל הרימון (*DeuLiv*) ולבנין הצלף (*MadFau*) חורפים בערבה ובבקעת ים המלח, מגיעים לרמת הנדיב בקיץ, מקימים מספר דורות ברציפות ולשיא מגיעה אוכלוסייתם בסתיו (בנימיני, 2002). המין השלישי, דנאית תפוח סדום (*DanChr*), אינו מתרבה ברמת הנדיב ופוקד אותה מעט, בעיקר בסתיו, בעת נדידתו חזרה לכיוון דרום-מזרח (זהו מין הנודד מידי שנה מאפריקה, מגיע לארץ באביב ומקים מושבות רבייה בבקעת ים המלח, בעמקים ובשפלת החוף, שם מצויים הפונדקאים שלו - תפוח סדום (*Calotropis procera*) והחנק המחודד (*Cynanchum acutum*) (בנימיני, 2002).

6.4.2 פרפרי הקיץ

קבוצת הפרפרים בעלת הזיקה החזקה לקיץ מונה 9 מינים ((כחליל החומעה (*LycThe*), סטריית עמומה (*HipFut*), כחליל השברק (*Pollca*), כחליל הינבוט (*AzaJes*), זנב סנונית נאה (*PapMac*), סטריית היבלית (*LasMae*) כחליל מנומר (*AphAcm*), נמפית היערה (*LimRed*), והספריית החלמית (*CarAlc*)) והיא מגלה זיקה חזקה גם לממשק ללא רעייה (איור 6.1). אוכלוסיות המינים של קבוצה זו מגיעות לשיאן בקיץ ומשגשגות בשטחים ללא רעייה, הכוללים שטחים טבעיים וגם את השטח המועשר בצמחי תרבות. מנגד, אוכלוסיות מינים אלו נפגעות כנראה ממחסור בצמחי צוף ופונדקאים הנאכלים ונרמסים על ידי עדר הבקר השווה בפארק מתחילת האביב ועד לתחילת הקיץ (ממרץ ועד יוני) - תקופה שהיא קריטית עבורם. מספר מחקרים, בהם נחקרו ספציפית מיני פרפרים בעלי ערך שימור גבוה, הצביעו, מחד-גיסא, על כך שרעייה חזקה מזיקה לפרפרים ומאידך-גיסא, ציינו כי הימנעות טוטלית מרעייה אינה מומלצת היות ותביא לסגירת השטח על ידי שיחים ועצים ובעקיפין, לפגיעה בפרפרים (Pollard & Cooke, 1994; Bachelard & Descimon, 1999; Feber et al., 2001; Ellis, 2003). האתגר הממשקי במינון הרעייה גדל לנוכח העובדה ששנים מהמינים הקיציים, כחליל ינבוט (*AzaJes*) וכחליל מנומר (*AphAcm*), ידועים ככחלילים מירמקופיליים (אוהבי נמלים), החיים בסימביוזה עם נמלים מטפלות (*Attendant ants*), אשר להן גם כן דרוש, בדרך כלל, בית גידול פתוח יחסית (Griebeler & Seitz, 2002). ברמת הנדיב ישנם 7 מיני כחלילים מירמקופיליים וביניהם, יוצא דופן הוא הכחליל המנומר (*AphAcm*), שלו תלות מוחלטת בנמלים היות וזחליו אינם ניזונים מצמח פונדקאי

כמרבית הפרפרים, אלא מזחלי הנמלים החיות עמו בסימביוזה (בנימיני, 2002). לכן, מומלץ לתת את הדעת על שימורו. מבין הפרפרים הקיציים, נמצאו הכחליל המנומר (*AphAcm*), נמפית היערה (*LimRed*) והספרית החלמית (*CarAlc*), כבעלי זיקה גבוהה לטמפרטורה יומית מינימלית כלומר מינים אלו פעילים ונצפים מתעופפים בעיקר בימים הפחות חמים בקיץ (איור 6.2). לפי Scott (1986), הפרפרים יתקשו לתפקד בטמפרטורה אוויר מאוד גבוהה (מעל ל-42°C) ולכן ינסו לקרר את גופם על ידי הורדת פעילות, סגירת הכנפיים ועמידה במקביל לכיוון קרני השמש, או על ידי כך שיתעופפו לאזור מוצל, בו טמפרטורת האוויר נמוכה יותר.

6.4.3 פרפרי האביב

קבוצת הפרפרים בעלת הזיקה הגבוהה לעונת האביב מונה 12 מינים ומגלה גם זיקה לבית הגידול של גריגה עם שביל צר וללא רעייה (איור 6.1). זהו בית הגידול הטבעי ביותר ברמת הנדיב ובו השפעות האדם זניחות יחסית. הבוגרים של חמישה מינים מבין מיני האביב - כחליל האשחר (*StrSpi*), סטירית משוישת (*MelTiv*), סטירית פקוחה (*ManTEl*), הספרית השעורה (*ThyAct*) והספרית נחושתית (*ThyHyr*) מופיעים באביב ומקימים דור אחד בלבד מידי שנה, כאשר שלושת המינים הראשונים המוזכרים לעיל נצפו בכמויות גדולות מאוד (נספח 9.14). יתכן וחמשת המינים האלו מייצגים את פאונת הפרפרים המקורית של האקלים היס תיכוני, אשר לפי Shapiro (2002), לא הושפעה באופן דרסטי מהאדם, הייתה מותאמת לפעילות בעונת האביב בה התנאים מיטביים והתאפיינה בהקמת דור אחד בלבד בשנה. תריסר מיני האביב נחלקים לשתי קבוצות עיקריות, המושפעות מאוד ממקסימום הקרינה וממינימום הלחות היחסית (איור 6.2). הקבוצה הראשונה מונה 5 מינים (כחליל הארכובית (*LycPhl*), כחליל האשחר (*StrSpi*), סטירית משוישת (*MelTiv*), הספרית השעורה (*ThyAct*) והספרית נחושתית (*ThyHyr*)), המגלים זיקה גבוהה לקרינה מקסימאלית. הקרינה חשובה לפרפרים בעיקר בימים קרירים בהם באמצעות קליטת הקרינה הם מסוגלים להעלות את חום גופם לטמפרטורה אופטימאלית לפעילותם (Clench, 1966; Pollard, 1993). לשם כך, סיגלו הפרפרים מספר התנהגויות אופייניות לקליטת קרני השמש: פרישת הכנפיים כלפי קרני השמש - Dorsal basking, סגירת הכנפיים והטייתן כלפי קרני השמש - Lateral basking ואצל פרפרים לבנים - הטיית הכנפיים כלפי הגוף בכדי ליצור החזר קרינה וחום לכיוון הגוף - Reflectance basking (Clench, 1966; Kingsolve, 1985). Pollard (1993) מסביר שבטמפרטורת אוויר גבוהה מאבדת הקרינה מחשיבותה לגבי הפרפרים. מנגד Waltz & Convington (2004) מדגישים את ההשפעה החיובית של עוצמת הקרינה על עושר ושפע הפרפרים. הקבוצה השנייה של פרפרי האביב מונה 6 מינים (הספרית הפטל (*SpiOrb*), סטירית פקוחה (*ManTEl*), לימונית אשחר (*GonCle*), לבנין תלתן (*CilCRo*), לבנין רכפה (*PonDap*) וסטירית סיני (*HipPis*)), המגלים זיקה גבוהה למינימום הלחות היחסית כשלחלקם גם זיקה למקסימום הקרינה. בספרות לא מצאתי מידע המתייחס לחשיבות של לחות אוויר נמוכה לפרפרים, ולעומת זאת, מצאתי מידע רב על חשיבות הטמפרטורה לפרפרים והשפעתה על מדדי המגוון שלהם ותחום תפוצתם (Sparks & Yates, 1997; Parmesan et al., 1999; Roy et al., 2001; Warren et al., 2004).

2001; Konvicka et al., 2003(a); Schtickzelle, 2004; Bolotov, 2004; Holy & James, 2005). לכן, עולות השאלות: האם באביב הטמפרטורה אופטימאלית לפרפרים? ואם הטמפרטורה האופטימאלית באביב היא שמשפיעה על מדדי הפרפרים הגבוהים ולא הלחות היחסית המינימאלית? כאשר התופעה חוזרת על עצמה בעוצמה נמוכה יותר גם בסתיו (פרק 3, איור 3.1). הרציונאל מאחורי שאלה זו הוא שאולי מדדי הטמפרטורה לא נמצאו משמעותיים עבור הפרפרים עקב כך שהאפקט החיובי של הטמפרטורה על הפרפרים בעונות הסתיו והאביב הנוחות מתקזז עם האפקט השלילי שלה בעונות החורף והקיץ הקשות. לכן, יתכן כי הפרפרים הושפעו מערכי הטמפרטורה האופטימאליים באביב ובסתיו ולא מכך שעונות אלו מתאפיינות בלחות אוויר נמוכה. הסבר אפשרי נוסף הוא שלחות אוויר יחסית נמוכה אכן משמעותית לפרפרים, בכך, שהיא מהווה טריגר להגחת הפרפרים מהגלמים ולכן היא משפיעה על כמות הפרפרים, במיוחד בקבוצת ששת מיני הפרפרים שנמצא כי הם מאוד מושפעים מלחות יחסית נמוכה (איור 6.2). סברה זו מבוססת על תצפיות שלי בהגחת עשרות לבניני כרוב (*PieBar*) מהגלמים בימי שרב. מין נוסף מקבוצת פרפרי האביב - כחליל האזוב (*PseVic*) נמצא כבעל זיקה גבוהה לדרכי עפר רחבות (איור 6.2). מין זה מעופף לרוב צמוד לפונדקאי העיקרי שלו – סירה קוצנית (*Sarcopoterium spinosum*) הנפוצה בבתי גידול המצויים בשלבי הסוקצסיה הראשונים שלהם (בתה וגריגה לא מפותחות). יתכן שהדרכים הרחבות ושוליהן מהווים עבור הסירה הקוצנית אזור פתוח ומואר, הדומה בתנאיו לבית גידול בשלבי סוקצסיה ראשונים ולכן היא נפוצה לצידי הדרכים הרחבות ובעקבותיה, נפוץ בהן גם כחליל האזוב. באופן דומה נמצא בארה"ב, כי דרכי עפר רחבות מועילות למין כחליל (*Karner blue*), בשל התפתחות מיטבית של צמחי הפונדקאי שלו בשולי הדרכים (Smith, 2002).

6.4.4 פרפרי החורף

אומנם עונת החורף ברמת הנדיב אינה קשה (הטמפרטורות לרוב אינן מגיעות לאפס מעלות), אך בכל זאת, היא גשומה וקרה, וממוצע הטמפרטורות היממתי אינו עולה על 15°C (פרק 3 איורים 3.4 ו-3.6). לכן, מרבית מיני הפרפרים אינם מגלים זיקה לחורף (איור 6.1). מין המראה בכל זאת זיקה גבוהה לחורף הוא הצבעוני השקוף (*ArcApo*) (איור 6.1), המעופף במשך כל החורף ומקים דור אחד בשנה. זחליו ניזונים ממיני ספלול (*Aristolochia*) וברמת הנדיב אין מיני צבעונים אחרים המתחרים בו על צמחי הספלול. במזרח הארץ ובצפונה, לעומת זאת, הוא חולק פונדקאים אלו עם עוד שלושה מיני צבעונים (את רוב השטח הוא חולק עם הצבעוני הצהוב (*Allancastris deyrollei eisneri*)) (בנימיני, 2002). מבין מינים אלו, הצבעוני השקוף מופיע ראשון בחורף וזחליו זוכים להיזון ראשונים ממיני הספלול, בעוד שזחלי מיני הצבעונים המופיעים אחריו נאלצים להסתפק במה שנותר. מתוצאות המחקר עולה כי, לכאורה, גם ללבנין המשוש (*AnaAur*) ולנמפית החורש (*VanCar*) זיקה לחורף (איורים 6.1 ו-6.2) ולא כך הדבר! הלבנין המשוש (AnAur) הוא מין אפריקאי נודד, הפוקד את ישראל מידי מספר שנים. במחקר זה נצפו רק שני פרטים שלו (נספח 9.14) שהגיעו לרמת הנדיב בתחילת דצמבר 2003 וכנראה שבאזורנו תמו נודדיהם היות ומין זה אינו מסוגל לשרוד את החורף (בנימיני, 2002). המין השני - נמפית החורש

(*VanCar*) הוא נודד חזק, מין קוסמופוליטי, הנחשב לפרפר הנפוץ בעולם (בנימיני, 2002). במחקר זה ברמת הנדיב נצפו כ-212 פרטים שלו בכל עונות השנה (נספח 9.14). כנראה שמספר הפרטים בחורף בשנות המחקר הנוכחי היה רב יותר ולכן הוא נמצא כבעל זיקה לחורף. למין זה, כמו למיני החורף היותר מובהקים, זיקה לבית הגידול של השדות הנטושים. הפריחה החורפית בבית גידול זה רבה ביחס לבתי הגידול האחרים ומושכת אליו את הפרפרים המשחרים אחר צמחי צוף (איורים 6.1 ו-6.2). המינים כתום כנף המצלתיים (*AntCar*) ולבנין ירוק פסים (*EucBel*) מופיעים בחורף ומעופפים גם באביב אך מהאנליזה עולה כי זיקתם מעט גבוהה יותר לחורף (איורים 6.1 ו-6.2). בנוסף, שני מינים אלו גילו זיקה גבוהה במיוחד לרעייה וצמחי צוף ובמידה מסוימת גם המין נמפית הדרדר (*MelPho*) גילה זיקה למשתנים אלו (איורים 6.1 ו-6.2). כלומר, בבתי הגידול הנתונים לרעייה התקבלו מדדים גבוהים יותר של צמחי צוף והם משפיעים לטובה במיוחד על המינים המוזכרים לעיל. הרעייה גורמת להאטת הסוקצסיה וומעטה את סגירת השטח (Munguira & Martin, 1993; Thomas & Jones, 1993) ומאפשרת כיסוי שטח גדול יותר בצמחים עשבוניים וביניהם גם צמחי צוף ופונדקאים רבים. Porter וחבוריה (1992) מציינים כי בבריטניה יותר מ-75% ממיני הפרפרים הם בעלי זיקה לפונדקאים וצמחי צוף עשבוניים האופייניים לשלבי סוקצסיה ראשוניים ושניוניים.

6.4.5 פרפרים חסרי זיקה עונתית

קבוצת הפרפרים האחרונה מונה ארבעה מיני פרפרים שנמצאו כחסרי זיקה עונתית. שלושה מהם (לבנין כרוב (*PieBar*), לבנין הצנון (*ArtRap*) וכחליל האפון (*LamBoe*)), הם ג'נרליסטים קוסמופוליטיים ולמעשה הם חסרים זיקה לבית גידול מסוים, לתנאי אקלים מסוימים או למדדי צמחי צוף (איור 6.2). מינים אלו פעילים בעונות שונות, במגוון תנאי אקלים ובבתי גידול שונים. הם בעלי כושר הסתגלות גבוה ופיתחו הסתגלות טובה במיוחד לפעילות האדם ולגידולו החקלאיים, המהווים פונדקאים עבורים ובכך מאפשרים להם הקמת אוכלוסיות עצומות בגודלן. בעזרת כושר נדידתם ומשלוחי תוצרת חקלאית המכילה את פונדקאיהם הפכו מינים אלו לנפוצים ברחבי העולם (בנימיני, 2002). המין הרביעי חסר הזיקה העונתית הוא נימפית הבוצין (*MelTri*) (איור 6.2). מין זה מקים ברמת הנדיב שני דורות באביב ובסתיו וניראה כי הוא בעל זיקה גבוהה ביותר לפונדקאי שלו - בוצין מפורץ (*Verbascum sinatim*), בקרבתו הוא מעופף לרוב (ידע אישי) וחסר זיקה למשתנים הרבים שנבדקו. מחקרים נוספים מצביעים על כך שעבור מיני פרפרים מסוימים, נוכחות הפונדקאי וגודל או צפיפות אוכלוסיותיו באתר מהווים את הגורם בעל החשיבות הרבה ביותר להמצאות הפרפר וקיומו באתר (Peterson, 1996; Miska et al., 2001; Fred & Brommer, 2003; Krauss et al., 2004).

6.4.6 סיכום

במחקר זה מצאתי כי חברת הפרפרים בפארק רמת הנדיב, המונה 45 מינים, המשתייכים לשבע משפחות, מתחלקת לתת-קבוצות המושפעות בראש ובראשונה מעונות השנה. זאת, למרות שרוב המינים מעופפים ביותר מעונה אחת. מצאתי 10 מינים בעלי זיקה לסתיו, 9 מינים בעלי זיקה לקיץ, 12 מינים בעלי זיקה לאביב, 6 מינים בעלי זיקה לחורף ו-4 מינים חסרי זיקה עונתית (4

מינים נוספים לא נצפו על החתכים בעת איסוף הנתונים). נמצא, כי לתנאי האקלים השפעה ניכרת על הפרפרים, המתבטאת בקבוצת מיני פרפרי קיץ בעלי זיקה לטמפרטורה גבוהה יחסית ושתי קבוצות נוספות של מיני פרפרי אביב, בעלות זיקה ל קרינה מקסימאלית וללחות יחסית מינימאלית. עוד נמצא, כי לבתי הגידול עצמת השפעה שונה וחשיבות משתנה בהתאם לעונות השנה באופן הבא : לבית הגידול המושקה והמועשר בצמחי תרבות השפעה רבה על פרפרי הסתיו. לבית הגידול הטבעי של הגריגה (ללא רעייה ודרכים רחבות) השפעה חיובית על פרפרי האביב, לבית הגידול של השדות הנטושים השפעה ניכרת על פרפרי החורף ואילו לחורשות המחטניים הנטועות (ללא דרכים) אין השפעה חיובית כלל על מיני הפרפרים. לבסוף, ממשק הרעייה נמצא כתורם, יחד עם מדדי צמחי הצוף, למיני החורף וממשק של מניעת רעייה נמצא תורם למיני הקיץ.

פרק 7 : דיון כללי וסיכום

הארגון הבינלאומי לשמירת טבע (IUCN) הכריז בשנת 2004 על משבר עולמי בנושא של הכחדות מינים. לפי רשימת המינים ה"אדומים" שפרסם הארגון, נמצאים בסכנת הכחדה אחד מכל 3 מיני דו-חיים בעולם, 1 מכל 4 מיני יונקים בעולם ו-1 מכל 8 מיני ציפורים בעולם (IUCN Red List, 2004). Thomas (2004) וחבריו מצאו כי קצב הכחדות מיני הפרפרים גבוה מקצב הכחדות מיני הציפורים והצמחים באנגליה והם מציינים כי אם נצא מתוך נקודת הנחה שהפרפרים מייצגים נאמנה את כלל החרקים, אזי קיימת סכנת הכחדה ממשית מידית ללא פחות מ-50% מכלל המינים הקיימים בעולם!

חלק ניכר מהכחדה מאסיבית זו נובע מהרס מערכות אקולוגיות לטובת התחבורה, העיור, התייעוש והחקלאות בעיקר מאה השנים האחרונות וכתוצאה מההתחממות הגלובלית (Vitousek, 1994). במסגרת המאמץ המחקרי העולמי לבלימת תהליכי ההרס וההכחדה, הוגדר הצורך לאתר קבוצה טקסונומית שתהווה ביואינדקטור יעיל, המלמד על שינויים החלים במערכות אקולוגיות ובאוכלוסיות האורגניזמים הקיימים בהן (Pearson & Carroll, 1998; Keer et al., 2000; Cardoso et al., 2004). במחקרים רבים ברחבי העולם נמצאה קבוצת הפרפרים כביואינדקטור מומלץ למטרה זו (Kermen, 1992; Brown & Freitas, 2000; Kitahara & Watanabe, 2003; Cardoso et al., 2004; DeHeer et al., 2005; Nelson, 2006; Pereira & Cooper., 2006). המחקר הנוכחי הוא עוד נדבך במחקר רב היקף הנערך בעולם כולו אודות הפרפרים בכלל, ואודות הפרפרים כביואינדקטורים בפרט. ייחודו של מחקר זה הוא בכך שנבדקה בו יכולתה של חברת הפרפרים לשמש כביואינדקטור לרבדים שונים של המערכת האקולוגית בתא שטח נתון ובכל רובד, נבחנה קשת משתנים רחבה. המחקר נערך בפארק רמת הנדיב ובמסגרתו נחקרה חברת הפרפרים בפארק כאינדקטור אקולוגי (Ecological indicator) לרובד בתי הגידול ואופי הממשק הנהוג בהם וכאינדקטור למגוון ביולוגי (Biodiversity indicator) עבור רובד מגוון הצמחים, בהתבסס על צמחי הצוף והפונדקאים. בנוסף, נבחנה השפעת תנאי האקלים על חברת הפרפרים והשפעת גודל הכתם של משאב מועשר (צמחי צוף ופונדקאים) על דפוסי ההטלה ושיחור המזון של הפרפרים במסגרת ניסויי מניפולציה יזומים. לבסוף, נחקרה השפעתן של מכלול תכונות של האקוסיסטמה (עונתיות, בתי גידול, תנאי אקלים ומדדי צומח) והממשק (רעייה, חורשות נטועות ודרכי עפר) על דינאמיקת חברת הפרפרים במרחב ובזמן. להלן אדון בתוצאות העיקריות המשלבות את תחומי המחקר שהוצגו בפרקים הקודמים.

7.1 הפרפרים כביואינדקטור אקולוגי לרובד בתי הגידול ואורחות הממשק

חברת הפרפרים ברמת הנדיב מונה 45 מינים. אחת המטרות המרכזיות במחקר הייתה להבין מהם הגורמים האחראיים לעיצוב המבנה של חברה זו. מאנליזת האורדינציה (איור 6.2) עולה כי לבתי הגידול יש השפעה חלשה יחסית על עיצוב מבנה חברת הפרפרים בהשוואה למשתני העונה והאקלים (שהם כשלעצמם קשורים הדדית באופן הדוק). בניגוד לכך, במחקרים אחרים נמצא כי לסוג בית הגידול הייתה השפעה משמעותית על הרכב חברת הפרפרים (Brown & Freitas, 2000; Starch et al., 2003; DeHeer et al., 2005). הסיבה האפשרית לסתירה זו נעוצה כנראה בהבדלים בגודל השטח הנחקר בין מחקרים אלו לבין המחקר הנוכחי. כמו כן, המחקרים נבדלים גם ביחס לדקות ההבחנה בהגדרת בית הגידול. כל שמונת בתי הגידול שהוגדרו במחקר הנוכחי מצויים בפארק ששטחו רק 4500, דונם בעוד שהמחקרים המוזכרים לעיל נערכו בבתי גידול התופסים שטחים עצומים: בברזיל (Brown & Freitas, 2000), בכלל מדינות אירופה (DeHeer et al., 2005) ובצ'כיה (Starch et al., 2003). בנוסף, במחקרים המוזכרים לעיל, נערכה השוואה בין בתי גידול השונים מטבעם זה מזה כמו יערות לעומת ביצות הרים ולעומת שטחים פתוחים (Starch et al., 2003) ואילו בשטח המחקר הנוכחי היו למעשה רק שתי יחידת נוף ראשוניות-בסיסיות והן גריגה ועמקי טוף עשבוניים. על נוף הגריגה ועמקי הטוף העשבוניים המקוריים הוכלו במשך השנים מניפולציות והשפעות אדם כמו נטיעת חורשות מחטניים, הקמת גן זיכרון והשקייתו, עיבוד שדות ונטישתם, רעיית בקר, סלילת דרכי עפר ופריצת שבילי מטיילים ודרכי רכב. על בסיס המניפולציות הללו הוגדרו שמונת בתי הגידול הנבדקים (סעיף 2.2.4). כלומר, מחקר זה נערך בשטח הומוגני במקורו וקטן יחסית. אם נשתמש במושג מעולם הצילום - במסגרת המחקר בוצע Zoom (מיקוד) על שטח קטן יחסית לגבי פרפרים, שניחנים בכושר ניידות גבוה. כתוצאה מכך, לסוג בית הגידול יש משמעות פחותה עבורם לעומת השפעת עונות השנה ומשתני האקלים (איור 6.2). אבל, למרות שלסוג בית הגידול הייתה השפעה נמוכה יחסית על הרכב חברת הפרפרים לעומת משתני העונה והאקלים, עדיין כשנבחן כל בית גידול בנפרד ובהשוואה לבתי הגידול האחרים, נמצא כי הפרפרים בהחלט יכולים לשמש כביואינדקטור לאיכות בתי הגידול. נמצא, שבתי הגידול אינם מהווים מקשה אחת וישנם הבדלים באופן השפעתם על הרכב חברת הפרפרים, על התנהגות הפרפרים, על מדדי חברת הפרפרים ומדדי צמחי הצוף והפונדקאים שלהם, השפעות אלו ידונו בסעיפים הבאים.

7.1.1 בית הגידול המועשר בצמחי תרבות

בבית הגידול המושקה והמועשר בצמחי תרבות נמצאו, כצפוי, מדדי השפע, העושר והמגוון של הפרפרים גבוהים במובהק מאשר בכל שאר בתי הגידול (איור 2.1). יתרון בית הגידול המועשר לפרפרים בא לידי ביטוי במיוחד בעונות הקיץ והסתיו (מחודש יוני ועד נובמבר) השחונות (איור 2.2). תמיכה לכך התקבלה באנליזת האורדינציה, בה נמצא כי מיני פרפרים רבים גילו זיקה גבוהה גם לבית הגידול המועשר ובמקביל גם לעונות הסתיו והקיץ (איור 6.2). בעונות אלו קיים מחסור בצמחי צוף בשטח הטבעי ולכן נמשכים הפרפרים לשלל הפרחים באתרים המועשרים.

בהתאם לכך, נמצא גם כי פעילות מציצת הצוף של הפרפרים, כמו גם פעילותם הטריטוריאליית באתרים המועשרים, גבוהות בהרבה מהצפוי (איור 2.4). תופעת משיכתם של הפרפרים לגינות נוי אומנם לא נחקרה לעומק, אך היא ידועה (Warren, 1992) ומשפיעה על מגמה חדשה של גינון מושך פרפרים (Ajilvsgi, 1990; Thomas, 1996; Mikula, 1997; Schneck, 2001). בכדי להעמיק בחקר סוגיה זו נערכו במסגרת המחקר הנוכחי ניסויי מניפולציה לבחינת השפעת סוג כתם צמחי הצוף ומיקומו על ביקורי הפרפרים בפרחים באביב ובסתיו. נמצא כי באביב מספר ביקורי הפרפרים הגבוה ביותר היה בכתם צמחי התרבות שמוקם בשטח הבר (איור 5.7). בסתיו, לעומת זאת, התקבל מספר שיא של ביקורי פרפרים בכתם צמחי התרבות בגן המועשר (איור 5.7). מכאן, שהגן המועשר על צמחי התרבות שבו, אינו אטרקטיבי במיוחד בעונת האביב השופעת פריחה בשטחי הבר אך בסתיו, בעת שכמעט ואין פריחה בשטחי הבר, הופך הגן המועשר והמושקה לאטרקטיבי ומושך אליו את הפרפרים כמו היה "נווה מדבר". Boughton (1999) מחלק את בתי הגידול לבית גידול "מקור" (source), המייצא פרפרים ולבית גידול "שואב" (sink), המייבא פרפרים. לפיכך, ברמת הנדיב מקור הפצת הפרפרים הוא על פי רוב שטח הבר בו צומחים גם מרבית פונדקאי הפרפרים ואילו הגן העשיר בפרחים מהווה בית גידול שואב, המייבא פרפרים בעיקר בעונות השחונות. זאת ועוד, ברמת הנדיב התברר כי לא רק הפרפרים הסתגלו לגן המועשר וכי אפקט "נווה המדבר" של הגן פועל בעונת היובש על קבוצות בעלי חיים נוספות, ביניהן בולטת קבוצת מיני היונקים, שמינים שונים המשתייכים אליה חודרים לגן בעת שיחורם אחרי מזון (ביל וודלי, בע"פ).

7.1.2 בית הגידול של השדות הנטושים

בבית הגידול של השדות הנטושים נמצאו ערכים גבוהים של שפע, עושר ומגוון הפרפרים בהשוואה לכל בתי הגידול, מלבד בית הגידול המועשר, ולרוב, ההבדלים הללו היו מובהקים (איור 2.1). בית גידול זה מתאפיין בקרקע אלובית מסוג גרומוסול ובפלורה ייחודית ומגוונת, הכוללת את רוב הצמחים הנדירים המצויים ברמת הנדיב. חלק ממינים נדירים אלו ומיני צמחים נוספים פורחים בעונת הסתיו השחונה ומשמשים מקור צוף חשוב לפרפרים. בהתאם לכך, נמצא בשדות הנטושים שפע ועושר פרפרים גבוה במיוחד בעונת הסתיו (איור 2.2). בנוסף, נצפה בבית גידול זה מספר גבוה מהצפוי של ביקורי פרפרים בצמחי צוף (איור 2.4). עושר ושפע צמחי הצוף השנתי, שחושב עבור בית גידול זה, לא נמצא גבוה במיוחד (איורים 4.4 ו-4.6 בהתאמה) אך, בכל זאת, באורדינציה נמצאה זיקה גבוהה בין שפע צמחי הצוף לשדות הנטושים ולפרפרים המעופפים בחורף (איור 6.2). לפי Poschlod ו-Wallis De Vries (2002) מהוות קרקעות ממוצא אלובי את אחד מבתי הגידול עשירי המגוון באירופה. עקב נטישת החקלאות המסורתית, הצטמצם מאוד שטחן והן הפכו יעד מרכזי למחקר ולשימור שמטרתם מניעת הכחדת מינים ושמירה על מגוון גבוה של מיני צומח (Zschokke et al., 2000; Barbaro et al., 2000; Krauss et al., 2004a) חסרי החוליות בכלל (Balmer & Bell et al., 2001; Steffan-Dewenter & Tschamtker, 2002) ופרפרים בפרט (Erhardf, 2000; Krauss et al., 2003a; Krauss et al., 2003b).

7.1.3 בית הגידול של הגריגה

עיקר שטח פארק רמת הנדיב מכוסה בגריגה. במחקר זה הוגדרו ארבעה תת-בתי גידול שלה, הנבדלים זה מזה בחשיפתם או אי-חשיפתם לרעייה ובמעבר של דרך רחבה או שביל צר בקרבם, כך, שמתקיימים כל השילובים (גריגה עם רעייה ודרך רחבה, גריגה עם רעייה ושביל צר, גריגה ללא רעייה ודרך רחבה וגריגה ללא רעייה ושביל צר). באורדינציה נמצא שלשטחי הגריגה הטבעיים ביותר, דהיינו ללא רעייה ודרך רחבה, יש השפעה גבוהה על מיני פרפרים, בעיקר על 11 מיני הפרפרים שנמצאה זיקה בינם לבין עונת האביב ומשתני האקלים של לחות יחסית מינימאלית וקרירה מקסימאלית (איור 6.2). במחקר נמצאו גם השפעות שונות של הרעייה, דרכי העפר והשבילים בגריגה כלהלן.

7.1.3.1 רעייה בגריגה

הרעייה נמצאה כתורמת במובהק לשפע הפרפרים בגריגה עם שביל צר וכבלתי תורמת לשפע שלהם בגריגה עם דרך רחבה או למגוון ולעושר שלהם (איור 2.1). עוד נמצא, כי הרעייה משפיעה באופן חיובי על עושר פונדקאי הפרפרים (איור 4.7) ובאופן שלילי על השפע שלהם, אם כי, לא במובהק (איור 4.8) כמו כן נמצא כי הרעייה משפיעה באופן חיובי על עושר צמחי הצוף, אם כי, לא במובהק (איור 4.4). לא נמצאה מגמה אחידה בהשפעת הרעייה על שפע צמחי הצוף (איור 4.6) בגריגה. הרעייה נחשבת כתורמת למגוון פרפרים גבוה כל עוד היא אינה אינטנסיבית וממושכת מידי (Feber et al., 2001; Griebeler & Seitz, 2002; Ellis, 2003; Konvicka et al., 2003; Hoettinger et al., 2003; WallisDe Vries, 2004; Krauss et al., 2004b). זאת, היות והיא מאטה את תהליכי הסוקצסיה, מונעת את סגירת השטח (Munguira & Martin, 1993; Thomas & Jones, 1993) ומאפשרת שמירה על מגוון גבוה של כלל מיני העשבונים, כולל מיני צמחי הצוף והפונדקאים הדרושים לפרפרים. נראה כי ברמת הנדיב הרעייה אינה מתונה מספיק או ממושכת יתר על המידה מבחינת השפעתה על התשתית התזונתית של הפרפרים ולכן, האפקט החיובי שלה מתקזז עם האפקט השלילי הנובע מכך שהפרות אוכלות ורומסות את הצומח העשבוני, כולל חלק ניכר מצמחי הצוף והפונדקאים של הפרפרים. יש להניח כי רעיית עיזים, התורמת להקטנת נוף הצומח המעוצה (Devendra, 1978; Arnold, 1982), הייתה מסייעת יותר לפתיחת השטח ומשפיעה לטובה על הפרפרים והצומח העשבוני. תמיכה לסברה זו מתקבלת מהעובדה שמספר הפרפרים שביקרו בפרחים של צמחי צוף בשטחי הגריגה היה נמוך מהצפוי ולא נמצא הבדל ניכר בין מספר ביקורי הפרפרים בשטחי גריגה עם רעייה, בהשוואה לשטחי גריגה ללא רעייה (איור 2.4). לדיון על מינון וסוג הרעייה, תורמת גם אנליזת ההתנהגות הטריטוריאלית של הפרפרים, המלמדת כי מספר הפרפרים שהפגינו טריטוריאליות בשטחי גריגה עם רעייה היה בדיוק כצפוי וקרוב מאוד לצפוי בשטחי גריגה ללא רעייה (איור 2.4) ומכאן, שפאונת הפרפרים מגלה התאמה למשטר רעייה בגריגה.

7.1.3.2 דרכי עפר ושבילים בגריגה

דרכי העפר הרחבות, בהשוואה לשבילים צרים, לא הוסיפו במובהק למדדי שפע, עושר ומגוון מיני הפרפרים בגריגה (איור 2.1). אך, יחד עם זאת, לדרכי העפר הייתה השפעה על התנהגות הפרפרים. נמצא, כי גם בגריגה ללא רעייה וגם בגריגה עם רעייה, היה מספר הפרפרים שעופפו לצד דרכי העפר גבוה מהצפוי ומספר הפרפרים שעופפו לצד השבילים מעט נמוך מהצפוי (איור 2.3). זאת, כנראה, היות ולגריגה נוף סגור יחסית והדרכים הרחבות יוצרות בו מעין תת בית גידול יותר פתוח לקרינת שמש, המאפשרת צמיחה ופריחה נמרצת יותר של צמחי צוף ופונדקאים, המושכים אליהם יותר פרפרים. בהתאם לכך, התקבלו עושר פונדקאים גבוה יותר במובהק (איור 4.8) ועושר מיני צמחי צוף גבוה יותר אך לא במובהק (איור 4.6) בגריגה עם דרך רחבה בהשוואה לגריגה עם שביל צר. גם Smith וחבריו (2002) מצאו בארה"ב שדרכי העפר בתוך יער מעורב תורמות לגידול באוכלוסייתו של מין כחליל (*Melissa samuelis*) מוגן וזאת, בקורלציה לגידול במספר צמחי הצוף והפונדקאים שלו בשולי הדרך. בנוף חקלאי בצרפת נמצא שעיקר פעילותם של הפרפרים בשולי דרכי עפר ושבילים היא מציצת צוף מהשפע הגבוה של צמחי צוף הקיים בהם בהשוואה לשטחי מרעה ואחו קרובים (Quin et al., 2004). ואילו בפינלנד מצאו Saarinen וחבריו (2005) מגוון מיני פרפרים גבוה יותר בשולי כבישים רחבים בהשוואה לשולי דרכים כפריות צרות ובסבירו שזאת הודות למגוון גבוה יותר של צמחי צוף הקיים בשולי הכבישים.

7.1.4 בית הגידול של החורשות נטועות

על פי האורדינציה, לחורשות המחטניים הנטועות, עם שביל צר, אין כלל השפעה על הרכב פאונת הפרפרים ברמת הנדיב וגם לחורשות עם דרך רחבה יש רק השפעה נמוכה (איור 6.2). בהתאם לכך, התקבלו בבית גידול זה ערכים מאוד נמוכים לכל מדדי מגוון הפרפרים (איור 2.1). גם התנהגות הפרפרים מלמדת על ההתאמה נמוכה של פאונת הפרפרים לבית גידול זה, בו נמצאו ערכים נמוכים מהצפוי של התנהגות טריטוריאלית של הפרפרים (איור 2.4) ובו נצפה מספר גבוה מהצפוי של פרפרים עפים מעל השבילים ולאורכם בחורשות (איור 2.3). מימצא זה מעיד על כך שהפרפרים משתמשים בשבילי החורשות הצרים כנתיבי מעבר, אולי בדרכם לבתי גידול מתאימים יותר. בחורף מגיע מצאי הפרפרים בחורשות לשפל (איור 2.2) היות והפרפרים הם אורגניזמים אקטותרמיים ופעילותם תלויה באנרגיה השמש (Scott, 1986). לעומת זאת, בקיץ עולה חשיבותן של החורשות עבור הפרפרים והמצאי שלהם עולה בחורשות גם בהשוואה לבתי גידול אחרים (איור 2.2). היות והם מסוגלים לפעילות רק בטמפרטורה הנמוכה מ- 42°C מעלות צלזיוס (Scott, 1986) מחפשים הפרפרים בקיץ מסתור בחורשות, בהן הטמפרטורות נמוכות יותר. לאטרקטיביות הנמוכה של החורשות עבור הפרפרים במרבית חודשי השנה תורם גם המחסור בצמחי צוף ופונדקאים המושפעים, גם הם, מערכי הטמפרטורה והקרינה הנמוכים יחסית בחורשות. בהתאם לכך, נמצאו בחורשות הערכים הנמוכים ביותר, ביחס לכל שאר בתי הגידול, של עושר ושפע צמחי צוף (איורים 4.4, 4.5 ו-4.6), של עושר פונדקאים (איור 4.7) ושל שפע פונדקאים בחורשות עם דרך צרה (איור 4.8), אם כי, ההבדלים לא היו מובהקים. באופן יוצא דופן, שפע הפונדקאים בחורשות עם דרך רחבה לא היה נמוך ונראה כי בהשפעת הדרך הרחבה נוצר תת בית גידול עם תנאי אור וחום טובים יותר לחלק ניכר מהפונדקאים. בשל התנאים המשופרים אותם יוצרת הדרך היו גם ערכי עושר ושפע צמחי הצוף ועושר הפונדקאים תמיד גבוהים יותר בחורשה עם דרך רחבה

בהשוואה לחורשה עם שביל צר (איורים 4.4, 4.5, 4.6 ו-4.7). מימצאים אלו עבור צמחי הצוף והפונדקאים נמצאו מקבילות בהתנהגותם של הפרפרים. כך, לא התקיימה כלל פעילות מציצת צוף של פרפרים לצד שבילים צרים בחורשות. לצד דרכים רחבות הייתה אומנם פעילות, אך ברמה נמוכה מהצפוי (איור 2.4). בשולי הדרכים הרחבות בחורשות עופפו פרפרים במספר הצפוי (איור 2.3) בעוד שבצידי השבילים הצרים עופפו פחות פרפרים מהצפוי. מימצאים דומים התקבלו במחקר שנערך ביערות צפופים של אורני פנדרוסה (*Pinus ponderosa*), בהם נעשה שיקום נופי (Restoration), ונמצא שעושר מיני הפרפרים באתרים המשוקמים עלה יחד עם הקרינה, כמות הפונדקאים ושפע צמחי הצוף (Walts & Convington, 2004). גם Kleintjes וחבריו (2004) מצאו בניו-מקסיקו כי ממשק של דילול עצים מחטניים גרם להגדלת כיסוי שטחי תת היער בעשבונים ולגידול בשפע ועושר הפרפרים.

7.2 הפרפרים כאינדקטור למגוון הצומח בהתבסס על צמחי הצוף והפונדקאים

בפארק רמת הנדיב נתמכת פאונת הפרפרים המונה 45 מינים על ידי 37% (212 מינים) ממיני צמחי הבר, המהווים מקור מזון לבוגרים (צוף) ולזחלים (פונדקאים) כאחד (טבלה 4.1). במחקר זה נמצא כי ניטור הפרפרים בשיטת פולרד אינו נותן אינדיקציה טובה לגבי עושר ושפע צמחי הפונדקאים של הפרפרים (איורים 4.7 ו-4.8). כנראה מפני שיותר זכרים נצפים בעת הניטור בהשוואה לנקבות ובנוסף, רוב הפרטים הנצפים במהלך הניטור משחרים אחרי צמחי צוף או פעילים בהגנה על הטריטוריה שלהם בעוד מעט נקבות נצפות בעת שיחור אחרי פונדקאים. לעומת זאת, נמצא כי ניטור הפרפרים בפארק נותן אינדיקציה מצוינת לעושר ולשפע צמחי הצוף. מצאתי כי מרבית מיני הפרפרים בפארק הם ג'נרליסטים לגבי צמחי צוף וניזונים מקשת רחבה של צמחי צוף (טבלה 4.2), הכוללת 154 מינים, המהווים 27% מכלל מיני הצמחים בפארק (איור 4.1). בהתאם לכך, נמצא קשר חיובי בין עושר ושפע צמחי הצוף ועושר ושפע הפרפרים במהלך השנה ובבתי הגידול השונים (איורים 4.2-4.5). מימצאים אלו מלמדים על ההשפעה הגולה של מדדי מגוון צמחי הצוף על מדדי מגוון הפרפרים, אם כי, בחינה פרטנית של כל מין פרפר באנליזת האורדינציה מלמדת כי מרבית המינים מושפעים יותר ממשתני העונה והאקלים (איורים 6.1 ו-6.2). אך כאמור, כאשר בוחנים את כלל החברה, מדדי מגוון צמחי הצוף משפיעים על מדדי מגוון הפרפרים ובמידה העולה אף על השפעתם של תנאי האקלים (טבלה 4.4). גם Grill וחבריו (2005) מציינים כי הפקטור הסביבתי המכריע ביותר לגבי מגוון הפרפרים הוא נוכחותם של פרחי צוף. חוקרים נוספים מצאו קורלציה בין שפע ותפוצת צמחי הצוף לשפע ותפוצת הפרפרים (Chen et al., 2004), וכן, שזמינות צמחי הצוף ואחוז כיסוי הצומח היו הגורמים החשובים ביותר עבור עושר ושפע הפרפרים (Shepherd & Debinski, 2005). אי לכך, עקב תלות הפרפרים בצמחי הצוף, והיות רובם ג'נרליסטים הניזונים ממגוון רחב של צמחי צוף, יכולים מדדי המגוון של הפרפרים להוות ביאוינדקטור יעיל למדדי המגוון של מיני הצומח.

7.3 השפעת תנאי האקלים על חברת הפרפרים

למרות השימוש הנרחב בפרפרים כביואינדקטור להשפעת התחממות כדור הארץ (Sutcliffe et al., 1996; Parmesan et al., 1999; Hill et al., 2000; Warren et al., 2001; Konvicka et al., 2003; Bolotov, 2004; Schtickzelle, 2004; Holy & James, 2005), רק קומץ מחקרים בדק כיצד מושפעים הפרפרים ממגוון רחב של משתני אקלים ומהו מדרג החשיבות של המשתנים האקלימיים השונים עבור הפרפרים. במחקר הנוכחי נבדק מדרג החשיבות של 13 משתני אקלים עבור פרפרי רמת הנדיב (מקסימום יומי של טמפרטורה, לחות אוויר יחסית וקרינה, מינימום יומי של טמפרטורה ולחות אוויר יחסית, ממוצע יומי של טמפרטורה, לחות אוויר יחסית ומהירות רוח, ממוצע יממתי של טמפרטורה, לחות אוויר יחסית ומהירות רוח, סך הקרינה היומית וכמות המשקעים). נמצא, כי לקרינה המקסימאלית ההשפעה הגדולה ביותר על שפע, עושר ומגוון הפרפרים, לאחר מכן, ללחות היחסית המינימאלית ולבסוף, לאחד ממשתני הטמפרטורה (טבלה 3.4). במחקרים רבים נמצא כי לטמפרטורה ולהתחממות הגלובלית השפעה ניכרת על שינויים בתפוצת הפרפרים (Sparks & Yates, 1997; Parmesan et al., 1999; Roy et al., 2001; Warren et al., 2001; Konvicka et al., 2003(a); Schtickzelle, 2004; Bolotov, 2004). גם במחקר הנוכחי נמצא כי הטמפרטורה משפיעה על מדדי הפרפרים אך לרוב נמצא כי משתנה הטמפרטורה הוא רק השלישי בחשיבותו במדרג ההשפעה של משתני האקלים אחרי הקרינה המקסימאלית והלחות היחסית המינימאלית (טבלה 3.4). יש לציין כי בניגוד למחקר הנוכחי בו בוצעה האנליזה לגבי נתוני טמפרטורה ופרפרים שנאספו במשך כל עונות השנה, במחקרים המוזכרים לעיל, שנערכו באקלים ממוזג בו החורף קר ומושלג, לא נערך ניטור של הפרפרים והטמפרטורה בחורף. במחקר הנוכחי, אם כן, התקבל כי הטמפרטורה אומנם נוחה לפרפרים באביב, בתחילת הקיץ ובסתיו, אך ההשפעה החיובית שלה בעונות אלו מתקזזת מעט עם השפעתה השלילית בעת שהיא פחות נוחה עבור הפרפרים - בשיאו של הקיץ ובחורף (איור 3.2). לפי Scott (1986), תחום הטמפרטורות האופטימאלי עבור הפרפרים הוא $28-32^{\circ}\text{C}$ והם ימנעו מלעוף בטמפרטורות נמוכות מ- 16°C וגבוהות מ- 42°C . בהתאם לכך, נמצאו שלושה מיני פרפרים קיציים כבעלי זיקה גבוהה לטמפרטורה יומית מינימאלית, כלומר, הם פעילים בעיקר בימים הפחות חמים בקיץ (איור 6.2). לגבי משתנה הלחות היחסית המינימאלית התקבלו במחקר זה ערכים נמוכים ביותר בעונות המעבר (אביב וסתיו) (איורים 3.3 ו-3.4), ביחס הפוך למדדי הפרפרים הגבוהים שנמצאו בהן. שכן, באביב הגיעו כל מדדי הפרפרים לשיא השנתי ובסתיו התקבל שיא נוסף במדדי הפרפרים, אם כי נמוך בהרבה מהשיא האביבי (איור 3.1). בנוסף לכך, נמצא כי משתנה הלחות היחסית המינימאלית נמצא לרוב במקום השני בחשיבותו במדרג השפעת גורמי האקלים על הפרפרים (טבלה 3.4). לממצאים אלו, המלמדים על חשיבות הלחות היחסית, לא נמצאו תימוכין בספרות ולעומת זאת יש ספרות ענפה אודות השפעתן של הטמפרטורה וההתחממות הגלובלית על תפוצת הפרפרים באקלים ממוזג באירופה (Sparks & Yates, 1997; Parmesan et al., 1999; Roy et al., 2001; Warren et al., 2001; Konvicka et al., 2003a; Schtickzelle, 2004; Bolotov, 2004). ייתכן איפוא, שיש הבדלים לגבי משתני האקלים המשפיעים על הפרפרים באקלים ים תיכוני בהשוואה לאקלים ממוזג. אפשרות אחרת היא כי

הפרפרים מושפעים למעשה מהטמפרטורה האופטימאלית השוררת באביב ובסתיו ולא מהלחות היחסית הנמוכה השוררת בהן. מכל מקום, במחקר הנוכחי נמצאה גם זיקה גבוהה בין שישה מיני פרפרים אביביים לבין הלחות היחסית המינימאלית (איור 6.2) ולכן, אין ספק כי דרוש מחקר נוסף לגבי השפעת הלחות היחסית המינימאלית על הפרפרים בכלל ובאקלים ים תיכוני בפרט. לגבי משתנה הקרינה המקסימאלית נמצאה במחקר הנוכחי סמיכות בין השיא במדדי המגוון של הפרפרים בחודש מאי (איור 3.1) לשיא ערכי הקרינה שנמדד בחודש יוני (איור 3.5). בהתאם לכך, נמצא באנליזת האורדינציה כי לעשרה מינים אביביים זיקה ברורה לקרינה המקסימאלית ואצל חמישה מהם הזיקה לקרינה גבוהה במיוחד (איור 6.2). במחקרים רבים בהם בדקו החוקרים את השפעתם של משתני אקלים שונים על הפרפרים לא נבדק משתנה הקרינה כלל (Boonvanno et al., 2000; Roy et al., 2001; Warren et al., 2001; Hawkins et al., 2003; Stefanescu et al., 2004; Holy & James, 2005), אולי בשל קשיים טכניים ואולי בשל הנחה שהשפעתה משנית להשפעת הטמפרטורה. גם בספרים ממעטים להזכיר את השפעת הקרינה על הפרפרים (Scott, 1985; Nov'ak, 1986; בנימיני, 2002; א; איזנשטיין, 2003). לעומת זאת, Walts and Convington (2004) מציינים את עוצמת הקרינה כגורם המשפיע משמעותית על עושר ושפע הפרפרים. זאת, היות והקרינה מאפשרת לפרפרים לקלוט חום ולהעלות את טמפרטורת גופם גם במזג אוויר קריר (Clench, 1966), על ידי כך שהם פורשים את כנפיהם הדקיקות או מטים אותן צמודות אל מול קרני השמש. החום הנקלט בכנפיהם מחמם את הדם הזורם חזרה לגופם ומחמם אותו (Miaoulis & Heliman, 1998). במחקר הנוכחי נמצאה, כאמור, הקרינה כמשתנה האקלים החשוב ביותר עבור הפרפרים (טבלה 3.4). לכן, המסקנה הנובעת מחלק זה של המחקר היא כי מדדי הפרפרים קשורים באופן מובהק ל-3 מדדי מזג האוויר - קרינה, לחות האוויר היחסית והטמפרטורה. משתנים אלו מומלצים למחקרים בהם מהווים הפרפרים ביואינדקסור סביבתי (Environmental indicator). באקלים ים תיכוני ניתן להשתמש בפרפרים כאינדקסור סביבתי בליווי התאוששות המערכת האקולוגית מהרס וזיקים הפוקדים אותה כתוצאה מתופעות טבע כמו בצורת, שרפות או שיטפונות, הנגזרות מתנאי האקלים או משילוב של השפעות אדם ותנאי אקלים. כך למשל, ניתן באמצעות הפרפרים לאפיין את תהליכי ההתאוששות בשטחים בצפון הארץ בהם פרצו השנה שריפות עקב המלחמה והתפשטו בקלות עקב הטמפרטורות הגבוהות ששררו בחודשים יולי ואוגוסט.

7.4 השפעת עונות השנה על חברת הפרפרים

מחקר זה מלמד על היות חברת הפרפרים מושפעת במידה רבה ממשתני הצומח, האקלים ובמידה מסוימת גם מדרכי ממשק והשפעות אדם הנהוגות בבתי הגידול. מאנליזת האורדינציה עולה כי כל סוגי המשתנים האלו אכן משפיעים על חברת הפרפרים אך לעונות השנה יש את ההשפעה הגדולה ביותר על מרבית מיני הפרפרים (איור 6.3). השפעה עונתית זו אינה מפתיעה אם לוקחים בחשבון את אורחות החיים והפנוולוגיה של הפרפרים עצמם. שכן, הפרפרים הם חרקים בעלי גלגול מלא, בו מותאמים שלבי הגלגול השונים של הביצה, הזחל, הגולם והבוגר לעונות השנה. בדרך כלל, בכל מין מותאמים שלבי הביצה והגולם לעונות הקשות יותר מבחינת תנאי האקלים ומצאי

המזון ואילו שלבי הזחל והבוגר מותאמים לרוב לעונות בהן תנאי האקלים נוחים ויש שפע יחסי של מזון. כאשר למינים שונים יכולת הסתגלות והתאמה שונה לתנאים סביבתיים שונים. בהתאם לכך, התקבל באורדינציה כי הבוגרים של רוב המינים בחברת הפרפרים של רמת הנדיב מגלים זיקה גבוהה לאחת מעונות השנה ומתקבצים לקבוצות של פרפרי סתיו, פרפרי חורף, פרפרי אביב ופרפרי קיץ (איורים 6.2 ו-6.3), אם כי, רבים ממינים אלו מעופפים ביותר מעונה אחת. למעשה, הזיקה העונתית מגלמת בתוכה את הזיקה וההתאמה של כל מין פרפר לגומחה האקולוגית שלו, המורכבת מתמהיל של מרכיבים הכולל לא רק את עונות השנה אלא גם את קבוצות המשתנים האחרים שבדקנו (משתני אקלים, צמחי צוף, פונדקאים ובמידה מסוימת, גם בתי גידול ודרכי ממשק). ניתן לסכם תמונה מורכבת זו באופן הבא:

7.4.1 עונת האביב

עונת האביב מאופינת בתנאי אקלים אופטימאליים הכוללים טמפרטורות נוחות, קרינה גבוהה ולחות אוויר נמוכה (איורים 3.2, 3.3 ו-3.5) וכן בעושר ובשפע מקסימאליים של צמחי צוף (איורים 4.2 ו-4.3). כל הגורמים הללו משפיעים על מדדי שיא שנתיים של שפע, מגוון ועושר הפרפרים באביב (איור 3.1). לא מפליא ש-12 מיני פרפרים מגלים זיקה גבוהה לעונה זו, בה מתקיימים תנאים מיטביים. מיני פרפרים אביביים אלו מגלים גם זיקה לבית הגידול הטבעי ביותר ברמת הנדיב - גריגה ללא רעייה וללא דרכי עפר רחבות (איור 6.2), בו השפעת האדם קטנה ביותר. מבין תריסר מינים אלו, חמישה מינים מקימים רק דור אחד בשנה, בעונת האביב. אצל מינים אלו מגיחים הבוגרים באביב, משלימים את הגלגול במשך מספר שבועות ובני הדור הבא שלהם ממתינים חנוטים בתוך הגולם מסוף האביב עד לתחילת האביב של שנה הבאה. יש לשער שמינים אלו מייצגים את פאונת הפרפרים המקורית של אזורי האקלים הים תיכוני, שלפי Shapiro (2002), הייתה מותאמת לרבייה חד-דורית בעונת האביב הנוחה ולא הושפעה באופן ניכר מפעילות האדם שהייתה פחות דרסטית בעידן שקדם למאתיים השנים האחרונות.

7.4.2 עונת הקיץ

עונת הקיץ, החפה באזורנו ממשקעים (איור 3.6), מאופינת בעקת היובש, בירידה הדרסטית בעושר ושפע צמחי הצוף (איורים 4.2 ו-4.3), ובעומס החום הקיצוני הנוצר משילוב של טמפרטורות גבוהות ולחות אוויר יחסית גבוהה (איורים 3.2 ו-3.3). כל אלו משתקפים בירידה של מדדי השפע המגוון ועושר הפרפרים לשפל בסוף הקיץ (איור 3.1). בנוסף, נמצא כי בשיאו של הקיץ גדלה נוכחות הפרפרים בחורשות בהשוואה לגריגה, היות ובחורשות המוצלות עקת החום מורגשת פחות (איור 2.2). גם Pollard (1993) מצייין כי בחום כבד מחפשים הפרפרים אחרי מחסה בצל היות והם מתקשים לתפקד בטמפרטורה גבוהה מ- 42°C (Scott, 1986). על אף הירידה במדדי הפרפרים בחודשי הקיץ, נמצא כי 9 מינים מגלים זיקה גבוהה לעונת הקיץ (איור 6.1). מינים אלו מותאמים לתנאי הקיץ הקשים, אם כי שלושה מתוכם מגלים זיקה לטמפרטורה יומית מינימאלית (איור 6.2) ונראה כי פעילותם גוברת בימים ובשעות הפחות חמים של הקיץ.

7.4.3 עונת הסתיו

עונת הסתיו מאופינת בהתאוששות מתונה מתנאי האקלים הקשים בקיץ. בסתיו, פוחת עומס החום (איורים 3.2 ו-3.3), יורדים מעט משקעים (איור 3.6) ויש עליה מסוימת במדדי עושר ושפע צמחי הצוף (איורים 4.2 ו-4.3). כל אלו משפיעים ותורמים לעליה במדדי השפע, המגוון והעושר של הפרפרים בעונת הסתיו (איור 3.1). בנוסף, נמצא כי עשרה מיני פרפרים מגלים זיקה לעונת הסתיו ולבית הגידול המועשר בצמחי תרבות. כפי שהוזכר בסעיף 7.1.1, הפרפרים בעונות הקיץ והסתיו השחונות נמשכים אל הגן המושקה והפורח כאל "נווה מדבר" ומרבים לבקר בצמחי הצוף המצויים בו. לפי Weiss (1997), לפרפרים יכולת גבוהה להתאים את התנהגות שיחור המזון שלהם לשינוי בפיזור הגמול, בשל התאמתם לאופייה של צמחיית הבר, בה חלה השתנות תמידית של גמול הפרחים במרחב ובזמן. הפרפרים מנצלים, אם כן, יכולת זו ומפיקים תועלת מהשינויים בסדרי בראשית אותם יצר האדם בהקימו שדות וגנים מושקים. רוב המינים הסתויים הסתגלו גם לפונדקאים מצמחי התרבות, החקלאות והצומח הרודרלי. לפי Shapiro (2002), אצל מיני פרפרים רבים התארכה עונת הרבייה באקלים ים תיכוני מהאביב ועד לסתיו והפכה לרבייה רב-דורית, המתבססת על פונדקאים וצמחי צוף המושקים על ידי האדם.

7.4.4 עונת החורף

על אף שעונת החורף ברמת הנדיב אינה קשה והטמפרטורות לרוב אינן מגיעות לאפס מעלות, היא מאופינת בתנאים בלתי נוחים לפרפרים הכוללים: רוחות חזקות (איור 3.5), גשם (איור 3.6) וטמפרטורה יומית ממוצעת נמוכה, העומדת על כ-15°C (איור 3.2). שני החודשים הראשונים של החורף (דצמבר-ינואר) מאופיינים לפי מחקר זה גם במדדים מאוד נמוכים של שפע ועושר צמחי צוף (איורים 4.2 ו-4.3). בהתאם לכך, התקבלו מדדי שפע, מגוון ועושר פרפרים מאוד נמוכים בחודשים דצמבר-ינואר ומדדים מעט גבוהים יותר בחודש פברואר (איור 3.1). רק חמישה מיני פרפרים נמצאו כבעלי זיקה לעונת החורף (איור 6.1) ומתוך מינים אלו, נראה כי רק לשלושה מינים זיקה ממשית לחורף (הרחבה בסעיף 6.4.4). המינים החורפיים גילו זיקה גם לרעייה, למדדי צמחי הצוף ולבית הגידול של השדות הנטושים (איורים 6.1 ו-6.2). כלומר, מינים אלו נמשכים בעת שיחורם אחר צמחי צוף לפריחה החורפית המרובה יחסית בשדות הנטושים. נראה, כי הרעייה מסייעת להאטת הסוקצסיה (Munguira & Martin, 1993) בשדות הנטושים ולשמירת שטחים עשבוניים רחבים, בהם נכללים גם צמחי צוף רבים.

7.4.5 סיכום

באקלים ים תיכוני ניתן לפרוס את ניטור הפרפרים על פני כל עונות השנה היות ובכל חודש מחודשי השנה ישנם מיני פרפרים פעילים וניתן לראותם במעופם. זאת, בניגוד לניטור פרפרים באקלים ממוזג כמו בבריטניה, בו ממליץ Pollard (1977) לנטר את הפרפרים בהתאם לפעילותם מחודש אפריל ועד ספטמבר או בקנדה, בה ממליצים Kerr וחובריו (2000) על ניטור פרפרים קצר עוד יותר, ממאי ועד אוגוסט. במחקר זה נמצא כי למרבית המינים יש זיקה בולטת לאחת מארבע עונות השנה היות והעונה כוללת רכיבים רבים, דוגמת תנאי האקלים ומצאי צמחי הצוף והפונדקאים, אליהם מותאמים הפרפרים. במחקר אותרו רק ארבעה מינים חסרי זיקה עונתית. שלושה ממינים אלו הם קוסמופוליטיים ובעלי כושר הסתגלות גבוה לגידולים חקלאיים ופעילות אדם.

פרק 8 : ספרות

- איזנשטיין, י. 2003. פרפרי ארץ ישראל.
- בנימיני, ד. 2002א. מדריך הפרפרים בישראל, הוצאת כתר.
- בנימיני, ד. 2002ב. שינוי פאונת הפרפרים בישראל כאינדקציה לשינוי האקלים. בטאון אגודת חובבי הפרפרים בישראל, יט : 3 – 6 .
- טייד, י. 1966. האנציקלופדיה לחקלאות, כרך שלישי עמ' 602-603.
- יצחקי, ע., אדר מ., 1996. השפעת ממשק על חברת ציפורי השיר ביער אורן ירושלים לאחר שרפה. אקולוגיה וסביבה, כרך 3 (2-1) : 81-94 .
- פאר, ג. 2005. המאבק להגנת פרפרי ישראל. בטאון אגודת חובבי הפרפרים בישראל, כרך כב (1) : 15-21 .
- פרבולוצקי, י., לחמן א., פולק ג., 1992. החורש הים תיכוני, עמ' 5-52 .
- רביקוביץ, ש. 1966. האנציקלופדיה לחקלאות (הלפרין, ח., עורך), האנציקלופדיה לחקלאות תל אביב, 1 : 191-192 .
- שגיא, י., להב, ח., ולוין נ., 2001. הגדרת הנוף הרצוי כבסיס לתכנון וניהול השטח הפתוח ברמת הנדיב.
- שוורץ צחור ר., פרבולוצקי א., יונתן ר., נאמן ג., 2003. השפעת משטר רעייה על גיאופיט בעל פרחי ראוה – כלנית מצויה. יער 4 : 54-59 .
- שילר ג., 2001. תולדות יער נטע אדם ברמת הנדיב. אקולוגיה וסביבה, כרך 6 (3-4) : 216-217 .
- תומר א., 2005. רשימת הצמחים הפונדקאים של פרפרי ישראל, ארכיון אגודת חובבי הפרפרים הישראלית.

- Andersson, S. 2003. Foraging responses in the butterflies *Inachis io*, *Alais urticae* (Nymphalidae), and *Gonepteryx rhamni* (Pieridae) to floral scents. *Chemoecology*, 13:1-11.
- Angold, P.G., Sadler, J.P., Hill, M.O., Pullin, A., Austin, K., Small, E., Wood, B., Wadsworth, R., Sanderson, R. & Thompson, K. 2006. Biodiversity in urban habitat patches. *Science of the Total Environment*, 360:196-204.
- Anthes, N., Fartman, T., Hermann, G. & Kaule, G. 2003. Combining larval habitat quality and metapopulation structure: The key for successful management of pre-alpine *Euphydryas aurinia* colonies. *Journal of Insect Conservation*, 7: 175-185.
- Aponte, C., Barreto, G.R. & Terborgh, J. 2003. Gregarious oviposition and clutch size adjustment by a Heliconius butterfly. *Biotropica*, 35:555-569.
- Arnold, G.W. 1981. *Book-World Animal Science*. Elsevier, pp 79-104.
- Ajilvsgi, G. 1990. *Butterfly Gardening for the South*. Lanham, Maryland: Taylor Trade Publishing.
- Aubert, J., Descimon, H. & Michel, F. 1996. Population biology and conservation of the Corsican swallowtail butterfly *Papilio hospiton*. *Biological Conservation*, 78:247-255.

- Bachelard, P. & Descimon, H. 1999. *Lycaena helle* (Denis & Schiffermuller, 1775) from the central Massif (France): An ecogeographical analysis (Lepidoptera: Lycaenidae). *Linneana Belgica*, 17:23-41.
- Balmer, O. & Erhardt, A. 2000. Consequences of succession on extensively grazed grasslands for central European butterfly communities: Rethinking conservation practices. *Conservation Biology*, 14:746-748.
- Barbaro, L., Dutoit, T. & Cozic, P. 2001. A six-year experimental restoration of biodiversity by shrub-clearing and grazing in calcareous grasslands of the French prealps. *Biodiversity and Conservation*, 10:119-135.
- Baselga, A. & Francisco, N. 2005. Faunistic Heterogeneity across Eurosiberian-Mediterranean Boundary: Chrysomelidae (Coleoptera) in Galicia, Spain. *Conservation Biology and Biodiversity*, 98:558-564.
- Baz, A. 2001. Nectar plant sources for the threatened Apollo butterfly (*Parassius apollo* L. 1758) in populations of central Spain. *Biological Conservation*, 103:277-282.
- Beaumont, L., Hughes, L. & Poulsen, M. 2005. Predicting species distributions: use of climatic parameters in BIOCLIM and its impact on predictions of species' current and future distributions. *Ecological Modelling*, 186:250-269.
- Bell, J.R., Wheater, P.C. & Cullen, R.W. 2001. The implications of grassland and healthland management for the conservation of spider communities: a review. *Journal of Zoology*, 255:377-387.
- Benes, J., Kepla, P. & Konvicka, M. 2003. Limestone quarries as refuges for European xerophilous butterflies. *Conservation Biology*, 17:1058-1069.
- Berthier, S. 2005. Thermoregulation and spectral selectivity of the tropical butterfly *Prepona meander*: a remarkable example of temperature auto-regulation. *Applied Physics A*, 80:1397-1400.
- Betrus, C.J., Fleishman, E. & Blair, R.B. 2005. Cross-taxonomic potential and spatial transferability of an umbrella species index. *Journal of Environmental Management*, 74:79-87.
- Benyamini, D. 2004. *Lythrum salicaria* (Lythraceae) – a confirmed summer hostplant of *Leptotes pirithous* in Israel (Lycaenidae:Polyommattinae). *Nota Lepidopterologica*, 26:99-101.
- Blair, R.B. & Launer, A.E. 1995. Butterfly diversity and human land use: species assemblages along an urban gradient. *Biological Conservation*, 80:113-125.
- Bolotov, I.N. 2004. Long-term changes in the fauna of diurnal lepidopterans (Lepidoptera, Diurna) in the northern taiga subzone of the western Russian plain. *Russian Journal of Ecology*, 35:117-123.
- Boonvanno, K., Watanasif, S. & Permkam, S. 2000. Butterfly diversity at Ton Nga-Chang wildlife sanctuary, Songkha Province, Southern Thailand. *Science Asia* 26:105-110.
- Bossart, J.L., Opuni-Frimpong, E., Kuudaar, S. & Nkrumah, E. 2006. Richness, abundance, and complementarity of fruit-feeding butterfly species in relict sacred forests and forest reserves of Ghana. *Biodiversity and Conservation*, 15:333-399.
- Boughton, D. A. 1999. Empirical evidence for complex source-sink dynamics with alternative states in a butterfly metapopulation. *Ecology*, 80: 2727-2739.
- Brommer, J.E. & Fred M.S., 1999. Movement of the Apollo butterfly *Parnassius apollo* related to host plant and nectar plant patches. *Ecological Entomology*, 24:125-131.

- Brown, K.S. & Freitas, A.V.L. 2000. Atlantic forest butterflies: Indicators for landscape conservation. *Biotropica*, 32:934-956.
- Bukovinszky, T., Roel, P. J., Yann, C., Joop, C., van Lenteren, J. C. & Vet, L. 2005. The role of pre- and post- alighting detection mechanisms in the responses to patch size by specialist herbivores. *Oikos*, 109: 435-446.
- Caradoso, P., Silva, I., deOliveira, N.G. & Serrano, A.R.M., 2004. Indicator taxa of spider (*Araneae*) diversity and their efficiency in conservation. *Biological Conservation*, 120:517-524.
- Chen, J., Wang, Y., Lei, G., Wang, R. & Xu, R. 2004. Impact of habitat quality on metapopulation structure and distribution of two melitaeine butterfly species. *Acta Entomologica Sinica*, 47: 59-66.
- Cleary, D.F.R. & Mooers, A.O. 2004. Butterfly species richness and community composition in forests affected by ENSO-induced burning and habitat isolation in Borneo. *Journal of Tropical Ecology*, 20:359-367.
- Clench, H.K., 1966. Behavioral thermoregulation in butterflies. *Ecology*, 47:1021-1034.
- Colling, S.K., Prudic, K.L. & Oliver, J.C. 2003. Effects of local habitat characteristics and landscape context on grassland butterfly diversity. *Conservation Biology*, 17:178-187.
- Corke, D. 1999. Are honeydew/sap-feeding butterflies (Lepidoptera: Rhopalocera) affected by particulate air pollution. *Journal of Insect Conservation*, 3:5-14.
- Colwell, R.K., Mao, C.X. & Chang, J., 2004. Interpolating, extrapolating, and comparing incidence-based species accumulation curves. *Ecology*, 85:2717-2727.
- Croxton, P.J., Hann, J.P., Greatorex-Davies, J.N. & Sparks, T.H. 2005. Linear hotspots? The floral and butterfly diversity of green lanes. *Biological Conservation*, 121:579-584.
- de Heer, M., Kapos, V. & ten Brink, B.J.E. 2005. Biodiversity trends in Europe: development and testing of a species trend indicator for evaluating progress towards the 2010 target. *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences*, 360:297-308.
- Debinski, D.M. & Brussard, P.F. 1994. Using biodiversity data to assess species-habitat relationships in Glacier National Park, Montana. *Ecological Applications*, 4:833-843.
- Devendra, C. 1978. The digestive efficiency of goats. *World Review of Animal Production*, 16:9-22.
- Ehrlich, P.R., 1987. *The Science of Ecology*. MacMillan Publishing Co., pp. 284-298.
- Ellis, S. 2003. Habitat quality and management for the northern brown argus butterfly *Aricia artaxerxes* (Lepidoptera: Lycaenidae) in northeast England. *Biological Conservation*, 113:285-294.
- Feber, R.E., Brereton, T.M., Warren, M.S. & Oates, M. 2001. The impacts of deer on woodland butterflies: the good, the bad and the complex. *Forestry*, 74:271-276.
- Fred, M. S. & Brommer, J. E. 2003. Influence of habitat quality and patch size on occupancy and persistence in two populations of the Apollo butterfly (*Parnassius appolo*). *Journal of Insect Conservation*, 7: 85-98.
- Fiedler-Konrad, 1996. Host-plant relationships of lycaenid butterflies: Large-scale patterns, interactions with plant chemistry, and mutualism with ants. *Entomologia-Experimentalis-et-Applicata*, 80:259-267.
- Fleishman, E. 2000. Monitoring the response of butterfly communities to prescribed fire. *Environmental Management*, 26:685-695.

- Fleishman, E. & Murphy, D.D. 1999. Patterns and processes of nestedness in a Great Basin butterfly community. *Oecologia*, 119:133-139.
- Fleishman, E., Betrus, C.J., Blair, R.B., MacNally, R. & Murphy, D.D. 2002. Nestedness analysis and conservation planning: the importance of place, environment, and life history across taxonomic groups. *Oecologia*, 133:78-89.
- Forister, M.L. & Shapiro, A.M. 2003. Climatic trends and advancing spring flight of butterflies in lowland California. *Global Change Biology*, 9:1130-1137.
- Goulson, D., Ollerton, J. & Sluman, C. 1997. Foraging strategies in the smaller skipper butterfly, *Thymelicus flavus*: when to switch? *Animal Behaviour*. 53: 1009-1016.
- Graves, S. D. & Shapiro, A. M. 2002. Exotics as host plants of the California butterfly fauna. *Biological Conservation*. 110: 413-433.
- Greulach, V.A., 1973. *Plant Function and Structure*. The MacMillan Co., pp. 435-461.
- Griebeler, E.M. & Seitz, A. 2002. An individual based model for the conservation of the endangered large blue butterfly, *Maculinea arion* (Lepidoptera: Lycaenidae). *Ecological Modelling*, 156:43-60.
- Grill, A., Knoflach, B., Cleary, D.F.R. & Kati, V. 2005. Butterfly, spider, and plant communities in different land-use types in Sardinia, Italy. *Biodiversity and Conservation*, 14:1281-1300.
- Grundel, R., Pavlovic, N. B. & Sulzman, C. 2000. Nectar plant selection by the Karner Blue Butterfly (*Melissa samuelis*) at the Indiana Dunes National Lakeshore. *The American Midland Naturalist*, 144: 1-10.
- Gutierrez, D., 1997. Importance of historical factors on species richness and composition of butterfly assemblages (Lepidoptera: Rhopalocera) in a northern Iberian mountain range. *Journal of Biogeography*, 24:77-88.
- Hawkins, B.A. & Porter, E.E. 2003. Does herbivore diversity depend on plant diversity? The case of California butterflies. *American Naturalist*, 161:40-9.
- Hawkins, B.A. & Porter, E.E. 2003. Water-energy balance and the geographic pattern of species richness of western Palearctic butterflies. *Ecological Entomology*, 28:678-686.
- Herrera, C.M. & Pellmyr, O. 2002. *Animal Interactions, an Evolutionary Approach: Species Interactions and the Evolution of Biodiversity*. Blackwell Publishing Co., 15-18.
- Hill, J.K., Thomas, C.D., Fox, R., Telfer, M.G., Willis, S.G., Asher, J. & Huntley, B. 2002. Responses of butterflies to twentieth century climate warming: Implications for future ranges. *Proceedings of the Royal Society Biological Sciences*, 269:2163-2171.
- Hogsden, K.L. & Hutchinson, T.C. 2004. Butterfly assemblages along a human disturbance gradient in Ontario, Canada. *Canadian Journal of Zoology-Revue Canadienne De Zoologie*, 82:739-748.
- Hoyle, M. & James, M. 2005. Global warming, human population pressure, and viability of the worlds smallest butterfly. *Conservation Biology*, 1113-1124.
- Hottinger, H., Schlick-Steiner, B.C. & Steiner, F.M. 2003. The Alcon blue *Maculinea alcon* (Lepidoptera: Lycaenidae) in eastern Austria: Status and conservation measures. *Ekologia-Bratislava*, 22:107-118.
- Huntzinger, M. 2003. Effects of fire management practices on butterfly diversity in the forested western United States. *Biological Conservation*, 113:1-12.
- IUCN, Red List, 2004.

- Kerr, J.T., Sugar, A. & Packer, L. 2000. Indicator taxa, rapid biodiversity assessment, and nestedness in an endangered ecosystem. *Conservation Biology*, 14:1726-1734.
- Kerr, J.T. 2001. Butterfly species richness patterns in Canada: Energy, heterogeneity, and the potential consequences of climate change. *Conservation Ecology*, 5:1-17.
- Kerr, J.T., Southwood, T.R.E. & Cihlar, J. 2001. Remotely sensed habitat diversity predicts butterfly species richness and community similarity in Canada. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 98:11365-11370.
- Kirkland, P.H. 2002. Endangered butterflies and moths of Scottish woodlands. *Scottish Forestry*, 56:21-28.
- Kingsolver, J.G. 1985. Thermal ecology of *Pieris* butterflies (Lepidoptera: Pieridae): a new mechanism of behavioral thermoregulation. *Oecologia* 66:540-545.
- Kitahara, M. & Watanabe, M. 2003. Diversity and rarity hotspots and conservation of butterfly communities in and around the Aokigahara woodland of Mount Fuji, central Japan. *Ecological Research*, 18:503-522.
- Kleintjes, P.K., Jacobs, B.F. & Fetting, S.M. 2004. Initial response of butterflies to an overstory reduction and slash mulching treatment of a degraded pinon-juniper woodland. *Restoration Ecology*, 12:231-238.
- Konvicka, M., Maradova, M., Benes, J., Fric, Z. & Kepka, P. 2003a. Uphill shifts in distribution of butterflies in the Czech Republic: Effects of changing climate detected on a regional scale. *Global Ecology and Biogeography*, 12:403-410.
- Konvicka, M., Hula, V. & Fric, Z. 2003b. Habitat of pre-hibernating larvae of the endangered butterfly *Euphydryas aurinia* (Lepidoptera: Nymphalidae): What can be learned from vegetation composition and architecture. *European Journal of Entomology*, 100:313-322.
- Krauss, J., Steffan-Dewenter, I. & Tschardtke, T. 2003a. How does landscape context contribute to effects of habitat fragmentation on diversity and population density of butterflies. *Journal of Biogeography*, 30:889-900
- Krauss, J., Steffan-Dewenter, I. & Tschardtke, T. 2003b. Local species immigration, extinction, and turnover of butterflies in relation to habitat area and habitat isolation. *Oecologia*, 137:591-602.
- Krauss, J., Klein, A.M., Steffan-Dewenter, I. & Tschardtke, T. 2004. Effects of habitat area, isolation, and landscape diversity on plant species richness of calcareous grasslands. *Biodiversity and Conservation*, 13:1427-1439.
- Krauss, J., Steffan-Dewenter, I. & Tschardtke, T. 2004. Landscape occupancy and local population size depends on host plant distribution in the butterfly *Cupido minimus*. *Biological Conservation*, 120:355-361.
- Kravchenko, V., Pavlicek, T., Chikatunov, V. & Nevo, E. 2002. Seasonal and spatial distribution of butterflies (Lepidoptera-Rhopalocera) in "Evolution Canyon" lower Nahal Oren, Mount Carmel, Israel. *Ecologia Mediterranea*, 28:98-112.
- Kruess, A. & Tschardtke, T. 2002. Grazing intensity and the diversity of grasshoppers, butterflies, and trap-nesting bees and wasps. *Conservation Biology*, 16:1570-1580.
- Kremen, C. 1992. Assessing the indicator properties of species as assemblages for natural areas monitoring. *Ecological Applications*, 2: 203-217.
- Kremen, C. 1994. Biological inventory using target taxa: A case study of the butterflies of Madagascar. *Ecological Applications*, 4:407-422.

- Kunte, K.J. 1997. Seasonal patterns in butterfly abundance and species diversity in four tropical habitats in northern Western Ghats. *Journal of Biosciences*, 22:593-603.
- Kuussaari, M., Nieminen, M. & Hansiki, I. 1996. An experimental study of migration in the *Glanville fritillary* butterfly *Melitaea cinxia*. *Journal of Animal Ecology*, 65: 791-801.
- Kwilosz, J.R. & Knutson, R.L. 1999. Prescribed fire management of Karner blue butterfly habitat at Indiana Dunes National Lakeshore. *Natural Areas Journal*, 19:98-108.
- Launer, A.E. & Murphy, D.D. 1994. Umbrella species and the conservation of habitat fragments – a case of a threatened butterfly and a vanishing grassland ecosystem. *Biological Conservation*, 69:145-153.
- Lawton, J.H., Bignell, D.E., Bolton, B., Bloemers, G.F., Eggleton, P., Hammond, P.M., Hodda, M., Holt, R.D., Larsen, T.B., Mawdsley, N.A., Stork, N.E., Srivastava, D.S. & Watt, A.D. 1998. Biodiversity inventories, indicator taxa and effects of habitat modification in tropical forest. *Nature*, 391:72-75.
- Le Masurier, A.D. 1994. Costs and benefits of egg clustering in *Pieris brassicae*. *Journal of Animal Ecology*, 63: 677-685.
- Leong, K.L.H., Frey, D., Brenner, G., Baker, S. & Fox, D. 1991. Use of multivariate analysis to characterize the monarch butterfly *Lepidoptera danaidae* winter habitat. *Annals of the Entomological Society of America*, 84:263-267.
- Leong, K.L.H. 1990. Microenvironmental factors associated with the winter habitat of the monarch butterfly *Lepidoptera danaidae* in central California, USA. *Annals of the Entomological Society of America*, 83:906-910.
- Leps, J. & Smilaver, P. 2003. *Multivariate Analysis of Ecological Data Using CANOCO*. Cambridge University Press, 140-166.
- Levy, J.M. & Connor, E.F. 2004. Are gardens effective in butterfly conservation? A case study with the pipevine swallowtail, *Battus philenor*. *Journal of Insect Conservation*, 8:323-330.
- Loertscher, M., Erhardt, A. & Zettel, J. 1995. Microdistribution of butterflies in a mosaic-like habitat: The role of nectar sources. *Ecography*, 18:15-26.
- Lu, S.S. & Samways, M.J. 2002a. Conservation management recommendations for the Karkloof blue butterfly, *Orachrysops ariadne* (Lepidoptera: Lycaenidae). *African Entomology*, 10:149-159.
- Lu, S.S. & Samways, M.J. 2002b. Behavioural ecology of the Karkloof blue butterfly *Orachrysops ariadne* (Lepidoptera: Lycaenidae) relevant to its conservation. *African Entomology*, 10:137-147.
- Lund, M.P. & Rahbek, C. 2002. Cross-taxon congruence in complementarity and conservation of temperate biodiversity. *Animal Conservation*, 5:163-171.
- Maes, D., Gilbert, M., Titeux, N., Goffart, P. & Dennis, R.L.H. 2003. Prediction of butterfly diversity hotspots in Belgium: a comparison of statistically focused and land use-focused models. *Journal of Biogeography*, 30:1907-1920.
- Magurran, A.E. 2004. *Measuring Biological Diversity*, Blackwell Publishing, 86-92.
- McNeely, C. & Singer, M. C., 2001. Contrasting the roles of learning in butterflies foraging for nectar and oviposition sites. *Animal Behaviour*. 61:1-6.
- McGeoch, M. A., 1998. The selection, testing and application of terrestrial insects as bioindicators. *Biological Review*, 73:181-201.
- Miaoulis, I. N. & Heilman, B. D., 1998. Butterfly thin films serve as solar collectors. *Annals of the Entomological Society of America*, 91:122-127.

- Miska, L., Kuussaari, M., Rita, H., Salminen, J. & von Bonsdorff, T. 2001. Determinants of distribution and abundance in the clouded appolo butterfly: A landscape ecological approach. *Ecography*, 24: 601-617.
- Mulder, C., Aldenberg, T., de Zwart, D. & van Wijnen, H.J. 2005. Evaluating the impact of pollution on plant-Lepidoptera relationships. *Environmetrics* 16:357-373.
- Munguira, M.L. & Martin, J. 1993. The conservation of endangered lycaenid butterflies in Spain. *Biological Conservation*, 66:17-22.
- Munguira, M.L., Martin, J., Garcia Barros, E. & Viejo, J.L. 1997. Use of space and resources in a Mediterranean population of the butterfly *Euphydryas aurinia*. *Acta Oecologica*, 18:597-612.
- Nelson, S. M. 2006. Butterflies (Papilionidea and Hesperioidea) as potential ecological indicators of riparian quality in the semi-arid western United States. *Ecological Indicators*, 237:1-12.
- New, T.R. Pyle, R.M. Thomas, C.D. & Hammond, P.C. 1995. Butterfly conservation management. *Annual Review of Entomology*, 40:57-83.
- Novak, I. 1985. *Butterflies and Moths*. Octopus Books Ltd., London, 19-38.
- Ohsaki, N. & Sato, S. 1994. Food plant choice of pieris butterflies as a trade-off between parasitoid avoidance and quality of plants. *Ecology*, 75:59-68.
- Oostermeijer, J.G.B. & Van-Swaay, C.A.M. 1998. The relationship between butterflies and environmental indicator values: A tool for conservation in a changing landscape. *Biological Conservation*, 86:271-280.
- Ouin, A., Aviron, S., Dover, J. & Burel, F. 2003. Complementation/supplementation of resources for butterflies in agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 103:473-479.
- Papaj, D.R. & Rausher, M.D. 1987. Components of conspecific host discrimination behaviour in the butterfly *Battus philenor*. *Ecology*, 68:245-253.
- Parmesan, C., Ryrholm, N., Stefanescu, C., Hill, J.K., Thomas, C.D., Descimon, H., Huntley, B., Kaila, L., Kullberg, J., Tammaru, T., Tennent, W.J., Thomas, J.A. & Warren, M. 1999. Poleward shifts in geographical ranges of butterfly species associated with warming. *Nature*, 399:579-583.
- Pascher, K & Raab, R. 2002. Vegetation and butterflies on the Danube Island: Inventory and recommendations for optimising the cutting-management of meadows. *Deisia*, 14:151-176.
- Pearson, D.L. & Carroll, S.S. 1999. The influence of spatial scale on cross-taxon congruence patterns and prediction accuracy of species richness. *Journal of Biogeography*, 26:1079-1090.
- Pereira, H. M. & Cooper, H.D. 2006. Towards the global monitoring of biodiversity change. *Trends in Ecology and Evolution*, 21:142-151.
- Perevolotsky, A. & Seligman, N.G. 1998. Role of grazing in Mediterranean rangeland ecosystems. *BioScience*, 48:1007-1017.
- Petanidou, T. 2004. Temporal patterns of resource selection in plant-pollinator communities in the Mediterranean: what do they really tell us? *Medecos Conference* 10.
- Peterson, M. A. 1997. Host plant phenology and butterfly dispersal: Causes and consequences of uphill movement. *Ecology*, 78: 167-180.
- Peterson, T.A., Martinez-Meyer, E., Gonzalez-Salazar, C. & Hall, P.W. 2004. Modeled climate change effects on distributions of Canadian butterfly species. *Canadian Journal of Zoology*, 82:851-858.
- Pollard, E. 1977. A method for assessing changes in the abundance of butterflies.

- Biological Conservation, 12:115-134.
- Pollard, E. & Yates, T.J. 1993. Monitoring Butterflies for ecology and conservation. Institute of Terrestrial Ecology and the Joint Nature Conservation Committee, 30, 85-88.
- Pollard, E. & Cooke, A.S. 1994. Impact of Muntjac deer *Mutiacus-Reevesi* on egg-laying sites of the white admiral butterfly *Ladoga-Camilla* in a Cambridgeshire wood. *Biological Conservation*, 70:189-191.
- Porter, K., Steel, C.A. & Thomas, J.A. 1992. *Butterflies and Communities in The Ecology of Butterflies in Britain*, Dennis, R.L.H. Oxford University Press, N.Y., 155.
- Poschlod, P. & WallisDeVries, M.F. 2002. The historical and socioeconomic perspective of calcareous grasslands – lessons from the distant and recent past. *Biological Conservation*, 104:361-376.
- Poyry, J., Lindgren, S., Salminen, J. & Kuussaari, M. 2004. Restoration of butterfly and moth communities in semi-natural grasslands by cattle grazing. *Ecological Applications*, 14:1656-1670.
- Poyry, J., Lindgren, S., Salminen, J. & Kuussaari, M. 2004. Responses of butterfly and moth species to restored cattle grazing in semi-natural grasslands. *Biological Conservation*, 122:465-478.
- Proctor, M., Yeo, P. & Lack, A. 1996. *The Natural History of Pollination*. The Bath Press, Great Britain.
- Pyrke, S.R. & Samways, M.J. 2003. Quality of remnant indigenous grassland linkages for adult butterflies (Lepidoptera) in an afforested African landscape. *Biodiversity and Conservation*, 12:1985-2004.
- Ramos, F.A. 2000. Nymphalid butterfly communities in an amazonian forest fragment. *Journal of Research on the Lepidoptera*, 35:29-41.
- Reid, L. S. & Culin, J. D. 2002. Effects of color pattern arrangement and size of color mass on butterfly visitation in *Zinnia elegans*. *Journal of Entomological Science*, 37: 317-328.
- Ricketts, T.H., Daily, G.C. & Ehrlich, P.R. 2002. Does butterfly diversity predict moth diversity? Testing a popular indicator at local scales. *Biological Conservation*, 103:361-370.
- Robakiewicz, P. & Robbins, J. E. 2001. Oviposition site choice in Harris' Checkerspot, *Charidryas harrisii* (Nymphalidae). *Northeastern Naturalist*, 8: 293-300.
- Root, R. B. & Kareiva, P. M. 1984. The search for resources by cabbage butterflies (*Pieris Rapae*): Ecological consequences and adaptive significance of Markovian movements in a patchy environment. *Ecology*, 65: 147-165.
- Roy, D.B., Rothery, P., Moss, D., Pollard, E. & Thomas J.A. 2001. Butterfly numbers and weather: predicting historical trends in abundance and the future effects of climate change. *Journal of Animal Ecology*, 70:201-217.
- Royer, R.A., Austin, J.E. & Newton, W.E. 1998. Checklist and "Pollard Walk" butterfly survey methods on public lands. *The American Midland Naturalist*, 140:358-371.
- Ruzickova, H., Banasova, V. & Kalivoda, H. 2003. Morava River alluvial meadows on the Slovak-Austrian border (Slovak part): plant community dynamics, floristic and butterfly diversity – threats and management. *Journal for Nature Conservation*, 12:157-169.

- Saarinen, K. 2002. A comparison of butterfly communities along field margins under traditional and intensive management in SE Finland. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 90:59-65.
- Saarinen, K., Valtonen, A., Jantunen, J. & Saarnio, S. 2005. Butterflies and diurnal moths along road verges: Does road type affect diversity and abundance? *Biological Conservation*, 123:403-412.
- Sanchez-Rodriguez, J.F. & Baz, A. 1995. The effects of elevation on the butterfly communities of a Mediterranean mountain, Sierra de Javalambre, central Spain. *Journal of the Lepidopterists Society*, 49:192-207.
- Sawchik, J., Dufrene, M. & Lebrun, P. 2003. Estimation of habitat quality based on plant community, and effects of isolation in a network of butterfly habitat patches. *Acta Oecologica*, 24:25-33.
- Shapiro, A.M., VanBuskirk, R., Kareofelas, G. & Patterson, W.D. 2003. Phenofaunistics: Seasonality as a property of butterfly faunas in *Butterflies: Ecology and evolution taking flight*. The University of Chicago Press, 111-147.
- Schmitz, H. 1994. Thermal characterization of butterfly wings .1. Absorption in relation to different color, surface-structure and basking type. *Journal of Thermal Biology*, 19:403-412.
- Schneider, C., Dover, J. & Fry, G.L.A. 2003. Movement of two grassland butterflies in the same habitat network: The role of adult resources and size of the study area. *Ecological Entomology*, 28:219-227.
- Schtickzelle, N. & Baguette, M. 2004. Metapopulation viability analysis of the bog fritillary butterfly using RAMAS/GIS. *Oikos*, 104:277-290.
- Scott, J.A. 1986. *The butterflies of North America: A natural history and field guide*. Stanford, California: Stanford University Press. pp. 59-71.
- Shapiro, A. M. 2002. The Californian urban butterfly fauna is dependent on alien plants. *Diversity and Distributions*, 8: 31-40.
- Shepard, S. & Debinski, D.M. 2005. Evaluation of isolated and integrated prairie reconstructions as habitat for prairie butterflies. *Biological Conservation*, 126:51-61.
- Schneck, M. 2001. *Butterflies: How to identify and attract them to your garden*. Secaucus, N.J.: Booksales, Inc.
- Shreeve, T.G. & Mason, C.F. 1980. The number of butterfly species in woodlands. *Oecologia*, 45:414-418.
- Shreeve, T.G., Dennis, R.L.H., Roy, D.B. & Moss, D. 2001. An ecological classification of British butterflies: Ecological attributes and biotope occupancy. *Journal of Insect Conservation*, 5:145-161.
- Sibatani, A. 1992. Decline and conservation of butterflies in Japan. *Journal of Research on the Lepidoptera*, 29:305-315.
- Singer, M.C. & Lee, J.R. 2000. Discrimination within and between host species by a butterfly: implications for design of preference experiments. *Ecology Letters*, 3:1-5.
- Smith, M.A., Turner, M.G. & Rusch, D.H. 2002. The effect of military training activity on eastern lupine and the Karner blue butterfly at Fort McCoy, Wisconsin, USA. *Environmental Management*, 29:102-115.
- Soderstrom, B.O., Svensson, B., Vessby, K. & Glimskar, A. 2001. Plants, insects and birds in semi-natural pastures in relation to local habitat and landscape factors. *Biodiversity and Conservation*, 10:1839-1863.
- Sparks, T.H. & Yates, T.J. 1997. The effect of spring temperature on the appearance dates of British butterflies 1883-1993. *Ecography*, 20:368-374.

- Stanton, M.L. 1982. Searching in a patchy environment: Foodplant selection by *Colias P. Eriphyle* butterflies. *Ecology*, 63: 839-853.
- Steffan-Dewenter, I. & Tschardtke, T. 1996. Early succession of butterfly and plant communities on set-aside fields. *Oecologia*, 109:294-302.
- Steffan-Dewenter, I. & Tschardtke, T. 2002. Insect communities and biotic interactions on fragmented calcareous grasslands---a mini review. *Biological Conservation*, 104:275-284.
- Stefanescu, C., Herrando, S. & Paramo, F. 2004. Butterfly species richness in the north-west Mediterranean basin: the role of natural and human-induced factors. *Journal of Biogeography*, 31:905.
- Stefanescu, C., Penuelas, J. & Filella, I. 2005. Butterflies highlight the conservation value of hay meadows highly threatened by land-use changes in a protected Mediterranean area. *Biological Conservation*, 126:234-246.
- Storch, D., Konvicka, M., Benes, J., Martinkova, J. & Gaston, K.J. 2003. Distribution patterns in butterflies and birds of the Czech Republic: separating effects of habitat and geographical position. *Journal of Biogeography*, 30:1195-1205.
- Stork, N.E., Srivastava, D.S., Watt, A.D. & Larsen, T.B. 2003. Butterfly diversity and silvicultural practice in lowland rainforests of Cameroon. *Biodiversity and Conservation*, 12:387-410.
- Sutcliffe, O.L., Thomas, C.D. & Moss, D. 1996. Spatial synchrony and asynchrony in butterfly population dynamics. *Journal of Animal Ecology*, 65:85-95.
- Swengel, A.B. 1996. Effects of fire and hay management on abundance of prairie butterflies. *Biological Conservation*, 76:73-85.
- Swengel, A.B. 1998. Effects of management on butterfly abundance in tallgrass prairie and pine barrens. *Biological Conservation*, 83:77-89.
- Swengel, S.R. & Swengel, A.B. 1999. Correlations in abundance of grassland songbirds and prairie butterflies. *Biological Conservation*, 90:1-11.
- Ter Braak, C.F.J. & Prentice, I.C. 1988. A theory of gradient analysis. *Advances in Ecological Studies*, 18:271-314.
- Tews, J., Brose, U., Grimm, V., Tielborger, K., Wichmann, M.C., Schwager, M. & Jeltsch, F. 2004. Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity: the importance of keystone structures. *Journal of Biogeography*, 31:79-92.
- Thomas, B.E. 1996. *Attracting birds and butterflies: How to plan a backyard habitat*. Boston: Houghton Mifflin Co.
- Thomas, C.D. & Mallorie, H.C. 1985. Rarity, species richness and conservation: butterflies of the atlas mountains in Morocco. *Biological Conservation*, 33: 95-117.
- Thomas, C. D. & Singer, M. C. 1987. Variation in host preference affects movement patterns within a butterfly population. *Ecology*, 68: 1262-1267.
- Thomas, C.D. & Harrison, S. 1992. Spatial dynamics of a patchily distributed butterfly species. *Journal of Animal Ecology*, 61:437-446.
- Thomas, J.A., Telfer, M.G., Roy, D.B., Preston, C.D., Greenwood, J.J.D., Asher, J., Fox, R., Clarke, R.T. & Lawton, J.H. 2004. Comparative losses of British butterflies, birds, and plants and the global extinction crisis. *Science*, 303:1879-1881.
- Thomas, J.A. 2005. Monitoring change in the abundance and distribution of insects using butterflies and other indicator groups. *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences*, 360:339-357.

- Tillberg, C.V. & Breed, M.D. 2004. Co-extinctions of tropical butterflies and their hostplants. *Biotropica*, 36:272-274.
- Trewartha, G. T., Robinson, A. H., Hammond, E. H. 1968. Fundamentals of physical geography, pp 102-111.
- Tudor, O., Dennis, R.L.H., Greatorex-Davies, J.N. & Sparks, T.H. 2004. Flowering preferences of woodland butterflies in the UK: nectaring specialists are species of conservation concern. *Biological Conservation*, 119:397-403.
- Valtonen, A. & Saarinen, K. 2005. A highway intersection as an alternative habitat for a meadow butterfly: Effect of mowing, habitat geometry and roads on the ringlet (*Aphantopus hyperantus*). *Annales Zoologica Fennici*, 42:545-556.
- Valtonen, A., Saarinen, K. & Jantunen, J. 2005. Intersection reservations as habitats for meadow butterflies and diurnal moths: Guidelines for planning and management. *Landscape and Urban Planning*, 1322:1-9.
- Van Dyck, H., Matthysen, E. & Dhondt, A.A. 1997. The effects of wing colour on male behavioural strategies in the speckled wood butterfly. *Animal Behaviour*, 53:39-51.
- Vandenbosch, R. 2003. Fluctuations of *Vanessa cardui* butterfly abundance with El Nino and Pacific decadal oscillation climatic variables. *Global Change Biology*, 9:785.
- Vitousek, P.M. 1994. Beyond global warming: Ecology and global change. *Ecology*, 75:1861-1876.
- Wallis DeVries, M.F. & Raemakers, I. 2001. Does extensive grazing benefit butterflies in coastal dunes. *Restoration Ecology*, 9:179-188.
- Wallis DeVries, M.F., Poschlod, P. & Willems, J.H. 2002. Challenges for the conservation of calcareous grasslands in northwestern Europe: integrating the requirements of flora and fauna. *Biological Conservation*, 104:265-273.
- Wallis DeVries, M.F. 2004. A quantitative conservation approach for the endangered butterfly *Maculinea alcon*. *Conservation Biology*, 18:489-499.
- Walther, B.A. & Moore, J.L. 2005. The concepts of bias, precision and accuracy, and their use in testing the performance of species richness estimators, with a literature review of estimator performance. *Ecography*, 28:815-829.
- Waltz, A.E.M. & Covington, W.W. 2004. Ecological restoration treatments increase butterfly richness and abundance: Mechanisms of response. *Restoration Ecology*, 12:85.
- Warren, M.S., Hill, J.K., Thomas, J.A., Ascher, J., Fox, R., Huntley, B., Roy, D.B., Telfer, M.G., Jeffcoate, G., Willis, S.G., Greatorex-Davies, J.N., Moss, D. & Thomas, C.D. 2001. Rapid responses of British butterflies to opposing forces of climate and habitat change. *Nature*, 414:65-69.
- Warren, M.S. 1992. The conservation of British butterflies in The ecology of Butterflies in Britain. Oxford University Press, N.Y. 246-274.
- Weeks, J.A. 2003. Parasitism and ant protection alter the survival of the lycaenid *Hemiargus isola*. *Ecological Entomology*, 28:228-232.
- Weibull, A.C. & Ostman, O. 2002. Species composition in agroecosystems: The effect of landscape, habitat, and farm management. *Basic and Applied Ecology*, 4:349-361.
- Weiss M. R. 1997. Innate colour preferences and flexible colour learning in the pipevine swallowtail. *Animal Behaviour*, 53: 1043-1052.
- Weiss, M. R. & Papaj, D. R. 2003. Colour learning in two behavioural contexts: how much can a butterfly keep in mind? *Animal Behaviour*, 65: 425-434.

- Weiss, S.B. 1999. Cars, cows, and checkerspot butterflies: Nitrogen deposition and management of nutrient-poor grasslands for a threatened species. *Conservation Biology*, 13: 1476-1486.
- Wettstein, W. & Schmid, B. 1999. Conservation of arthropod diversity in montane wetlands: effect of altitude, habitat quality and habitat fragmentation on butterflies and grasshoppers. *Journal of Applied Ecology*, 36:363-373.
- Wilcox, B.A. Murphy, D.D. Ehrlich, P.R. & Austin, G.T. 1986. Insular biogeography of the montane butterfly faunas in the Great Basin: comparison with birds and mammals. *Oecologia*, 69:188-194.
- Zschokke, S., Dolt, C., Rusterholz, H., Oggier, P., Braschler, B., Thommen, G.H., Ludin, E., Erhardt, A. & Baur, B. 2000. Short-term responses of plants and invertebrates to experimental small-scale grassland fragmentation. *Oecologia*, 125:559-572.

פרק 9: נספחים

נספח 9.1: משפחות פרפרי היום בישראל

משפחת הציבעוניים (Papilionidae) – כשם כן הם - ציבעוניים, רבים מבני משפחה זו עוטים צבעים מרהיבים. לרוב נכללים בצבעיהם: אדום, צהוב ושחור המשמשים לאזהרת הטורפים מפני רעילותם של הפרפרים. הציבעוניים נפוצים בכל העולם ובארץ ישנם 8 מינים, הם פרפרים גדולים יחסית ולרבים מהם יש בכנפיים האחוריות תוספת מוארכת דמוית זנב הדומה לזנב ציפור הסנונית. לזחלים בלוטה בצורת מזלג הנשלפת מהחזה הקדמי כלפי מעלה (Osmaterium) וממנה מתזז הזחל חומר דוחה כלפי טורף המאיים עליו (בנימיני, א2002). לזחלים צעירים בחלק ממיני הצבעוניים צורה וצבע המדמים לשלשת של ציפורים ולזחלים הבוגרים צבעי אזהרה בולטים (Brock & Kaufman, 2003). הזחלים של המינים הקיימים בארץ ניזונים מצמחים פונדקאים ממשפחות הספלוליים, העשנניים, הפיגמיים, הסוככיים והורדניים. ברמת הנדיב יש שני מינים ממשפחה זו שזחליהם ניזונים מצמחים רעילים לבקר (זנב סנונית נאה הניזון ממיני ספלול וצבעוני שקוף הניזון מפיגם מצוי). בקורסיקה וסרדיניה נחקר מין זנב סנונית אנדמי ומוגן. נמצא שלפרפר שלושה פונדקאים: מין פיגם (פיגמיים), מין כלך ומין שומר (סוככיים) שכולם רעילים ומותאמים לשטחים פתוחים שמתקיימת בהן פעילות מסורתית של רעייה כבדה ושריפות מבוקרות.

משפחת הלבניניים (Pieridae) – נפוצה ברחבי העולם ובארץ מיוצגת על ידי 26 מינים. כנפיהם של מיני לבניניים רבים לבנות ובמינים אחרים הן צהובות או כתומות. לרוב משורטט עליהן דגם של נקודות, עורקים, כתמים ושוליים שחורים. לחלק מהמינים דו-פרצופיות מינית וצבעי הזכרים עזים יותר משל הנקבות (בנימיני, א2002). הזחלים ניזונים לרוב מפונדקאים המשתייכים למשפחת המצליבים, הצלפיים והריכפתנים המכילים גלוקוזינולטים (Glucosinolate). הבוגרים נחשבים אף הם רעילים ומשמשים מודל חיקוי למינים "טעימים" הניזונים מצמחים שאינם רעילים (בנימיני, א2002). ממשפחה זו יש ברמת הנדיב מינים דוגמת לבנין הכרוב המקים מידי שנה מספר דורות רב בזכות הצלף הקוצני המוריק בקיץ ומהווה פונדקאי עבורו ובזכות פונדקאים הגדלים בגינות הנוי, כגון: כובע הנזיר, כרוב הנוי וצמחים תרבותיים נוספים המשמשים פונדקאים לזחלים גם בעונות הקיץ והסתיו בהן לא גדלים פונדקאי הבר ממשפחת המצליבים.

משפחת הדנאיתיים (Nymphalidae) - נפוצה באזורים טרופיים ובישראל יש לה נציג יחיד, דנאית תפוח סדום הנודדת ומגיעה אלינו באביב (בנימיני, א2002). הדנאיתיים הם פרפרים גדולים יחסית ובעלי צבעי אזהרה בולטים הכוללים דגמים כתומים ונקודות לבנות על רקע שחור. לא לחינם עוטים מיני הדנאית צבעי הזהרה שכן הם רעילים מאוד ובעלי טעם דוחה. מחקרים הראו שציפורים "טעמו" דנאית, מיד שחררו אותה בשל הטעם הדוחה ולאחר מכן התעלמו מהדנאיות כמו גם ממיני פרפרים אחרים המחקים אותן בדגם וצבעי הכנפיים (Brock & Kaufman, 2003). ביצי הדנאיות מוטלות לרוב על גבי צמחים פונדקאים ממשפחת האקסיליפיים המשמשים מזון

לזחלים. הזחלים בדומה לבוגרים עוטים צבעי אזהרה בולטים המלמדים על רעילותם. לדנאית תפוח סדום אין פונדקאים ברמת הנדיב ובכל זאת בעת הנדידה עוצרים הפרפרים בשטחי רמת הנדיב למצוץ צוף מהפרחים.

משפחת הנימפיתיים (Nymphalidae) - נפוצה בכל רחבי תבל ובארץ מונה 22 מינים. למינים רבים ממשפחה זו תעופה מהירה ויכולת לעוף למרחקים. צידן העליון של כנפיי הנימפיתיים צבעוני ואילו צידן התחתון על פי רוב בעל צבעי הסוואה. הנימפיות לרוב אינן רעילות וההסוואה מסייעת להן לחמוק מאויביהם (בנימיני, א2002). לחלק מהמינים מספר רב של מיני פונדקאים ולאחרים מספר פונדקאים מצומצם. ברמת הנדיב נצפו עד עתה 5 מינים שונים מאוד זה מזה, ביניהם המין הנודד נימפית החורשף הנחשב לנפוץ ביותר בעולם מבין פרפרי היום והמין נימפית הבוצין הנראה כמעט רק בסביבתו הקרובה של הפונדקאי שלו – בוצין מפורץ. לפי מחקרים רבים הנימפיות מאוד מושפעות מרעייה ורעייה חזקה מידי או העדר רעייה יזיקו להן (Konvicka et al., 2003; Feber et al., 2001; Weiss, 1999; Munguira et al., 1997; Pollard & Cooke, 1994; Kunte, 1977)

משפחת הסטיריתיים (Satyridae) – נפוצה בכל רחבי תבל ובארץ מונה 16 מינים. למיני סטירית רבים מעוף מרפרף, חלש והם יורדים לעיתים קרובות למנוחה בצל עצים, סלעים וחורבות (בנימיני, א2002). לכנפיהם בדרך כלל צבע שחור-חום, חום-כתום או חום-צהבהב ולפחות על צידן האחד ישנם ציורי "עיניים" המדמות עיני זוחלים וציפורים להרתעת טורפים. הזחלים מוסווים וניזונים מעלי הדגניים בעיקר בלילה (בנימיני, א2002). ברמת הנדיב נצפו עד עתה 6 מינים, אצל חלקם שוהות הנקבות תדיר בחורשות במהלך האסטיבציה בקיץ בהמתנה להטלה על מיני דגניים הנובטים או מתחדשים בסתיו לאחר הגשמים הראשונים.

משפחת הכחליליים (Lycaenidae) – משפחת פרפרי היום הגדולה ביותר גם בעולם וגם בישראל, בה יש לה 45 נציגים. גודלם של הכחלילים בינוני או קטן והם נחשבים לננסים שבפרפרי היום. ברוב המינים יש דו-פרצופיות מינית כאשר הזכר בחלק מהמינים כחול מתכתי, במינים אחרים נחושתי ולעיתים רחוקות חום ואילו צבע הנקבות לרוב חום, ולעיתים רחוקות נחושתי או כחול (בנימיני, א2002). בקצות הכנפיים האחוריות יש לחלק מהכחלילים "זנבות" עדינים המדמים מחושים ונקודות המדמות עיניים. לעיתים קרובות ניתן לראות שקצה הכנף נחתך על ידי טורף (לטאה, ציפור) שטעה בניסיון לתפוס את הכחליל מצד ראשו המדומה. הפונדקאים בדרך כלל אינם רעילים ורובם שייכים לסידרת הקיטניות. את חלקם של מיני הכחלילים משמשים פונדקאים ספורים ולמינים האחרים קשת רחבה מאוד של פונדקאים (Fielder, 1996). הזחלים של מרבית המינים הם "אוהבי נמלים" (מירמקופיליים) ומצוידים בזוג בלוטות מהן הם מפרישים טל-דבש מזין לנמלים המגנות עליהם מפני טורפים ומפני צרעות וזבובים טפיליים. לקראת ההתגלמות מובילות הנמלים את הזחלים לקן שלהן. בקן הם מתגלמים ונשמרים על ידי הנמלים עד למועד הגחתם של הפרפרים הבוגרים, אשר מגיחים ומתעופפים החוצה מהקן (Fielder, 1989). ברמת הנדיב נצפו עד עתה 15 מיני כחלילים. חלקם זנחו כמעט לחלוטין את הפונדקאים בצמחיית הבר ואימצו פונדקאים מקרב צמחי התרבות, הצמחים הפולשים וצמחי השטחים המופרעים. לפי מחקרים רבים הכחלילים מספקים אינדיקציה טובה לעוצמת הרעייה (Kunte, 1977; Bachelard & Descimon, 1999; Hoettinger et al., 2003; Ellis, 2003; Griebeler &

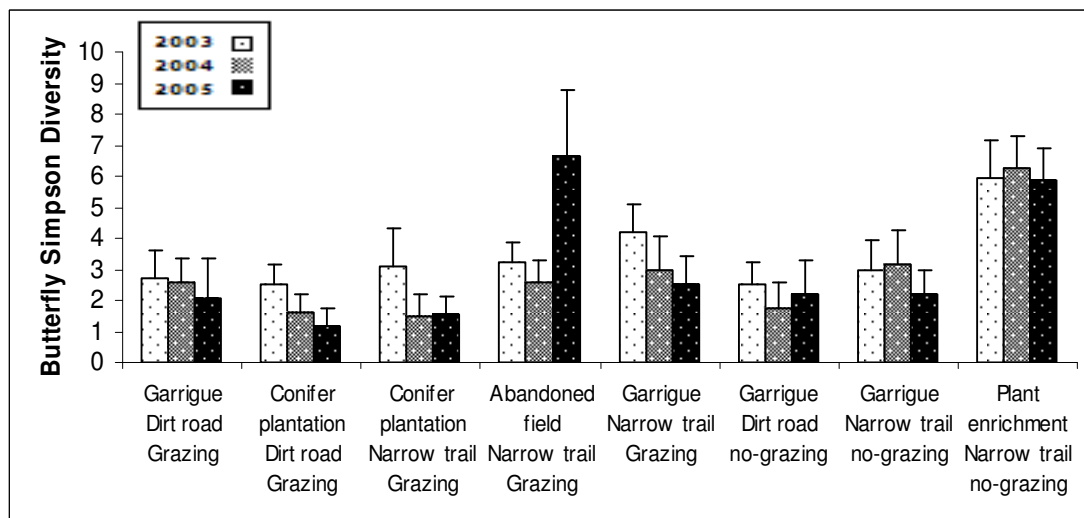
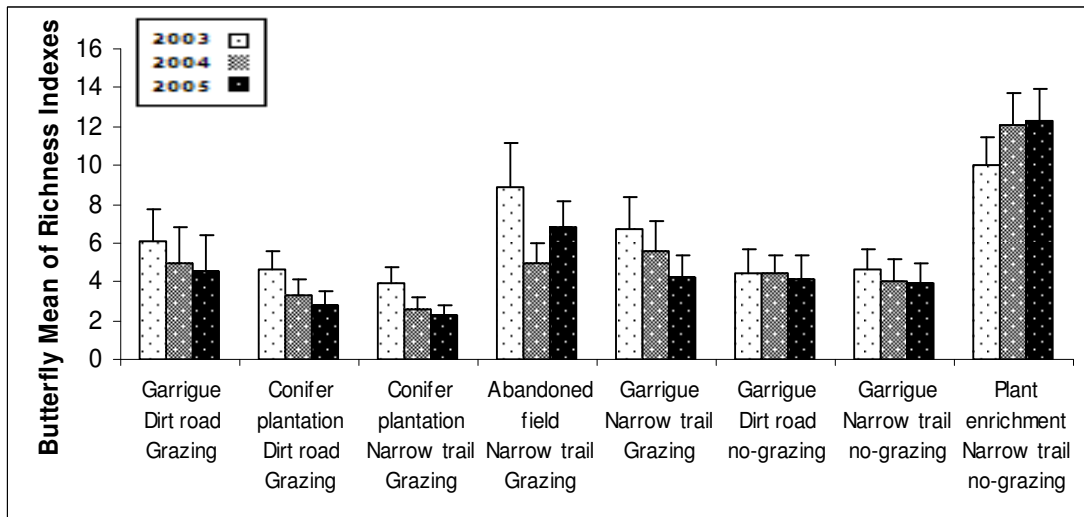
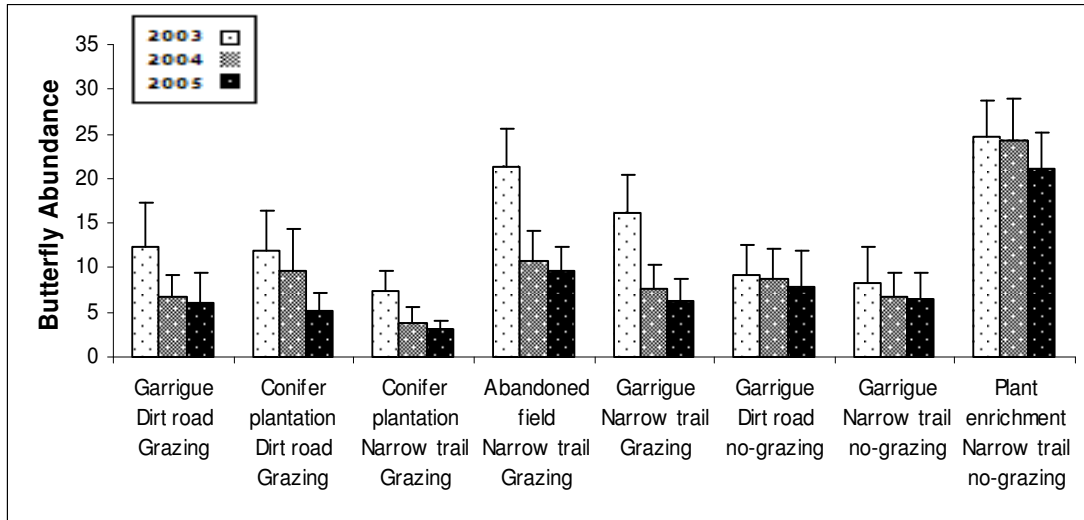
להם דרוש בית גידול פתוח יחסית (Griebeler & seitz, 2002). (Seitz, 2002; WallisDe Vries, 2004; בשל תלותם בפונדקאים עשבוניים ו/או נמלים מטפלות

משפחת ההספרייתיים (Hesperiidae) – מיוצגת בכל העולם אך מרבית המינים הם טרופיים, בישראל מונה 23 מינים. בני משפחה זו קטנים יחסית, מתאפיינים בגוף שמנמן, ראש רחב והם שונים משאר פרפרי היום בכך שקצות מחושיהם מכופפים כקרס (בנימיני, א2002). להספריות צבעי הסוואה בגווני צהוב, חום, אפור ושחור ומיני הספרית רבים מתאפיינים במעוף מהיר קרוב לפני הקרקע. על הפונדקאים של מיני ההספריות בארץ נימנים מינים ממשפחות החלמיתיים, הורדניים, השיפתניים, החבלבליים ומיני דגניים רבים. זחלי ההספריות יוצרים נרתיק מעלה הפונדקאי ממנו הם ניזונים ובתוך הנרתיק הם גם מתגלמים (בנימיני, א2002). ברמת הנדיב נצפו עד עתה 7 מיני הספרית ולארבעה מהם פונדקאים ממשפחת הדגניים.

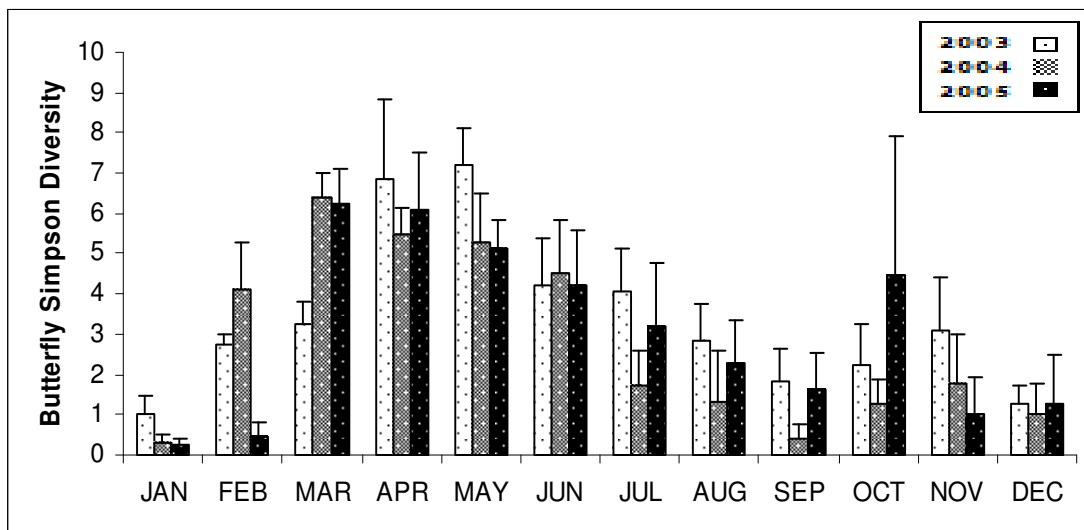
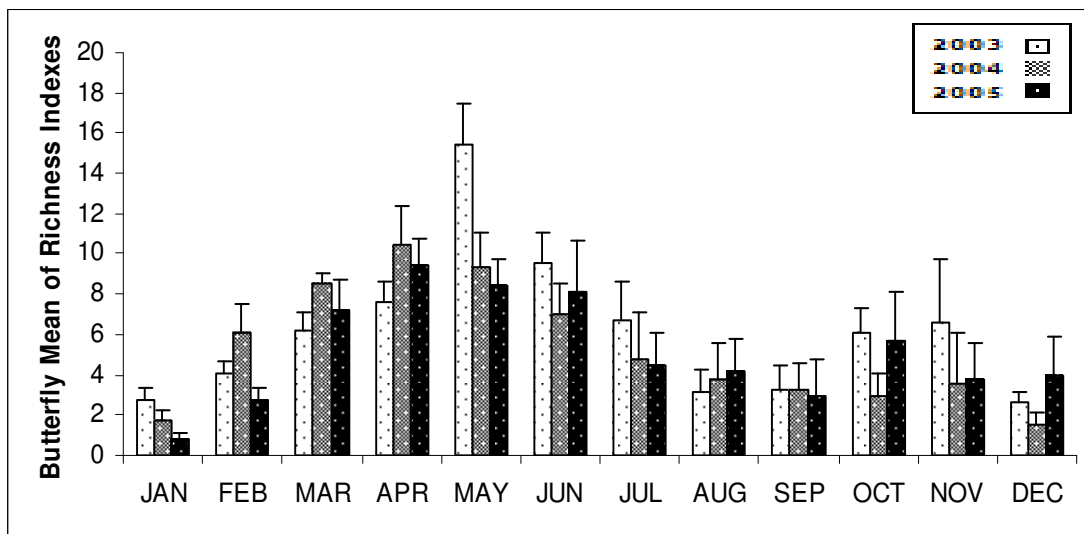
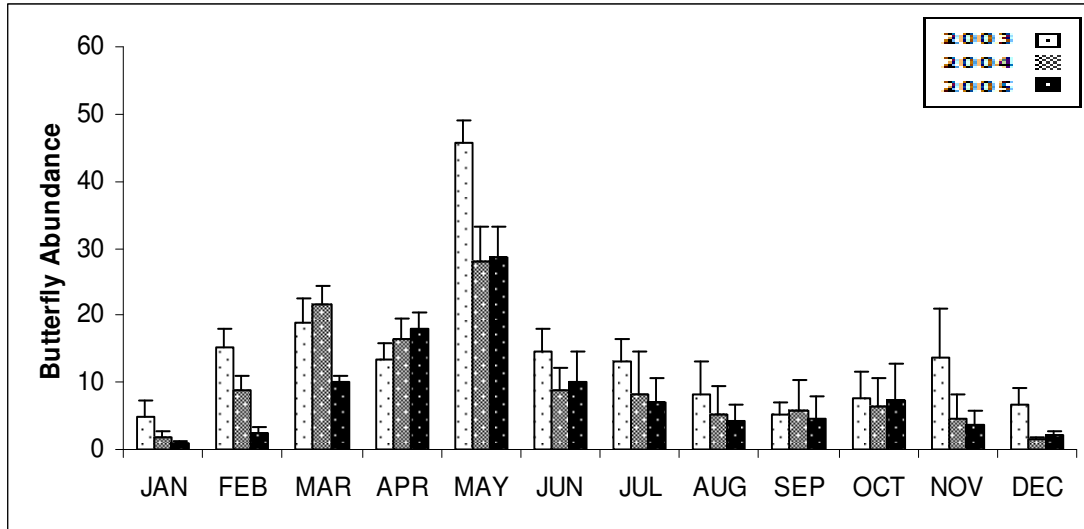
נספח 9.2: רשימת מצאי פרפרי היום ברמת הנדיב, לכל מין ניתן קוד בו השתמשתי ברישום ובאנליזה הסטטיסטית.

Butterfly Species	Family	משפחה	מין הפרפר	קוד	מס"
<i>Archon apollinus bellargus</i>	Papilionidae	צבעוניים	צבעוני שקוף	צשק	1
<i>Ppilio machaon syriacus</i>			זנב סמונית נאה	זסנ	2
<i>Anthocharis cardamines phoenissa</i>	Pieridae	לבניניים	לבנין כתום כנף	לכת	3
<i>Pieris brassicae catoleuca</i>			לבנין הכרוב	לכר	4
<i>Artogeia rapae leucosoma</i>			לבנין הצמון	לצנ	5
<i>Euchloe belemia belemia</i>			לבנין ירוק פסים	ליר	6
<i>Colias croceus</i>			לבנין התלתן	לתל	7
<i>Gonepteryx cleopatra taurica</i>			לבנין האשחר	לאש	8
<i>Pontia daplidice daplidice</i>			לבנין הרכפה	לרכ	9
<i>Madais fausta fausta</i>			לבנין הצלף	לצל	10
<i>Anaphaeis aurota</i>			לבנין משיש	למש	11
<i>Danaus chrysippus chrysippus</i>	Danaiidae	דנאיתיים	דנאית תפוח סדום	דתפ	12
<i>Vanessa cardui cardui</i>	Nymphalidae	נימפיתיים	נמפית החורשף	נחו	13
<i>Vanessa atalanta</i>			נמפית הסרפד	נסר	14
<i>Melitaea phoebe telona</i>			נמפית הדרדר	נדר	15
<i>Melitaea trivialis syriaca</i>			נמפית הבוצין	נבו	16
<i>Limenitis reducta schiffmueller</i>			נמפית היערה	ניע	17
<i>Ypthima asteropa</i>	Satyridae	סטיריתיים	סטירית הטבעת	סטב	18
<i>Maniola telmessia telmessia</i>			סטירית פקוחה	ספק	19
<i>Lasiommata maera orientalis</i>			סטירית היבלית	סיב	20
<i>Melanargia titea titania</i>			סטירית משישת	סמש	21
<i>Hipparchia pisidice</i>			סטירית סיני	ססי	22
<i>Hipparchia fatua sichaea</i>			סטירית עמומה	סעמ	23
<i>Pseudophilotes vicrama astabene</i>	Lycaenidae	כחיליים	כחליל האזוב	כאז	24
<i>Syntarucus prithous</i>			כחליל האספסת	כאס	25
<i>Lampidies boeticus</i>			כחליל האפון	כאפ	26
<i>Lycaena phlaeas timeus</i>			כחליל הארכובית	כאר	27
<i>Strymonidia spini melantho</i>			כחליל האשחר	כאש	28
<i>Tarucus balkanicus</i>			כחליל הבלקן	כבל	29
<i>Aricia agestis agestis</i>			כחליל הגרניון	כגר	30
<i>Lycaena thersamon omphale</i>			כחליל החומעה	כחו	31
<i>Azonus jesus</i>			כחליל הינבוט	כינ	32
<i>Polyommatus icarus zelleri</i>			כחליל השברק	כשב	33
<i>Zizeeria karsandra karsandra</i>			כחליל הקוטב	כקו	34
<i>Chilades galba</i>			כחליל הקטנית	כקט	35
<i>Deudorix livia</i>			כחליל הרימון	כרי	36
<i>Apharitis acamas acamas</i>			כחליל מנמר	כמנ	37
<i>Freyeria trochylus trochylus</i>			כחליל מקושט	כמק	38
<i>Spialia orbifer hilaris</i>	Hesperiidae	הספריתיים	הספרית הפטל	הפט	39
<i>Carcharodus alceae alceae</i>			הספרית החלמית	החל	40
<i>Thymelicus hyrax hyrax</i>			הספרית נחושית	הנח	41
<i>Pelopidas thrax thrax</i>			הספרית הדוחן	הדו	42
<i>Carcharodus stauderi ambigua</i>			הספרית הבלוטה	הבל	43
<i>Thymelicus acteon phoenix</i>			הספרית השעורה	השע	44
<i>Gegenes gambica</i>			הספרית שחורה	השח	45

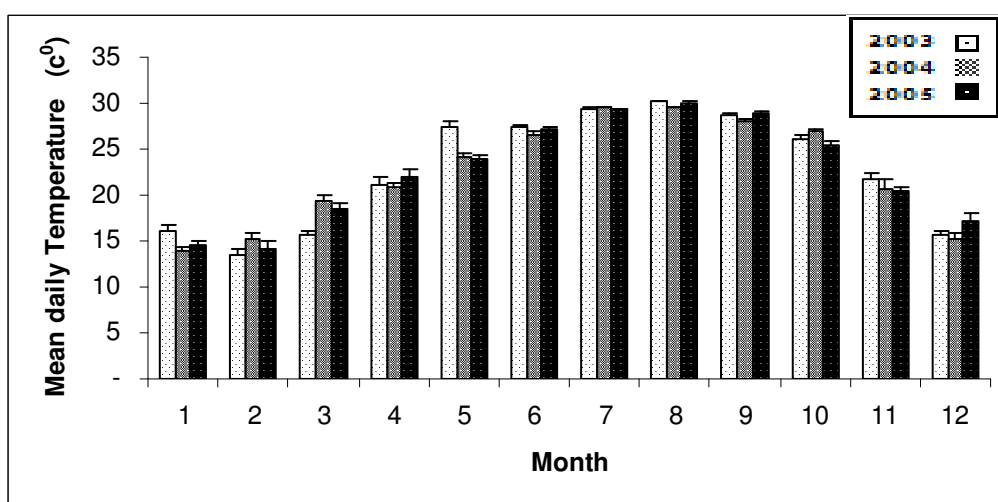
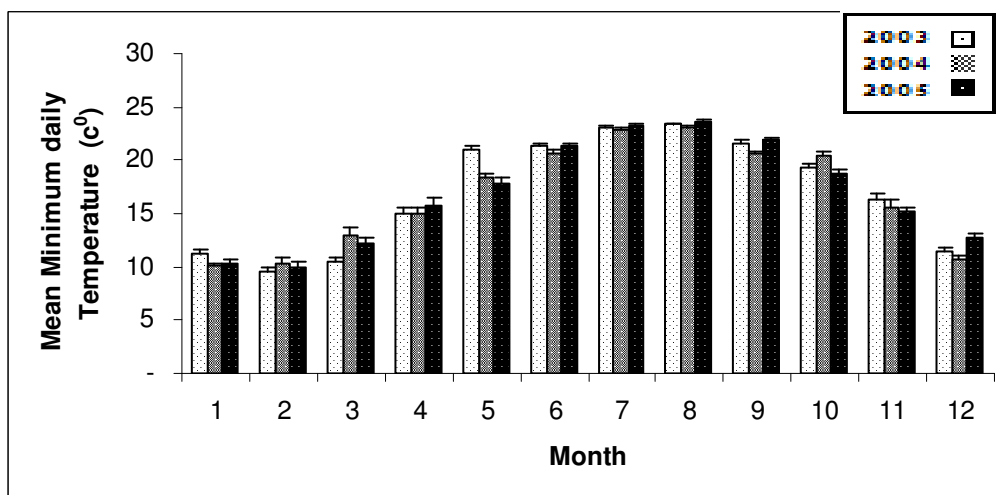
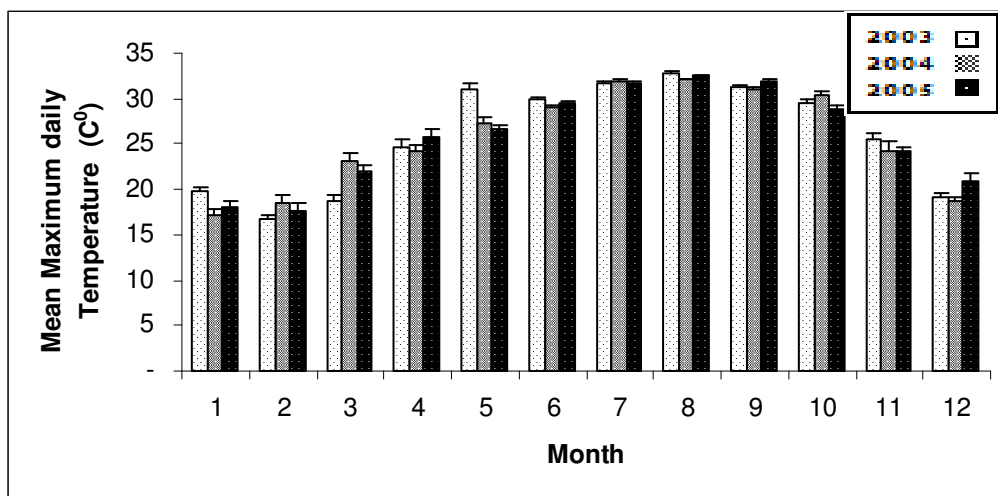
נספח 9.3: שפע, עושר ומגוון הפרפרים בשמונת בתי הגידול הנבדקים בשנים 2003-05 (ממוצע + סטיית תקן לחתך בבלוק בבית גידול).

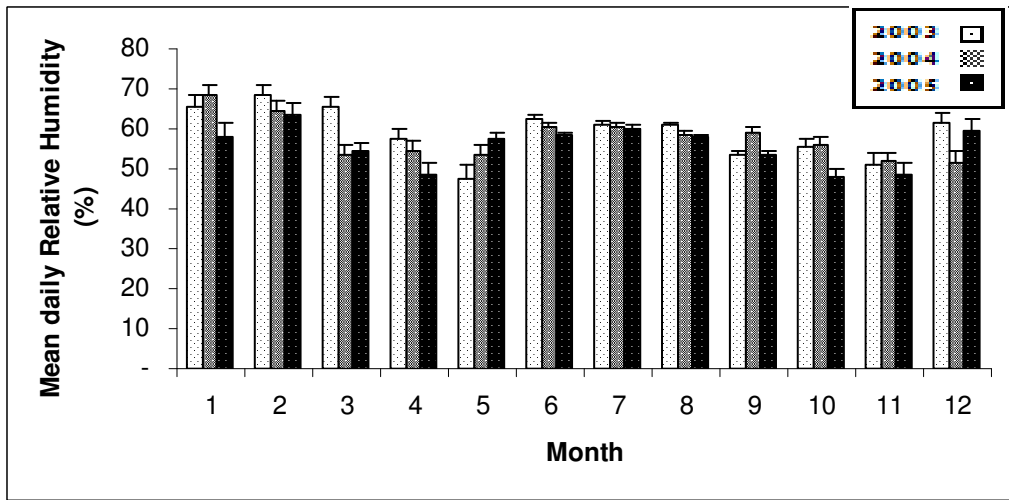
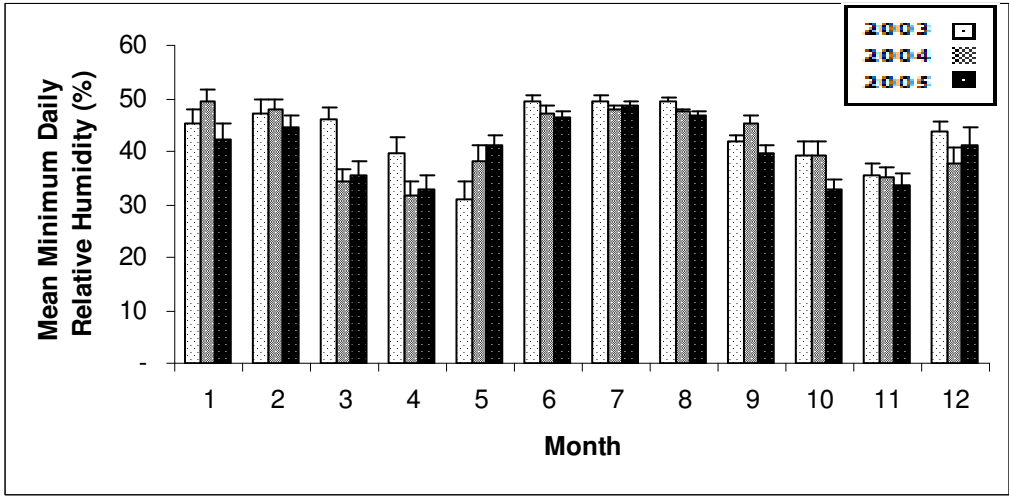
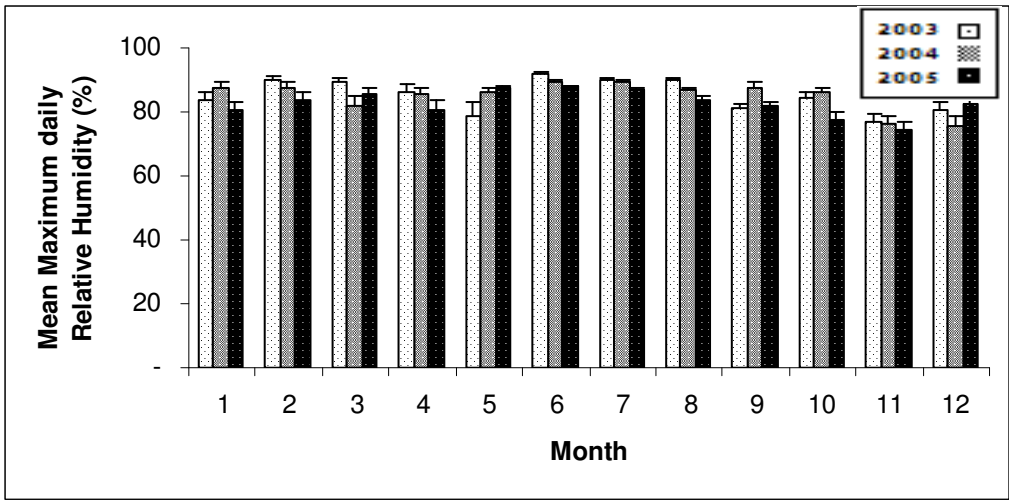


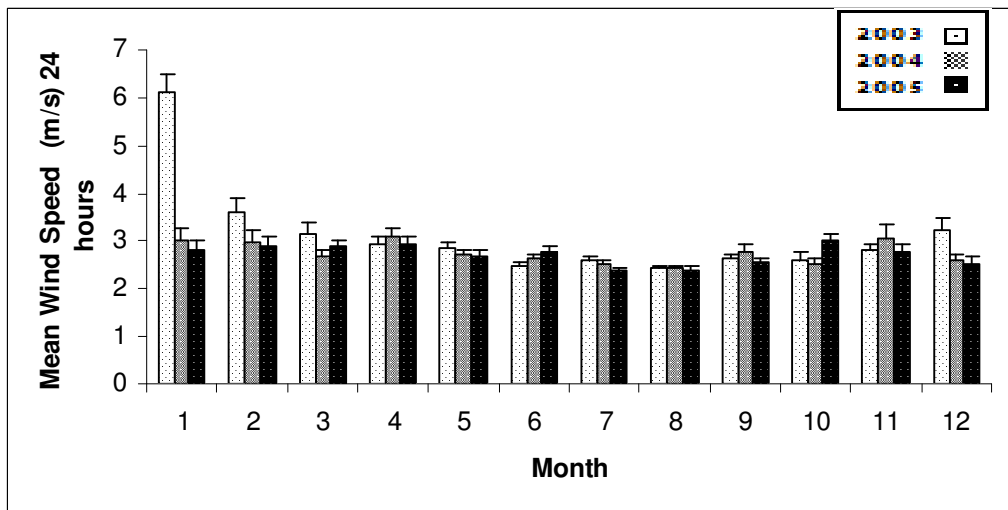
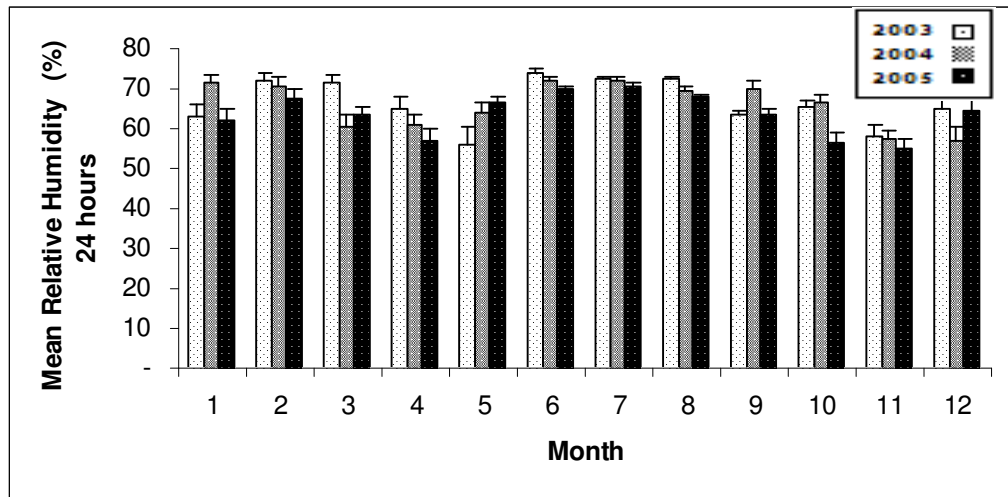
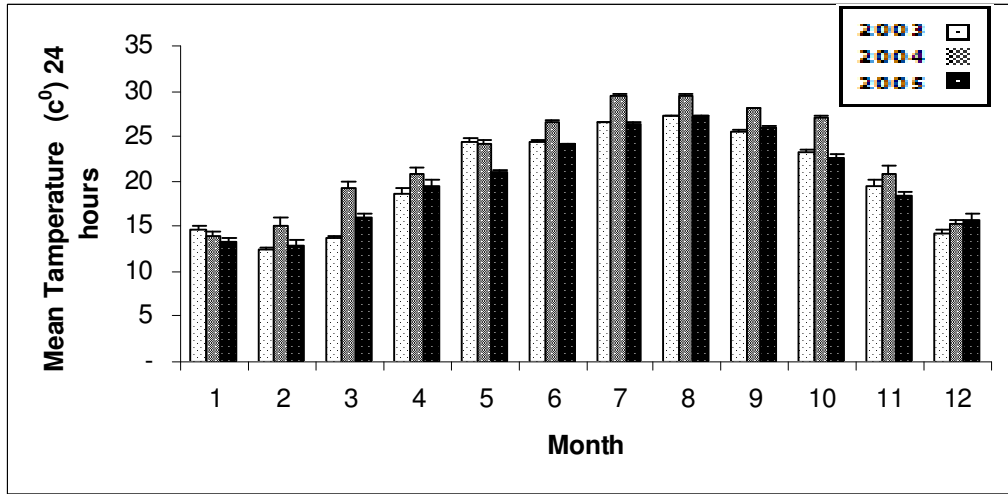
נספח 9.4: שפע, עושר ומגוון הפרפרים בכל חודשי השנה (ממוצע תלת שנתי + שגיאת תקן לתוך בבלוק בחודש).

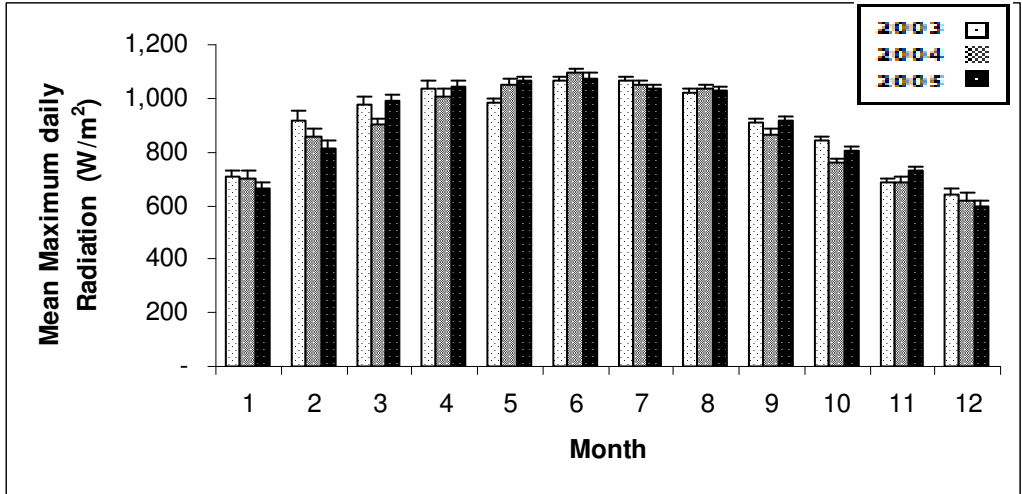
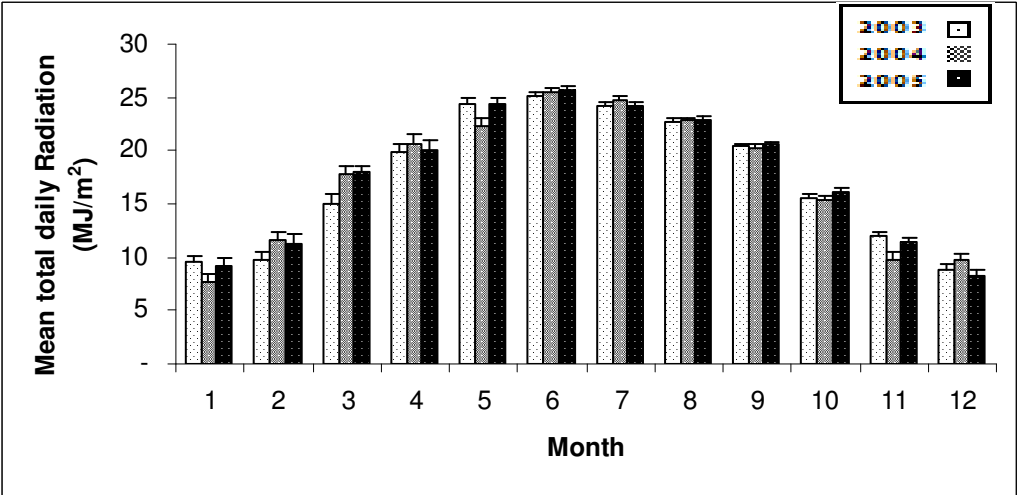
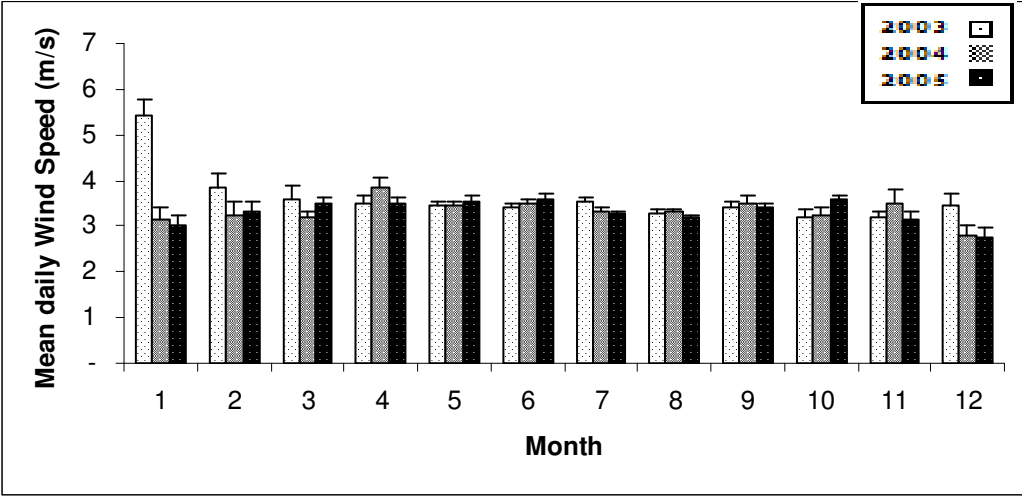


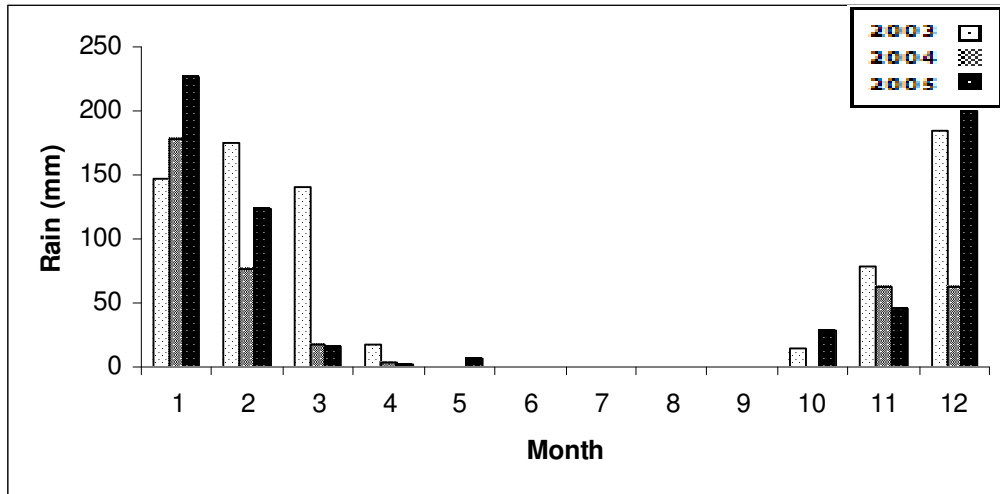
נספח 9.5: תוצאות תלת שנתיות (2003-2005) של משתני האקלים בכל חודשי השנה (ממוצע + שגיאת תקן לחתך בבלוק בחודש).











נספח 9.6: תוצאות מבחני רגרסיה רבת משתנים לבחינת הגורמים האקלימיים המשפיעים על מדדי המגוון, העושר ושפע הפרפרים בבתי הגידול בשנים 2003-05.

9.6.1: כולל בית גידול 8

Dependent Variable	Year	R ² (%)	df	F	P	Independent Variable	Value coefficient	S.E. coeff.	P
Butterfly Simpson Diversity	2003	12.9	2	6.87	<0.05	Constant	0.044	3.652	0.99
						Maximum radiation	0.011	0.003	0.001
						Minimum daily RH	-0.155	0.077	0.047
Butterfly Simpson Diversity	2004	37.3	3	18.27	<0.001	Constant	2.635	2.242	0.243
						Maximum radiation	0.014	0.002	<0.001
						Minimum daily RH	-0.173	0.046	<0.001
Butterfly Simpson Diversity	2005	17.1	1	19.42	<0.001	Constant	-4.063	1.73	0.021
						Maximum radiation	0.008	0.002	<0.001
						Minimum daily temp	-0.308	0.074	<0.001
Butterfly Mean of Richness Indexes	2003	14	2	7.55	0.001	Constant	3.249	4.352	0.457
						Maximum radiation	0.013	0.004	0.001
						Minimum daily RH	-0.226	0.029	0.015
Butterfly Mean of Richness Indexes	2004	30.1	3	13.21	<0.001	Constant	2.87	3.693	0.439
						Maximum radiation	0.02	0.004	<0.001
						Minimum daily RH	-0.243	0.076	0.002
Butterfly Mean of Richness Indexes	2005	17.2	1	19.53	<0.001	Constant	-23.883	6.819	0.001
						Mean daily wind	9.054	2.049	<0.001
						Minimum daily temp	-0.321	0.122	0.01
Butterfly Abundance	2003	39.3	2	30.09	<0.001	Constant	19.82	7.864	0.013
						Minimum daily RH	-1.077	0.166	<0.001
						Maximum radiation	0.038	0.006	<0.001
Butterfly Abundance	2004	28.1	3	11.97	<0.001	Constant	10.22	9.287	0.274
						Minimum daily RH	-0.702	0.191	<0.001
						Maximum radiation	0.044	0.009	<0.001
Butterfly Abundance	2005	19.2	2	11.04	<0.001	Constant	-12.387	7.573	0.105
						Maximum radiation	0.049	0.011	<0.001
						Minimum daily temp	-1.076	0.362	0.004

9.6.2: ללא בית גידול 8

Dependent Variable	Year	R ² (%)	df	F	P	Independent Variable	Value coefficient	S.E coeff.	P
Butterfly Simpson Diversity	2003	7.4	1	6.57	<0.05	Constant	-4.642	2.872	0.11
						Maximum radiation	0.008	0.003	0.012
Butterfly Simpson Diversity	2004	54	3	31.04	<0.001	Constant	2.148	1.821	0.242
						Maximum radiation	0.015	0.002	<0.001
						Minimum daily temp	-0.389	0.06	<0.001
						Minimum daily RH	-0.16	0.037	<0.001
Butterfly Simpson Diversity	2005	20	1	20.45	<0.001	Constant	-4.317	1.66	0.011
						Maximum radiation	0.008	0.002	<0.001
Butterfly Mean of Richness Indexes	2003	30	3	11.15	<0.001	Constant	4.401	3.491	0.211
						Maximum radiation	0.018	0.003	<0.001
						Minimum daily RH	-0.286	0.074	<0.001
						Minimum daily temp	-0.269	0.094	0.005
Butterfly Mean of Richness Indexes	2004	57	3	35.35	<0.001	Constant	3.191	2.559	0.216
						Maximum radiation	0.023	0.003	<0.001
						Minimum daily RH	-0.261	0.053	<0.001
						Minimum daily temp	-0.498	0.085	<0.001
Butterfly Mean of Richness Indexes	2005	20	1	20.85	<0.001	Constant	-25.951	6.932	<0.001
						Mean daily wind	9.511	2.083	<0.001
Butterfly Abundance	2003	62	3	44.18	<0.001	Constant	31.464	6.129	<0.001
						Minimum daily RH	-1.275	0.125	<0.001
						Maximum radiation	0.048	0.006	<0.001
						Maximum daily temp	-0.532	0.136	<0.001
Butterfly Abundance	2004	54	3	31.69	<0.001	Constant	24.584	6.83	0.001
						Minimum daily RH	-0.891	0.137	<0.001
						Maximum radiation	0.0518	0.007	<0.001
						Maximum daily temp	-0.997	0.197	<0.001
Butterfly Abundance	2005	31	2	17.75	<0.001	Constant	-154.8	30.16	<0.001
						Minimum daily RH	-1.439	0.332	<0.001
						Maximum daily RH	2.726	0.458	<0.001

נספח 9.7: גורמי האקלים המשפיעים (+) וגורמי האקלים שאינם משפיעים (-) על מדדי מגוון, עושר ושפע הפרפרים בכלל בתי הגידול ובכל בתי הגידול מלבד ההעשרה בשנים 2003-05 לפי תוצאות מבחני רגרסיה רבת משתנים. השפעה מעטה - ,+ השפעה רבה - +++.

9.7.1: כולל בית גידול 8

Factor	Butterfly Simpson Diversity 2003	Butterfly Simpson Diversity 2004	Butterfly Simpson Diversity 2005	Butterfly Mean of Richness Indexes 2003	Butterfly Mean of Richness Indexes 2004
Maximum daily temperature (C°)	-	-	-	-	-
Minimum daily temperature (C°)	-	+	-	-	-
Mean daily temperature (C°)	-	-	-	-	+
Mean temperature (C°) 24 hours	-	-	-	-	-
Maximum daily relative humidity (%)	-	-	-	-	-
Minimum daily relative humidity (%)	-	++	-	++	++
Mean daily relative humidity (%)	++	-	-	-	-
Mean relative humidity (%) 24 hours	-	-	-	-	-
Mean daily wind speed (m/s)	-	-	-	-	-
Mean wind speed (m/s) 24 hours	-	-	-	-	-
Total daily radiation (mj/m ²)	-	-	-	-	-
Maximum daily radiation (w/m ²)	+++	+++	+++	+++	+++
Rain per month (mm)	-	-	-	-	-

המשך

Factor	Butterfly Mean of Richness Indexes 2005	Butterfly Abundance 2003	Butterfly Abundance 2004	Butterfly Abundance 2005
Maximum daily temperature (C°)	-	-	-	-
Minimum daily temperature (C°)	-	-	+	++
Mean daily temperature (C°)	-	-	-	-
Mean temperature (C°) 24 hours	-	-	-	-
Maximum daily relative humidity (%)	-	-	-	-
Minimum daily relative humidity (%)	-	+++	+++	-
Mean daily relative humidity (%)	-	-	-	-
Mean relative humidity (%) 24 hours	-	-	-	-
Mean daily wind speed (m/s)	+++	-	-	-
Mean wind speed (m/s) 24 hours	-	-	-	-
Total daily radiation (mj/m ²)	-	-	-	-
Maximum daily radiation (w/m ²)	-	++	++	+++
Rain per month (mm)	-	-	-	-

9.7.2: ללא בית גידול 8

Factor	Butterfly Simpson Diversity 2003	Butterfly Simpson Diversity 2004	Butterfly Simpson Diversity 2005	Butterfly Mean of Richness Indexes 2003	Butterfly Mean of Richness Indexes 2004
Maximum daily temperature (C°)	-	-	-	-	-
Minimum daily temperature (C°)	-	++	-	+	+
Mean daily temperature (C°)	-	-	-	-	-
Mean temperature (C°) 24 hours	-	-	-	-	-
Maximum daily relative humidity (%)	-	-	-	-	-
Minimum daily relative humidity (%)	-	+	-	++	++
Mean daily relative humidity (%)	-	-	-	-	-
Mean relative humidity (%) 24 hours	-	-	-	-	-
Mean daily wind speed (m/s)	-	-	-	-	-
Mean wind speed (m/s) 24 hours	-	-	-	-	-
Total daily radiation (mj/m ²)	-	-	-	-	-
Maximum daily radiation (w/m ²)	+++	+++	+++	+++	+++
Rain per month (mm)	-	-	-	-	-

המשך

Factor	Butterfly Mean of Richness Indexes 2005	Butterfly Abundance 2003	Butterfly Abundance 2004	Butterfly Abundance 2005
Maximum daily temperature (C°)	-	+	+	-
Minimum daily temperature (C°)	-	-	-	-
Mean daily temperature (C°)	-	-	-	-
Mean temperature (C°) 24 hours	-	-	-	-
Maximum daily relative humidity (%)	-	-	-	++
Minimum daily relative humidity (%)	-	+++	+++	+++
Mean daily relative humidity (%)	-	-	-	-
Mean relative humidity (%) 24 hours	-	-	-	-
Mean daily wind speed (m/s)	+++	-	-	-
Mean wind speed (m/s) 24 hours	-	-	-	-
Total daily radiation (mj/m ²)	-	-	-	-
Maximum daily radiation (w/m ²)	-	++	++	-
Rain per month (mm)	-	-	-	-

נספח 9.8: רשימת פונדקאי הפרפרים שעבורם חל איסוף הנתונים ברמת הנדיב ב-
 2004. M מסמן פונדקאי ראשי, C מסמן פונדקאי תרבותי.

Host plant	שם הפונדקאי	הערות	שם הפרפר	מס"ד
<i>Aristolochia parvifolia</i> <i>Aristolochia bottae</i>	ספלול קטן ספלול השדה		צבעוני שקוף	1
<i>Ruta chalepensis</i> <i>Daucus aureus</i> <i>Ferula communis</i> <i>Foeniculum vulgare</i>	פיגם מצוי גזר זהוב כלך מצוי שומר פשוט		זנב סנונית נאה	2
<i>Biscutella didyma</i>	מצילתיים מצויות	M	לבנין כתום כנף המצילתיים	3
<i>Isatis lusitanica</i> <i>Rapistrum rugosum</i> <i>Hirschfeldia incana</i> <i>Capparis spinosa</i> <i>Brassica oleracea</i>	איסטיס מצוי בקבוקון מקומט לפתית מצויה צלף קוצני כרוב הגינה	C	לבנין הכרוב	4
<i>Isatis lusitanica</i> <i>Rapistrum rugosum</i> <i>Hirschfeldia incana</i> <i>Capparis spinosa</i> <i>Brassica oleracea</i>	איסטיס מצוי בקבוקון מקומט לפתית מצויה צלף קוצני כרוב הגינה	C	לבנין הצנון	5
<i>Isatis lusitanica</i> <i>Rapistrum rugosum</i> <i>Ochthodium aegyptiacum</i> <i>Hirschfeldia incana</i>	איסטיס מצוי בקבוקון מקומט חטוטרתן השדות לפתית מצויה		לבנין ירוק פסים	6
<i>Capparis spinosa</i>	צלף קוצני		לבנין משיש	7
<i>Medicago polymorpha</i> <i>Vicia palaestina</i> <i>Trifolium resupinatum</i> <i>Trifolium clypeatum</i>	אספסת מצויה ביקיה ארצישראלית תלתן הפוך תלתן תריסני		לבנין התלתן	8
<i>Rhamnus palastinus</i> <i>Rhamnus alaternus</i>	אשחר ארץ ישראל אשחר רחב עלים		לימונית האשחר	9
<i>Roseda alba</i> <i>Capparis spinosa</i> <i>Erucaria hispanica</i> <i>Hirschfeldia incana</i>	רכפה לבנה צלף קוצני שלח ספרדי לפתית מצויה		לבנין הרכפה	10
<i>Capparis spinosa</i>	צלף קוצני		לבנין הצלף	11
	אין ברמה"נ		דגאית תפוח סדום	12
<i>Notobasis syriaca</i> <i>Cynara syrica</i> <i>Lavatera cretica</i> <i>Malva nicaeensis</i>	ברקן סורי קנרס סורי מעוג כרתי חלמית מצויה		נמפית החורשף	13
<i>Parietaria judaica</i> <i>Urtica pilulifera</i>	כתלית יהודה סרפד הכדורים		נמפית הסרפד	14
<i>Acanthus syriacus</i> <i>Caduus argentatus</i> <i>Silybum marianum</i> <i>Scabiosa prolifera</i>	קוציץ סורי קרדה מכסיפה גדילן מצוי תגית מצויה		נמפית הדרדר	15
<i>Verbascum sinuatum</i>	בוצין מפורץ	M	נמפית הבוצין	16
<i>Lonicera etrusca</i>	יערה איטלקית		נמפית היערה	17

Host plant	שם הפונדקאי	הערות	שם הפרפר	מס'ד
<i>Avena sterilis</i> <i>Cynodon dactylon</i>	שבולת שועל נפוצה יבלית מצויה		סטירית הטבעת	18
<i>Avena sterilis</i> <i>Bromus lanceolatus</i> <i>Cynodon dactylon</i>	שבולת שועל נפוצה ברומית איזמלנית יבלית מצויה		סטירית פקוחה	19
<i>Cynodon dactylon</i> <i>Hordeum leporinum</i> <i>Piptatherum miliaceum</i> <i>Poa bulbosa</i>	יבלית מצויה שעורת עכבר נשרן הדוחן סיסנית הבולבוסים	C	סטירית היבלית	20
<i>Avena sterilis</i> <i>Bromus lanceolatus</i> <i>Piptatherum blancheanum</i> <i>Piptatherum miliaceum</i>	שבולת שועל נפוצה ברומית איזמלנית נשרן מכחיל נשרן הדוחן		סטירית משוישת	21
<i>Bromus lanceolatus</i>	ברומית איזמלנית		סטירית סיני	22
	לא ידוע		סטירית עמומה	23
<i>Majorana syriaca</i> <i>Rosmarinus officinalis</i> <i>Sarcopoterium spinosum</i> <i>Coridothimus capitatus</i>	אזוב מצוי רוזמרין רפואי סירה קוצנית קורנית מקורקפת	C	כחליל האזוב	24
<i>Polygonum arenastrum</i> <i>Polygonum equisetiforme</i> <i>Rumex cyprius</i> <i>Emex spinosa</i>	ארכובית הציפורים ארכובית שבטבטית חומעה ורודה אמיך קוצני		כחליל החומעה	25
<i>Medicago polymorpha</i> <i>Ononis antiquorum</i> <i>Prosopis farcta</i> <i>Plumbago europaea</i> <i>Plumbago capensis</i>	אספסת מצויה שברק קוצני ינבוט השדה עפרית ארופאית עפרית הכף	C	כחליל האספסת	26
<i>Spartium junceum</i> <i>Pisum fulvum</i> <i>Vicia palaestina</i> <i>Ononis pubescens</i> <i>Rosmarinus officinalis</i>	אחירותם החורש אפון מצוי ביקיה א" שברק דביק רוזמרין רפואי	C	כחליל האפון	27
<i>Ononis antiquorum</i> <i>Pisum fulvum</i> <i>Trifolium clypeatum</i> <i>Trifolium resupinatum</i>	שברק קוצני אפון מצוי תלתן תריסני תלתן הפוך		כחליל השברק	28
<i>Rhamnus palastinus</i>	אשחר ארץ ישראל		כחליל האשחר	29
<i>Prosopis farcta</i>	ינבוט השדה	M	כחליל הינבוט	30
<i>Ziziphus spina-christi</i>	שיזף מצוי	M	כחליל הבלקן	31
<i>Erodium melacoides</i> <i>Erodium moschatum</i>	מקור חסידה חלמית מקור חסידה מצוי		כחליל הגרניון	32
<i>Polygonum equisetiforme</i> <i>Tribulus terrestris</i> <i>Alhagi maurorum</i>	ארכובית שבטבטית קוטב מצוי הגה מצוי		כחליל הקוטב	33
<i>Emex spinosa</i> <i>Polygonum arenastrum</i> <i>Rumex cyprius</i>	אמיך קוצני ארכובית הציפורים חומעה ורודה		כחליל הארכובית	34
<i>Acacia farcta</i>	ינבוט השדה	M	כחליל הקטנית	35
<i>Acacia farnesiana</i>	שיטת המשכות	MC	כחליל הרימון	36
	אין, ניזון מלריות של נמלים		כחליל מנומר	37
<i>Andrachne telephioides</i>	שלוחית קירחת	M	כחליל מקושט	38

Host plant	שם הפונדקאי	הערות	שם הפרפר	מס'ד
<i>Sarcopoterium spinosum</i>	סירה קוצנית	M	הספרית הפטל	39
<i>Malvella sherardiana</i> <i>Alcea setosa</i> <i>Malva nicaeensis</i> <i>Altheae hirsuta</i> <i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	בת חלמית שרועה חוטמית זיפנית חלמית מצויה נטופית שעירה היביסקוס (סוג)	C	הספרית החלמית	40
<i>Hordeum bulbosum</i> <i>Piptatherum miliaceum</i>	שעורת בולבוסים נשרן הדוחן		הספרית נחושית	41
<i>Piptatherum miliaceum</i>	נשרן הדוחן		הספרית הדוחן	42
<i>Ballota saxatilis</i>	בלוטת הסלעים		הספרית הבלוטה	43
<i>Echinochloa colonum</i> <i>Andropogon distachyos</i> <i>Cynodon dactylon</i>	דוחנית שלחין זקניים כפול שבולים יבלית מצויה		הספרית שחורה	44
<i>Hordeum bulbosum</i>	שעורת הבולבוסים		הספרית שעורה	45

נספח 9.9: רשימת צמחי צוף של פרפרים ברמת הנדיב לפי תצפיות בשנים 2003-06.

Genus	Species	Native/Cultured	קוד	שם עיברי	מס"ד
<i>Agapanthus</i>	<i>africanus</i>	Cultured	אגפ.אפ	אגפנטוס אפריקאי	1
<i>Ageratum</i>	<i>houstonianum</i>	Cultured	אגר.מק	אגרטון מקסיקני	2
<i>Catananche</i>	<i>lutea</i>	Native	אזז.גד	אזון גדי צהובה	3
<i>Majorana</i>	<i>syriaca</i>	Native	אזז.מצ	אזוב מצוי	4
<i>Lavandula</i>	<i>pinata</i>	Cultured	אזז.פינ	אזוביין פינטה	5
<i>Urospermum</i>	<i>picroides</i>	Native	אזז.מצ	אזנב מצוי	6
<i>Gynandris</i>	<i>sisyrinchium</i>	Native	אחי.מצ	אחיאירוס (צהרון) מצוי	7
<i>Spartium</i>	<i>junceum</i>	Native	אחי.חו	אחירותם החורש	8
<i>Isatis</i>	<i>lusitanica</i>	Native	איס.מצ	איסטיס מצוי	9
<i>Paronychia</i>	<i>argentea</i>	Native	אלמ.כס	אלמוות הכסף	10
<i>Ammi</i>	<i>visnaga</i>	Native	אמי.קי	אמיתה קייצית	11
<i>Medicago</i>	<i>truncatula</i>	Native	אספ.קט	אספסת קטועה	12
<i>Asparagus</i>	<i>aphyllus</i>	Native	אספ.חו	אספרג החורש	13
<i>Pisum</i>	<i>sativum</i>	Native	אפו.מצ	אפון מצוי	14
<i>Tetragonolobus</i>	<i>palaestinus</i>	Native	ארב.מצ	ארבע כנפות מצויות	15
<i>Polygonum</i>	<i>arenastrum</i>	Native	ארק.צפ	ארכובית הציפורים	16
<i>Plygnum</i>	<i>equisetiforme</i>	Native	ארק.שב	ארכובית שבטבטית	17
<i>Alternanthera</i>	<i>ficoidea</i>	Cultured	ביצ.רח	ביצן רחב עלים	18
<i>Ballota</i>	<i>saxatilis</i>	Native	בלו.סל	בלוטת הסלעים	19
<i>Scilla</i>	<i>autumnalis</i>	Native	בנח.סת	בן חצב סתוני	20
<i>Anacamptis</i>	<i>pyramidalis</i>	Native	בנס.צר	בן סחלב צרפי	21
<i>Rapistrum</i>	<i>rugosum</i>	Native	בקב.מק	בקבוקון מקומט	22
<i>Vicia</i>		Cultured	בקי.אמ	בקיה אמריקאית	23
<i>Vicia</i>	<i>plaestina</i>	Native	בקי.אר	בקיה ארץ ישראלית	24
<i>Vicia</i>	<i>peregrina</i>	Native	בקי.מצ	בקיה מצויה	25
<i>Notobasis</i>	<i>syriaca</i>	Native	ברק.סו	ברקן סורי	26
<i>Cerastostigma</i>	<i>willmottianum</i>	Cultured	בתע.שע	בת עופרית שעירה	27
<i>Silybum</i>	<i>marianum</i>	Native	גדי.מצ	גדילן מצוי	28
<i>Daucus</i>	<i>aureus</i>	Native	גזר.זה	גזר זהוב	29
<i>Daucus</i>	<i>bicolor</i>	Native	גזר.מצ	גזר מצוי	30
<i>Teucrium</i>	<i>creticum</i>	Native	געד.כר	געדה כרתית	31
<i>Teucrium</i>	<i>divaricatum</i>	Native	געד.מפ	געדה מפושקת	32
<i>Nasturtium</i>	<i>officinale</i>	Native	גרג.נח	גרגר נחלים	33
<i>Trigonella</i>	<i>monospeliaca</i>	Native	גרג.מצ	גרגרנית מצויה	34
<i>Osteospermum</i>	<i>fruticosum</i>	Cultured	גרמ.זז	גרמית זוחלת	35
<i>Geranium</i>	<i>dissectum</i>	Native	גרנ.גז	גרניון גזור	36
<i>Geranium</i>	<i>molle</i>	Native	גרנ.רך	גרניון רך	37
<i>Lachnophyllum</i>	<i>noaeum</i>	Native	דוג.יר	דו גון ירושלמי	38
<i>Bidens</i>	<i>pilosa</i>	Native	דוש.שע	דו שן שער	39
<i>Mandragora</i>	<i>autumnalis</i>	Native	דוד.רפ	דודא רפואי	40
<i>Delphinium</i>	<i>peregrium</i>	Native	דור.סג	דורבנית סגולה	41
<i>Duranta</i>	<i>repens</i>	Cultured	דור.מצ	דורנטה מצויה	42
<i>Synelcosciadium</i>	<i>carmeli</i>	Native	דלק.כר	דל קרניים כרמלי	43
<i>Crupina</i>	<i>crupinastrum</i>	Native	דרד.מצ	דרדית מצויה	44
<i>Centaurea</i>	<i>cyanoidea</i>	Native	דרד.כח	דרד כחול	45
<i>Centaurea</i>	<i>verutum</i>	Native	דרד.קי	דרד קיפח	46
<i>Hibiscus</i>	<i>rosa-sinensis</i>	Cultured	היב.סי	היביסקוס סיני	47
<i>Vittadinia</i>	<i>australis</i>	Cultured	ויט.או	ויטדיניה אוסטרלית	48
<i>Vinca</i>	<i>herbacea</i>	Native	וינ.עש	וינקה עשבנית	49

Genus	Species	Native/Cultured	קוד	שם עברי	מס"ד
<i>Velesia</i>	<i>rigida</i>	Native	ול.ז.אש	ולזיה אשונה	50
<i>Verbena</i>	<i>officinalis</i>	Native	ור.ב.רפ	ורבנה רפואית	51
<i>Micromeria</i>	<i>fruticosa</i>	Native	זוט.לב	זוטה לבנה	52
<i>Bellevalia</i>	<i>flexuosa</i>	Native	זמז.מצ	זמזומית מצויה	53
<i>Scorpiurus</i>	<i>muricatus</i>	Native	זנב.עק	זנס עקרב סיכני	54
<i>Convolvulus</i>	<i>arvensis</i>	Native	חבל.שד	חבלבל השדה	55
<i>Convolvulus</i>	<i>dorycnium</i>	Native	חבל.שי	חבלבל השיח	56
<i>Scolymus</i>	<i>maculatus</i>	Native	חוח.עק	חוח עקוד	57
<i>Onopordum</i>	<i>cynarocephalum</i>	Native	חוח.קנ	חוחן הקנרס	58
<i>Atractylis</i>	<i>comosa</i>	Native	חור.מצ	חורשף מצויץ	59
<i>Chthodium</i>	<i>aegyptiaca</i>	Native	חטו.מצ	חטוטון מצוי	60
<i>Bellis</i>	<i>silvestris</i>	Native	חינ.בת	חינית הבתה	61
<i>Bellis</i>	<i>perennis</i>	Cultured	חינ.רב	חינית רב שנתית	62
<i>Euphorbia</i>	<i>helioscopia</i>	Native	חלב.שמ	חלבוב השמש	63
<i>Malva</i>	<i>sylvestris</i>	Native	חלמ.גד	חלמית גדולה	64
<i>Malvaceae</i>	<i>nicaeensis</i>	Native	חלמ.מצ	חלמית מצויה	65
<i>Malva</i>	<i>parviflora</i>	Native	חלמ.קט	חלמית קטנת פרחים	66
<i>Oxalis</i>	<i>pes-caprae</i>	Native	חמצ.נט	חמציצ נטוי	67
<i>Sinapsis</i>	<i>arvensis</i>	Native	חרד.שד	חרדל השדה	68
<i>Ceratonia</i>	<i>siliqua</i>	Native	חרו.מצ	חרוב מצוי	69
<i>Eryngium</i>	<i>creticum</i>	Native	חרח.מכ	חרחבינה מכחילה	70
<i>Chrysanthemum</i>	<i>coronarium</i>	Native	חרצ.עט	חרצית עטורה	71
<i>Atractylis</i>	<i>cancellata</i>	Native	חרש.שב	חרשף השבכה	72
<i>Tagetes</i>	<i>patula</i>	Cultured	טגט.מפ	טגטס מפושק	73
<i>Lathyrus</i>	<i>hieroslymitanus</i>	Native	טופ.יר	טופח ירושלמי	74
<i>Lathyrus</i>	<i>marmoratus</i>	Native	טופ.נא	טופח נאה	75
<i>Lathyrus</i>	<i>blepharicarpus</i>	Native	טופ.רי	טופח ריסי	76
<i>Inula</i>	<i>viscosa</i>	Native	טי.דב	טיין דביק	77
<i>Triyalis</i>	<i>glauca</i>	Cultured	טרי.גל	טרייאליס גלאוקה	78
<i>Capsella</i>	<i>bursa-pastoris</i>	Native	ילק.רו	ילקוט הרועים	79
<i>Lonicera</i>	<i>etrusca</i>	Native	יער.אי	יערה איטלקית	80
<i>Muscari</i>	<i>parviflorum</i>	Native	כדן.קט	כדן קטן	81
<i>Rhagadiolus</i>	<i>stellatus</i>	Native	כוכ.מצ	כוכבן מצוי	82
<i>Hymenocarpos</i>	<i>circinnatus</i>	Native	כיל.מצ	כילינית מצויה	83
<i>Heptaptera</i>	<i>crenata</i>	Native	כנפ.חר	כנפה חרוקה	84
<i>Crambe</i>	<i>hispanica</i>	Native	כרב.פס	כרבה ספרדית	85
<i>Apium</i>	<i>nodiflorum</i>	Native	כרפ.בי	כרפס הביצות	86
<i>Chiliadenus</i>	<i>iphionoides</i>	Native	כתל.חר	כתלה חריפה	87
<i>Thrinicia</i>	<i>tuberosa</i>	Native	כתמ.עב	כתמה עבת שורשים	88
<i>Lobelia</i>	<i>erinus</i>	Cultured	לוב.שר	לובליה שרועה	89
<i>Lotus</i>	<i>peregrinus</i>	Native	לוט.מצ	לוטוס מצוי	90
<i>Cistus</i>	<i>creticus</i>	Native	לוט.שע	לוטם שעיר	91
<i>Lantana</i>	<i>montevidensis</i>	Cultured	לנט.לי	לנטנה לילכית	92
<i>Lantana</i>	<i>camara</i>	Cultured	לנט.סו	לנטנה סוגנית	93
<i>Hirschfeldia</i>	<i>incana</i>	Native	לפת.מצ	לפתית מצויה	94
<i>Pallenis</i>	<i>spinosa</i>	Native	מוצ.קו	מוצית קוצנית	95
<i>Matthiola</i>	<i>incana</i>	Cultured	מנת.מא	מנתור מאפיר	96
<i>Lavatera</i>	<i>trimessrtis</i>	Native	מעו.אפ	מעוג אפיל	97
<i>Lavatera</i>	<i>cretica</i>	Native	מעו.כר	מעוג כרתי	98
<i>Lavatera</i>	<i>puctata</i>	Native	מעו.מנ	מעוג מנוקד	99

Genus	Species	Native/Cultured	קוד	שם עיברי	מס"ד
<i>Biscutella</i>	<i>didyma</i>	Native	מצי.מצ	מצילתיים מצויים	100
<i>Erodium</i>	<i>malacodes</i>	Native	מקו.חל	מקור חסידה חלמית	101
<i>Salvia</i>		Cultured	מרו.קנ	מרוה קנרית	102
<i>Salvia</i>	<i>horminum</i>	Native	מרו.דג	מרווה דגולה	103
<i>Salvia</i>	<i>pinnata</i>	Native	מרו.מנ	מרווה מנוצה	104
<i>Salvia</i>	<i>verbenaca</i>	Native	מרו.מצ	מרווה מצויה	105
<i>Salvia</i>	<i>fruticosa</i>	Native	מרו.מש	מרווה משולשת	106
<i>Salvia</i>	<i>eigii</i>	Native	מרו.אי	מרוות איג	107
<i>Sonchus</i>	<i>oleraceus</i>	Native	מרו.גי	מרור הגינה	108
<i>Picris</i>	<i>galilaea</i>	Native	מרר.גל	מררית הגליל	109
<i>Nonea</i>	<i>philistaea</i>	Native	נונ.פל	נוניאה פלשתית	110
<i>Nonea</i>	<i>obtusifolia</i>	Native	נונ.קה	נוניאה קהה	111
<i>Lamium</i>	<i>amplexicauleh</i>	Native	ניז.לו	ניזמית לופתת	112
<i>Crepis</i>	<i>palaestina</i>	Native	ניס.אר	ניסנית א"	113
<i>Crepis</i>	<i>sancta</i>	Native	ניס.דו	ניסנית דו קרנית	114
<i>Omithogalum</i>	<i>mintanum</i>	Native	נצח.הר	נץ חלב הררי	115
<i>Omithogalum</i>	<i>narbonense</i>	Native	נצח.צר	נץ חלב צרפתי	116
<i>Narcissus</i>	<i>taetta</i>	Native	נרק.מצ	נרקיס מצוי	117
<i>Senecio</i>	<i>vernalis</i>	Native	סבי.אב	סביון אביבי	118
<i>Senecio</i>	<i>cineraria</i>	Cultured	סבי.מל	סביון מלבין	119
<i>Viola</i>	<i>tricolor</i>	Cultured	סגל.תל	סגל תלת גוני (אמנון ות)	120
<i>Scaevola</i>	<i>humilis</i>	Cultured	סקי.זו	סקיבולה זוחלת	121
<i>Colchicum</i>	<i>stevenii</i>	Native	סתו.יו	סתונית היורה	122
<i>Cartaegus</i>	<i>aronia</i>	Native	עוז.קו	עוזרר קוצני	123
<i>Cichorium</i>	<i>pumilum</i>	Native	עול.מצ	עולש מצוי	124
<i>Plombago</i>	<i>auriculata</i>	Cultured	עופ.כף	עופרית הכף	125
<i>Pulmbago</i>	<i>europaea</i>	Native	עופ.אי	עופרית אירופית	126
<i>Heliotopium</i>	<i>europaeum</i>	Native	עוק.עק	עוקץ עקרב אירופי	127
<i>Asphodelus</i>	<i>ramosus</i>	Native	עיר.גד	עירית גדולה	128
<i>Echinum</i>	<i>judaeum</i>	Native	עכנ.יה	עכנאי יהודה	129
<i>Centaurium</i>	<i>tenuiflorum</i>	Native	ערב.נא	ערבז נאה	130
<i>Fittonia</i>	<i>verschaffeltii</i>	Cultured	פטו.כל	פטוניה כלאיים	131
<i>Ruta</i>	<i>chalepensis</i>	Native	פיג.מצ	פיגם מצוי	132
<i>Haplophyllum</i>	<i>buxbaumii</i>	Native	פיג.מי	פיגמית מצויה	133
<i>Felicia</i>	<i>amelloides</i>	Cultured	פלי.שי	פליציה שיחית	134
<i>Pelargonium</i>	<i>graveolens</i>	Cultured	פלר.חר	פלרגוניום חריף	135
<i>Pelargonium</i>	<i>ionidiflorum</i>	Cultured	פלר.לב	פלרגוניום לבנדר לסי	136
<i>Pelargonium</i>	<i>capitatum</i>	Cultured	פלר.קר	פלרגוניום קרקפתי	137
<i>Pentas</i>	<i>lanceolata</i>	Cultured	פנט.אי	פנטס איזמלני	138
<i>Prasium</i>	<i>majus</i>	Native	פרס.גד	פרסיון גדול	139
<i>Hypericum</i>	<i>triquetrfolium</i>	Native	פרע.מס	פרע מסולסל	140
<i>Linum</i>	<i>strictum</i>	Native	פשת.אש	פשתה אשונה	141
<i>Linum</i>	<i>nodiflorum</i>	Native	פשת.מצ	פשתה מצויה	142
<i>Linum</i>	<i>pubescens</i>	Native	פשת.שע	פשתה שעירה	143
<i>Linaria</i>	<i>micrantha</i>	Native	פשת.זע	פשתנית זעירה	144
<i>Linum</i>	<i>corymbuloum</i>	Native	פשת.מכ	פשתת המכבד	145
<i>Opuntia</i>	<i>vulgaris</i>	Native	צבר.מצ	צבר מצוי	146
<i>Zinnia</i>	<i>elegans</i>	Cultured	צינ.עד	ציניה עדינה	147

Genus	Species	Native/Cultured	קוד	שם עברי	מס"ד
<i>Bupleurum</i>	<i>lancifolium</i>	Native	צלע.חר	צלע שור חרוזה	148
<i>Phagnalon</i>	<i>rupestre</i>	Native	צמר.סל	צמרנית הסלעים	149
<i>Raphanus</i>	<i>raphanistrum</i>	Native	צנו.מצ	צנון מצוי	150
<i>Exoacantha</i>	<i>heterophylla</i>	Native	צני.קו	צנינה קוצנית	151
<i>Briza</i>	<i>minor</i>	Native	צפו.נק	צפורן נקוד	152
<i>Calendula</i>	<i>arvensis</i>	Native	צפו.חת	צפורני חתול מצויות	153
<i>Calendula</i>	<i>officinalis</i>	Cultured	צפו.תר	צפורני חתול תרבותיות	154
<i>Silene</i>	<i>aegyptiaca</i>	Native	צפו.מצ	צפורנית מצרית	155
<i>Satureja</i>	<i>thymbra</i>	Native	צתר.ורו	צתרה ורודה	156
<i>Coridothymus</i>	<i>capitatus</i>	Native	קור.מק	קורנית מקורקפת	157
<i>Anthemis</i>	<i>pseudocotula</i>	Native	קחו.מצ	קחון מצוי	158
<i>Anthemis</i>	<i>ppaletina</i>	Native	קחו.שח	קחון שחור מוצים	159
<i>Echinops</i>	<i>adenocaulos</i>	Native	קי.פ.מצ	קיפודן מצוי	160
<i>Carline</i>	<i>curtata</i>	Native	קי.צ.כר	קיצנית כרתית	161
<i>Carline</i>	<i>Lanata</i>	Native	קי.צ.צמ	קיצנית צמירה	162
<i>Cynara</i>	<i>syriaca</i>	Native	קנר.סו	קנרס סורי	163
<i>Carduus</i>	<i>argentatus</i>	Native	קרד.מכ	קרדה מכסיפה	164
<i>Carthamus</i>	<i>tenuis</i>	Native	קור.ד.ק	קרסם דק	165
<i>Carissa</i>	<i>grandiflora</i>	Cultured	קרי.גד	קריסה גדולת פרחים	166
<i>Rosmarinus</i>	<i>officinalis</i>	Cultured	רוז.רפ	רוזמרין רפואי	167
<i>Reseda</i>	<i>alba</i>	Native	רכפ.לב	רכפה לבנה	168
<i>Foeniculum</i>	<i>vulgare</i>	Native	שומ.פש	שומר פשוט	169
<i>Valerianella</i>	<i>vesicaria</i>	Native/Cultured	שיח.אב	שיח אברהם	170
<i>Erucaria</i>	<i>hispanica</i>	Native	שלח.פס	שלח ספרדי	171
<i>Cephalaria</i>	<i>joppensis</i>	Native	שלמ.יפ	שלמון יפואי	172
<i>Arteda</i>	<i>squamata</i>	Native	שפר.קש	שפרירה קשקשנית	173
<i>Bituminaria</i>	<i>bituminosa</i>	Native	שרע.שע	שרעול שער	174
<i>Scabiosa</i>	<i>palaestina</i>	Native	תגי.אר	תגית ארץ ישראלית	175
<i>Scabiosa</i>	<i>prolifera</i>	Native	תגי.מצ	תגית מצויה	176
<i>Trifolium</i>	<i>argutum</i>	Native	תלת.אל	תלתן אלמוות	177
<i>Trifolium</i>	<i>purpureum</i>	Native	תלת.אר	תלתן ארגמני	178
<i>Trifolium</i>	<i>resupinatum</i>	Native	תלת.הפ	תלתן הפוך	179
<i>Trifolium</i>	<i>repens</i>	Native	תלת.זו	תלתן זוחל	180
<i>Trifolium</i>	<i>echinatum</i>	Native	תלת.חד	תלתן חדוד	181
<i>Trifolium</i>	<i>campestre</i>	Native	תלת.חק	תלתן חקלאי	182
<i>Trifolium</i>	<i>stellatum</i>	Native	תלת.כו	תלתן כוכבי	183
<i>Trifolium</i>	<i>clypeatum</i>	Native	תלת.תר	תלתן תריסני	184

נספח 9.10: תוצאות מבחני רגרסיה רבת משתנים לבחינת השפעת משתני האקלים וצמחי הצוף על מדדי המגוון, העושר ושפע הפרפרים בבתי הגידול בשנים 2003 ו-2004 (בנפרד).

9.10.1: כולל בית גידול 8

Dependent Variable	Year	R ² (%)	df	F	P	Independent Variable	Value coefficient	S.E coeff.	P
Bf Simpson Diversity	2003	20.1	2	11.7	< 0.001	Constant	-0.867	1.227	0.482
						Nectar Abundance	0.001	0.003	< 0.001
						Total radiation	0.162	0.067	0.018
Bf Simpson Diversity	2004	40.6	2	31.7	< 0.001	Constant	-3.072	1.499	0.043
						Nectar richness	0.261	0.039	< 0.001
						Maximum radiation	0.005	0.002	0.004
Bf Mean of Richness Indexes	2003	26.4	2	16.7	< 0.001	Constant	-1.105	1.784	0.537
						Nectar abundance	0.018	0.003	< 0.001
						Minimum daily temp	0.254	0.094	0.009
Bf Mean of Richness Indexes	2004	40.7	2	31.9	< 0.001	Constant	-4.609	2.339	0.052
						Nectar Abundance	0.009	0.002	< 0.001
						Maximum radiation	0.009	0.003	0.001
Bf Abundance	2003	46.4	3	26.5	< 0.001	Constant	21.08	7.154	0.004
						Nectar richness	0.549	0.115	< 0.001
						Total radiation	0.652	0.143	< 0.001
						Minimum daily RH	-0.636	0.154	< 0.001
Bf Abundance	2004	34.6	2	24.6	< 0.001	Constant	-12	6.086	0.052
						Nectar abundance	0.022	0.004	< 0.001
						Maximum radiation	0.019	0.007	0.005

9.10.2: לא כולל בית גידול 8

Dependent Variable	Year	R ² (%)	df	F	P	Independent Variable	Value coefficient	S.E coeff.	P
Bf Simpson Diversity	2003	15.7	1	15.2	< 0.001	Constant	1.49	0.522	0.005
						Nectar abundance	0.011	0.003	< 0.001
Bf Simpson Diversity	2004	53.4	3	30.5	< 0.001	Constant	-2.66	1.276	0.04
						Nectar richness	0.188	0.041	< 0.001
						Maximum radiation	0.008	0.002	< 0.001
						Mean 24 hour temp'	-0.172	0.074	0.024
Bf Mean of Richness Indexes	2003	37.8	2	24.6	< 0.001	Constant	-0.043	1.125	0.97
						Nectar abundance	0.015	0.002	< 0.001
						Total radiation	0.151	0.061	0.016
Bf Mean of Richness Indexes	2004	57.6	3	36.1	< 0.001	Constant	-16.55	5.164	0.002
						Nectar abundance	0.008	0.001	< 0.001
						Maximum radiation	0.011	0.002	< 0.001
						Mean 24 hour wind	3.662	1.154	0.02
Bf Abundance	2003	72.4	4	51.7	< 0.001	Constant	40.55	6.949	< 0.001
						Nectar richness	0.262	0.121	0.034
						Minimum daily RH	-0.854	0.115	< 0.001
						Total radiation	1.482	0.291	< 0.001
						Mean 24 hour temp'	-1.202	0.34	< 0.001
Bf Abundance	2004	56.4	3	34.5	< 0.001	Constant	18.04	6.555	0.007
						Minimum daily RH	-0.842	0.135	< 0.001
						Mean 24 hour temp'	-1.135	0.205	< 0.001
						Maximum radiation	-0.053	0.006	< 0.001

נספח 9.11: תוצאות מבחני רגרסיה רבת משתנים לבחינת השפעת משתני האקלים וצמחי הצוף על מדדי המגוון, העושר ושפע הפרפרים בכל בתי הגידול בשנים 2003-04 (יחד).

Dependent Variable	Year	R ² (%)	df	F	P	Independent Variable	Value coefficient	S.E. coeff.	P
Bf Simpson Diversity	2003-04	24.9	2	31.3	< 0.001	Constant	-0.688	0.745	0.357
						Nectar richness	0.227	0.033	< 0.001
						Total radiation	0.133	0.4	0.001
Bf Mean of Richness Indexes	2003-04	31.2	2	42.8	< 0.001	Constant	-0.059	0.951	0.95
						Nectar abundance	0.011	0.001	< 0.001
						Total radiation	0.21	0.052	< 0.001
Bf Abundance	2003-04	37.9	3	38.3	< 0.001	Constant	12.89	5.787	0.027
						Nectar abundance	0.021	0.003	< 0.001
						Total radiation	0.619	0.115	< 0.001
						Minimum daily RH	-0.417	0.128	0.001

נספח 9.12: גורמי האקלים המשפיעים (+) ואלו שאינם משפיעים (-) על מדדי מגוון, עושר ושפע הפרפרים בבתי הגידול בשנים 2003 ו-2004 (בנפרד) לפי תוצאות מבחני רגרסיה רבת משתנים ($P < 0.05$). השפעה מעטה -, +, השפעה רבה - + + +.

9.12.1: כולל בית גידול 8

Factor	Bf Simpson Diversity 2003	Bf Simpson Diversity 2004	Bf Mean of Richness Indexes 2003	Bf Mean of Richness Indexes 2004
Maximum daily temperature (C°)	-	-	-	-
Minimum daily temperature (C°)	-	-	+	-
Mean daily temperature (C°)	-	-	-	-
Mean temperature (C°) 24 hours	-	-	-	-
Maximum daily relative humidity (%)	-	-	-	-
Minimum daily relative humidity (%)	-	-	-	-
Mean daily relative humidity (%)	-	-	-	-
Mean relative humidity (%) 24 hours	-	-	-	-
Mean daily wind speed (m/s)	-	-	-	-
Mean wind speed (m/s) 24 hours	-	-	-	-
Total daily radiation (mj/m ²)	+	-	-	-
Maximum daily radiation (w/m ²)	-	+	-	+
Rain per month (mm)	-	-	-	-
Nectar abundance	+	-	+	+
Nectar richness	-	+	-	-

Factor	Bf Abundance 2003	Bf Abundance 2004
Maximum daily temperature (C°)	-	-
Minimum daily temperature (C°)	-	-
Mean daily temperature (C°)	-	-
Mean temperature (C°) 24 hours	-	-
Maximum daily relative humidity (%)	-	-
Minimum daily relative humidity (%)	+	-
Mean daily relative humidity (%)	-	-
Mean relative humidity (%) 24 hours	-	-
Mean daily wind speed (m/s)	-	-
Mean wind speed (m/s) 24 hours	-	-
Total daily radiation (mj/m ²)	+	-
Maximum daily radiation (w/m ²)	-	+
Rain per month (mm)	-	-
Nectar abundance	-	+
Nectar richness	+	-

9.12.2 : לא כולל בית גידול 8

Factor	Bf Simpson Diversity 2003	Bf Simpson Diversity 2004	Bf Mean of Richness Indexes 2003	Bf Mean of Richness Indexes 2004
Maximum daily temperature (C°)	-	-	-	-
Minimum daily temperature (C°)	-	-	-	-
Mean daily temperature (C°)	-	-	-	-
Mean temperature (C°) 24 hours	-	+	-	-
Maximum daily relative humidity (%)	-	-	-	-
Minimum daily relative humidity (%)	-	-	-	-
Mean daily relative humidity (%)	-	-	-	-
Mean relative humidity (%) 24 hours	-	-	-	-
Mean daily wind speed (m/s)	-	-	-	-
Mean wind speed (m/s) 24 hours	-	-	-	+
Total daily radiation (mj/m ²)	-	-	+	-
Maximum daily radiation (w/m ²)	-	+	-	+
Rain per month (mm)	-	-	-	-
Nectar abundance	+	-	+	+
Nectar richness	-	+	-	-

Factor	Bf Abundance 2003	Bf Abundance 2004
Maximum daily temperature (C°)	-	-
Minimum daily temperature (C°)	-	-
Mean daily temperature (C°)	-	-
Mean temperature (C°) 24 hours	+	+
Maximum daily relative humidity (%)	-	-
Minimum daily relative humidity (%)	+	+
Mean daily relative humidity (%)	-	-
Mean relative humidity (%) 24 hours	-	-
Mean daily wind speed (m/s)	-	-
Mean wind speed (m/s) 24 hours	-	-
Total daily radiation (mj/m ²)	+	-
Maximum daily radiation (w/m ²)	-	+
Rain per month (mm)	-	-
Nectar abundance	-	-
Nectar richness	+	-

נספח 9.13: גורמי האקלים המשפיעים (+) ואלו שאינם משפיעים (-) על מדדי מגוון, עושר ושפע הפרפרים בכל בתי הגידול בשנים 2003-2004 יחד, לפי תוצאות מבחני רגרסיה רבת משתנים ($P < 0.05$). השפעה מעטה -, +, השפעה רבה - + + +.

Factor	Bf Simpson Diversity 2003-04	Bf Mean of Richness Indexes 2003-04	Bf Abundance 2003-04
Maximum daily temperature (C°)	-	-	-
Minimum daily temperature (C°)	-	-	-
Mean daily temperature (C°)	-	-	-
Mean temperature (C°) 24 hours	-	-	-
Maximum daily relative humidity (%)	-	-	-
Minimum daily relative humidity (%)	-	-	+
Mean daily relative humidity (%)	-	-	-
Mean relative humidity (%) 24 hours	-	-	-
Mean daily wind speed (m/s)	-	-	-
Mean wind speed (m/s) 24 hours	-	-	-
Total daily radiation (mj/m ²)	+	+	+
Maximum daily radiation (w/m ²)	-	-	-
Rain per month (mm)	-	-	-
Nectar abundance	-	+	+
Nectar richness	+	-	-

נספח 9.14: מספר הפרטים הנצפים מכל מיני הפרפרים בשנים 2003-05 והקודים של מיני הפרפרים כפי שהם מופיעים באיורי האורדינציה.

Butterfly Species	Code	מס' פרטים	מין הפרפר	מס"ד
<i>Archon apollinus bellargus</i>	ArcApo	152	צבעוני שקוף	1
<i>Ppilio machaon syriacus</i>	PpiMac	171	זנב סנונית נאה	2
<i>Anthocharis cardamines phoenissa</i>	AntCar	154	לבנין כתום כנף	3
<i>Pieris brassicae catoleuca</i>	PerBra	189	לבנין הכרוב	4
<i>Artogeia rapae leucosoma</i>	ArtRap	244	לבנין הצנון	5
<i>Euchloe belemia belemia</i>	EucBel	200	לבנין ירוק פסים	6
<i>Colias croceus</i>	ColCro	37	לבנין התלתן	7
<i>Gonepteryx cleopatra taurica</i>	GonCle	247	לבנין האשחר	8
<i>Pontia daplidice daplidice</i>	PonDap	25	לבנין הרכפה	9
<i>Madais fausta fausta</i>	MadFau	52	לבנין הצלף	10
<i>Anaphaeis aurota</i>	AnaAur	3	לבנין משויש	11
<i>Danaus chrysippus chrysippus</i>	DanChr	6	דנאית תפוח סדום	12
<i>Vanessa cardui cardui</i>	VanCar	212	נמפית החורשף	13
<i>Vanessa atalanta</i>	VanAta	13	נמפית הסרפד	14
<i>Melitaea phoebe telona</i>	MelPhb	2	נמפית הדרדר	15
<i>Melitaea trivialis syriaca</i>	MelTri	182	נמפית הבוצין	16
<i>Limenitis reducta schiffmueller</i>	LimRed	4	נמפית היערה	17
<i>Ypthima asteropa</i>	YptAst	15	סטירית הטבעת	18
<i>Maniola telmessia telmessia</i>	ManTel	134	סטירית פקוחה	19
<i>Lasiommata maera orientalis</i>	LasMae	38	סטירית היבלית	20
<i>Melanargia titea titania</i>	MelTit	154	סטירית משוישת	21
<i>Hipparchia pisidice</i>	HipPis	3	סטירית סיני	22
<i>Hipparchia fatua sichaea</i>	HipFat	45	סטירית עמומה	23
<i>Pseudophilotes vicrama astabene</i>	PseVic	56	כחליל האזוב	24
<i>Syntarucus prithous</i>	SynPri	154	כחליל האספסת	25
<i>Lampidies boeticus</i>	LamBoe	23	כחליל האפון	26
<i>Lycaena phlaeas timeus</i>	LycPhl	1	כחליל הארכובית	27
<i>Strymonidia spini melantho</i>	StrSpi	260	כחליל האשחר	28
<i>Tarucus balkanicus</i>	TarBal	0	כחליל הבלקן	29
<i>Aricia agestis agestis</i>	AriAge	0	כחליל הגרינון	30
<i>Lycaena thersamon omphale</i>	LycThe	40	כחליל החומעה	31
<i>Azonus jesous</i>	AzeJes	7	כחליל הינבוט	32
<i>Polyommatus icarus zelleri</i>	Pollca	36	כחליל השברק	33
<i>Zizeeria karsandra karsandra</i>	ZizKar	24	כחליל הקוטב	34
<i>Chilades galba</i>	ChiGal	0	כחליל הקטנית	35
<i>Deudorix livia</i>	DeuLiv	43	כחליל הרימון	36
<i>Apharitis acamas acamas</i>	AphAca	27	כחליל מנומר	37
<i>Freyeria trochylus trochylus</i>	FreTro	12	כחליל מקושט	38
<i>Spialia orbifer hilaris</i>	SpiOrb	13	הספרית הפטל	39
<i>Carcharodus alceae alceae</i>	CarAlc	47	הספרית החלמית	40
<i>Thymelicus hyrax hyrax</i>	ThyHyr	56	הספרית נחושית	41
<i>Pelopidas thrax thrax</i>	PelThr	21	הספרית הדוחן	42
<i>Carcharodus stauderi ambigua</i>	CarSta	0	הספרית הבלוטה	43
<i>Thymelicus acteon phoenix</i>	ThyAct	20	הספרית השעורה	44
<i>Gegenes gambica</i>	GegGam	6	הספרית שחורה	45

Multi-factorial analysis of a butterfly community used as a bioindicator for anthropogenic activity and habitat quality in Ramat Hanadiv Nature Park

Rachel Schwartz-Tzachor

Abstract

The dramatic decline of ecosystems worldwide, including Israel, has led to extensive research to control the destruction and extinction processes. Ecological experts now recognize the need for an efficient taxonomic bioindicator to confirm changes occurring in ecosystems. Numerous studies point to butterflies as an optimal bioindicator for this purpose.

In this study, I examined the ability of a butterfly community, comprising 45 species, to serve as a bioindicator for the impact of anthropogenic activity and management methods (grazing, conifer plantation, abandoned field, gardening, and road maintenance) on the habitat quality at Ramat Hanadiv Nature Park. I also assessed the ability of the butterfly community to serve as a bioindicator for plant biodiversity based on nectar and host plants. Additionally I tested the effect of 13 climatic variables on the butterfly community, and examined the influence of an enrichment resource patch size and its location on butterfly foraging by manipulation experiments. Finally, I tested the effect of various ecosystem parameters (seasonality, various habitats, climatic conditions and plant diversity) and management on the spatiotemporal dynamics of the butterfly community.

The main results of this research indicate that cattle grazing in the garrigue increases butterfly abundance but has no effect on butterfly species richness and diversity. Wide dirt roads enhance butterfly foraging in the garrigue and conifer plantation plots. Narrow trails were used by the butterflies as flight lanes inside the closed landscape of the garrigue and conifer plantations. Although low values of all diversity measures

were found in the conifer plantations, this habitat was found to be valuable for several butterfly species that aestivate in them. High values of all diversity measures were found for butterflies in the abandoned field. The highest butterfly diversity measures in this study were recorded in the enrichment habitat (gardening). The enrichment habitat was especially attractive during the dry season, functioning as an oasis, as it is relatively rich in flowering nectar plants. In the manipulation experiments I found that enrichment resource patch size is positively correlated with the number of foraging butterflies. Additionally, the butterfly community was found to be an excellent indicator for nectar plants (that constituted 27% of all plant species in the park) abundance and richness, but not for host plant abundance and richness.

Among the 13 climatic variables, maximum daily radiation had the greatest effect on butterfly diversity, followed by minimum relative humidity and temperature variables. Ordination analysis revealed that seasonality was the most important factor affecting the composition of the butterfly community in the park. The butterflies could thus be grouped according to season: fall butterflies, winter butterflies, spring butterflies, and summer butterflies, although most of the species can be seen during more than one season.

Research conclusions:

1. The butterfly community constitutes a reliable ecological indicator for both management and anthropogenic activity. The butterfly community indicates that the habitat mosaic and the various management treatments expanded ecological heterogeneity and increased biodiversity in the park.
2. The butterfly community constitutes a reliable ecological indicator for plant diversity as a result of the close relationships of butterflies with nectar plants.
3. Long term monitoring of the butterfly community along with climatic variables (radiation, relative humidity, and temperature) can be an efficient tool to indicate ecosystem recovery from natural disturbances such as drought, fires, and floods in Mediterranean climatic conditions.
4. Most butterfly species have a high seasonal affinity that reflects its unique ecological niche. This niche is composed of a combination of factors including climatic conditions, nectar and host plant availability, and to some extent habitat type and management as found in this study.

Multi-factorial analysis of a butterfly community used as a
bioindicator for anthropogenic activity and habitat quality
in Ramat Hanadiv Nature Park

Rachel Schwartz-Tzachor

Supervised by: Professor Ido Izhaki
And Professor Avi Perevolotsky

A THESIS SUBMITTED FOR THE DEGREE
“DOCTOR OF PHILOSOPHY”

University of Haifa
Faculty of Sciences and Science Education
Department of Evolutionary and Environmental Biology

January, 2007

Multi-factorial analysis of a butterfly community used as a
bioindicator for anthropogenic activity and habitat quality
in Ramat Hanadiv Nature Park

Rachel Schwartz-Tzachor

A THESIS SUBMITTED FOR THE DEGREE
“DOCTOR OF PHILOSOPHY”

University of Haifa
Faculty of Sciences and Science Education
Department of Evolutionary and Environmental Biology

January, 2007