

**דו"ח סופי בפרויקט "כיצד משפיעות דבורי דבש המגיעות מהחקלאות על דבורי
הבר ומיני הצומח המקומיים?"**

מגישה אריאלה גוטליב

בהנחיית פרופ' תמר דיין, המחלקה לזואולוגיה, אוני' ת"א
ובהנחיית דר. יעל מנדליק, המחלקה לאנטומולוגיה, האוני' העברית

יוני 2011

תקציר

בעשרות השנים האחרונות התפתחה מאד החקלאות בערבה, ושטחים טבעיים רבים הוסבו לשטחי חקלאות. החקלאות המשגשגת הכניסה בין השאר למערכת המדברית כמויות עצומות של דבורי דבש לצורך האבקה הגידולים, דבר העשוי להביא לשינויים גדולים בהרכב חברות החי והצומח המקומיות. דבורים הינן המאביק העיקרי של צמחי בר וגידולים חקלאיים כאחד, וכתוצאה מכך הינן קבוצה בעלת חשיבות גבוהה בתפקודה התקין של המערכת האקולוגית, אך דבורת הדבש זרה למדבר בשל מחסור בפריחה לכל אורך השנה. דבורי הדבש המסחריות מאביקות אמנם את הגידולים בשדות, אך יוצאות לשחר גם בשטחים הטבעיים המקיפים אותם, במרחק ניכר מהחקלאות. במקומות שונים בעולם ידועים מקרים של הפרעה ודחיקה של דבורי הבר המקומיות, כמו גם השפעה על הצלחת הרבייה של מיני צמחים שונים.

במהלך אביב 2011 ערכנו בשטחים הטבעיים המקיפים את יישובי הערבה התיכונה/צפונית ניסויי האבקה וניסויי התכלות משאבים לבחינת השפעות אפשריות של דבורת הדבש על הסביבה המדברית הטבעית. ניסויי ההאבקה בחנו את יכולתם של מיני דבורים שונים להאביק את מיני הצמחים המקומיים, והורכבו מחשיפה חד-פעמית של פרח לדבורה, תוך בדיקת התפתחות זרעים ופירות מהביקור. ניסויי התכלות המשאבים בדקו זמינות של צוף ואבקה בפרחים לדבורים הפעילות בשעות שונות של היממה.

מצאנו כי דבורת הדבש אינה מצליחה להאביק מין צמח הדורש התמחות, ומאביקה באופן בינוני ומעלה מיני צמחים נוחים לגישה. עוד מצאנו כי במיני הצמחים המועדפים עליה, היא אכן מביאה לירידה בזמינות צוף ואבקה כבר משעות הבוקר המוקדמות. תוצאות ראשוניות אלה מעידות על השפעות אפשריות משמעותיות על הרכב חברות הדבורים והצומח המקומיות.

Abstract

Agriculture in the Israeli Rift Valley has grown rapidly in recent decades, converting large tracts of natural habitat into cultivated fields, and huge amounts of Honey bees were brought in to pollinate the crops from the Mediterranean areas of the country. Bees are the primary pollinator for wild plants and crops alike, and are of therefore of great importance in maintaining the health of many ecosystems, but the Honey bee is not a local species in the desert due to insufficient bloom year round. The commercial Honey bee does not limit itself to pollinating the agricultural crops, and goes out to forage in the surrounding natural habitat. There are several known cases globally of the Honey bee disturbing and displacing local wild bee species, and affecting reproduction success of different plant species.

During the spring of 2011 we conducted pollination- and food resource-depletion experiments in the natural desert ecosystem surrounding the agricultural areas in the Northern/Central Rift Valley to examine possible effects of the Honey bee on local bee and plant communities. The pollination experiments looked into the ability of different bee species to successfully pollinate local plant species. They were single visit exposures of bees to young flowers, after which flowers were resealed and fruit- and seed-set were examined. The food depletion experiments looked into the availability of nectar and pollen to pollinators active in different parts of the day.

The Honey bee failed to pollinate a flower that needs specialization, but performed better with the more orthodox species. The honey bee also depleted food resources in several plant species, with possible effects on local bee and plant species.

רקע:

החקלאות בערבה התפתחה מאד בעשרות השנים האחרונות. כ-30,000 דונם של בית גידול טבעי הוסבו משנות השישים ועד ימינו לשדות פתוחים, למנהרות ניילון ולבתי רשת, ועוד כ-30,000 דונם של הרחבות חקלאיות מתוכננות לשנים הקרובות. החקלאות המשגשגת הכניסה למערכת כמויות הולכות וגדלות של דבורת הדבש (*Apis mellifera* L.) לצורך האבקת הגידולים החקלאיים, והדבר עשוי להביא לשינויים גדולים בהרכב חברות דבורי הבר והצומח המקומיות.

דבורים הינן המאביק העיקרי של צמחי בר וגידולים חקלאיים כאחד, וכתוצאה מכך מהוות קבוצה בעלת חשיבות גבוהה בתפקודן התקין של מערכות אקולוגיות. בישראל קיימים כ-1500 מיני דבורים, ודבורת הדבש הינה מין מקומי באזורים רבים בארץ, אך היא אינה מתקיימת באופן טבעי במדבר. זאת כיון שהכוורת, הפעילה בכל ימות השנה, מצריכה מקורות מזון הזמינים באופן רציף כל השנה. הפריחה הטבעית במדבר הינה קצרת מועד, ולכן אינה מספיקה לתפקודה התקין של הכוורת. דבורי הדבש הובאו אמנם על מנת להאביק את הגידולים בשטחי החקלאות, אך הן יוצאות לשחר בכמויות גדולות גם בשטחים הטבעיים המקיפים את החקלאות, ולכן יכולות להשפיע על סביבה זו.

במקומות שונים בעולם ידוע על מקרים בהם דבורים מסחריות הפריעו לדבורי הבר המקומיות ודחקו אותן, אם באמצעות נוכחות פיזית בשטח במספרים גדולים, ואם באמצעות חיסול משאבי המזון. השפעתן על מיני הצמחים המקומיים מתבטאת באופן ישיר באמצעות העדפת מינים מסויימים על פני אחרים (כולל מינים פולשים) ובהוצאת אבקה מהמערכת, ובאופן עקיף בשל דחיקת המאביקים הלגיטימיים של הצמחים. מחקרים שנערכו בבתי גידול שונים הניבו תוצאות מגוונות מאד של השפעת דבורי דבש על דבורי וצמחי בר מקומיים, והסביבה המדברית כמעט שלא נחקרה בהקשר זה. דבורי בר ברחבי העולם הולכות ונעלמות, ומכאן החשיבות לאסוף מידע בנושא, לפני שיהיה מאוחר מדי. מחקר זה מנסה לבחון כיצד משפיעות דבורי הדבש משטחי החקלאות על דבורי וצמחי הבר המקומיים בערבה.

שיטות:

העבודה התחלקה ל-2 סוגי ניסויים: ניסויי האבקה וניסויי התכלות משאבים.

ניסויי ההאבקה:

ניסויים אלה בדקו את חשיבות מיני הדבורים השונים להצלחת הרבייה של מיני הצמחים המקומיים. הניסויים בחנו האבקה של מיני צמחים נפוצים בשטח על ידי ביקור בודד של דבורה. הצלחת ההאבקה נמדדה באמצעות התפתחות זרעים ופירות כתוצאה מהביקור.

בשלב ראשון נבחנו מס' מאפיינים של כל אחד ממיני הצמחים, על מנת לשפר את סיכויי ההצלחה של ניסויי ההאבקה; נבדקו משך הפריחה של פרח בודד והזמן ביממה בו הוא פתוח (שכן מיני מאביקים שונים פעילים בשעות שונות). במקביל נבחנו התפתחות האבקנים ורצפטיביות הצלקת במשך זמן זה על פי Ollerton & Dafni (2005), ועל פי Dafni *et al.* (2005). ניסויי ההאבקה נערכו בימים ובשעות המתאימים ביותר להאבקה מוצלחת לאור תוצאות אלה.

בשלב שני נבחנו היווצרות פירות וזרעים בהפריה עצמית, ללא חשיפה למאביקים ונבדק מחסור באבקה בחשיפה מלאה למאביקים על פי Sage *et al.* (2005).

בשלב שלישי נערכו ניסויי האבקה בביקור בודד על פי השיטות המופיעות ב-Gross & Mackay (1998). ניצנים כוייסו וסומנו מבעוד מועד. כל פרח נחשף לביקור של דבורה אחת. עם תום הביקור נלכדה הדבורה והפרח כוסה מחדש. במשך העונה נבדקה התפתחות פירות וזרעים.

ניסויי התכלות המשאבים:

ניסויים אלה בחנו תחרות אפשרית על מקורות צוף ואבקה בין דבורי דבש לדבורי בר. הניסויים נערכו בצפיפות משתנה של דבורי דבש בשטח.

מדידות הצוף בוצעו על פי Galetto & Bernardello (2005) בעזרת מיקרוקפילרות של 1 מיקרוליטר ושל 0.5 מיקרוליטר. פרחים מהם נמדד יבול הצוף היממתי כוייסו ל-24 שעות לפני המדידה.

הערכת זמינות אבקה בפרחים בחנה את שיעור האבקנים ששחררו אבקה ושיעור האבקנים שהאבקה הוסרה מהם מתוך כלל האבקנים בכל פרח על פי Mallick & Driessen (2009). ההערכה אינה כמותית-מספרית אלא קטגוריאלית (טרם שוחררה אבקה, אבקה שוחררה אך לא הוסרה, אבקה הוסרה באופן חלקי, אבקה הוסרה באופן מלא).

מדידות הצוף והאבקה נערכו 3 פעמים ביום, בשעה מוקדמת בבוקר (לפני תחילת פעילותן של מרבית מיני הבר), בבוקר המאוחר (תחילת פעילותן של מרבית דבורי הבר) ובצהריים (כל המינים כבר פעילים).

תוצאות:

דבורי הדבש נצפו משחרות בשטח המחקר על כ-40 מיני פרחים, ודבורי הבר נצפו על כ-50. בטבלה 1 מוצגים מיני הצמחים העיקריים עליהם נצפו דבורי דבש ודבורי בר בשטח המחקר תוך סימון תדירות הביקורים מ-+ (בינונית) ועד +++ (גבוהה מאד).

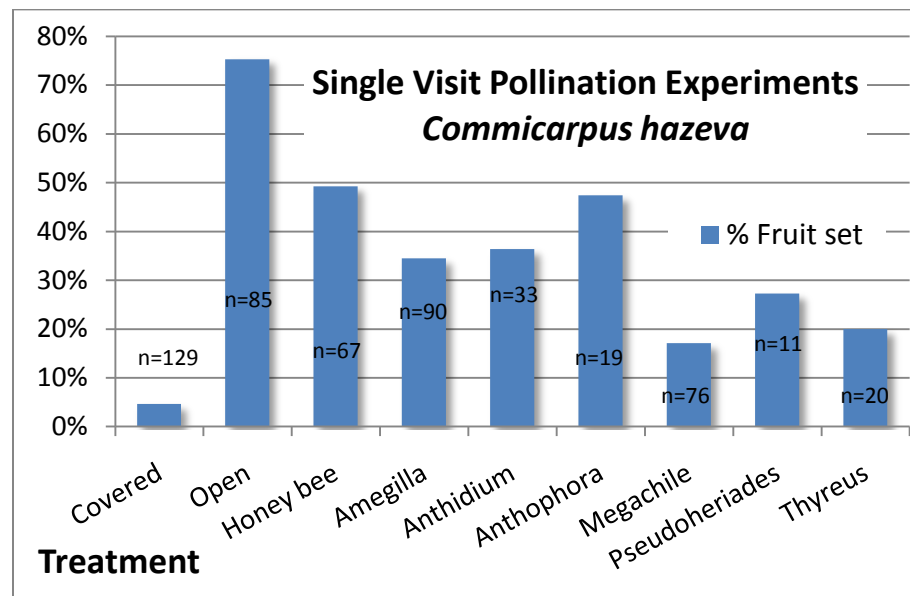
טבלה 1: מיני צמחים עיקריים עליהם שיחרו דבורים בשטח המחקר

שם עברי	דבש	בר	שם לטיני
שבטוט מצויץ	++	++	<i>Calligonum comosum</i>
דרדר המדבר	++	+++	<i>Centaurea pallescens</i>
בלוטנית מפורצת	+++	+++	<i>Commicarpus hazeva</i>
קרולטריה מצרית	+	++	<i>Crotalari aegyptiaca</i>
טוריים זיפניים	+++	+++	<i>Diploaxis harra</i>
עכנאי זיפני	+	++	<i>Echium rauwolfii</i>
שלח הערבות	+++	+++	<i>Erucaria rostrata</i>
פגוניה ערבית	++	++	<i>Fagonia arabica</i>
פגוניה דביקה	++	++	<i>Fagonia glutinosa</i>
ערטל מדברי	+	++	<i>Gymnocarpos decandrum</i>
עוקץ עקרב גלוני	+	++	<i>Heliotropium bacciferum</i>
לוניאה צרת עלים	+	++	<i>Launaea angustifolia</i>
אזוביון מדברי	+	++	<i>Lavandula coronopifolia</i>
אטד ערבי	++	++	<i>Lycium shawii</i>
ימלוח פגום	+++	+	<i>Nitraria retusa</i>
רכפתן מדברי	++	+++	<i>Ochradenus baccatus</i>
פרעושית גלונית	+	++	<i>Pulicaria desertorum</i>
אשל היאור	++	+++	<i>Tamarix nilotica</i>
צמרורה אפריקנית	+	++	<i>Trichodesma africanum</i>
סילון קוצני	+++	+++	<i>Zilla spinosa</i>
זוגן השיח	+++	+++	<i>Zygophyllum dumosum</i>
זוגן פשוט	+	+++	<i>Zygophyllum simplex</i>

+ - תדירות ביקורים בינונית, ++ - תדירות גבוהה, +++ - תדירות גבוהה מאד

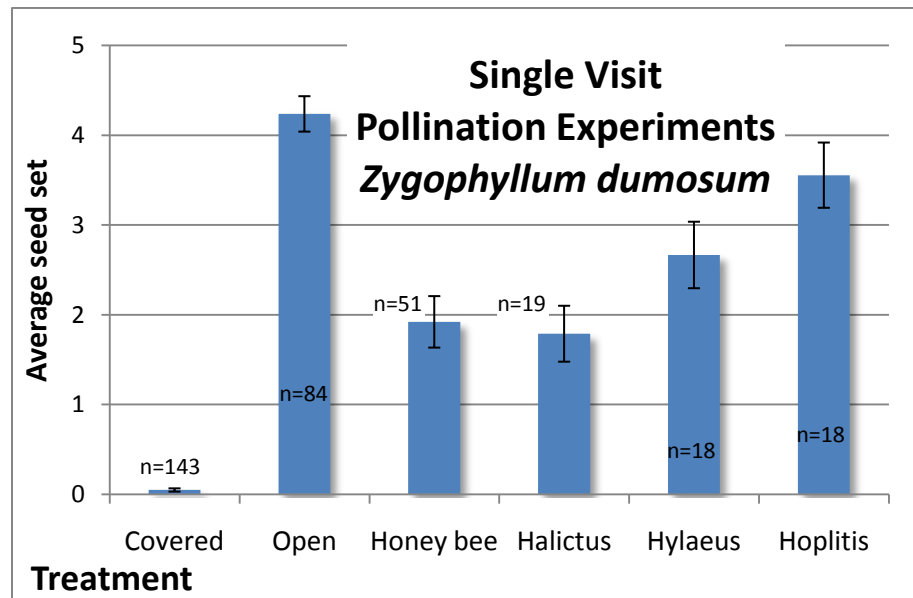
מיני הצמחים לניסויים נבחרו מקרב מיני הצמחים הפופולריים. הניסויים דרשו מינים המואבקים בעיקר ע"י דבורים, ולכן נאלצנו לוותר על רכפתן המדבר, אשל היאור, השבטוט המצויץ, הערטל המדברי והימלוח הפגום. מינים אלה היו פופולריים בקרב הדבורים, אך בוקרו בעיקר ע"י זבובאים וצרעות. תנאי נוסף להצלחת ניסויי ההאבקה היה היכולת לנטר האבקה של פרחים בודדים ומעקב אחריהם להתפתחות פירות וזרעים. כתוצאה מכך נאלצנו לפסול את מיני משפחת המורכבים, דרדר המדבר, הפרעושיית הגלונית והלוניאה צרת העלים. המועמדים לניסויי ההאבקה נדרשו שלא לייצר פירות וזרעים ללא חשיפה לדבורים. תנאי זה פסל את שלח הערבות ואת הצמרורה האפריקנית. מתוך המינים הנותרים עבדנו על אלה שפרחו באביב האחרון בכמויות שאפשרו מספר חזרות רב, ובתקופה בה הופיעו בשטח דבורי דבש ודבורי בר גם יחד. כתוצאה מכך, המינים עליהם נערכו ניסויי ההאבקה הינם: סילון קוצני, בלוטנית מפורצת, אטד ערבי, קרוטלריה מצרית וזוגן השיח. המינים עליהם נערכו ניסויי התכלות המשאבים היו אלה בהם ניתן היה לעקוב אחר זמינות האבקה והצוף לאורך היום: סילון קוצני, אטד ערבי וזוגן השיח.

ניסויי האבקה בבלוטנית מפורצת: בסה"כ שרדו 536 פרחים במסגרת ניסויי ההאבקה בבלוטנית המפורצת. פרח שלא הופרה לא התפתח לפרי. כל פרי הכיל זרע אחד בלבד. אחוז הפירות שהתפתחו בהצלחה נבדל משמעותית בין המאבקים השונים שביקרו בפרחי הבלוטנית ($H_{(6, N=314)}=20.47$, Kruskal-Wallis test; $p=0.002$). מבחן post-hoc מצא כי ההבדלים נובעים מהשוונות שבין דבורת הדבש לבין הגורנית (*Megachile*) ($p=0.019$). דבורת הדבש היתה מאבקה טובה יותר מהגורנית (49.25% חנטה לעומת 17.10%). לא נמצאו הבדלים משמעותיים בהשוואות האחרות בין המאבקים שנבחנו. גרף 1 מציג את אחוז הפירות שהתפתחו מכלל הפרחים שנבחנו לגבי הסוגים העיקריים של דבורים שביקרו בפרחי המבחן.



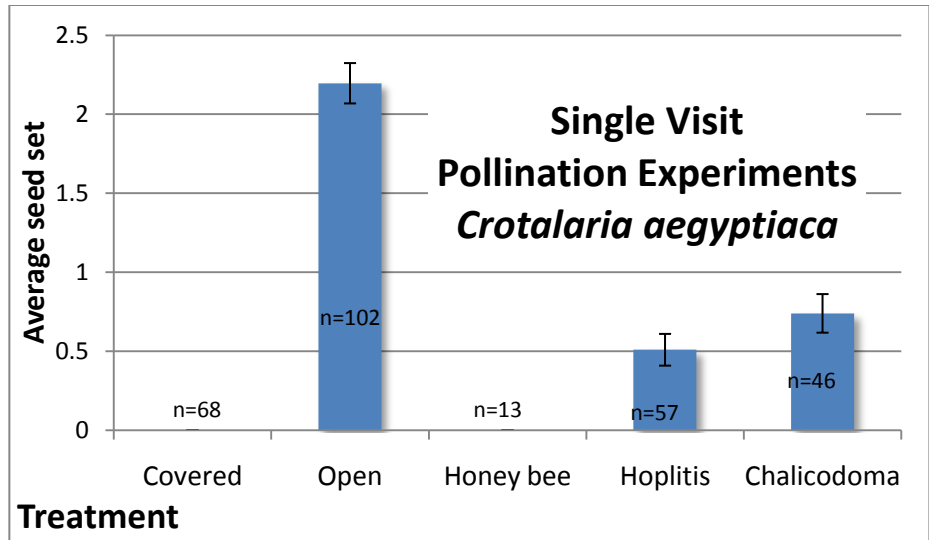
גרף 1: תוצאות ניסויי האבקה ביקור בודד בבלוטנית מפורצת ניתן לראות את אחוז הפרחים שהופרו ללא חשיפה למאבקים, בחשיפה מקסימלית, ובחשיפה לביקור בודד של דבורי דבש ודבורי בר. n הינו מס' החזרות לכל טיפול.

ניסויי האבקה בזוגן השיח: בסה"כ שרדו 361 פרחים במסגרת ניסויי ההאבקה בזוגן השיח. כמעט כל הפרחים שנבדקו (346) התפתחו לפירות. ההבדלים בין הטיפולים השונים באו לידי ביטוי במס' הזרעים הממוצע לפרי. מספר זה נבדל משמעותית בין המאביקים השונים שביקרו בפרחי הזוגן (Kruskal-Wallis test: $H_{(3, N=106)}=16.78, p=0.001$). מבחן post-hoc מצא כי ההבדלים נובעים משונות במס' הזרעים הממוצע של ההופליטיס (*Hoplitis*) ($M=3.55, SE=0.36$) לעומת דבורת הדבש ($M=1.92, SE=0.29$) ($p=0.001$), ושל ההופליטיס לעומת ההליקטיס (*Halictus*) ($M=1.79, SE=0.31$) ($p=0.014$). ההופליטיס היתה מאביקה טובה יותר משתייהן. לא נמצאו הבדלים משמעותיים בהשוואות האחרות בין המאביקים שנבחנו. גרף 2 מציג את הנתונים לגבי הסוגים העיקריים של הדבורים שביקרו בפרחי המבחן.



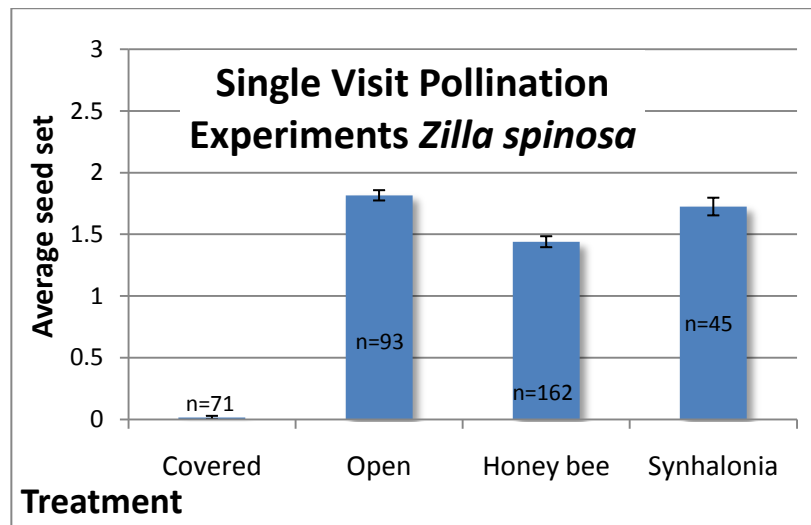
גרף 2: תוצאות ניסויי האבקה ביקור בודד בזוגן השיח
 ניתן לראות את מס' הזרעים הממוצע (עם שגיאת תקן) שהתפתח ללא חשיפה למאביקים, בחשיפה מקסימלית, ובחשיפה לביקור בודד של דבורי דבש ודבורי בר. n הינו מס' החזרות לכל טיפול.

ניסויי האבקה בקרוטלריה מצרית: בסה"כ שרדו 289 פרחים במסגרת ניסויי ההאבקה בקרוטלריה המצרית. כמעט כל הפרחים שנבדקו (286) התפתחו לפירות. ההבדלים בין הטיפולים השונים באו לידי ביטוי במס' הזרעים הממוצע לפרי. מספר הזרעים הממוצע לפרי נבדל משמעותית בין המאביקים השונים שביקרו בפרחי הקרוטלריה (Kruskal-Wallis test: $H_{(2, N=116)}=0.72, p=0.005$). מבחן post-hoc מצא כי ההבדלים נובעים משונות במס' הזרעים הממוצע של הבנאית (*Chalicodoma*) ($M=0.74, SE=0.12$) לעומת דבורת הדבש ($M=0, SE=0$) ($p=0.015$). הבנאית היתה מאביקה טובה יותר מדבורת הדבש. לא נמצאו הבדלים משמעותיים בהשוואות האחרות בין המאביקים שנבחנו. גרף 3 מציג את הנתונים לגבי דבורת הדבש ולגבי 2 סוגי דבורי הבר שביקרו בפרחי המבחן.



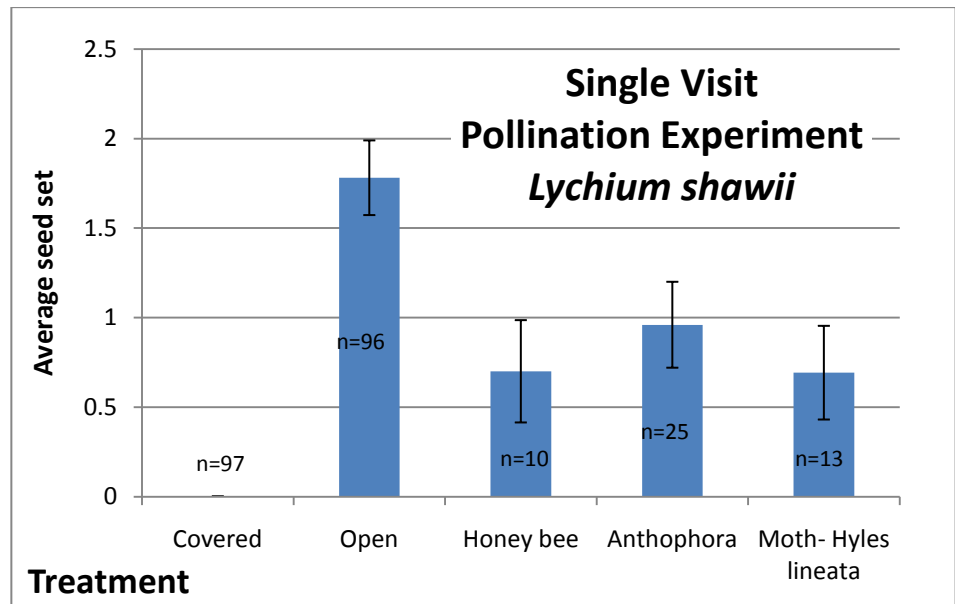
גרף 3: תוצאות ניסויי האבקה ביקור בודד בקרוטלריה מצרית ניתן לראות את מסי הזרעים הממוצע (עם שגיאת תקן) שהתפתח ללא חשיפה למאביקים, בחשיפה מקסימלית, ובחשיפה לביקור בודד של דבורי דבש ודבורי בר. n הינו מסי החזרות לכל טיפול.

ניסויי האבקה בסילון קוצני: בסה"כ שרדו 404 פרחים במסגרת ניסויי האבקה בסילון הקוצני. פרחים שלא נחשפו למאביקים לא התפתחו לפירות כלל. בכל הפירות שהתפתחו נמצא לפחות זרע אחד. פרחים שלא התפתחו לפירות נרשמו כ-0 זרעים. בסילון נצפו 2 מאביקים עיקריים, דבורת הדבש ודבורת בר מהסוג סינהלוניה (*Synhalonia*). מספר הזרעים הממוצע לפרי נבדל משמעותית ביניהן (Mann-Whitney U-Test: $U_{14622,5278}=1902$, $N_{HB}=159$, $N_{Syn}=40$, $p<0.001$). הסינהלוניה ($M=1.72$, $SE=0.07$) היתה מאביקה טובה יותר מדבורת הדבש ($M=1.44$, $SE=0.04$). גרף 4 מציג את הנתונים לגבי שתי המאביקות העיקריות שביקרו בפרחי המבחן.



גרף 4: תוצאות ניסויי האבקה ביקור בודד בסילון קוצני ניתן לראות את מסי הזרעים הממוצע (עם שגיאת תקן) שהתפתח ללא חשיפה למאביקים, בחשיפה מקסימלית, ובחשיפה לביקור בודד של דבורי דבש ודבורי בר. n הינו מסי החזרות לכל טיפול.

ניסויי האבקה באטד ערבי: בסה"כ שרדו 241 פרחים במסגרת ניסויי ההאבקה באטד הערבי. פרחים שלא נחשפו למאביקים לא התפתחו לפירות כלל. בכל הפירות שהתפתחו נמצא לפחות זרע אחד. פרחים שלא התפתחו לפירות נרשמו כ-0 זרעים. לא נמצא הבדל משמעותי במספר הזרעים הממוצע לפרי בין המאביקים השונים שביקרו בפרחי האטד (Kruskal-Wallis test: $H_{(2, N=48)}=0.97, p=0.614$). אף אחד מהמאביקים לא הציג הצלחה גדולה בהאבקת האטד בביקור בודד. גרף 5 מציג את הנתונים לגבי דבורת הדבש, דבורת בר מהסוג מדרוניית (Anthophora) ורפרף מסורטט (*Hyles lineata*) שביקרו בפרחי המבחן.

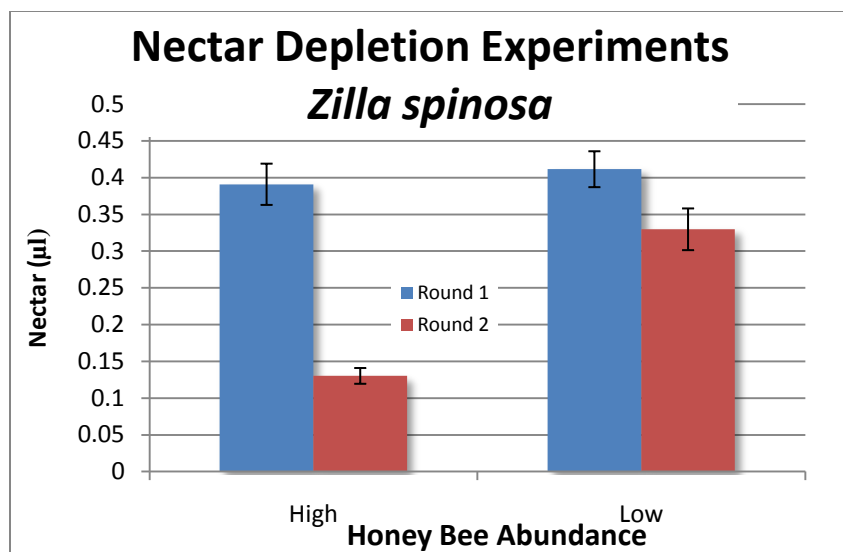


גרף 5: תוצאות ניסויי האבקה ביקור בודד בסילון קוצני
 ניתן לראות את מס' הזרעים הממוצע (עם שגיאת תקן) שהתפתח ללא חשיפה למאביקים, בחשיפה מקסימלית, ובחשיפה לביקור בודד של דבורי דבש ודבורי בר. n הינו מס' החזרות לכל טיפול.

ניסויי התכלות משאבים

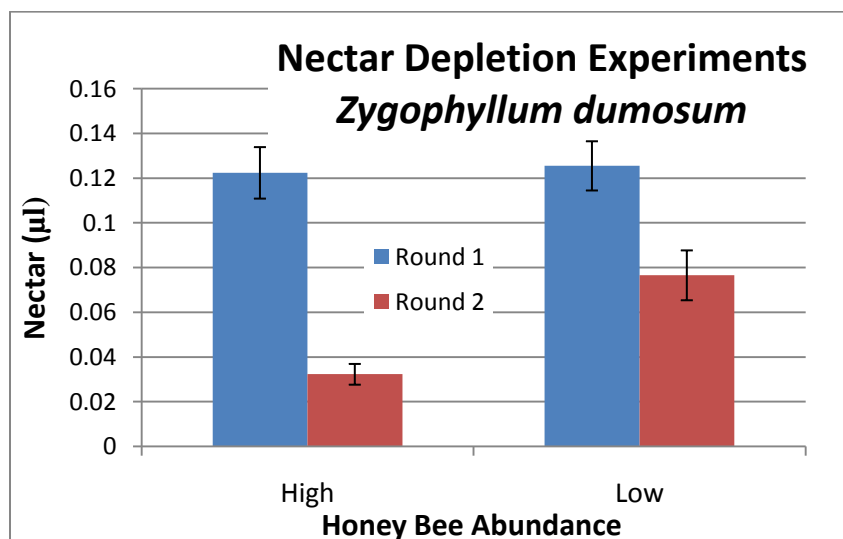
נערכו בדיקות תכולת צוף וזמינות אבקה בשיחים שנחשפו לצפיפות גבוהה ונמוכה של דבורי דבש. התוצאות המוצגות הן של ההשוואה בין המדידה הראשונה של היום (דבורי דבש מתחילות פעילות) למדידה השנייה (דבורי הדבש פעילות מאד, ומרבית דבורי הבר אינן פעילות או רק מתחילות פעילות).

התכלות צוף בסילון קוצני: המצב ההתחלתי של השיחים בשתי הצפיפויות היה דומה, ולא נמצא הבדל בתכולת הצוף הממוצעת לפרח במדידה הראשונה בין צפיפות גבוהה לנמוכה של דבורי דבש (t-test: $df=118, t=-0.252, p=0.801$). בביצוע Repeated measures two-way ANOVA לאחר טרנספורמצית log, נמצא כי תכולת הצוף הושפעה מצפיפות דבורי הדבש ($F_{1,236}=35.626, p<0.001$), ממספר המדידה ($F_{1,236}=83.493, p<0.001$) ומהאינטראקציה ביניהן ($F_{1,236}=23.520, p<0.001$). כלומר, תכולת הצוף ירדה בשתי צפיפויות דבורי הדבש בין המדידה הראשונה לשנייה, אך הירידה חדה יותר בצפיפות דבורי דבש גבוהה, כפי שניתן לראות בגרף 6.



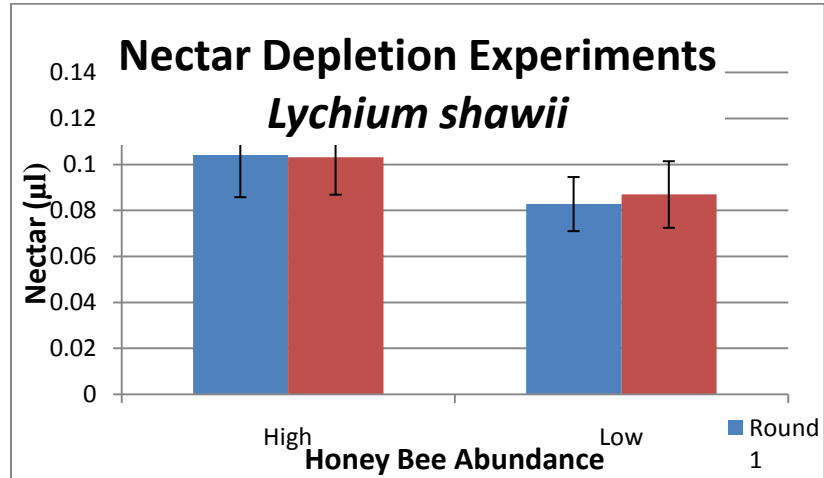
גרף 6: תוצאות ניסויי התכלות צוף בסילון קוצני ניתן לראות את הירידה החדה בכמות הצוף הממוצעת לפרח בין המדידה הראשונה לשנייה בצפיפות גבוהה של דבורי דבש בהשוואה לירידה המתונה בצפיפות הנמוכה.

התכלות צוף בזוגן השיח: נתוני המדידות של הזוגן לא התפלגו נורמלית גם לאחר טרנספורמציה, ולכן לא ניתן היה לבצע ANOVA על הנתונים. יצויין רק שהמצב ההתחלתי של השיחים בשתי הצפיפויות היה דומה, ולא נמצא הבדל בתכולת הצוף הממוצעת לפרח במדידה הראשונה בין צפיפות גבוהה לנמוכה של דבורי דבש (t-test: $df=118$, $t=-4.943$, $p=0.845$), בעוד שבמדידה השנייה נמצא הבדל מובהק (t-test: $df=118$, $t=-0.196$, $p=0.845$). כלומר, תכולת הצוף ירדה יותר בצפיפות דבורי דבש גבוהה, כפי שניתן לראות בגרף 7. ($p<0.01$)



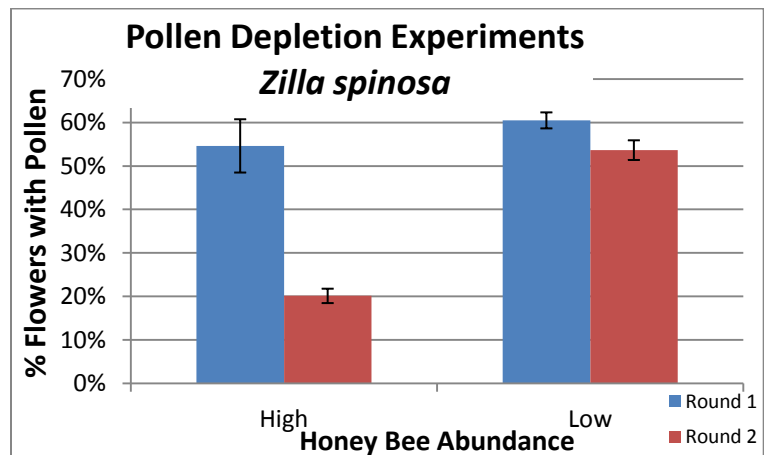
גרף 7: תוצאות ניסויי התכלות צוף בזוגן השיח ניתן לראות את הירידה החדה בכמות הצוף הממוצעת לפרח בין המדידה הראשונה לשנייה בצפיפות גבוהה של דבורי דבש בהשוואה לירידה המתונה בצפיפות הנמוכה.

התכלות צוף באטד ערבי: נתוני המדידות של האטד לא התפלגו נורמלית גם לאחר טרנספורמציה, ולכן לא ניתן היה לבצע ANOVA על הנתונים. לא נמצא הבדל בתכולת הצוף הממוצעת לפרח בין המדידה הראשונה לשניה בשתי צפיפויות דבורי הדבש (t-test Low: df=118, t=-0.082, p=0.823, High: df=118, t=-0.042, p=0.966). כלומר, אין התכלות צוף מוגברת בצפיפות גבוהה יותר של דבורי הדבש כפי שניתן לראות בגרף 8.



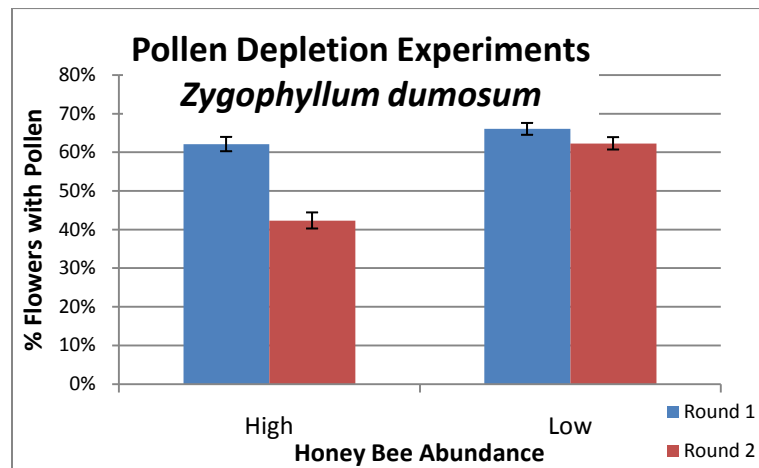
גרף 8: תוצאות ניסויי התכלות צוף באטד ערבי. ניתן לראות כי אין שינוי בכמויות הצוף בין מדידה למדידה ללא קשר לצפיפות דבורי הדבש.

התכלות אבקה בסילון קוצני: המצב ההתחלתי של השיחים בשתי הצפיפויות היה דומה, ולא נמצא הבדל באחוז הפרחים המכילים אבקה במדידה הראשונה בין צפיפות גבוהה לנמוכה של דבורי דבש (t-test: p=0.801, df=118, t=-0.252). בביצוע Repeated measures two-way ANOVA לאחר טרנספורמצית arcsin, נמצא כי זמינות האבקה הושפעה מצפיפות דבורי הדבש ($F_{1,236}=88.289, p<0.001$), ממספר המדידה ($F_{1,236}=42.723, p<0.001$) ומהאינטראקציה ביניהן ($F_{1,236}=17.012, p<0.001$). כלומר, זמינות האבקה הצטמצמה באופן חד יותר בצפיפות דבורי דבש גבוהה, כפי שניתן לראות בגרף 9.



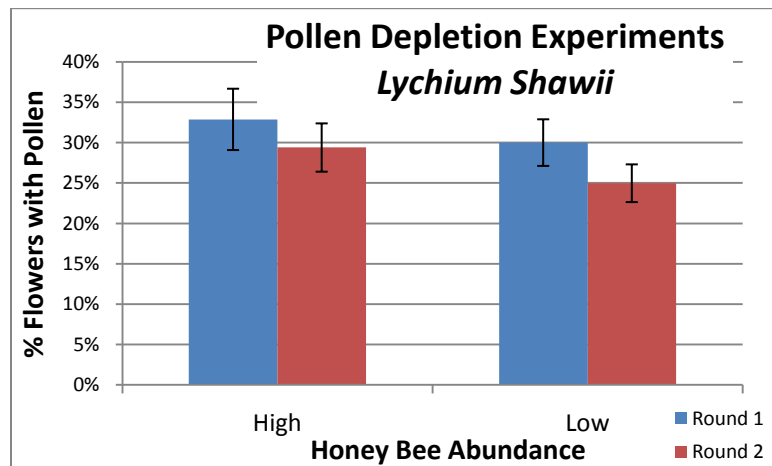
גרף 9: תוצאות ניסויי התכלות אבקה בסילון קוצני. ניתן לראות את הירידה החדה בזמינות האבקה הממוצעת בין המדידה הראשונה לשנייה בצפיפות גבוהה של דבורי דבש בהשוואה לירידה המתונה בצפיפות הנמוכה.

התכלות אבקה בזוגן השיח: נתוני המדידות של הזוגן לא התפלגו נורמלית גם לאחר טרנספורמציה, ולכן לא ניתן היה לבצע ANOVA על הנתונים. יצויין רק שהמצב ההתחלתי של השיחים בשתי הצפיפויות היה דומה, ולא נמצא הבדל באחוז הפרחים המכילים אבקה במדידה הראשונה בין צפיפות גבוהה לנמוכה של דבורי דבש (Mann-Whitney U- test: $t=-0.196$, $p=0.845$), בעוד שבמדידה השנייה נמצא הבדל מובהק (Mann-Whitney U- test: $U_{2424,4836}=594$, $N_{High}=60$, $N_{Low}=60$, $p<0.001$). כלומר, זמינות האבקה הצטמצמה באופן חד יותר בצפיפות דבורי דבש גבוהה, כפי שניתן לראות בגרף 10.



גרף 10: תוצאות ניסויי התכלות אבקה בזוגן השיח
ניתן לראות את הירידה בזמינות האבקה הממוצעת בין המדידה הראשונה לשנייה בצפיפות גבוהה לעומת נמוכה של דבורי דבש.

התכלות אבקה באטד ערבי: בביצוע Repeated measures two-way ANOVA לאחר טרנספורמציה arcsin, נמצא כי זמינות האבקה לא הושפעה מצפיפות דבורי הדבש ($F_{1,236}=1.753$, $p=0.186$), הושפעה גבולית ממספר המדידה ($F_{1,236}=3.351$, $p=.068$) ולא הושפעה מהאינטראקציה ביניהן ($F_{1,236}<0.001$, $p=.980$). כלומר, זמינות האבקה הצטמצמה מעט בין המדידה הראשונה לשנייה, כפי שניתן לראות בגרף 11.



גרף 11: תוצאות ניסויי התכלות אבקה באטד ערבי
ניתן לראות ירידה קלה בזמינות האבקה הממוצעת בין המדידה הראשונה לשנייה ללא קשר לצפיפות דבורי הדבש.

דיון:

דבורת הדבש היא מין דבורה גדול ביחס למרבית המינים המקומיים של דבורי בר בערבה. היא יוצאת לשחר במספרים גדולים ומסוגלת לאסוף כמויות גדולות של צוף ואבקה ביחס למרבית מיני הדבורים האחרים בערבה. יתר על כן, היא יוצאת לשחר בשעות מוקדמות בבוקר, בהן הרב המכריע של דבורי הבר עדיין איננו פעיל. כתוצאה מכך, ציפינו למצוא בניסויי התכלות המשאבים, שהצמחים המועדפים על דבורי הדבש יפגינו התכלות מהירה של משאבי מזון, שתורגש עוד לפני שעות הפעילות העיקריות של דבורי הבר. בפועל מצאנו התכלות מהירה של צוף ושל אבקה בסילון ובזוגן, אך לא באטד. התכלות מהירה של משאבי מזון עשויה לפגוע בדבורי הבר המאחרות לקום. על דבורים אלה לבקר במספר פרחים גבוה יותר על מנת לאסוף את אותה כמות מזון. עליהן להשקיע יותר אנרגיה בהשגת המזון, מה שמותיר אותן עם פחות אנרגיה לרבייה, לבניית קינים ולהטלת ביצים. רמות משאבי המזון באטד היו נמוכות מאד מלכתחילה, ולא נותר להן הרבה לאן לרדת. דבורי הבר שביקרו באטד היו באופן כמעט מוחלט מינים גדולים יחסית (*Anthophora*, *Amegilla*, *Xylocopa*), שיצאו לשחר בשעות הבוקר המוקדמות מאד. משמעות אפשרית לכך היא שהשפעת דבורי הדבש עליהן הינה מצומצמת יותר. נראה אם כן, שדבורי הדבש אכן משפיעות על זמינות משאבי המזון בשטח, עם השפעות אפשריות על מיני בר קטנים מהן.

נוכחותן הדומיננטית של דבורי הדבש בשטח עשויה גם להשפיע על שירותי ההאבקה המסופקים למערכת ע"י המאביקים המקומיים. דבורת הדבש הינה, מצד אחד, גדולה ושעירה ביחס לרב מיני הבר בשטח. בעת ביקורה בפרח, יכולים להיצמד אליה גרגרי אבקה רבים בקלות רבה, דבר האמור לשפר את יכולות ההאבקה שלה בהשוואה למינים קטנים וחלקים יותר. מצד שני, היא זרה לסביבה המדברית, ואין לה התמחות ארוכת שנים במינים מיוחדים. כתוצאה מכך, ציפינו למצוא בניסויי ההאבקה, שדבורי הדבש יתקשו בהאבקה של פרחים הדורשים התמחות, אך יאביקו בהצלחה, לפחות דומה לדבורי הבר אם לא יותר מכך, את מיני הפרחים שאינם דורשים התמחות. בפועל מצאנו שדבורי הדבש אכן נכשלו נחרצות בהאבקת הקרוטלריה המצרית, הדורשת גישה מורכבת לפרח לצורך האבקה מוצלחת. הן גם עשו חיל בהאבקתה של הבלוטנית המפורצת, בהתאם לציפיות. עם זאת, הופתענו למצוא שבסילון הן הצליחו פחות בהשוואה למאביקת הבר העיקרית. הסבר אפשרי לכך הינה היסודיות בה דבורי הדבש אוספות אבקה בעת השיחור. בפרחים בהם הן אוספות אבקה, הן עשויות להסירה גם מהצלחת, בעיקר כשהצלחת צמודה לאבקנים. מבנה פרח זה קיים בסילון, בבלוטנית ובאטד, אך לא בזוגן. דבורי הדבש אינן אוספות אבקה על הבלוטנית, ואכן שם הן מאביקות מצוין. מבנה פרח הזוגן מרחיק את האבקנים מהצלחת, ובכל מקרה רק הקצה העליון והמרוחק ביותר של הצלקת הוא הרלוונטי להאבקה. איסוף אבקה מהאבקנים אינו סורק אוטומטית חלק זה של הפרח לאבקה, ואכן דבורי הדבש מאביקות אותו בהצלחה רבה. האטד דורש עבודה מעמיקה יותר לאבחון. נראה שהאבקה על ידי ביקור בודד היא בכל מקרה בעייתית במין זה. חזרה על הניסויים באטד עם מספר חשיפות רב יותר עשוי לפתור את סימני השאלה לגביו. יהיה מעניין גם לבחון את השערת הסרת האבקה מהצלחת בהמשך, לגבי מיני צמחים אחרים במערכת. לסיכום, נראה שיש לדבורת הדבש השפעה משמעותית על הצלחת הרבייה של לפחות חלק ממיני הצמחים המקומיים.

התוצאות המוגשות בדוח זה הינן ראשוניות בלבד ומספקות בשלב זה תמונה חלקית בלבד של המתרחש במערכת האקולוגית הטבעית המקיפה את שטחי החקלאות המתפתחים בערבה. הרחבה של הניסויים בהיקף החזרות ומיני הצמחים בהמשך יוכלו לשפר את הבנתה ולתרום לשמירת טבע ולשירותי ההאבקה לסביבה המקומית ולאדם בערבה.

תודות ל:

פרופ' תמר דיין, אוני' תל אביב
דר. יעל מנדליק, האוני' העברית
הדס מרשל, יואב הופס, אלון לבנה
קרן נקודת ח"ן

רשימת ספרות שיטות:

- Dafni, A., Pacini, E. & Nepi, M. (2005). Pollen and stigma biology. In: Dafni, A., Kevan, P.G. & Husband, B.C. (Eds.), *Practical Pollination Biology* (pp. 83-146). Ontario: Enviroquest Ltd.
- Galetto, L. & Bernardello, G. (2005). Nectar. In: Dafni, A., Kevan, P.G. & Husband, B.C. (Eds.), *Practical Pollination Biology* (pp. 261-313). Ontario: Enviroquest Ltd.
- Gross C.L. & Mackay D. (1998). Honeybees reduce fitness in the pioneer shrub *Melastoma affine* (Melastomataceae). *Biological Conservation*, 86, 169-178.
- Mallick S.A. & Driessen M.M. (2009). Impacts of hive honeybees on Tasmanian leatherwood *Eucryphia lucida* Labill. (Eucryphiaceae). *Austral Ecology*, 34, 185-195.
- Ollerton, J. & Dafni, A. (2005) Functional floral morphology and phenology. In: Dafni, A., Kevan, P.G. & Husband, B.C. (Eds.), *Practical Pollination Biology* (pp. 1-26). Ontario: Enviroquest Ltd.
- Sage, T.L., Husband, B.C. & Routley, M.B. (2005) In: Dafni, A., Kevan, P.G. & Husband, B.C. (Eds.), *Practical Pollination Biology* (pp. 27-82). Ontario: Enviroquest Ltd.