**צמחיית כיסוי ככלי לשימור המגוון הביולוגי: שקלול שירותי מערכת חיוביים ושליליים של פרוקי רגלים בפרדס**

**משה קול,** המחלקה לאנטומולוגיה, האוניברסיטה העברית, רחובות [moshe.coll@mail.huji.ac.il](mailto:moshe.coll@mail.huji.ac.il)

**שקד עשת,** המחלקה לאנטומולוגיה, האוניברסיטה העברית, רחובות[shakedeshet@gmail.com](mailto:shakedeshet@gmail.com)

**מרסלו שטרנברג,** המחלקה ביולוגיה מולקולארית ואקולוגיה של צמחים, אוניברסיטת תל-אביב [marcelos@tauex.tau.ac.il](mailto:marcelos@tauex.tau.ac.il)

**מבוא:**

החקלאות המודרנית האינטנסיבית ושיטות העיבוד הנלוות אליה הן גורם משמעותי בדילול המגוון הביולוגי, הן של החי והן של הצומח (1-4). השיפעה ומגוון המינים של פרוקי הרגליים מראים רגישות גבוהה לשיטות עיבוד מונוקולטוריות אינטנסיביות (2,4). פגיעה במגוון המינים ובשפעת פרוקי הרגליים מובילה לירידה ביכולת ההדברה הביולוגית הטבעית של מזיקים עלי ידי אויביהם הטבעיים, באם אלו חרקים טורפים או פרזיטואידים. הירידה ברמת ההדברה הביולוגית מובילה לתלות הולכת וגדלה בחומרי הדברה (5,6).

גידולי ההדר הובאו לראשונה למזרח התיכון על ידי סוחרים מדרום מזרח אסיה סביב שנת 300 לפנה"ס. בתחילה הם לא גודלו כגידול חקלאי משמעותי, אך החל משנת 300 לספירה ישנן עדויות לקיומם של פרדסי הדרים רחבי ידיים באזור (7). בתקופה המודרנית תפסה תעשיית פרדסנות ההדר באגן הים התיכון תפקיד נכבד בשוק ההדרים העולמי, והיא אחראית לכ 20% מסך יבול ההדרים העולמי. המוצר העיקרי בתעשיית הפרדסנות באגן הים התיכון הוא פרי הדר טרי לייצוא. כתוצאה מכך איכות הפרי, המושפעת רבות מפגעי מזיקים, היא בעלת חשיבות כלכלית מכרעת לתעשייה זו (7). מגוון גדול של נגעים גורמים לנזקים משמעותיים בפרדסי ההדר. מהחשובים שבנגעי ההדר הם החרקים המזיקים והאקריות המזיקות (8). במשך שלושת העשורים האחרונים מתחלפת הדוקטרינה השולטת בפרדסנות באגן הים התיכון (כמו גם באזורים שונים ובגידולים שונים) מדוקטרינה של הדברה כימית לדוקטרינה של הדברה משולבת (IPM) הכוללת שילוב בין שיטות כימיות, שיטות ביולוגיות ושיטות עיבוד מדכאות מזיקים (9).

לפרוקי הרגליים שמורים מספר תפקידים חשובים ביותר במערכת האקולוגית. בין תפקידים אלו ניתן למנות פירוק חומר אורגאני, מתן שרותי האבקה, שימוש כגורם מזון משמעותי לתמיכה בגורמים שונים בשרשרת המזון ואספקת שרותי הדברה ביולוגית, הן של מזיקים והן של צמחייה. Losey (10) במאמרו, מעריך את ערכם הכלכלי של שירותי המערכת האקולוגית המוענקים בצורה טבעית על ידי חרקים בארה"ב, כשווי ערך ל-57 מיליארד דולר לשנה. מתוך סכום זה מוערכים שרותי ההדברה הביולוגית הטבעית על ידי חרקים בכ-4.5 מיליארד דולר לשנה. מספרים אלו מצביעים על כך שמציאת דרכים לשימור מגוון מיני החרקים, גם בסביבת חקלאות אינטנסיבית, היא משימה עם ערך כלכלי מובהק, בנוסף לחשיבותה האקולוגית.

בעבר, נהוג היה לחשוב כי אויבים טבעיים כגון חרקים טורפים (אוכלים חרקים מזיקים) ופרזיטואידים (מטילים את ביציהם על או בתוך פונדקאי, ממנו ניזונות הדרגות הצעירות) זקוקים בעיקר לטרפם ולפונדקאי שלהם בכדי להתקיים. עם התקדמות המחקר המדעי התבררה תמונה מורכבת יותר, על פיה מרבית החרקים הטורפים והפרזיטואידים ניזונים גם ממקור צמחי כגון אבקה וצוף, לפחות באחד משלבי החיים שלהם. המזונות הצמחיים הינם בעלי חשיבות גדולה בדיאטה של האויבים הטבעיים. פירות וצוף מהווים מקור פחמימות חשוב, בעוד אבקת פרחים וגרעינים מהווים מקור לחלבונים ושומנים בהתאמה (11,12). לדוגמה, מרבית הצרעות הטפיליות ניזונות אך ורק מרקמות גוף הפונדקאי שלהן בשלב הלרווה, אך משנות את דפוסי ההזנה שלהן בשלב הבוגר, בו הן ניזונות בעיקר מצוף פרחים (5,13).

לזמינות מקור מזון צמחי ישנה לעיתים השפעה על מחזור החיים של אויבים טבעיים אומניבוריים (הניזונים מן החי ומן הצומח). זמינות גבוהה של מזון צמחי איכותי עשויה לשפר את מצבם התזונתי של חרקים אלו בעתות של מחסור בטרף, ובכך לסייע להם לעבור בהצלחה תקופות מחסור (11).

מחקרי הדברה ביולוגית רבים הראו כי מחסור בחלק ממרכיבי התזונה (כגון מרכיבים מן הצומח) של חרקים טורפים ופרזיטואידים עשוי להוות גורם מכריע בהצלחה או כישלון של ייבוא אויב טבעי חדש אל תוך מערכת חקלאית (12). מחקרים של שחרור המוני של אויבים טבעיים מראים כי המחסור באלמנטים התזונתיים מקצר את אורך החיים הממוצע של החרקים, ולכן הופך את השחרור החוזר של החרקים לפעולה תכופה יותר ומכאן פחות כדאית (12). על תוכנית הדברה ביולוגית מקיפה ואיכותית לקחת בחשבון את כל צרכי האויב הטבעי, הכוללים גם מזונות צמחיים. מזונות כאלו ניתן להכניס אל תוך המערכת החקלאית בצורות שונות (12).

לצמחייה משנית (שאינה הגידול המרכזי בשטח החקלאי) המוספת אל תוך שטח חקלאי מונקולטורי תפקידים נוספים בעידוד אוכלוסיות אויבים טבעיים, מעבר לערכה התזונתי בעבורם. ישנם מקרים בהם אויבים טבעיים מעדיפים סוג צמחייה מסוים שאינו הגידול העיקרי לשם הטלת ביציהם (12). במקרים אחרים הודגם שיצירת סביבה צמחית מגוונת תורמת לאויבים הטבעיים על ידי העשרת מגוון הנישות האקולוגיות ויצירת תנאי מיקרו אקלים שונים ומגוונים יותר (4,5).

הכנסה של צמחייה מגוונת ועשירה אל תוך המערכת החקלאית המונוקולטורית עשויה, בחלק מהמקרים, להתאים יותר לדרישות האויבים הטבעיים בהשוואה להכנסה של גידול מונקולטורי נוסף אל תוך המערכת (2,5,12,13). מכאן, הכנסת צמחיית בר מגוונת אל תוך מערכת מונוקולטורית, טומנת בחובה אפשרות להגברת ההדברה הביולוגית הטבעית. אחת הדרכים להגברת החשיפה לצמחיית בר היא שימור צמחייה שכזו בשולי השדה (14). בשדות ופרדסים רחבי ידיים, כאשר המרחק שבין שולי השדה למרכזו גדול מידי, ניתן להגביר את החשיפה לצמחיית הבר על ידי זריעת רצועות צמחיית בר בתוך שטח השדה במקרה של שדות, או להשתמש בצמחיית הבר כבגידול כיסוי במקרה של פרדסים ומטעים (15). רצועות צמחיית בר זרועות נמצאות בשימוש בסדרי גודל גדולים בשוויץ (15), ומחקרים שנערכו שם מראים כי רצועות שכאלו גורמות לעידוד מגוון מיני פרוקי הרגליים בשדות הסמוכים אליהם (16).

על אף שהכנסת צמחייה מגוונת אל תוך המערכת החקלאית טומנת בחובה את כל היתרונות שפורטו לעיל, היא עלולה במקרים מסוימים דווקא לפגוע ביכולת ההדברה הביולוגית. סביבה צמחית מגוונת יותר עשויה להקשות על האויב הטבעי בשיחורו אחר טרף או פונדקאי. במקרים אחרים הסביבה המגוונת עשויה להפחית את מידת התלות של חרקים טורפים בטרף שלהם, כתוצאה מהעושר של מקורות המזון החילופיים (4,13,17). בעיה נוספת שעלולה להתעורר היא הטפלה של אויבים טבעיים על ידי פרזיטואידים שפוגעים בהם (18). ישנם מחקרים שמראים כי הימצאותה של צמחייה מגוונת מאפשר למזיקים שבדרך כלל מטילים על גבי הגידול העיקרי, להטיל את ביציהם על גבי צמחים שונים ובכך להקשות על הפרזיטואידים את מלאכת מציאת הביצים אותן הם מטפילים (16). היבטים שליליים אלו חייבים להיות מובאים בחשבון בתכנון מערכת הדברה ביולוגית (19).

חקלאות אקסטנסיבית ושילוב של צמחיית בר ושטחים טבעיים לא מעובדים אמנם תומכים במגוון הביולוגי, אבל נופלים מהחקלאות האינטנסיבית בכל הקשור ליבול (5). הירידה ביבולים מקשה על הצדקת השימוש בשיטות כאלו, בעיקר בעולם בו הדרישה למזון נמצאת בעלייה, בעוד עתודות הקרקע והמים הזמינים לחקלאות אינם גדלים (5). ניגוד האינטרסים הזה שבין שימור מגוון המינים מחד ובין ייעול הייצור מאידך, גורם למגמות מנוגדות בכל הקשור לניצול משאבי הקרקע. מצד אחד נעשה מאמץ למנוע פיתוח בחלקים נרחבים בכל רחבי העולם על מנת לשמר את מגוון המינים (20,21) ומצד שני שטחי חקלאות אקסטנסיבית ושטחי בר מוסבים לשטחי חקלאות אינטנסיבית בכל רחבי העולם (22,23). מציאת דרכים שיאפשרו שימור נאות של מגוון ביולוגי (הן של צמחייה והן של פרוקי רגליים), בתוך שטחי החקלאות האינטנסיבית, עשויה לעזור לגשר על הפער שבין הגישה האקולוגית לגישה היצרנית.

סחף קרקעות היא בעיה מרכזית נוספת עימה מתמודדת החקלאות המודרנית בכלל והפרדסנות באגן הים התיכון בפרט. הסחף יוצר קשיים אגרו-טכניים בעיבוד, מוביל לסחף חומרי הדברה ודישון אל שטחים פתוחים ומקורות מים ובמקרים קשים אף עשוי לפגוע בעצים צעירים על ידי חשיפת מערכת השורשים שלהם (24,25).

גידולי כיסוי הם גידול משני המגודל בין שורות הגידול העיקרי. ניתן לקצור את גידול הכיסוי ולהשתמש בו כגידול כלכלי, או לחילופין להשאירו בשטח לאחר הקציר, כאשר הקש מגידול הכיסוי משמש כחיפוי קרקע (24,26). גידולי כיסוי נמצאים בשימוש בגידולים שונים ברחבי העולם, ביניהם גם פרדסי הדרים באגן הים התיכון. באופן מסורתי, הסיבה העיקרית לשימוש בגידולי כיסוי בפרדסנות באגן הים התיכון היא מניעת סחף קרקע (24,26,27).

במחקר זה נבחנו היתרונות הגלומים בשימוש בגידולי כיסוי שונים בפרדסי הדר לשם שימור מגוון מינים של פרוקי רגליים ושל צמחייה, כמו גם השפעת גידולי הכיסוי על שירותי ההדברה הביולוגית הטבעית בפרדס בעזרת אויבים טבעיים.

**שיטות עבודה:**

המחקר בוצע בפרדס מסחרי בן שלוש שנים של זן ההדר הקליף "אור", ממזרח לחדרה. חלקת הניסוי מוקפת משלושה כיוונים בשטח פרדסנות של כ-5000 דונם, הנטוע ברובו בהדרים בוגרים ובמעט חלקות קטנות יותר של אבוקדו. מצפון גובלת חלקת הניסוי בשדה חיטה שנקצר במאי 2013 ובמתקן אזורי לטיהור שפכים. הניסוי הועמד במערך של בלוקים באקראי באקראיות גמורה (28) עם ארבעה טיפולי כיסוי שחזרו על עצמם בשלושה בלוקים. כל שורת ניסוי הייתה באורך של לפחות 71 מטר (לפחות 20 עצים) עם טיפול הכיסוי ברוחב של 6 מטרים מכל אחד מצדדיה. כל גידולי הכיסוי נזרעו בסתיו 2010, ומאז הם נקצרים כל שנה בסוף האביב לאחר מילוי זרעים והתייבשות הצמחייה. כיוון כל השורות היה ממערב למזרח, בכל הבלוקים.

הטיפולים:

**1T:** (צמחיית בר) הדרכים משני צידי שורת העצים נזרעו בתערובת של צמחי בר שנאספה בשולי פארק השרון ברעננה (אקלים ומסלע דומים) ב-2010. גדודיות העצים רוססו בקוטלי עשבים ומונעי נביטה וכוסו ב-5 ס"מ של רסק עץ משבבי עץ מעורב.

**2T:** הדרכים משני צידי שורת העצים נזרעו בתערובת שווה של שיבולת שועל תרבותית (*Avena sativa*) ובקיה תרבותית (*Vicia sativa*). גדודיות העצים רוססו בקוטלי עשבים ובמונעי נביטה והושארו חשופות.

**3T:** הדרכים משני צידי שורת העצים נזרעו בתערובת שווה של שיבולת שועל תרבותית (*Avena sativa*) ובקיה תרבותית (*Vicia sativa*). גדודיות העצים רוססו בקוטלי עשבים ובמונעי נביטה וכוסו ב 5-ס"מ של רסק עץ משבבי עץ מעורב.

**C:** (ביקורת) הדרכים משני צידי שורת העצים, כמו גם גדודיות העצים, רוססו בקוטלי עשבים ובמונעי נביטה והושארו חשופים.

בכל שורת ניסוי נאספו נתונים מ-15 עצים במרכז השורה וזאת על מנת למנוע השפעות שוליים. בכל תקופת הניסוי (אוקטובר 2012-מאי 2013) לא יושמו בחלקת הניסוי קוטלי חרקים.

סקר צומח:

בכל שנה באביב בוצע בחלקה סקר צומח בשיתוף פעולה עם פרופ' מרסלו שטרנברג (אוניברסיטת תל אביב). מטרת הסקר היא מעקב אחר דפוסי השתנות אוכלוסיות הצומח בחלקות, אשר נזרעו בשנת 2010 ומאז מתחדשות כל שנה בצורה טבעית מזרעי השנה שעברה, מבנק הזרעים שבקרקע ומהגירה, ללא זריעה נוספת.

לסקר הצמחייה, נמתח בכל אחת משורות הניסוי סרט מדידה באורך של 20 מטר, על גבי צמחיית הכיסוי. כל הצמחים שנגעו בסרט באינטרוולים של 20 ס"מ זוהו לרמת המין. קוודראט בגודל של 50 ס"מ \* 50 ס"מ הונח בשלושה מקומות אקראיים לאורך סרט המדידה, וכל הביומסה שבו נקצרה, יובשה בתנור ונשקלה לחישוב ביומסה ממוצעת ליחידת שטח. הנתונים של עונת הדיגום של 2013 מנותחים עדיין על ידי פרופסור שטרנברג. נתוני סקר הצומח המובאים כאן הם נתוני הסקר של אביב 2012.

מעקב מיקרו-אקלים:

השפעות גידולי הכיסוי השונים על המיקרו-אקלים שבסביבת הקרקע תועדו על ידי ד"ר גיל אשל וצוותו (התחנה לחקר הסחף, משרד החקלאות). טמפרטורת הקרקע נמדדה כל שלושים דקות בעומק של 10 ס"מ בכל אחד מן הטיפולים בבלוק מס' 3, בין נובמבר 2012 ליוני 2013. בכל טיפול נמדדה הטמפרטורה מתחת לגדודית העץ ובמרכז השורה מתחת לגידול הכיסוי. טמפרטורת הקרקע בעומק רדוד זה משקפת את סביבת המיקרו-אקלים אליה חשופים אותם פרוקי הרגליים המבלים לפחות חלק מזמנם על פני הקרקע או בשכבות הרדודות שלה.

אוכלוסיית פרוקי הרגליים:

אוכלוסיית פרוקי הרגליים נדגמה בעזרת שואב חרקים ייעודי מסוג D-vac (29). צמחיית הכיסוי נדגמה בתאריכים 27 בפברואר, 12 במרץ, 27 במרץ ו- 10 באפריל. העצים נדגמו בתאריכים 27 בפברואר 12 במרץ ו- 22 במאי. הפער שבין תאריך הדגימה השני והשלישי בעצים נובע מהימנעות מדגימת העצים בזמן הפריחה והחנטה, וזאת על מנת למנוע אובדן יבול לחקלאי.

עקב השוני המבני שבין צמחיית הכיסוי ובין עצי ההדר עצמם, נבחרו בעבורם שיטות דיגום שונות בעזרת ה- D-vac. דגימת צמחיית הכיסוי נעשתה על ידי החזקת פתח היניקה של ה- D-vac 15 ס"מ מעל הקרקע, ותוך הליכה לאורך סרט מדידה באורך של 10 מטרים, במשך 15 שניות, במרכזה של שורת גידול הכיסוי.

דגימת העצים נעשתה על גבי עצים מס' 3 ו-4 בכל שורת ניסוי, על מנת למנוע השפעות קצה של חלקות סמוכות מחד, והפרעות לשאר הניסויים שנעשו החל מעץ מס' 5 מאידך. דגימת העצים נערכה על ידי שאיבה של כל הענפים שבגובה המותן בעצים מס' 3 ו-4, במשך 45 שניות.

החרקים שנאספו נשמרו בקירור בשדה ולאחר מכן בהקפאה בטמפרטורה של -4C0 עד למיון. הדגימות הופרדו תוך שימוש בבינוקולר ומוינו על פי עיקרון ה "Higher Taxa" (30) לרמת הסדרה. במקרים בהם ישנן קבוצות פונקציונאליות שונות בסדרה, נעשה מיון גם לרמות משנה. לדוגמא, סדרת הדבוראים הופרדה לתתי קבוצות של נמלים, צרעות טפיליות ודבוראים אחרים (דבורים וצרעות שאינן טפילות).

לאחר המיון חושבו מדדי מגוון (Shannon Weaver) ועושר.

סקר מזיקי נוף:

סקר המזיקים נערך כל ארבעה שבועות בין ה- 27 בפברואר ל- 24 באפריל. בכל אחת משורות העצים נבחנו 5 עלים מכל אחד מהעצים שמספרם 5-14. שני עלים מקצוות העץ הפונים אל העצים הסמוכים, שני עלים מקצוות העץ הפונים אל גידול הכיסוי ועלה אחד ממרכזו של העץ. סה"כ נבחנו 50 עלים בכל שורת ניסוי בכל אחד מן התאריכים.

העלים הנבחרים נבחנו בעזרת זכוכית מגדלת לקיומם של פרוקי רגליים מזיקי עלווה עיקריים. המינהדר (עש המנהרות של ההדרים, *Phyllocnistis citrella*) זוהה על ידי נזקי המנהרה שהוא מותיר בעלה. בנוסף לנזקי פרוקי רגליים, נוטרו גם נזקי פייחת (Sooty mold), שכן אלו נוצרים על גבי טל דבש שמופרש על ידי חרקים ממשפחת הפשפשאים (Homoptera) (31).

בנוסף חושב אחוז העלים הנקיים מכל פגע כמדד כללי לרמת סך הפגיעות בעלווה.

איכות הפרי:

20 פירות נבחרו מכל אחת מ-12 שורות הניסוי. 10 פירות נבחרו באקראי מחלקיו החיצוניים של העץ ו-10 פירות נוספים נבחרו באקראי מחלקיו הפנימיים. כל הפירות נבחרו מהעצים 5-14 בשורה, על מנת למנוע השפעות שולי שדה. הפירות נשקלו לשם חישוב משקל פרי ממוצע. איכות הפרי נקבעה בשלוש שיטות שונות ובלתי תלויות:

1. **שיטה קטגוריאלית, רמות איכות 1-5:** נקבעו חמש דרגות ויזואליות של איכות הפרי, 1- הרמה הנמוכה ביותר, 5- הרמה הגבוהה ביותר. כל תפוז סווג לרמת האיכות המתאימה לו. לאחר מכן חושבה התפלגות רמות האיכות והושוותה בין הטיפולים השונים.
2. **מיון על פי הסטנדרט הבינלאומי למיון פירות הדר של ארגון ה-OECD (32):** מדובר בשיטת מיון אחידה לקביעת רמות איכות פרי המשמשת את מדינות הOECD-, ביניהן ישראל, אשר מרבית סחורת ההדר ממנה מיוצאת למדינות אירופה. החלוקה היא לשלוש קבוצות איכות: Class 1- קבוצת האיכות הגבוהה ביותר, Class 2ו Out of grade- קבוצת האיכות הנמוכה ביותר. המיון מתבצע באמצעות חוברת של תמונות (32) על פיה מקבל הפרי דירוג איכות נפרד לכל מזיק. הדרוג הסופי הוא הדרוג הנמוך ביותר אותו קיבל פרי מסוים בעבור מזיק כלשהו. כל תפוז סווג לרמת איכות והתפלגות רמות האיכות הושוותה בין הטיפולים השונים.
3. **חישוב אחוז שטח הפנים הפגוע של הקליפה:** כל התפוזים שנקטפו קולפו. לאחר מכן שוטחו הקליפות בכדי למנוע עיוות פרספקטיבה וצולמו. התמונות נותחו בעזרת תוכנת Image J 1.45s לשם חישוב פרופורציית שטח הפנים שנפגע על ידי מזיקים בכל אחד מהטיפולים. לאחר מכן הושווה אחוז שטח הפנים הפגוע על ידי מזיקים בין הטיפולים השונים.

רמת הטפלה:

רמת ההטפלה של שני מזיקים שונים נקבעה בעבור טיפול צמחיית הבר (1T) ובעבור טיפול הביקורת (C). רמת ההטפלה של כנימות העלה (לא נעשתה הפרדה לרמת המין, שכן כנימות עלה רבות תוקפות את עצי ההדר והן דומות זו לזו הן בנזק שהן גורמות והן בדרכי הטיפול) נעשתה על ידי איסוף של 5 קודקודי צמיחה ברמות אילוח קשות של כנימות בכל אחד מהטיפולים הנבחנים ובכל אחד מן הבלוקים. הכנימות בכל קודקוד צמיחה נספרו בשדה, והקודקודים בודדו כל אחד במבחנה והועברו לאינקובציה בטמפרטורה של 27 C0 למשך ארבעה ימים. לאחר האינקובציה נספרו הצרעות הטפיליות שהגיחו וכנימות העלה שהפכו למומיות (כנימות עלה מוטפלות). חושב אחוז הטפילות הממוצע בעבור הטיפולים הנבדקים. ניסוי נוסף בדק את רמת ההטפלה של המינהדר (*Phyllocnistis citrella*) על פי פרוטוקול דומה.

ניתוח נתונים סטטיסטיים:

הנתונים נותחו בעזרת התוכנה JMP 7. השפעות הטיפולים נותחו בעזרת ניתוח שונות ANOVA (p=0.05) ולאחר מכן נבחנו במבחן Tukey HSD. ניסויי התפלגות של רמות נותחו בעזרת ניתוח Contingency analysis ונבחנו במבחן Pearson (α=0.05).

**תוצאות:**

אוכלוסיית פרוקי הרגליים:

**גידולי הכיסוי:** מגוון פרוקי הרגליים (Shannon Weaver index) אשר נדגם בצמחיית הכיסוי היה גבוה באופן מובהק בשלושת הטיפולים שהכילו צמחיית כיסוי (1T, 2T, 3T) בהשוואה לטיפול הביקורת (C) החשוף, ללא הבדלים מובהקים בין הטיפולים שהכילו גידול לבין עצמם (איור 1. א). בטיפול הביקורת נלכדו 93 פרוקי רגליים בלבד בסכימת כל הדגימות שנדגמו. לשם השוואה, בטיפול 3T, שהראה את שפעת הפרטים הגדולה ביותר נלכדו באותם התנאים 3985 פרוקי רגליים.

בביקורת כמעט ולא נלכדו פרוקי רגליים מקבוצות של אויבים טבעיים (סה"כ 7 פרטים) בעוד בטיפולים עם גידול הכיסוי ניתן לראות נוכחות של סדרות ותתי סדרות כגון צרעות טפיליות וחיפושיות, להן יכולת הדברה ביולוגית (איור 1. א).

**עצים:** מגוון פרוקי הרגליים (Shannon Weaver index) שנדגמו מעצי ההדר לא היה שונה באופן מובהק בין הטיפולים השונים (איור 1. ב). מספר הפרטים שנלכדו היה הנמוך ביותר בביקורת (C) והגבוה ביותר בצמחיית הבר (1T), אך ההבדלים לא היו מובהקים.

ניתוח נוסף נערך על מנת להשוות את שפעת האויבים הטבעיים בטיפולים השונים. בניתוח זה אוחדו הסדרות ותתי הסדרות המכילים אויבים טבעיים: חיפושיות (Coleoptera), צרעות טפיליות (parasitic wasps), לארוות של ארינמלאים (Neuroptera larvae), פשפשים (Hemiptera), נמלים (Ants) ועכבישים (Araneae) . מן העצים שגדלו בסמוך לצמחיית הבר (1T) נאספו יותר אויבים טבעיים לדגימה באופן מובהק, בהשוואה לכל שאר הטיפולים(איור 2).

**מגמות עונתיות:** גם המגוון (Shannon Weaver index) וגם שפעת האויבים הטבעיים הראו תלות מובהקת בתאריך הדגימה, עם מגמה כללית של עלייה במגוון ובשפעת האויבים עם התקדמות עונת הדיגום. המגמה נצפתה גם בדגימות שנלקחו מגידולי הכיסוי וגם באלו שנלקחו מן העצים עצמם (איור 3. א, 3. ב)

**איור 1-** שפעה ומגוון (Shannon Index) של פרוקי רגליים (±se): (א) בארבעה גידולי כיסוי שונים: 1T- תערובת צמחי בר עם רסק עץ בגדודית, 2T- שיבולת שועל ובקיה ללא רסק עץ בגדודית, 3T- שיבולת שועל ובקיה עם רסק עץ בגדודית וביקורת (C) של אדמה חשופה ללא רסק עץ בגדודית. (ב) בעצי ההדר בסמוך לאותם הטיפולים. עמודות צבעוניות מסמלות שפעה וחלוקה לסדרות ותתי סדרות. נקודות שחורות מסמלות אינדקס מגוון Shannon Weaver. נקודות החולקות את אותה אות לועזית אינן נבדלות זו מזו בצורה מובהקת (ANOVA, p<0.05).

\*סדרת הדבוראים ((Hymnoptera איננה כוללת את הצרעות הטפיליות ואת הנמלים.

**איור 2-** מספר ממוצע של אויבים טבעיים לדגימה (±se): העמודות מסמלות את מספר האויבים הטבעיים הממוצע לדגימות שנלקחו מעצים בסמוך לטיפולי הכיסוי: 1T- תערובת צמחי בר עם רסק עץ בגדודית, 2T- שיבולת שועל ובקיה ללא רסק עץ בגדודית, 3T- שיבולת שועל ובקיה עם רסק עץ בגדודית וביקורת (C) של אדמה חשופה ללא רסק עץ בגדודית. עמודות החולקות את אותה אות לועזית אינן נבדלות זו מזו בצורה מובהקת (ANOVA, p<0.05).

**איור 3-** מגמות עונתיות. סדרות הנתונים הכחולות מייצגות מגוון פרוקי רגליים (Shannon Weaver) ממוצע לתאריכים השונים וסדרות הנתונים האדומות מייצגות שפעה ממוצעת של אויבים טבעיים לדגימה בתאריכים השונים. הממוצעים כוללים את כל הטיפולים השונים. (א) מגמות עונתיות כפי שנמדדו בארבעה תאריכים שונים בטיפולי הכיסוי השונים. (ב) מגמות עונתיות שנמדדו בשלושה תאריכים שונים בעצים הסמוכים לטיפולי הכיסוי השונים. כל התאריכים נבדלו זה מזה בצורה מובהקת (ANOVA, p<0.05) עבור מגוון פרוקי הרגליים ועבור שפעת האויבים הטבעיים, גם בעצים וגם בגידולי הכיסוי.

סקר מזיקי נוף:

**כנימות:** מגוון רחב של מיני כנימות עלה הגורמות לסלסול של העלה ולירידה ברמת ההטמעה נמצא על גבי העלווה. בין היתר נצפו כנימות עלה מהסוג *Toxoptera aurantii* האופייני להדרים, כנימת המלון או הכותנה (מדובר בשני שמות נפוצים לאותו המין) *Aphis gossypii* ועוד. שפעת הכנימות חושבה ללא הפרדה לרמת המין. מספר הכנימות הממוצע לעלה היה גבוה יותר באופן מובהק בדגימות שנלקחו מעצים המוקפים בצמחיית בר (1T) ביחס לדגימות שנלקחו מהעצים המוקפים בתערובת של שיבולת שועל תרבותית (*Avena sativa)* ובקיה תרבותית (*Vicia sativa*) ללא רסק עץ (2T) ובהשוואה לביקורת (C) (איור 4. א).

**מינהדר (Phyllocnistis citrella):** עלים רבים בחלקת הניסוי נפגעו על ידי מנהרות של עש מנהרות זה, פגיעה שמפחיתה את יכולת ההטמעה. מידת הנגיעות הממוצעת במינהדר לא נבדלה בצורה מובהקת בין הטיפולים השונים (איור 4. ב).

**אקרית הארגמן *(Panonichus citri)*:** אקרית מזיקה זו פוגעת ביכולת ההטמעה של עלי הדר צעירים. מספר האקריות הממוצע לעלה היה גבוה יותר באופן מובהק בדגימות שנלקחו מהעצים המוקפים בתערובת של שיבולת שועל תרבותית (*Avena sativa)* ובקיה תרבותית (*Vicia sativa*) ללא רסק עץ (2T), ביחס לכל שאר הטיפולים (איור 4. ג).

**עלים ללא מזיקים:** בטיפול הביקורת (C) היו יותר עלים ללא נזקי מזיקים בצורה מובהקת בהשוואה לטיפול של שיבולת שועל תרבותית (*Avena sativa)* ובקיה תרבותית (*Vicia sativa*) עם רסק עץ (3T), הטיפולים הנוספים (1T ו 2T) לא נבדלו באופן מובהק מאף אחד מהטיפולים האחרים (איור 4. ד).

**איור 4-** פגיעת מזיקי עלווה (±se): (א) העמודות מייצגות מס' ממוצע של כנימות לעלה שנמדד בעצים בסמוך לטיפולי הכיסוי: 1T- תערובת צמחי בר עם רסק עץ בגדודית, 2T- שיבולת שועל ובקיה ללא רסק עץ בגדודית, 3T- שיבולת שועל ובקיה עם רסק עץ בגדודית וביקורת (C) של אדמה חשופה ללא רסק עץ בגדודית. (ב) העמודות מייצגות מספר ממוצע של מינהדרים (*Phyllocnistis citrella*) לעלה באותם הטיפולים. (ג) העמודות מייצגות מספר ממוצע של אקריות ארגמן (*Panonichus citri*) לעלה באותם הטיפולים. (ד) העמודות מייצגות אחוז עלים ללא מזיקים באותם הטיפולים. עמודות החולקות את אותה אות לועזית אינן נבדלות זו מזו בצורה מובהקת (ANOVA, p<0.05).

ו

איכות הפרי:

**דרגת איכות:** הפרי שנקטף מוין בשלוש שיטות בלתי תלויות (ראה פרק שיטות). בכל השיטות לא נבדלו הטיפולים זה מזה בהתפלגות איכות הפרי. שיטת המיון הרשמית של ה OECD היא הנפוצה והסדורה ביותר בין השיטות ומוצגת להלן (איור 5).

**משקל הפרי:** 20 פירות מכל שורת ניסוי (סה"כ 60 פירות מכל טיפול) נשקלו וחושב משקל ממוצע לפרי. הטיפולים השונים לא נבדלו זה מזה במשקל הפרי הממוצע.

**איור 6-** משקל פרי ממוצע (±se): העמודות מייצגות משקל פרי ממוצע בעבור פרי שנקטף מעצים בסמוך לטיפולי הכיסוי: 1T- תערובת צמחי בר עם רסק עץ בגדודית, 2T- שיבולת שועל ובקיה ללא רסק עץ בגדודית, 3T- שיבולת שועל ובקיה עם רסק עץ בגדודית וביקורת (C) של אדמה חשופה ללא רסק עץ בגדודית. הטיפולים לא נבדלו זה מזה באופן מובהק . (ANOVA, p<0.05)

**Fig 4:** Bars in fig 4. a-4. c represent average number of pests per leaf. Bars in fig 4. d represent percentage of un damaged leaves. Error bars represent Std. Error. Bars that do not share the same letter are significantly different.

**איור 5-** מיון איכות פרי על פי תקן ה OECD: הצבעים מייצגים את רמות האיכות השונות. Class 1- רמת האיכות הגבוהה ביותר. Out of grade- רמת האיכות הנמוכה ביותר. מוצגת התפלגות הרמות של פרי שנקטף מעצים בסמוך לטיפולי הכיסוי: 1T- תערובת צמחי בר עם רסק עץ בגדודית, 2T- שיבולת שועל ובקיה ללא רסק עץ בגדודית, 3T- שיבולת שועל ובקיה עם רסק עץ בגדודית וביקורת (C) של אדמה חשופה ללא רסק עץ בגדודית. הטיפולים השונים לא נבדלו זה מזה בהתפלגות רמות האיכות. (contingency analysis and Pearson test, α=0.05).

**Fig 4:** Bars in fig 4. a-4. c represent average number of pests per leaf. Bars in fig 4. d represent percentage of non damaged leaves. Error bars represent Std. Error. Bars that do not share the same letter are significantly different.

רמת הטפלה:

שני הסטים של ניסויי ההטפלה הראו אחוזי הטפלה נמוכים ביותר (פחות מ 0.15% בממוצע בטיפול עם רמת ההטפלה הגבוהה ביותר). בשני הסטים לא נמצאו הבדלים מובהקים ברמת ההטפלה בין הטיפולים השונים. מובאות להלן תוצאות ניסוי ההטפלה של כנימות העלה (איור 7).

**איור 7-** אחוז ההטפלה של כנימות עלה (±se): העמודות מייצגות את אחוזי ההטפלה של כנימות עלה על גבי קודקודי צמיחה מאולחים שנקטפו מעצים בסמוך לטיפולי הכיסוי: 1T- תערובת צמחי בר עם רסק עץ בגדודית וביקורת (C) של אדמה חשופה ללא רסק עץ בגדודית. הטיפולים לא נבדלו זה מזה באופן מובהק (ANOVA, p<0.05).

מעקב מיקרו אקלים:

התוצאות המוצגות הן מדידות טמפרטורה שנערכו בעבור טיפול הביקורת (C) וטיפול צמחיית הבר ורסק העץ (1T) בין התאריכים 2 במרץ ל 15 במרץ. הבדלים דומים בין הטיפולים נצפו לכל אורך תקופת הניסוי והבחירה להציג נתונים עבור תקופת זמן חלקית נעשתה בכדי שניתן יהיה להבחין בנקל במגמות בצורה גרפית.

**טמפרטורה במרכז השורה:** כאשר נמדדה טמפרטורת הקרקע במרכז השורה הראו טיפול הביקורת החשוף לשמש (C) וטיפול צמחיית הבר (1T) מגמות דומות של עליית הטמפרטורה במשך היום והתקררות בלילה. הטמפרטורה מתחת לביקורת החשופה הייתה באופן עקבי מעט גבוה יותר מן הטמפרטורה שנמדדה תחת צמחיית הבר (איור 8. א).

**טמפרטורה בגדודיות העצים:** כאשר נמדדה טמפרטורת הקרקע בגדודיות העצים הייתה הטמפרטורה היומית הממוצעת דומה בטיפול הביקורת ללא רסק העץ על הגדודית (C) ובטיפול צמחיית הבר עם רסק העץ על הגדודית (1T). לעומת זאת מנעד הטמפרטורות היה שונה בתכלית. בעוד בגדודיות הלא מחופות נמדד מנעד של כ 4C0 בין היום ללילה, בגדודיות המחופות נמדד מנעד של כ 0.5C0 בלבד. כלומר, בגדודיות הלא מחופות היו הימים חמים יותר והלילות קרים יותר בהשוואה לגדודיות המחופות (איור 8. ב).

**איור 8-** טמפרטורת הקרקע תחת מרכז השורה (א) ותחת גדודית העץ (ב): נקודות כחולות מייצגות טמפרטורת קרקע בעומק 10 ס"מ תחת לגדודית או תחת למרכז השורה של טיפול ביקורת הקרקע החשופה (C). נקודות אדומות מייצגות טמפרטורת קרקע בעומק 10 ס"מ תחת לגדודית או תחת למרכז השורה של טיפול צמחיית הבר ורסק העץ (1T).

סקר צומח:

**עושר מינים:** עושר מיני הצומח בביקורת הקרקע החשופה (C) היה נמוך באופן מובהק בהשוואה לשאר הטיפולים. טיפול הבקיה התרבותית (*Vicia sativa*) ושיבולת השועל התרבותית (*Avena sativa*) עם רסק העץ (3T) לא נבדל באופן מובהק מהטיפול הדומה לו ללא רסק העץ (2T), ואילו טיפול הצמחייה הטבעית ורסק העץ (1T) הראה עושר מינים גבוה באופן מובהק בהשוואה לשאר הטיפולים (איור 9).

**ביומסה:** כל הטיפולים שהכילו גידול כיסוי (1T, 2T ו 3T) לא נבדלו באופן מובהק זה מזה. טיפול הביקורת לא נקצר למדידת ביומסה, שכן מסת הצמחייה שהחיל הייתה זניחה.

**איור 9-** עושר המינים של הצומח בצמחיית הכיסוי (±se): העמודות מייצגות את עושר מיני הצומח שנמדד בגידולי הכיסוי בטיפולים השונים: 1T- תערובת צמחי בר עם רסק עץ בגדודית, 2T- שיבולת שועל ובקיה ללא רסק עץ בגדודית, 3T- שיבולת שועל ובקיה עם רסק עץ בגדודית וביקורת (C) של אדמה חשופה ללא רסק עץ בגדודית. עמודות החולקות את אותה אות לועזית אינן נבדלות זו מזו בצורה מובהקת (ANOVA, p<0.05).

**Fig 4:** Bars in fig 4. a-4. c represent average number of pests per leaf. Bars in fig 4. d represent percentage of non damaged leaves. Error bars represent Std. Error. Bars that do not share the same letter are significantly different.

**דיון:**

הגברת המגוון הביולוגי:

הכנסת גידולי כיסוי למערכת אינטנסיבית של פרדסנות מלווה בעידוד מגוון פרוקי הרגליים והצומח במערכת זו, כפי שהודגם במחקר זה ובמחקרים קודמים (5,21). ככל שהצמחייה המוספת מגוונת יותר, כך גדל מגוון הנישות הסביבתיות (micro habitats) העומד לרשות פרוקי הרגליים במערכת (5,34). בעזרת גידולי כיסוי מגוונים, יכולים הפרדסים לשחק תפקיד חיובי יותר באקוסיסטמה. במקום לשמש רק כמקור של חומרי ריסוס והדברה שנשטפים בנגר עילי ובחלחול אל שטחים פתוחים סמוכים ואל מי תהום, יכולים הפרדסים לקיים אוכלוסיות טבעיות מקומיות של צמחייה ופרוקי רגליים (35,36).

באזורים בהם קרקע היא משאב יקר ערך, כמו בישראל, ייצור תועלות סביבתיות משטח שבעבר שימש לחקלאות אינטנסיבית נטולת תועלות שכאלו, היא משימה רבת חשיבות (5,35). שימוש בצמחיית בר כגידול כיסוי בפרדסים ושאר מטעים עשוי להוות כלי רב עוצמה בהשגת מטרה זו.

ניהול אוכלוסיות מזיקים:

הכנסת צמחייה מגוונת אל תוך מערכת מונוקולטורית עשויה להגביר את שרותי ההדברה הביולוגית הטבעיים במקרים מסוימים (14), או דווקא לפגוע בשירותים אלו במקרים אחרים (18).

בבחינת אוכלוסיות המזיקים בפרדס תחת גידולי הכיסוי השונים לא יכולנו להבחין בעדויות חד משמעיות למגמה ברורה. כנימות העלה מחד הראו עלייה מובהקת באוכלוסיות על גבי עלוות העצים כאשר אלו הוקפו בצמחייה טבעית. מזיקים אחרים כגון אקרית הארגמן (*Panonichus citri*) והמינהדר (Phyllocnistis citrella) מאידך לא הושפעו מגידולי הכיסוי השונים.

במהלך תקופת הניסוי לא נעשה שימוש בחומרי הדברה בחלקות הניסוי. על אף זאת רמות כל המזיקים שנבדקו לא הגיעו אל סף הנזק הכלכלי. כלומר: גם כאשר נמצא הבדל מובהק ברמות המזיקים בין הטיפולים השונים, לא היה זה הבדל המחייב התערבות.

רמת הטפלה:

רמות ההטפלה של המזיקים שנבדקו היו נמוכות מאד. עובדה זו ניתן לייחס לשימוש מתמשך בחומרי הדברה בשטח הפרדס טרם תקופת הניסוי. צרעות טפיליות, כמו גם אקריות טורפות, הן בעלות רגישות גבוהה מאד לחומרי הדברה. משך הזמן הדרוש להן לשיקום פעילות אוכלוסיות הבר, בשטח שנעשה בו שימוש מסיבי בחומרי הדברה, עלול להגיע למספר שנים (37,38,39). על מנת להבין טוב יותר את השפעת גידולי הכיסוי על רמות , יש לשקול את השימוש במערכת ניסוי המבוססת על פרדס אורגני. מערכת גידול אורגנית תסייע לנטרל את ההשפעות הכבדות של חומרי ההדברה הסינטטיים.

אוכלוסיות אויבים טבעיים

השימוש בצמחיית בר כגידול כיסוי גרם לעלייה מובהקת בשפעת האויבים הטבעיים על גבי עצי ההדר הסמוכים. עידוד אוכלוסיות אויבים טבעיים עשוי להוביל בסופו של דבר להפחתת התלות בחומרי הדברה סינטטיים (34). הפחתת השימוש בחומרי הדברה אלו עשוי להוביל לתגובת שרשרת חיובית על ידי עידוד נוסף של אוכלוסיות האויבים הטבעיים הרגישים לחומרים הנ"ל (40). למשל, במהלך הניסוי התלווינו אל יונתן מעוז ממכון וולקני לביקור בחלקת פרדס אורגנית. בדיקה שטחית ביותר של עלוות העצים בפרדס הנ"ל חשפה פרטים רבים של האקרית הטורפת *Amblyseius swirskii*. אקרית זו נפוצה בצורה טבעית בשטחים לא מרוססים בארץ, בנוסף לשימוש המכוון שנעשה בפיזור שלה בתוכניות הדברה ביולוגית. במשך ימים ארוכים של מחקר בחלקת הניסוי לא נצפתה ולו אקרית *Amblyseius swirski* אחת.

איכות הפרי:

מדדי איכות הפרי והיבול הם המדדים החשובים ביותר מנקודת הראות של החקלאי, בבואו לדחות או לאמץ כל שינוי בשיטת העיבוד בה הוא נוקט. השימוש בגידולי כיסוי שונים לא השפיע באופן מובהק על איכות הפרי או על משקלו. יש להתחשב בגילו הצעיר של הפרדס: פרדסי הדר בשנותיהם הראשונות נוטים להעמיד יבול עם שונות גדולה מאד בין עץ לעץ, בין ענף לענף ואף בין הפירות על אותו הענף. עובדה זו מנעה מאתנו לבצע הערכה כוללת של היבול לדונם, ולכן הסתפקנו בחישוב משקל הפרי הממוצע.

על מנת להגיע למסקנות חד משמעיות יותר לגבי השפעת גידולי הכיסוי, יש להמשיך את הניסוי בחלקה זו עוד מספר שנים. אפשרות חילופית היא ביצוע של ניסוי דומה בחלקה בוגרת. במידה וניסויים שכאלו יעלו תוצאות דומות, יהיה זה צעד משמעותי לקראת אימוץ רחב יותר של שימוש בגידולי כיסוי מגוונים בתעשיית הפרדסנות.

מיקרו אקלים:

תועדו הבדלים ברורים במיקרו אקלים בסביבת הקרקע, הן כתוצאה מהשימוש בגידולי כיסוי והן כתוצאה מהשימוש ברסק עץ. העובדה שהטיפולים שהכילו גידול כיסוי ורסק עץ נחשפו למיקרו אקלים מתון יותר עשויה להסביר חלק מהעלייה במגוון פרוקי הרגליים בגידולים אלו (14,41). השימוש בחיפוי קרקע על גבי גדודיות העצים יצר מיקרו אקלים יציב בהרבה בהשוואה לגדודיות החשופות. למעשה יצר רסק העץ שטח שעשוי לגשר בין אוכלוסיות פרוקי הרגליים על העץ ואלו שבגידול הכיסוי, הן על ידי ייצוב המיקרו אקלים והן על ידי שימוש אפשרי כשטח מחבוא, בניגוד לגדודית החשופה.

**מסקנות:**

כאשר הניתוח נעשה בכלים אקולוגים בלבד, לשימוש בצמחיית בר כגידול כיסוי בפרדסים ישנו אפקט חיובי ברור. גידול הכיסוי מעודד את מגוון פרוקי הרגליים, כמו גם את מגוון מיני הצומח, ובכך מעלה את ערכו האקולוגי של הפרדס.

הודגמה יצירה של מיקרו אקלים יציב וקריר יותר בקרבת פני הקרקע בעזרת השימוש בגידולי כיסוי וברסק עץ כחיפוי קרקע. עובדה זו עשויה לשחק תפקיד בעידוד מגוון מיני פרוקי הרגליים. חיפוי הגדודיות עשוי לעזור בגישור בין סביבת העץ לסביבת גידול הכיסוי. לגישור זה עשויות להיות השפעות חיוביות של הגברת ההדברה הביולוגית על ידי שיפור תנאי האויבים הטבעיים. בצורה דומה, לגישור עלולות להיות גם השלכות שליליות עקב מזיקים שעשויים ליהנות אף הם מן התנאים המועדפים.

כאשר נעשה הניתוח בכלים חקלאיים, נצפו מספר מגמות חיוביות. הגברת השפעה של האויבים הטבעיים, גם אם לא צמצמה את אוכלוסיות המזיקים, עשויה לפעול כמעין בופר המסייע במניעת התפרצויות גדולות של מזיקים. טובה נוספת שצומחת לחקלאי מן השימוש בגידולי הכיסוי היא הפחתת תופעת סחף הקרקע והפחתת איבוד המים על ידי אידוי בעונה החמה, בה גידול הכיסוי נקצר ומושאר בשטח כחיפוי קרקע.

לפני אימוץ רחב היקף של גידולי כיסוי בפרדסים, יש לבחון בצורה מעמיקה ובעצים בוגרים את השפעת הגידולים השונים על היבול.

שימוש בהדברה משולבת תוך הפחתת השימוש בחומרי הדברה סינטטיים, לצד גיוון הצמחייה בפרדס ובסביבתו, עשויים לתרום ליכולת ההתגוננות של הפרדס בעזרת אויבים טבעיים.

השימוש בצמחיית בר כגידול כיסוי בפרדס עשוי להוות שיטת עיבוד האוצרת בה יתרונות אקולוגים וחקלאיים כאחד.

מקורות:

1. Haberl H, Plutzar C, Erb K, Gaube V, Pollheimer M, Schulz N. 2005. Human appropriation of net primary production as determinant of avifauna diversity in Austria. *Agriculture Ecosystems & Environment* 110:119-31

2. Brown M. 2012. Role of biodiversity in integrated fruit production in eastern North American orchards. *Agricultural and Forest Entomology* 14:89-99

3. Storkey J, Meyer S, Still K, Leuschner C. 2012. The impact of agricultural intensification and land-use change on the European arable flora. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences* 279:1421-9

4. Wilkinson TK, Landis DA. 2005. Habitat diversification in biological control: The role of plant resources. In *Plant-Provided Food for Carnivorous Insects: A Protective Mutualism and Its Applications*ed. FL FWäckers‏, PJC Rijn‏, J Bruin, 1:305-25. New York: Cambridge University Press. Number of 305-25 pp.

5. Benton T, Vickery J, Wilson J. 2003. Farmland biodiversity: is habitat heterogeneity the key? *Trends in Ecology & Evolution* 18:182-8

6. Boccaccio L, Petacchi R. 2009. Landscape effects on the complex of Bactrocera oleae parasitoids and implications for conservation biological control. *Biocontrol* 54:607-16

7. Inglese P, Bellavia G. 2012. The Citrus in the Mediterranean Region. In *Integrated Control of Citrus Pests in the Mediterranean Region*, ed. V Vacante, U Gerson, 1:3-18. Brussels Bentham Science Publishers. Number of 3-18 pp.

8. Gerson U, Vacante V. 2012. Identification of the Important Groups of Citrus Pests in the Mediteranean Region. In *Integrated Control of Citrus Pests in the Mediterranean Region*, ed. V Vacante, U Gereson, 1:56-65. Brussels: Bentham Science Publishers. Number of 56-65 pp.

9. Vacant V. 2012. The History of IPM in the Mediterranean Citruculture. In *Integrated Control of Citrus Pests in the Mediterranean Region*, ed. V Vacante, U Gerson, 1. Brussels: Bentham Science Publishers.

10. Losey J, Vaughan M. 2006. The economic value of ecological services provided by insects. *Bioscience* 56:311-23

11. Wackers F, Fadamiro H. 2005. The Vegetarian Side of Carnivores: Use of Non-Prey Food by Parasitoids and Predators. pp. 420-6. Davos, Switzerland *Proc. 2nd International Symposume of Biological Control Of Arthropods.*

12. Lundgren J. 2009. Non-Prey Foods and Biological Control of Arthropods. In *Relationships of Natural Enemies and Non-prey Foods*, ed. J Lundgren, 1:279-307. United States of America: US Government. Number of 279-307 pp.

13. Gurr G, Wratten S, Tylianakis J, Kean J, Keller M. 2004. Providing plant foods for insect natural enemies in farming system: balancing practicalities and theory. In *Plant-derived Food and Plant-carnivore Mutualism*, ed. F Wackers, P van Rijn, J Bruin:326-43. Cambridge University: Cambridge University Press. Number of 326-43 pp.

14. Dennis P, Fry G. 1992. Field margins: can they enhance natural enemy population densities and general arthropod diversity on farmland? *Agriculture Ecosystems & Environment* 40:95-115

15. Pfiffner L, Wyss E. 2004. Use of sown wildflower strips to enhance natural enemies of agricultural pests. In *Ecological Engineering for Pest Management: Advances in Habitat Manipulation for Arthropods*, ed. G Gurr, S Wratten, M Altieri:165-86. Collingwood, Australia: CSIRO Bublishing. Number of 165-86 pp.

16. Pfiffner L, Luka H. 2000. Overwintering of arthropods in soils of arable fields and adjacent semi-natural habitats. *Agriculture Ecosystems & Environment* 78:215-22

17. Sheehan W. 1986. Response by Specialist and Generalist Natural Enemies to Agroecosystem Diversification: A Selective Review. *Environmental Entomology* 15:456-61

18. Stephens M, France C, Wratten S, Frampton C. 1998. Enhancing biological control of leafrollers (Lepidoptera : Tortricidae) by sowing buckwheat (Fagopyrum esculentum) in an orchard. *Biocontrol Science and Technology* 8:547-58

19. Norris R, Kogan M. 2005. Ecology of interactions between weeds and arthropods. *Annual Review of Entomology* 50:479-503

20. Sapir Y, Shmida A, Fragman O. 2003. Constructing Red Numbers for setting conservation priorities of endangered plant species: Israeli flora as a test case. *Journal for Nature Conservation* 11:91-107

21. Forest F, Grenyer R, Rouget M, Davies T, Cowling R, et al. 2007. Preserving the evolutionary potential of floras in biodiversity hotspots. *Nature* 445:757-60

22. Foley J, DeFries R, Asner G, Barford C, Bonan G, et al. 2005. Global consequences of land use. *Science* 309:570-4

23. Lambin E, Turner B, Geist H, Agbola S, Angelsen A, et al. 2001. The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. *Global Environmental Change-Human and Policy Dimensions* 11:261-9

24. Cerda A, Morera A, Bodi M. 2009. Soil and water losses from new citrus orchards growing on sloped soils in the western Mediterranean basin. *Earth Surface Processes and Landforms* 34:1822-30

25. Gomez J, Battany M, Renschler C, Fereres E. 2003. Evaluating the impact of soil management on soil loss in olive orchards. *Soil Use and Management* 19:127-34

26. Ward P, Flower K, Cordingley N, Weeks C, Micin S. 2012. Soil water balance with cover crops and conservation agriculture in a Mediterranean climate. *Field Crops Research* 132:33-9

27. Li X, Zhang Z, Yang J, Zhang G, Wang B. 2011. Effects of Bahia Grass Cover and Mulch on Runoff and Sediment Yield of Sloping Red Soil in Southern China. *Pedosphere* 21:238-43

28. McCarthy M. 1939. On the application of the z-test to randomized blocks. *The Annals of Mathematical Statistics* 10:337-59

29. Schotzko D, Okeeffe L. 1989. Comparison of Sweep Net., D-Vac., and Absolute Sampling., and Diel Variation of Sweep Net Sampling Estimates in Lentils for Pea Aphid (Homoptera: Aphididae)., Nabids (Hemiptera: Nabidae)., Lady Beetles (Coleoptera: Coccinellidae)., and Lacewings (Neuroptera: Chrysopidae). *Journal of Economic Entomology* 82:491-506

30. Roy K, Jablonski D, Valentine J. 1996. Higher taxa in biodiversity studies: Patterns from eastern Pacific marine molluscs. *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences* 351:1605-13

31. Bach C. 1991. Direct and indirect interactions between ants (*Pheidole megacephala*), scales (*Coccus viridis*) and plants (*Pluchea indica*). *Oecologia* 87:233-9

32. OECD. 2010. *International Standards for Fruit and Vegetable-Citrus*.

33. Abràmoff MD, Magalhães PJ, Ram SJ. 2004. Image processing with ImageJ. *Biophotonics international* 11:36-42

34. Landis D, Wratten S, Gurr G. 2000. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. *Annual Review of Entomology* 45:175-201

35. Tscharntke T, Klein A, Kruess A, Steffan-Dewenter I, Thies C. 2005. Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity - ecosystem service management. *Ecology Letters* 8:857-74

36. Zuazo V, Pleguezuelo C, Peinado F, de Graaff J, Martinez J, Flanagan D. 2011. Environmental impact of introducing plant covers in the taluses of terraces: Implications for mitigating agricultural soil erosion and runoff. *Catena* 84:79-88

37. Desneux N, Rafalimanana H, Kaiser L. 2004. Dose–response relationship in lethal and behavioural effects of different insecticides on the parasitic wasp *Aphidius ervi*. *Chemosphere* 54:619-27

38. Desneux N, Decourtye A, Delpuech J. 2007. The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annual Review of Entomology* 52:81-106

39. Samsøe-Petersen L. 1983. Laboratory method for testing side effects of pesticides on juvenile stages of the predatory mite, *Phytoseiulus persimilis* [Acarina, Phytoseiidae] based on detached bean leaves. *Entomophaga* 28:167-78

40. Hassan S, Bigler F, Blaisinger P, Bogenschütz H, Brun J, et al. 1985. Standard methods to test the side‐effects of pesticides on natural enemies of insects and mites developed by the IOBC/WPRS Working Group ‘Pesticides and Beneficial Organisms’. *EPPO Bulletin* 15:214-55

41. Ferro D, Chapman R, Penman D. 1979. Observations on Insect Microclimate and Insect Pest Managemenet. *Environmental Entomology* 8:1000-3