



משרד החקלאות ופיתוח הכפר
שירות ההדרכה והמקצוע
אגף בעלי חיים, המחלקה לדבורים



מנהל המחקר החקלאי
המכון למדעי הצמח
מרכז מחקר גילת



אוניברסיטת תל-אביב
TEL AVIV UNIVERSITY

הפקולטה למדעי החיים ע"ש ג'ורג' ס. וייז
המחלקה לביולוגיה מולקולרית
ואקולוגיה של צמחים

האבקה בגידולי חקלאות בישראל

פרופ' דן איזיקוביץ
אוניברסיטת תל-אביב
המחלקה לביולוגיה מולקולרית
ואקולוגיה של צמחים

ד"ר ארנון דג
מנהל המחקר החקלאי
המכון למדעי הצמח
מרכז מחקר גילת

ד"ר אהד אפיק
משרד החקלאות ופיתוח הכפר
שירות ההדרכה והמקצוע
אגף בעלי חיים

תש"ף 2020

© כל הזכויות שמורות לשה"מ - משרד החקלאות ופיתוח הכפר

אין לשכפל, להעתיק, לצלם, להקליד, לתרגם, לאחסן במאגרי מידע או לשדר בכל דרך או בכל אמצעי אלקטרוני, אופטי או מכני או אחר - כל חלק שהוא מחומר שבספר זה. שימוש מסחרי מכל סוג שהוא בחומר הכלול בספר זה אסור בהחלט, אלא ברשות מפורשת בכתב ממשרד החקלאות ופיתוח הכפר.

שער קדמי: דבורה על קרקפת של חמנית (צילום: יוסי סלבצקי)
שער אחורי: דבורה על פרח תלתן (צילום: שלומי זרחי)

הבעת תודה

ספר זה הוא פרי מחקר של המחברים ותלמידיהם שנערך במשך עשרות שנים. במהלך הכתיבה נסתייענו בפרסומיהם של חוקרים רבים בארץ ובעולם, ולכולם נתונה תודתנו.

הצלמים: עמיקם שוב, ד"ר גדי איש-עם, ד"ר גידי פיזנטי, ד"ר גל ספיר, אבי גבאי ופרופ' רפי שטרן, אפשרו לנו להשתמש בצילומיהם והעירו הערות חשובות לגבי תוכן הספר.

פרופ' אמוץ דפני הקדיש זמן רב לבדיקה יסודית של הספר, תיקן לא מעט והעיר הערות חשובות לתוכן ולצורה.

שירות ההדרכה והמקצוע (שה"מ) במשרד החקלאות לקח על עצמו להוציא את הספר ותודתנו מובעת כאן לחנן בזק וד"ר שמוליק גרוס, מנהלי שה"מ, לעדי סלוניקו, שלא חסכה דבר בהגהה ובהתקנת הספר, וללובה קמנצקי על העימוד והעיצוב הגרפי.

עם זאת, כל טעות או שגיאה שתימצא בספר היא על אחריותנו הבלעדית.

תוכן העניינים

1	מבוא
3	הפרח
4	פרחים ותפרחות
6	צופנים וצוף
7	גרגירי האבקה
8	האבקה
8	האבקה עצמית
8	האבקה זרה
10	תהליך ההפריה בצמחים
11	האבקה אביוטית
11	האבקה ביוטית
12	הדבורים כסוכנות האבקה
13	דבורת הדבש
14	חלוקת התפקידים בכורת דבורי הדבש
16	הדבורה והפרח בשדה
17	התקשורת בין הדבורים בכורת
19	עונתיות בפעילות הדבורים
20	האבקת זמזום
20	דבורת הבומבוס
21	האבקה אלקטרוסטטית
22	השימוש בדבורים כמפיצות של חומרי הדברה
23	ריסוסים והשפעתם על דבורי הדבש
26	דבורים ככלי חשוב בהאבקת גידולים חקלאיים
27	הגידולים המסתייעים בהאבקת דבורים
27	שקד מצוי

29	שזיף
29	משמש
30	תפוח עץ
33	אגס תרבותי
33	שסק
34	אבוקדו
37	עגבנייה
38	מלון
40	אבטיח
42	פלפל
43	קיווי
44	ליצי
45	כותנה
47	בצל הגינה
48	חמנייה
49	כרוב השמן
50	תות שדה
51	שעונית נאכלת (פסיפלורה)
53	פיקוס התאנה
55	אנונה קשקשית
55	מנגו
57	ספרות

מבוא

האבקה צמחי תרבות הייתה ידועה כבר במצרים העתיקה ובאשור. מפורסם תבליט הקיר מקאלה (Calab) שבעירק, המתאר אל מכונף מאביק עץ תמר (תמונה 1). בתקופת התלמוד הייתה האבקה התמרים מקצוע מקובל, שהעוסק בו כונה 'דקלי' (בראשית רבא מ"א, א'). תיאורים ברורים של תהליך האבקה תאני מאכל מוכרים כבר אצל תיאופרסטוס (371-287 לפנה"ס), שהיה מתלמידיו של אפלטון ואחד מחוקרי הצמחים הראשונים, אשר תיאר בדיוק מרבי את הקשר בין התאנה לצרעה המאביקה אותה.

האבקה צמחי מאכל בתקופות אלה בוצעה כנראה על ידי דבורים למיניהן, ללא כל שימת לב מיוחדת לתהליך ההאבקה. רק במאה ה-17 התחילו להתפרסם עבודות המבוססות על הבנת מבנה הפרח ותהליך ההאבקה. במאה ה-18 כבר בוצעו מחקרים וניסויים, המעידים על תפקיד ההאבקה ביצירת זרעים ופירות. בסוף המאה ה-18 פיתח שפרנגל (1793) את הרעיון שיש קשר תלתי בין דבורים לבין צוף הפרחים, והוא זה שטבע את הביטוי: "הצוף לפרח - כקפיץ לשעון" (Proctor et al 1996). דארווין (1809-1882) כבר ביצע ניסויים מבוקרים בהתנהגות הדבורים בפרחים, וציין את חשיבות הדבורים לכלכלה (Darwin 1876).

המחקר המודרני בהאבקה החל בתחילת המאה ה-20, כאשר התחילו לגדל מטעי תפוחי עץ, אגסים וורדיים אחרים על שטחים נרחבים, והחל להתגלות המחסור במאביקים. עד אז טרם הורגש מחסור זה מפני שהגידולים החקלאיים לא היו אינטנסיביים, והם הסתפקו במגוון המאביקים המצוי בטבע, בעיקר דבורים.

שני ספרים העוסקים בהאבקה צמחי תרבות, בלטו במאה ה-20: ספרו של מק-גרגור האמריקאי (McGregor 1976), שתיאר את מבנה הפרחים וההאבקה של עשרות צמחי תרבות, בעיקר בארה"ב; וספרו של Free האנגלי, שפורסם בשנת 1993 ותיאר את הצורך בהאבקה צמחי תרבות רבים, צמחים שגודלו בעיקר באירופה.

ב-1995 יצא לאור ספרו של Roubik על האבקה צמחי תרבות באזורים הטרופיים; וב-1996 ספרם של Nyeki and Soltész על עצי פרי באירופה. בשנת 2000 פורסם ספרם של Delaplane and Mayer על האבקה צמחי מאכל בארה"ב; ובשנת 2015 - ספר מקיף של Abrol העוסק בהאבקה צמחי תרבות, בעיקר בהודו. במהלך המאה ה-20 פורסמו אלפי מחקרים העוסקים בהאבקה, ולהם חשיבות רבה, הן למדע והן לחקלאים.

בין חוקרי האבקה צמחי התרבות בארץ, אשר עסקו בנושא זה מתחילת המאה ה-20, בלטו בעיקר מחקריו החלוציים של פרופ' ח. אופנהיימר, שעסק במיוחד בצמחים טרופיים, ושל פרופ' א. פאהן, שעסק בצופנים, תוך כדי התייחסות

מיוחדת לצמחי תרבות. כמו כן, תרמו רבות למחקרים שעסקו בצמחי תרבות ובגידולים חקלאיים, פרופ' י. גליל מאוניברסיטת תל-אביב, פרופ' י. לנסקי ופרופ' ש. גזית מהפקולטה לחקלאות ברחובות. רוב החוקרים העוסקים כיום בהאבקה הם תלמידיהם ותלמידי תלמידיהם של החוקרים שהוזכרו.



תמונה 1. תבליט קיר אשורי המתאר האבקת תמרים
(מתוך הספר של Abrol 2015)

מטרת ספר זה היא להקנות מושגי יסוד על מבנה הפרח ותפקודו ועל חלקן של הדבורים (בעיקר דבורי דבש), בהאבקה בכלל, ובצמחי תועלת בפרט. אנו מקווים שיהיה לעזר לחוקרים, למגדלי דבורים ולחקלאים העוסקים בצמחים התלויים בהאבקת חרקים.

הפרח

הפרח הוא ענף מקוצר, הנושא עלים בצורות שונות, שלהם תפקידים שונים. דורי העלים בפרחים קיבלו שמות שונים, בהתאם לתפקודם (תמונה 2). חלקי הפרח - במבט מלמטה כלפי מעלה - הם כלהלן:

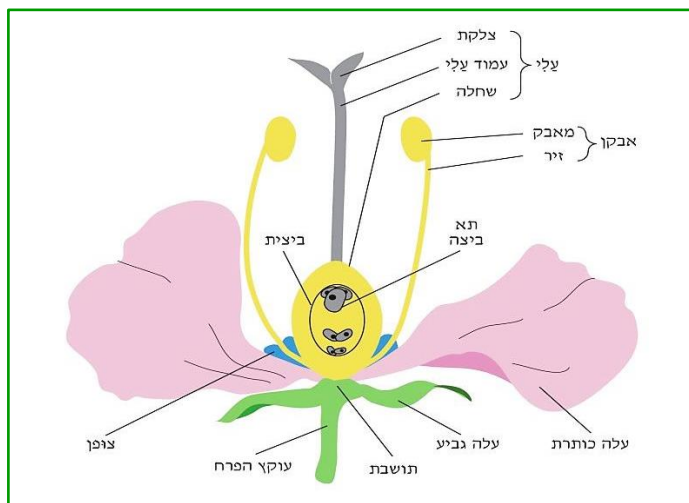
עלי הגביע - עלים ירוקים בדרך כלל, העוטפים את ניצן הפרח לפני פתיחתו. לעתים הם נושרים מיד לאחר פתיחת הפרח, למשל בפרג, ולעתים נשארים על הפרח כל משך חייו, כמו בנורית.

עלי הכותרת - בדרך כלל צבעוניים, למשל בפרג הם אדומים, ובהדרים לבנים. משמשים לרוב כ'פרסומת' למשיכת מאביקים.

עטיף כותרתי - מופיעים בכמה משפחות, כמו השושניים והשומיים, שבהם יש רק דור אחד של עלים. אם הם צבעוניים או לבנים - מכונים עלי עטיף (או עטיף כותרתי).

אבקנים ואבקה - האבקן בנוי זיר מארך, שבקצהו מאבק. המאבק מחולק לשתי לשכות, ובתוך כל אחת שני שקי אבקה. בתוך שקי האבקה מתפתחים, תוך כדי חלוקת הפחתה (מיוזה), גרגירי האבקה. גרגירי האבקה הבוגרים מכילים שני תאי מין (גמטות זכריות). עם התפתחות הפרח, נפתחים המאבקים, וגרגירי האבקה משתחררים מהם. הודות לצבעיהם ולריחות שהם מפיצים, נמשכים אליהם בעלי חיים המחפשים מזון. בתהליך איסוף המזון "מתלככים" בעלי החיים באבקה, ובדרך זו מעבירים אותה.

עלי שחלה - בונים את חלק הפרח המכונה עלי. שחלת הפרח בנויה מעלה שחלה אחד או מעלים רבים, בדרך כלל 1-6 עלים. חלקה התחתון של השחלה מורחב, דמוי כד, מכיל ביציות ובתוכן תאי המין הנקביים (גמטות נקביות) - ראה פירוט בפרק "האבקה". חלקה העליון של השחלה מוארך ומסתיים בצלקת, שהיא החלק המקבל את גרגירי האבקה. הצלקת יכולה להיות כדורית או מחולקת לכמה אונות. כאשר הצלקת מוכנה לקלוט אבקה, היא הופכת לחה ודביקה, מפרישה מספר רב של חומרים, כמו סוכרים, מלחים ואנזימים שונים, המאפשרים את נביטת האבקה, ומכונה "צלקת רצפטיבית". ישנם מקרים שבהם הצלקת מבשילה לפני האבקנים; מצב זה מוגדר כ"פרוטוגיניה".



**תמונה 2. מבנה סכמתי של פרח
(האוניברסיטה הפתוחה)**

פרחים ותפרחות

הפרחים יכולים להופיע כבודדים, כמו למשל בכלנית (תמונה 3); בתפרחות שבהן מפוזרים הפרחים לאורך הגבעול, כמו בזמזומית (תמונה 4); או בהקבץ צפוף על הגבעול, כמו בתפרחת הגזר. במקרים מסוימים מופיעים הפרחים על מצע משותף, כמו בחרצית ובמורכבים אחרים (תמונה 5).



**תמונה 3. כלנית מצויה
(צילום: דן איזיקוביץ)**



**תמונה 4. תפרחת של זמזומית מצויה
(צילום: דן איזיקוביץ)**



**תמונה 5. תפרחת של חרצית עטורה
(צילום: דן איזיקוביץ)**

צופנים וצוף

הצופן הוא רקמת הפרשה היוצרת ומפרישה צוף. מרבית הצמחים, שאותם מאביקים בעלי החיים, מכילים צופנים; בעוד שמרבית הצמחים המואבקים על ידי הרוח והמים, הם חסרי צופנים. הצופנים יכולים להימצא על כל חלקי הצמח העל-קרקעיים: ישנם צופנים הנמצאים בפרחים המכונים צופנים פלורלים - אלה נמצאים על חלקי הפרח השונים, כמו עלי הכותרת (בקצח), או בתוך דורבני עלי כותרת, כמו בכובע הנזיר. ברוב הצמחים מצויים צופנים סביב השחלה, כמו בהדרים או בסמוך לבסיסי עלי הכותרת, כמו במצליבים. לעתים ניתן להבחין בצופנים על גבעולים, כמו בקיקיון; על העלים, כמו בכותרתה; ועל חלקי צמח נוספים. הצופנים הקיימים מחוץ לפרח מכונים צופנים אקסטראפלורלים. הצוף בעיקרו הוא תמיסה נוזלית, תוצר הפוטוסינתזה, ומושפע ישירות מן האור ומגורמי סביבה נוספים, כגון קרקע, מים, טמפרטורה, לחות אוויר ועוד. התמיסה המימית (נוזל הצוף) מכילה בעיקר סוכרים, כמו סוכרוז, גלוקוז ופרוקטוז, ולרוב מצויים בה גם סוכרים אחרים, אך בכמויות מזעריות. הצוף מכיל גם ויטמינים שונים, חומצות אמיניות, חומצות אורגניות ומינרלים, ולעתים גם אלקלואידים (כמו בשקדים). אם כן, אפשר לסכם ולומר כי הצוף אינו רק 'משקה קלי', כפי שנחשב עד שנות ה-80 של המאה הקודמת, אלא 'מרק עשיר', בעל חשיבות מרובה במשיכת בעלי חיים לצמחים, בעיקר חרקים למיניהם; והחשובים לענייננו הם החרקים המאביקים, כמו דבורי דבש, דבורי בומבוס ועוד מאות מיני דבורים יחידאיות (Baker and Baker 1983).

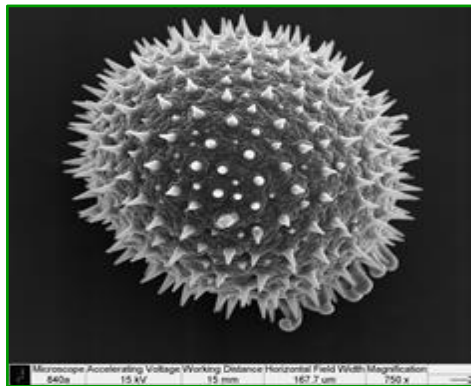
למבנה הפרח, לגודלו, למיקום הצוף בתוכו ולמידת חשיפת הצוף לסביבה יש השפעה על ריכוזו ויכולתו למשוך בעלי חיים שונים. פרחים חשופי צוף, כמו בשיזף, מושכים בעיקר דבורים קטנות וזבובים; פרחים בעלי צוף חבוי למחצה, כמו במיני מרוות, מושכים דבורים, שביניהן דבורי דבש; פרחים בעלי צוף עמוק וחבוי מושכים דבורים ארוכות חדק, פרפרים, רפרפים וציפורים.

לאחוז הסוכרים המומסים בצוף משרעת רחבה - בין 5 ל-75 אחוז. ריכוז הסוכר מושפע לא רק מתכונותיו הגנטיות של הצמח אלא גם מתנאי בית הגידול, ובעיקר לחות האוויר. בפרחים מואבקי דבורים כמות הצוף בדרך כלל גבוהה בתחילת היום, ופוחתת במהלך היום. ריכוז הסוכר בצוף עולה במהלך היום, בעיקר עקב נידוף המים ממנו.

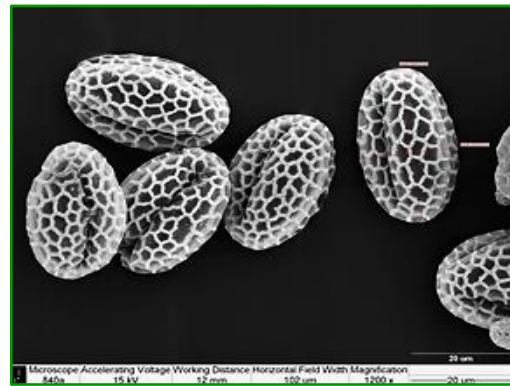
גרגירי האבקה

אבקת הפרחים, בנוסף לתפקידיה בהאבקה, משמשת כמזון חשוב לחרקים, ובמיוחד לדבורים. גרגירי האבקה בעלי דופן מחוספסת ודביקה לעתים, וגודלם נע בין 50 ל-100 מיקרון (תמונה 6). אבקה של צמחים מסוימים, כמו כותנה או דלועיים, מגיעה לגודל של 200 מיקרון (תמונה 7), ואילו אבקת הצמחים המואבקים על ידי רוח, קטנה יותר וחלקה, וגודלה נמצא בטווח שבין 10 ל-100 מיקרון (תמונה 8).

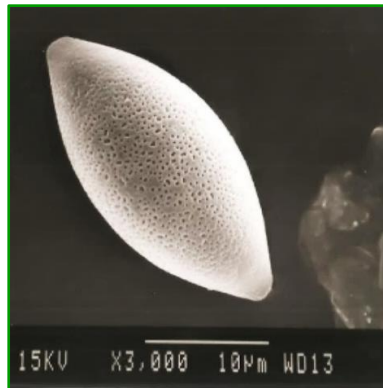
האבקה מכילה כמויות גדולות של חומצות אמינו, חלבונים, שומנים, פחמימות וכן ויטמינים רבים וחומרי צבע וריח המשמשים כגורמי משיכה אל הפרחים. בזכות הרכבה, האבקה משמשת כמזון חשוב בעיקר לדבורים אך גם לבעלי חיים אחרים, כמו חיפושיות, עטלפים או תריפסים.



תמונה 7. גרגיר אבקה של כותנה (תצלום במיקרוסקופ אלקטרוני סורק, SEM)



תמונה 6. גרגירי אבקה של כרמלית נאה ממשפחת המצליבים (תצלום במיקרוסקופ אלקטרוני סורק, SEM)



תמונה 8. גרגיר אבקה של תמר (תצלום במיקרוסקופ אלקטרוני סורק, SEM)

האבקה

האבקה היא תהליך העברת גרגירי אבקה ממאבקי הצמח אל הצלקת של אותו מין. במקרים רבים תהליך ההאבקה מסתיים בהפריה (ראה פרק "תהליך ההפריה בצמחים"), אך לא תמיד זה כך. האבקה יכולה להתרחש בשני אופנים השונים עקרונית זה מזה: האחד, האבקה עצמית (Self-pollination); והשני, האבקה זרה (Cross-pollination).

האבקה עצמית

בהאבקה עצמית האבקה המגיעה אל הצלקת - מקורה במאבק של אותו פרח עצמו או בפרח אחר הפורח על אותו צמח (תמונה 9). האבקה עצמית עשויה להתרחש גם בין שני פרחים שגדלו על שני צמחים זהים גנטית שמקורם אחד (בריבוי וגטטיבי של פרט מצטיין בחקלאות - 'זן').

אחד מן התנאים המאפשרים האבקה עצמית אפקטיבית הוא אי-קיומו של מחסום גנטי, המונע או מעכב את נביטת האבקה ואת צמיחתה על הצלקת ובעמוד העלי - מצב כזה מכונה 'התאם עצמי'. במקרים רבים של האבקה עצמית המאבקים בפרח נוגעים בצלקת כבר בפרח הסגור, ועם פתיחתו האבקה כבר דבוקה לצלקת ומתחיל תהליך נביטת אבקה (תהליך המכונה האבקה עצמית ספונטנית). תופעה כזו מתרחשת בצמחים הגדלים בתנאי טמפרטורה, גשם או רוח קיצוניים. בארץ מוכרת האבקה כזו בנזמית, בכוכבית וברגלה, החשופים במהלך פריחתם לתנאים לא נוחים של גשמים, רוחות חזקות ומחסור בבעלי חיים מאביקים. האבקה עצמית ספונטנית מוכרת בגידולים החקלאיים ברימון, בגויאבה, באפרסק, בשסק ועוד.

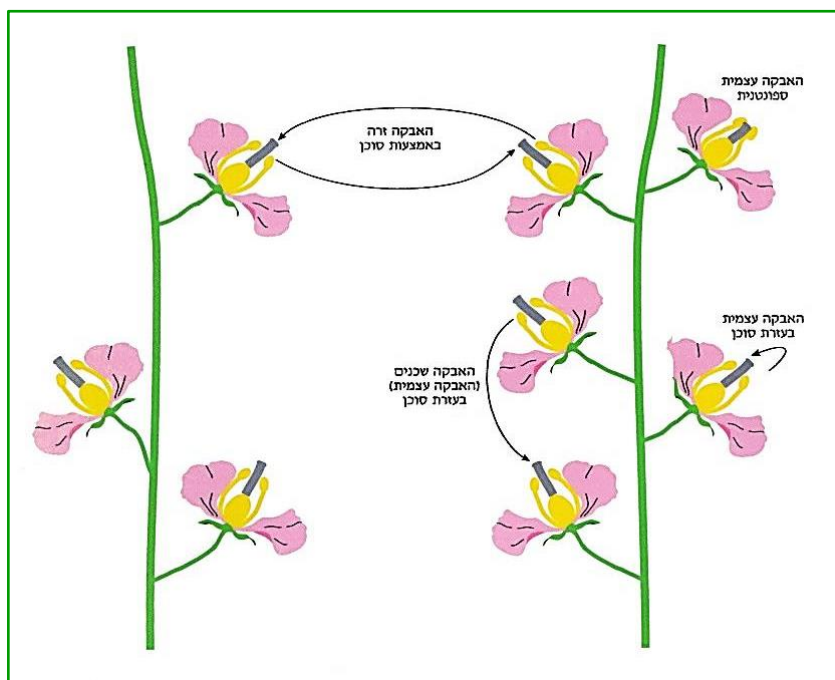
האבקה זרה

בהאבקה זרה מתרחשת העברת האבקה בין שני צמחים של אותו מין בעלי פרופיל גנטי שונה (תמונה 9). רבים מן הצמחים, שבהם קיים צורך בהאבקה זרה, מצוידים גנטית במנגנונים ביוכימיים אשר אינם מאפשרים את נביטת האבקה שמקורה באותו גנום, למרות האפשרות הטכנית להאבקה עצמית, ותהליך ההפריה אינו מתקיים. כך לדוגמה, במשפחת הוורדיים (תפוח, אגס, שיזף, משמש, שקד ועוד) קיים מנגנון אי-התאם עצמי, המתבסס על S. alleles, כלומר כאשר גרגר אבקה נושא את אותו אלל, הנמצא בעמוד העלי, התארכותו של הנחשון תיעצר ולא תתבצע ההפריה.

מנגנון נוסף, שבעקבותיו נדרשת האבקה זרה, הוא שני "בתים" באותו מין (species). "בית" אחד הוא צמח הנושא פרחי זכר בלבד, ה"בית" השני נושא פרחי

נקבה. צמח כזה מכונה דו-ביתי, וקיימת בו הפרדה מוחלטת בין הזוויגים. במצב זה ברור כי אין כל אפשרות להאבקה עצמית. דוגמאות לצמחים דו-ביתיים: פיסטוק, אלון, חוחובה, חרוב ותמר.

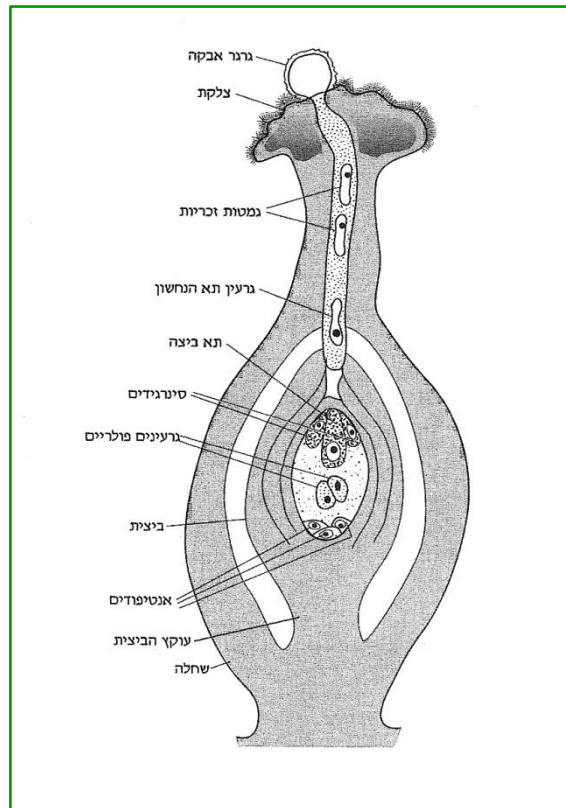
בצמחים אחדים, כמו נר הלילה, קיימת אפשרות מבחינה גנטית להאבקה עצמית, אולם המרחק בין האבקנים לצלקות גדול מכדי לאפשר האבקה עצמית ספונטנית. לעתים פיזור האבקה של צמח מסוים אינו תואם את מועד התבגרות הצלקות, כך שבמצב זה נדרשת האבקה זרה בלבד (למשל בבצל). במינים שבהם יש שפע של פריחה וחנטה ולאחר מכן נשירת חנטים מסיבית, כדוגמת אבוקדו, מנגו וליצ'י, יש יתרון לחנטים תוצרי האבקה זרה, כיוון שהללו שורדים טוב יותר מחנטים תוצרי האבקה עצמית. יש צמחים שבהם קיים יתרון להאבקה זרה, אך תיתכן גם האבקה עצמית. צמחי תרבות הדורשים האבקה זרה הם: מרבית זני השקדים, כמו "אום אל-פחם", תפוח, זנים שונים של שזיפים, זנים רבים של משמש, גודגון, קיווי, ליצ'י, חמניות, אבטיחים חסרי זרעים וזני מנגו מסוימים. כדי להבטיח העברת אבקה מתאימה בזנים שבהם יש צורך בהאבקה זרה, יש לטעת את הזנים השונים במרחקים קצרים ככל האפשר זה מזה.



תמונה 9. סכמה של האבקה עצמית וזרה בצמחים

תהליך ההפריה בצמחים

הפריית צמחים היא תהליך המתחיל עם הגעת גרגיר אבקה פורה אל הצלקת הרצפטיבית (תמונה 10). כאשר קיימת התאמה גנטית בין גרגיר האבקה לעלי, לאחר נחיתת גרגיר האבקה, הוא שולח נחשון מוארך היוצא מפתח יציאה מיוחד. הנחשון הולך ומתארך בתוך עמוד העלי ונע לעבר הביצית שבשחלה. בקצה הנחשון מצויים תאי המין (שתי גמטות זכריות האפלואידיות). הנחשון חודר אל תוך השחלה, ותאי המין פורצים מן הנחשון ומתאחדים עם תא הביצה הנקבי (האפלואיד) ועם עוד שני תאים הפלואידים נוספים שבביצית. כתוצאה מאיחוי זה נוצר העובר הדיפלואיד ועוד תא טריפלואיד, המכונה אנדוספרם ומשמש כרקמת הזנה לעובר. בסיכומו של התהליך התרחשה בעצם הפריה כפולה.



תמונה 10. מבנה השחלה והביצית ונביטת גרגירי אבקה (האוניברסיטה הפתוחה)

האבקה אביוטית

במרבית המקרים לא מגיעה האבקה אל הצלקות באופן עצמאי אלא קיימות דרכים רבות להעברתה מן האבקנים לצלקות. לעתים מועברת האבקה ע"י גורמים אביוטיים, כמו רוח, למשל בתירס, בבוטנה (פיסטוק), בתמרים, באלונים ובאלפי מיני צמחים נוספים. צמחים המואבקים על ידי הרוח מאופיינים בפרחים שאינם צבעוניים, המשחררים כמויות גדולות של אבקה יבשה זעירה בגודל של 10-100 מיקרון. אבקה זו בעלת דופן חלקה יחסית והיא מסוגלת לרחף באוויר ולא לנחות מיד עם פתיחת הפרחים (ראה תמונה 8 - אבקת תמר). צלקות הפרחים מואבקי הרוח הן מסועפות ובעלות שטח פנים גדול יחסית. בצמחים דו-ביתיים, אשר מתקיימת בהם האבקת רוח, ובייחוד בצמחי תרבות רבים, לא תמיד יש חפיפה בין מועדי פיזור האבקה למועדי מוכנות הצלקות. בצמחי התמר למשל, אבקת פרחי הזכר מבשילה ומתחילה להתפזר ימים אחדים לפני פתיחת הפרחים הנקביים. כאשר מעוניינים להאביק צמחים דו-ביתיים באופן מלאכותי, יש צורך לאסוף ולשמור את האבקה באחסון מתאים ולאחר מכן להאביק את פרחי הנקבה. גם בעצי הבוטנה (פיסטוק) העצים הזכריים פורחים ומפזרים אבקה ימים אחדים לפני שיא הפריחה של עצי הנקבה. חוסר החפיפה בין שיאי הפריחה פוגע משמעותית בהאבקה, ואף מסכן את היבול. במצבים מסוימים נדרש איסוף האבקה מצמחי הזכר ואחסונה בתנאים מתאימים (ייבוש וקירור), כך שתישמר חיוניותה. יש צמחים, כמו כותנה, שבהם גרגירי האבקה מאבדים את חיוניותם כעבור מספר שעות ולא ניתן (בינתיים) לשמרם, בעוד שגרגירי אבקה אחרים, כמו בשקדים, ניתן לשמור למשך שנים אחדות.

האבקה א-ביוטית נוספת היא האבקה באמצעות מים. גרגירי אבקה בצמחי מים מסוימים נובטים במאבקים, ולאחר מכן נפלטים למים, צפים ונעים מן האבקנים אל הצלקות. תופעה כזו מוצאים בווליסנריה ובאלף עלה. יש להדגיש כי בהאבקה באמצעות המים הצמח מייצר כמויות עצומות של אבקה (כמו בהאבקת רוח), ופיזור האבקה הוא אקראי ונעשה על כל הסביבה, ולא דווקא ישירות על הצלקת המיועדת. יש לזכור שלא כל צמח הגדל במים הוא צמח מואבק מים.

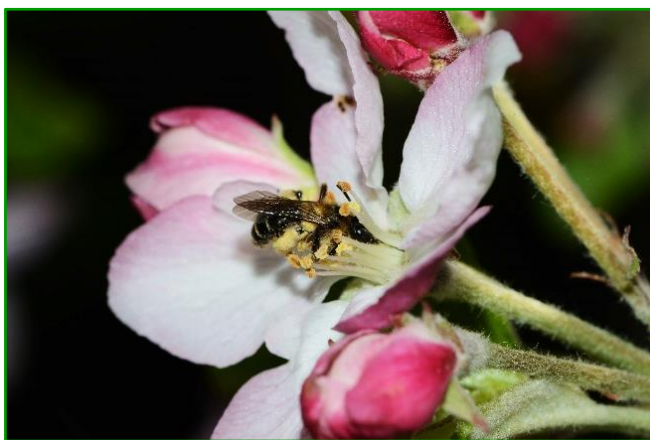
האבקה ביוטית

דרך נפוצה להעברת אבקה אל הצלקות הפרחים היא ביוטית, כלומר העברת האבקה באמצעות בעלי חיים. בטבע קיים מגוון נרחב של בעלי חיים מעבירי אבקה: ציפורים, כמו צופיות; יונקים, כעטלפים ומיני מכרסמים; ובעיקר חרקים, כגון דבורים, צרעות, חיפושיות, פרפרים ומיני זבובים. ספר זה עוסק בתפקודי הדבורים, בעיקר דבורי הדבש, משום תרומתן וחשיבותן הרבה למערכות חקלאיות.

הדבורים כסוכנות האבקה

הדבורה היא חרק השייך למשפחת הדבוראים. מזונן הבלעדי של הדבורים (פרט לדבורים טפילות) הוא אבקה וצוף של פרחים. בטבע קיימים כ-20,000 מיני דבורים (רק בישראל יש למעלה מאלף מינים). מרבית מיני הדבורים הן יחידאיות, כלומר ההטלה, איסוף המזון והזנת צאצאים נעשית באופן בלעדי על ידי דבורה בודדת, ללא קשר לדבורים אחרות. מבין הדבורים היחידאיות נכנסו לשימוש בהאבקה מסחרית, רק מעט מינים כמו למשל דבורה גוזרת עלים (*Megachile*), המשמשת להאבקת אספסת בקנדה, בארה"ב, ברוסיה ועוד; ה-*Nomia* המשמשת להאבקת בצל בארה"ב, דבורה יחידאית נוספת היא ה-*Osmia*, שבה משתמשים בארה"ב להאבקת אוכמניות, ובמידה מוגבלת - להאבקת שקדים. בשנים האחרונות הולכת וגוברת המודעות לשמירת איכות סביבת השדה החקלאי וממשק העיבוד, ובכך מקווים להעלות את רמת אוכלוסיות דבורי הבר (על המינים השונים), שמניחים כי יתרמו להאבקה (תמונה 11).

מספר קטן של מיני דבורים הן חברתיות, כלומר כל פרט חי במושבה מאורגנת. לכל אחד מן המינים החברתיים יש מלכה פורייה, השונה בגודלה מיתר הדבורים והיא מטילה את הביצים. בנוסף לכך, ישנן במושבה עמלות, דבורים קטנות יותר, אשר לרוב אינן מטילות אלא מבצעות את יתר המטלות של המושבה (בניית תאים, טיפול בוולד, הגנה, איסוף אבקה וצוף), וכן זכרים שהם בעלי תפקיד ברבייה בלבד.



תמונה 11. דבורה יחידאית מהסוג אנדרנה על פרח תפוח
(צילום: גידי פיזנטי)

דבורת הדבש

כאמור, כל דבורי הדבש חיות במושבות, ולכל מושבה נקבה פורייה אחת (מלכה) ועוד אלפי דבורים (עמלות), שבדרך כלל אינן מטילות. בכל מושבה נמצאים גם זכרים (הפלואידים). מושבות הדבורים חיות בטבע בסדקי סלעים ובחללי גזעים, בעוד שהדבוראי מגדל את הדבורים במבנה (כוורת). מבין הדבורים החברתיות, דבורת הדבש (*Apis mellifera*) היא הידועה ביותר, בעיקר בשל הדבש שהיא מייצרת ותפקידיה החשובים בהאבקות צמחי בר ותרבות. דבורה זו בעלת תפוצה טבעית רחבה באזורים שונים של העולם הישן, באזורים הטרופיים של אפריקה, באגן הים התיכון ובאזורים נרחבים בבתי גידול ממוזגים של אירופה. כמעט בכל אזור גיאוגרפי נמצאת דבורת דבש מגזע המיוחד לאזור. כך למשל, בישראל הדבורה המקומית והמקורית הייתה *Apis mellifera syriaca*; במרכז אירופה - *A. mellifera mellifera*; ובאיטליה - *Apis mellifera ligustica*. עם העברתם של גזעים יצרניים ושקטים, כמו הדבורה האיטלקית, לחלקים שונים בעולם ובשל דלדול אוכלוסיות הבר של דבורי הדבש המקומיות, בעיקר בעקבות חדירתה של אקרית הוורואה, הולכים ונעלמים הגזעים המקומיים בבית גידולם הטבעי, ואת מקומם תופסות דבורים מגזעים מטופחים ע"י החקלאי, המתאימים לכוורנות. בדרום-מזרח אסיה קיימים מינים נוספים של דבורי דבש, החיות אף הן במושבות ואוספות דבש. אחד מהמינים הללו הוא *Apis florea* (דבורת דבש ננסית), אשר חדר לפני כמה שנים לאזור מפרץ אילת והתבסס סביב העיר אילת והערבה הדרומית (תמונה 12).



תמונה 12. השוואה בין דבורת דבש לדבורה ננסית (צילום: שרון שפיר)

חלוקת התפקידים בכוורת דבורי הדבש

דבורי הדבש מגדלות את צאצאיהן בתוך הכוורת על חלה אנכית הבנויה מדונג. המלכה והעמלות בכוורת זהות מבחינה גנטית, אלא שהמלכה בשלב הזחל זכתה למזון שונה מאשר העמלות והתפתחה לדבורה גדולה יחסית, בעלת מערכת מפותחת של שחלות, יכולת הזדווגות, הפריה והטלת ביצים.

העמלה זכתה במהלך התפתחותה למינון נמוך של מזון וטיפול, וכתוצאה מכך היא בעלת מערכת רבייה מנוונת ואינה מסוגלת להטיל ביצים. רק במצבים שבהם תקופה ממושכת אין מלכה בכוורת, השחלות של חלק מהעמלות תתפתחנה והן תטלנה ביצים בלתי מופרות שיתפתחו לזכרים.

כל תפקודי הכוורת ההכרחיים להתפתחות המושבה (פרט להטלה) נעשים על ידי העמלות החיות כמה שבועות בקיץ, וכמה חודשים בחורף. תפקידי העמלה בכוורת כוללים האכלה וטיפול בזחלים שבקעו מן הביצים, בנייה של חלות חדשות, תיקון חלות שנפגעו, הגנה על הכוורת ואיסוף מזון, כלומר צוף ואבקת פרחים, מים, וכן פרופוליס (חומר משחתי, תוצר של שרפים צמחיים, המשמש לאיטום הכוורת וחניטה של מזיקים שחדרו לכוורת).

הדבורה מתפתחת מביצה שהוטלה בתא בחלה (לביצה, המיועדת להפוך למלכה, מבנה תא שונה מזה של תא העמלה או תא הזכר). לאחר הטלת הביצה, כעבור שלושה ימים, בוקע הזחל ומתחיל להיזון על ידי העמלות שבכוורת למשך שישה ימים. לאחר מכן התא נחתם על ידי עמלות בוגרות. באותה עת הופך הזחל בתא לגולם, וכעבור 21 יום בוקעת ממנו עמלה צעירה, היוצאת מן התא תוך כדי כרסום המכסה. המלכה מגיחה לאחר 16 יום, וכעבור 24 יום מגיח הזכר.

בגיל הצעיר ניזונות הדבורים מדבש, שהוא המקור העיקרי לסוכרים, ומגררי האבקה, שהם המקור העיקרי לחומצות אמינו, חלבונים, מינרלים, ויטמינים ושומנים. כתוצאה מההזנה במזון עשיר זה העמלה מפתחת בראשה בלוטות (היפופארינגיאליות) המפרישות את המזון המיועד להזנת הוולד המתפתח בתאי החלה. בנוסף לכך, מאכילה העמלה הצעירה את הזחלים בתערובת של דבש ואבקה ומייצרת דונג. עם התבגרות העמלות וסיום תפקידן בהזנת הזחלים, מתבסס מזוןן על דבש, והן כמעט שאינן ניזונות מאבקת פרחים. המלכה ממשיכה לקבל מזון מן הבלוטות ההיפופארינגיאליות של העמלה הצעירה, ולמעשה, כמות הביצים שהמלכה תטיל הינה בהתאם לכמות המזון שהיא קיבלה ולתנאי הסביבה.

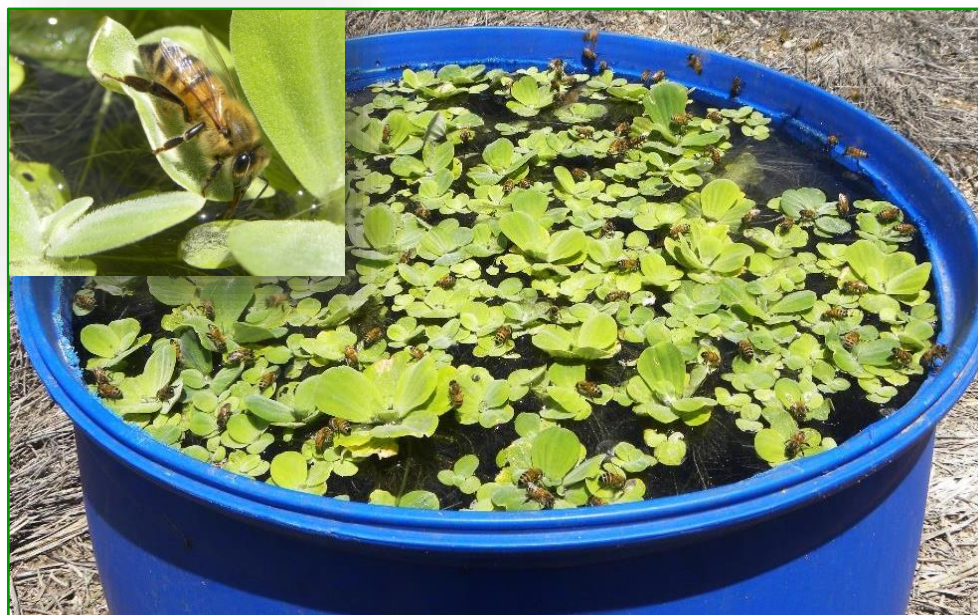
לאחר ימים אחדים של טיפול בזחלים והפרשת דונג מתחילות העמלות לארוז אבקה שהובאה על ידי עמלות אחרות בתאים מיוחדים בחלה. הדבורים מוסיפות

לאבקה מעט רוק ואנזימים, ובעזרת חיידקים הופכת אבקה זו ל"לחם דבורים" (Bee bread) היכול להישמר זמן רב בתאים.

הצוף שנאסף בשדה על ידי העמלות מועבר אל עמלות צעירות בכוורת. הללו מעבירות אותו לאגירה בתאים בכוורת, תוך שהן מנדפות את המים שבו ומפרישות אנזים (אינברטז) המפרק את הסוכרוז (דו-סוכר) המרכיב את הצוף, לחד-סוכרים: גלוקוז ופרוקטוז. כאשר ריכוז תערובת הסוכרים בצוף מגיעה ל-81%, היא הופכת לדבש הנחתם בתאים בשכבת דונג ומשמש את הדבורים בעתות מחסור.

עם סיום תפקידי העמלה בכוורת, בגיל 2-4 שבועות, הדבורים מתחילות לצאת מן הכוורת ולאסוף אבקה וצוף מפרחים בשדה, בתחילה באזורים הקרובים לכוורת, ובהמשך - באזורים המרוחקים ממנה.

לעתים אוספות הדבורים מים (תמונה 13). איסוף המים מתבצע בעיקר בימים חמים, ומיועד לקירור הכוורת באמצעות נידופם. דבורים אחרות אוספות שרף צמחים לשם ייצור פרופוליס המשמש לאיטום ולסתימה של סדקים בכוורת ולחניטת גופם של מזיקים גדולים שחדרו לכוורת, כמו עש הדונג.



תמונה 13. דבורים אוספות מים ממכל שהוצב ליד הכוורת
(צילום: אהד אפיק)

דבורים היוצאות לאסוף צוף ואבקה מבצעות גיחות העשויות להגיע לעשרות פרחים במעוף אחד. יש דבורים האוספות צוף, יש האוספות אבקה, ויש האוספות

צוף ואבקה בו-זמנית. ככל שהאיסוף דורש יותר אנרגיה (בשל המרחק, טמפרטורות נמוכות, רוח או כמות קטנה של צוף לפרח) - כך כמות הצוף הסופית שתיאסף מעטה יותר. לכל אחד ממיני הצמחים כמות וריכוז צוף האופייניים לו, לכן על הדבורה לעתים לבצע עשרות ביקורים עד מילוי הזפק (קיבת הדבש), כמו בפרחי אזוב, ולעתים ביכולתה למלא את הזפק בביקור אחד (מינים מסוימים של אקליפטוס). איסוף האבקה מוכתב על ידי דרישות הכוורת, והוא רב במיוחד כאשר יש כמות רבה של ולד. הדבורים לומדות בקלות את ערך הצוף (ריכוז הסוכר וכמותו), ומשכילות להעדיף צמחים מסוימים על פני צמחים אחרים. לעומת זאת, לגבי אבקת פרחים יש לדבורים יכולת הבחנה מוגבלת- באופן כללי נוטות הדבורים לגוון בבחירת מקורות האבקה (בממוצע 6 מיני צמחים שונים בכל זמן נתון), ובכך נמנע בכוורת מחסור באחד ממרכיבי המזון החיוניים.

איסוף האבקה מתבצע באמצעות מגע של שערות הדבורה עם גרגרי האבקה הדביקים. בהמשך, תוך כדי מעוף, הדבורים גורפות בעזרת רגליהן הקדמיות את האבקה ומעבירות אותה בעזרת רגליהן האחוריות אל תוך "סלים" מיוחדים, שבהם נאגרת האבקה בדמות גושים המכונים צמידות. ברוב המקרים האבקה אינה נאספת כולה לצמידות, ומה שנותר על גוף הדבורה משמש לתהליך ההאבקה.

הדבורה והפרח בשדה

מטרת ביקורי הדבורים בפרחים היא אחת: איסוף מזון, כלומר צוף ואבקה (הדבורים אינן מגיעות אל הפרחים בשביל להאביק אותם). המשיכה אל הפרח נעשית באמצעות ה'פרסומת' המשודרת על ידי הפרחים, הכוללת ריחות שונים, צורות פרחים שונות, צבעים והרכבי הצבע של הפרחים, גם צבעים שהאדם אינו מבחין בהם, כמו קרינה אולטרה-סגולית. הדבורים מסוגלות להבחין ב'פרסומת' זו, ולנצלה לתועלתן תוך שהן מקשרות בין ה'פרסומת' לגמול.

הדבורים אוספות את הצוף מן הצופנים בעזרת החדק המותאם לכך. הן תעדפנה צופנים שהגישה אליהם נוחה והם מכילים כמות צוף גדולה וריכוז סוכרים גבוה. צוף מהול מאלץ את הדבורים להשקיע אנרגיה רבה בריכוז הצוף ובייצור דבש ממנו. לעתים, בעיקר בעונות החמות, הדבורים תרות אחר פרחים בעלי ריכוז נמוך של סוכרים (Willmer, 2011). ריכוז צוף גבוה מדי, הנמצא בעיקר בצופנים חשופים (שמהם מתנדפים המים בקלות), עשוי להביא להתגבשות הסוכר בצוף ולהקשות על איסופו (כמו לדוגמה בבצל).

בשעת איסוף הצוף מפרחים, נצמדת בדרך כלל באקראי אבקה אל גוף הדבורה. קורה לעתים, בצמח הכותנה למשל, כי בעת איסוף הצוף נדבקת האבקה לגוף

הדבורה, וזו נעמדת על הפרח וסורקת בעזרת רגליה את גופה ומנקה אותו מכל גרגירי האבקה. תופעה דומה מתרחשת בפרחי חמניות. ייתכן שתופעה נדירה זו נובעת מהגרגירים הגדולים והקוצניים (תמונה 7), ואפשר שיש בגרגירי האבקה הללו חומרים דוחים. אחת התכונות המיוחדות של דבורי דבש היא יכולתן לבקר במגוון נרחב של פרחים בעלי צורות שונות ובשלל צבעים וריחות, ולכן היא מתאימה להאבקה יעילה של מיני צמחים רבים (Generalist pollinator).

תצפיות בשדה על דבורת הדבש מגלות כי למרות יכולתן לבקר במספר רב של מיני צמחים בעלי שונות אין סופית של צבעים, צורות וריחות, הן בדרך כלל נאמנות במעוף אחד למין צמח אחד, כלומר אם דבורה מסוימת עוברת בין פרחי סביון, דבורה אחרת - בין פרחי חרדל, ואחרת - בין פרחי עירית, כל אחת תישאר נאמנה למין המסוים עד חזרתה לכוורת; תופעה זו מכונה 'נאמנות' (Constancy). בבדיקת צמידות בדבורי הדבש שאספו אבקה, נמצא כי ביותר מ-95% מהדבורים הייתה האבקה שייכת למין צמח אחד בלבד. תופעת הנאמנות תוארה בעבר כבר במאה ה-3 לפנה"ס ע"י אריסטו. מאז נצפתה התופעה פעמים רבות, ואף הוסברה על ידי דרווין במאה ה-19 כדרך המאפשרת לדבורה יעילות רבה בעבודה, שכן היא חוסכת את הצורך לגלות וללמוד את מקום המזון בכל פעם מחדש.

לעומת זאת, מעקב אחר דבורה האוספת צוף מעיד על נאמנות חלקית בלבד לאותו מין, כלומר ניתן לראות דבורים אוספות צוף העוברות מחרדל לסביון, למשל, באותו מעוף.

איסוף האבקה נעשה ברוב המקרים בשעות הבוקר (בשקדים ובקיווי, לדוגמה), בעוד שאיסוף הצוף ממשיך במהלך היום כולו.

התקשורת בין הדבורים בכוורת

אחת המטרות שניצבו בפני חוקרי הדבורים הייתה לבדוק אם כל עמלה בכוורת מוצאת את מזונה באופן עצמאי או שקיימת בין הדבורים הנמצאות בכוורת מערכת של תקשורת והעברת מידע.

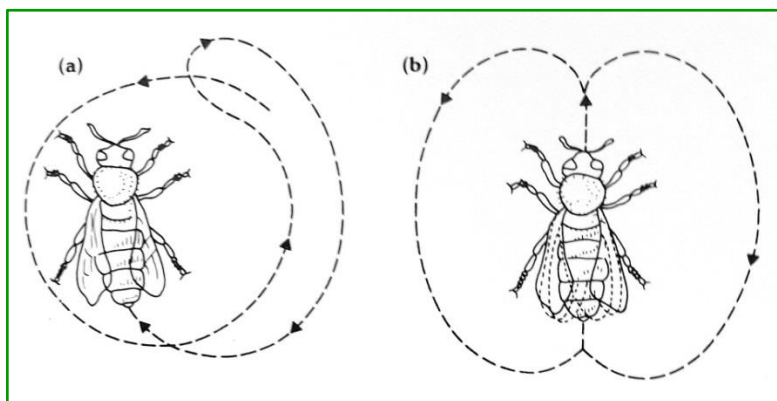
הודות למחקריהם החלוציים של החוקר הגרמני זוכה פרס נובל - Karl von Frisch, ותלמידיו, יש בידינו כיום מידע רב על התנהגות הדבורים, על העדפתן לפרח מסוים ועל יכולתן לתקשר עם דבורים אחרות ולקבל מידע הקשור במיקום המזון ובאיכותו.

פון פריש מצא כי דבורים המזהות מקור מזון במרחק של כמה עשרות מטרים מהכוורת, אוספות אותו וחוזרות אל הכוורת. דבורים אלה מתחילות לחוג על פני החלה שבכוורת במעגלים עם סיבוב השעון, ולאחר סיבוב אחד או שניים עוברות

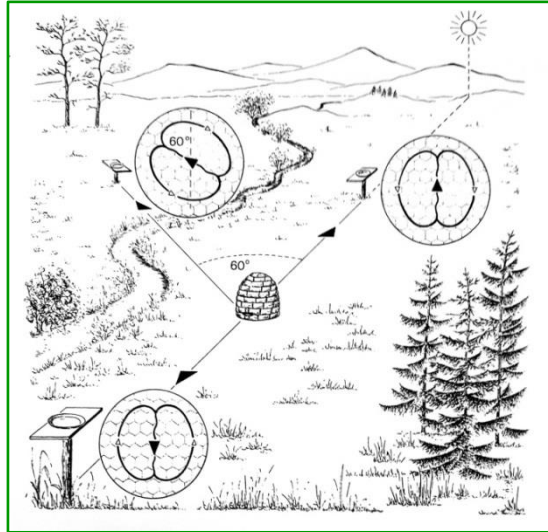
לסוב נגד סיבוב השעון. תנועות אלו כונו על ידי פון פריש "ריקוד המעגלים" (Round dance, תמונה 14). חלק מן הדבורים בכוורת נוגעות במחוישהן בדבורים הרוקדות ומתחילות להילוות אל הרוקדות. מדי פעם נעצרות הרוקדות ופולטות טיפת צוף. הדבורים המלוות קולטות את ריח הצוף. ככל שמקור המזון עשיר יותר, כך גוברת מהירות ריקוד המעגלים, ועולה מספר העמלות המגויסות אליו. הדבורים המגויסות יוצאות מן הכוורת ומחפשות בכיוונים שונים את מקור הריח שנדבק אל גופן, וכאשר הן מגלות את הפרחים הן נוחתות עליהם ואוספות מזון.

כאשר המזון הנאסף על ידי העמלות מרוחק מהכוורת ביותר ממאה מטר, משתנה צורת הריקוד, והוא הופך לריקוד המכונה "ריקוד הנענועים" (Tail wagging dance). בריקוד זה הדבורים רצות על החלה בקו ישר ומיד מסתובבות בחצי סיבוב למקום תחילת הריצה ומתחילות בסיבוב נוסף בכיוון ההפוך. הקו הישר של הריקוד שנעשה על החלה יכול להיות מאונך, ומסמן לדבורים בכוורת שמקור המזון נמצא בקו ישר בין הכוורת לשמש. כאשר הקו הישר של הריקוד נוטה על החלה בזווית של 60 מעלות שמאלה מן הקו האנכי, למשל, פירושו של דבר עבור הדבורים המלוות שמקור המזון נמצא בזווית של 60 מעלות שמאלה מן הקו הישר שמש-כוורת. זוויות הריקוד משתנות במשך היום בהתאם למקום המזון ולתנועת השמש (תמונה 15).

כאשר מטרת ביקור הדבורה היא מים, היא נעה בשדה באקראי ומחפשת מקור מים. לאחר שמצאה, היא נוחתת ומשחררת חומר ריח מתוך בלוטה המצויה בחלק האחורי של גופה (בלוטת נסאנוב), וריח זה מסייע לדבורים אחרות בסביבה למצוא את מקור המים.



תמונה 14. משמאל: ריקוד המעגלים; מימין: ריקוד הנענועים



תמונה 15. שינויים בכיוון הריקוד בהתאם למיקום המזון
(מתוך הספר של Free 1982)

עונתיות בפעילות הדבורים

הפעילות של דבורי הדבש בתנאי השדה מותאמת לגורמי סביבה רבים, כמו טמפרטורה, גשם, רוח ותנאי תאורה. בנוסף לכך, פעילותן נמצאת בהתאמה למועדי הפריחה של הצמחים המקומיים. כך למשל, בישראל, באקלים הים תיכוני מועדי הפריחה הם בעיקר בחודשים פברואר עד מאי, ובעונה זו הפריחה ופעילות הדבורים בשיאן. פעילות זו מתבטאת גם בקצב ההטלה של המלכה ובהגחת העמלות. בדרום אירופה מועדי הפריחה העיקריים הם מאי-יולי, ובצפון אירופה - יולי-אוגוסט. במזרח אפריקה, למשל, מועדי הפעילות של דבורי הדבש מוכתבים על ידי שני מחזורי הגשמים; מיד בתום עונת הגשמים מתחילה עונת הפריחה, ועמה פעילות מוגברת של דבורת הדבש המקומית. יש לזכור כי פעילות דבורת הדבש באקלים הים תיכוני בארץ מתחילה באור ראשון, כאשר הטמפרטורה מגיעה ל-14-15 מעלות צלזיוס, ומסתיימת עם שקיעת השמש. למיקרו-האקלים חשיבות רבה. פעילות הדבורים בישראל באזור ההר הקריר בחורף מתבטאת באיסוף מזון מועט ובהטלה מצומצמת; בעוד שבמישור החוף המלכה ממשיכה להטיל והעמלות ממשיכות לצאת לאסוף מזון גם בחורף.

האבקת זמזום (Buzz pollination)

דבורים רבות, ביניהן הסוג בומבוס (ראה פרק דבורת הבומבוס), אוספות אבקה באופן "מכוון", על ידי כך שהן תופסות את אבקני הפרחים ברגליהן, כשהן תלויות כלפי מטה (תמונה 16), ואגב הפעלת שרירי התעופה של גופן הן מרעידות את הפרח. בעקבות הרעדה זו נשמע זמזום חזק, ואבקת הפרח נושרת על בטן הדבורה, וממנה אל הצלקת. דרך זו של האבקה (Buzz pollination) קיימת בדרך כלל בפרחים תלויים כלפי מטה, כמו פרחי העגבנייה.



תמונה 16. דבורת בומבוס מבצעת האבקת זמזום בעגבנייה
(צילום: עמיקם שוב)

דבורת הבומבוס

הסוג בומבוס מונה כ-400 מינים, ותפוצתו כלל עולמית. המין בומבוס האדמה, *(Bombus terrestris)* בעל תפוצה רחבה מאוד, המשתרעת מדרום אירופה, טורקיה, סוריה, לבנון ועד ישראל. בעבר מין זה נפוץ בארץ רק בגליל העליון ולרגלי החרמון, אך הוא הולך ומתפשט דרומה משנה לשנה, ייתכן כי בשל התרחבות השימוש בדבורה זו בהאבקה בכל רחבי הארץ.

בומבוס האדמה מקנן באדמה בתוך מחילות עזובות של מכרסמים, וניתן לגדלו בכוורות מיוחדות שפותחו לצורכי חקלאות. כמו דבורת הדבש, הסוג בומבוס הוא חרק חברתי, הכולל מלכה ועמלות, ובתקופות מסוימות גם זכרים. דבורה זו פעילה במנעד טמפרטורות ותאורה נרחבים, בהשוואה לדבורת הדבש. דבורת הבומבוס פעילה כבר בטמפרטורה של 5 מעלות צלזיוס, וניתן לראותה בביקורי פרחים גם לאחר השקיעה. מנעד פעילות כה נרחב ניתן לניצול בחקלאות, בהאבקה של גידולי תרבות, שבהם יש צורך בהאבקה בשעות הבוקר המוקדמות, עוד לפני פעילות דבורי הדבש. לבומבוס חשיבות מיוחדת בהאבקת גידולי שדה ממשפחת הסולניים, כמו עגבנייה, חציל ופלפל, שאותם היא מאביקה בהאבקת זמזום (ראה לעיל פרק "האבקת זמזום"). בנוסף, מאביקה דבורה זו ביעילות ורדיים רבים, כמו שקדים, שזיפים ותפוחי עץ, וכן יש לה יתרונות בהאבקת אבוקדו, ליציי וקיווי, בעיקר כתוספת לדבורי הדבש (תמונה 17).



תמונה 17. כוורת דבורי בומבוס במטע שקדים
(צילום: אהד אפיק)

האבקה אלקטרוסטטית - Electrostatic pollination

כאשר גרגירי אבקה נישאים באוויר, הם נטענים, תוך חיכוך עם האוויר, במטען חשמלי חיובי. אם אותם גרגירים הטעונים חיובית מגיעים אל הפרחים (המחוברים לקרקע וטעונים שלילית), הם נמשכים אל הצלקות.

גם כאשר דבורה עפה ומתחככת באוויר, גופה הופך להיות טעון חיובית, כולל גרגירי האבקה שהיא נושאת. מאחר שהצמח טעון שלילית (כולל גרגירי האבקה שעליו), הרי שנוצר בין הדבורה לפרח מתח אלקטרוסטטי, ואם הוא חזק דיו, בהתקרב הדבורה הטעונה אל הפרח ניתקים גרגירי אבקה מן המאבקים ונדבקים אל הדבורה (Corbet et al 1982).

על בסיס הרעיון של הקשר בין אלקטרוסטטיקה, אבקה ודבורים - נערך מחקר באוניברסיטת תל אביב ומרכז וולקני, ונבנה מכשיר המסוגל להטעין גרגירי אבקה במטען חשמלי, ובאמצעותו לפזר גרגירים טעונים על פרחים ולהביא להאבקתם (תמונה 18). שיטת האבקה זו יעילה במיוחד בצמחים מואבקי רוח, כמו פיסטוק, תמר ואחרים (Vaknin et al 2000).

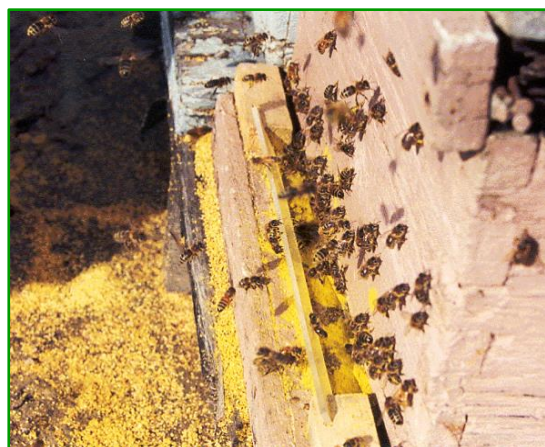


תמונה 18. האבקה אלקטרוסטטית של שקדים
(צילום: דן איזיקוביץ)

השימוש בדבורים כמפירות של חומרי הדברה

החל משנות ה-90 של המאה ה-20 החלו להשתמש בדבורים, בייחוד בדבורי דבש ובומבוס, ככלי הסעה להפצת חומרי הדברה, בעיקר נגד *Ervinia amylovora* (חרכון) ו-*Botrytis cinerea* (עובש אפור).

בעזרת מפזרי אבקה (Pollen dispenser) (תמונה 19) ניתן להטעין בחומרי הדברה



תמונה 19. מפיץ אבקה (Pollen dispenser)
(צילום: ארנון דג)

את דבורי הבומבוס או את דבורי הדבש בשעת יציאתן מהכוורת, בתנאי כמובן שתכשירים אלה אינם מזיקים לדבורים עצמן, וכאשר מטרת ביקורי הדבורים הוא הפרח של אותו גידול. שיטה זו של הסעת חומרי הדברה בסיוע דבורי דבש ובומבוסים הוכחה בעולם באגסים, בתפוחי עץ, בשקדים, בכרוב השמן, בפטל ובתות שדה.

בארץ נערכו מחקרים שבהם השתמשו בדבורי דבש להפצת התכשיר טריכוודקס כנגד מחלת

הבוטריטיס בתות, ונמצא כי טיפול זה, בשל עלויות נמוכות יחסית וזמן עבודה מופחת, יעיל יותר מאשר הטיפול הכימי הסטנדרטי (Shafir et al 2006).

ריסוסים והשפעתם על דבורי הדבש

כל ריסוס או התערבות מלאכותית אחרת בתחום מעופה של הדבורה עלולים להשפיע עליה, הן אם הם פוגעים בה פיסית, והן אם פוגעים בתערובת הריחות באוויר שאליהם נחשפת הדבורה, ובכך עלולים להשפיע על תעופתה או על מסלולה. מאחר שמרבית צמחי התרבות חשופים במהלך גידולם לריסוס כלשהו, על החקלאי לגלות ערנות לנושא ולהתחשב בפעילות הדבורים בחלקה.

יתר על כן, חומרי הריסוס עלולים להגיע ישירות אל הפרחים, ליצור מגע עם הצופנים והצוף ולפגוע בדבורים המבקרות בפרחים. תכשירי הריסוס יכולים גם לבוא במגע עם עלים או שורשים ולעבור דרך מערכת ההובלה של הצמח אל הפרחים והצוף. אם התכשירים רעילים, הדבורה עלולה להיפגע ואף למות עקב הרעלה.

בעיה נוספת הנגרמת כתוצאה מהריסוסים היא הרחף הרעיל, העלול להיות מוסע ישירות אל הכוורת המפוזרות בחלקות סמוכות ולהשמיד כליל את הדבורים (תמונה 20) או להגיע אל שלוליות מים, להצטבר בהן ולפגוע בדבורים הבאות לשתות מהן, בעיה העלולה להיות קריטית בעיקר בחודשי הקיץ.

החומרים המסוכנים ביותר לדבורים הם כמובן קוטלי החרקים (Insecticides), אך גם בתוך קבוצה זו יש מידה שונה של סיכון. יש להביא בחשבון כי מידת הסיכון תלויה לא רק ברמת הרעילות אלא גם במשך זמן הישארות החומרים בשדה (ישאריות!).

קבוצת התכשירים של קוטלי האקריות (Acaricides) כוללת אף היא תכשירים רבים הפוגעים בחרקים ובאקריות גם יחד, אולם קיימים ביניהם גם תכשירים ברנניים הפוגעים באקריות בלבד, וחלקם אף מיושמים בתוך הכוורות להתמודדות עם בעיית אקרית הוורואה.

קוטלי העשבים (Herbicides) וקוטלי הפטריות (Fungicides) לרוב אינם רעילים לדבורים או שהם בעלי רעילות נמוכה בלבד ואינם גורמים ישירות לתמותת הדבורים. עם זאת, בשנים האחרונות מתרבים המחקרים המצביעים על כך שחשיפת הדבורים לקוטלי פטריות ועשבים הופכת אותן לרגישות יותר לקוטלי חרקים ולמחלות. יש לציין שקוטלי פטריות מסוימים, כאשר הם מיושמים בזמן הפריחה, פוגעים ישירות בתהליכי ההפריה (בעיקר בשל פגיעה בנביטת גרגרי האבקה). בנוסף להרעלה ישירה של הדבורה, יש סברה הטוענת לכך שחומרי הדברה בריכוזים נמוכים, אשר אינם מעידים על סימני הרעלה ישירים, עלולים להצטבר בכוורת וליצור חשיפה כרונית של הדבורים אליהם, ובכך יכולים לגרום להיחלשות כללית בכוורת.



תמונה 20. תמותת דבורים בפתח כוורת כתוצאה מהרעלה
(צילום: אהד אפיק)

קיימות כמה המלצות כלליות, שיישומן עשוי לצמצם את מידת הנזק של הריסוסים לדבורים ולאפשר גידול דבורים לצד קיום חקלאות. בראש וראשונה, קיימת משמעות רבה לעיתוי הריסוס, הן מבחינת השעה ביום והן מבחינת עונות השנה. ריסוסים בשעות הערב, כשפעילות הדבורים היומית לקראת סופה, או בשעות הלילה עשויים לצמצם מאוד את חשיפת הדבורים לתכשירי ההדברה ואת חומרת הנזק, בעיקר כאשר מדובר בתכשירים בעלי שאריתיות נמוכה, המתפרקים עד שעות הבוקר, כאשר מתחדשת פעילות הדבורים בשדה. מבחינת עונות השנה, ריסוס בעונה שבה אינו פורח ואין בו פעילות דבורים, ימנע נזק לכוורות. נושא זה משמעותי במיוחד בגידולי מטע, שבהם עונת הפריחה מהווה רק חלק קטן ממשך הגידול. כך למשל, ריסוסים כנגד מזיקי שלד בעץ, שאותם ניתן לבצע בעונות שונות, רצוי שלא לבצע בזמן הפריחה. אם יש הכרח לרסס בעת הפריחה, רצוי לבחור בתכשירים בעלי רעילות נמוכה לדבורים. מידע על מידת הרעילות לדבורים ניתן למצוא בתוויות התכשירים השונים, וכך גם מידע כללי על הדרך הנכונה ליישום התכשיר ולצמצום הנזק לדבורים ולסביבה.

שיטת יישום התכשיר משפיעה גם היא על מידת הנזק, וקיימים הבדלים, למשל, בין יישום בריסוס המגיע ישירות לפרחים ואף לכוורות, לבין יישום התכשיר דרך מערכת ההשקיה ('הגמעה'). קיימים תכשירים, כמו 'סקסס', המשלבים חומרי הדברה בפיתיון ייעודי לזבובי פירות, ובכך מקטינים את חשיפת הדבורים לתכשיר. הבדל משמעותי קיים גם בין ריסוס מהקרקע לריסוס אווירי, היות שריסוס מהקרקע יוצר פחות רחף מהריסוס האווירי, והריסוס מהאוויר מוגבל לשעות האור בלבד. בעת הריסוס יש להתחשב בתנאי הרוח, ולרסס כאשר כיוון הרוח הוא מהכוורות לתוך השטח המרוסס, ולא להיפך, ובכל מקרה, יש להימנע מריסוס ברוח חזקה. השמדת המכלים הריקים של תכשירי ההדברה וניקוי המרססים בתום הריסוס חייבים להתבצע בהתאם להנחיות הרשומות על התוויות, ויש למנוע מצב של יצירת שלוליות, הרוויות בשאריות חומרי הדברה, שאליהן עלולות הדבורים להגיע לשם איסוף מים לכוורת.

מעבר לכל ההמלצות, אין תחליף לקשר ישיר בין מגדלי הדבורים לבעלי השדות והמטעים שבקרבם מוצבות הכוורות. עדכון הדבוראי בביצוע ריסוסים מבעוד מועד יאפשר לו לפעול למניעת הנזק באמצעות סגירת פתחי הכוורות בזמן הריסוס או העברת הכוורות למקום אחר, במקרה שמדובר בחומר בעל השפעה ממושכת (אפיק וחוב' 2016).

דבורים ככלי חשוב בהאבקת גידולים חקלאיים

החקלאים המגדלים צמחים תלויי מאביקים, במיוחד דבורי דבש, חייבים להקפיד על כך שכוורת המיועדת להאבקה תהיה בעלת מלכה בריאה ומטילה ו-10 חלות, אשר 7 מהן לפחות הן חלות עם ולד. כמו כן, יש צורך במלאי מזון ובמקום לאגירת מזון (תמונה 21). בעונת החורף, בשל ירידה טבעית באוכלוסייה, הסטנדרטים מבחינת אוכלוסייה וולד נמוכים יותר. יש להקפיד על כך שהמרחק בין הצמחים המואבקים לכוורת לא יעלה על 150 מטר (בחממות ובמזג אוויר קר יש לצמצם את המרחקים).

החקלאים המחזיקים בדבורים להאבקה חייבים לדאוג לניקיון השטח למניעת שרפות ולהקפיד על מניעת ריסוסים העלולים להסב נזק לדבורים. הקשר עם הדבוראי במהלך כל פעילות ההאבקה חייב להיות קבוע.



תמונה 21. טיפול בכוורת דבורי דבש בהאבקה במטע שקדים
(צילום: יוסי סלצקי)

הגידולים המסתייעים בהאבקת דבורים

שקד מצוי - *Prunus dulcis*; משפחת הוורדיים - Rosaceae

מוצא השקד הוא כנראה באגן הים התיכון ובאסיה המערבית. מין זה תורבת לפני אלפי שנים, ועד היום ניתן למצאו כצמח בר בארצות רבות. זרעי השקד התרבותי מכילים שמן, חלבונים וויטמינים, והוא נחשב כמקור מזון חשוב ובריא. בארץ פורחים מרבית זני השקד התרבותי במטעים מסוף חודש ינואר ועד סוף חודש מרס. התנאי ליצירת פירות בשקד במרבית הזנים הוא קיומה של האבקה זרה, כלומר העברת אבקה בין זן מפרה לזן מופרה, לכן בחלקות מסחריות, משלבים המגדלים כמה זנים, הנטועים בדרך כלל בשורות נפרדות, כאשר המרחק בין שני הזנים - המפרה והמופרה - קטן ככל האפשר. הזן המסחרי העיקרי בארץ הוא הזן "אום אל-פחם"; כדי לקבל יבול מרבי, נוטעים בדרך כלל זן מפרה אחד, המקדים אותו מעט בפריחה, וזן מפרה אחר, הפורח מאוחר ממנו מעט, כך שבמהלך כל פריחתו של ה"אום אל-פחם" תהיה חפיפה בפריחה עם זן מפרה כלשהו. בארץ מקובל כיום לשלב את הזן "אום אל פחם" עם המפרים "כוכב" ו"כוכבא". הדרך המקובלת להאבקת שקדים בחקלאות היא שימוש בדבורי דבש המבקר את פרחי השקד לאיסוף צוף ואבקת פרחים (תמונה 22). פליטי תרבות של השקדים מואבקים על ידי דבורים יחידאיות (תמונה 23), זבובים ודבורי דבש.



תמונה 22. כוורת דבורי דבש במטע שקדים
(צילום: אהד אפיק)



תמונה 23. דבורה יחידאית מהסוג מדרונית (*Anthophora*) על פרח שקד
(צילום: גידי פיזנטי)

השימוש בדבורי הדבש להאבקה הוא אמנם הנפוץ ביותר, אך אינו חף מבעיות. פרט לדרישה להאבקה זרה, יש לזכור כי הפריחה המוקדמת בחורף אינה חופפת תמיד את פעילותן של דבורי הדבש. בימים מעוננים, גשומים וקרים נמנעת פעילות הדבורים. לעתים קרובות מתעוררת בעיה של תחרות עם פרחי הסביבה, שכן הצוף ואבקת השקדים עשירים מאוד בתרכובות המכילות ציאניד, שהוא חומר הדוחה דבורים, ודחייה זו מעודדת את דבורי הדבש לחפש מקורות מזון אחרים. בעיה נוספת העומדת בפני הצלחת ההאבקה היא התנהגותית - דבורים המוכנסות למטע אוספות אבקה וצוף בשתי דרכים: האחת היא איסוף צוף באמצעות כניסה לצופן מעל האבקנים (ראה פרק "תפוח"), כאשר המגע עם האבקה הוא מיטבי, כך שנוצרת האבקה טובה; אולם הדבורה מגלה מהר מאוד דרך יעילה יותר לאיסוף הצוף, ותוך יומיים-שלושה לומדת לחזור אל הצופן מן הצד, בדרך שאינה מאפשרת מגע הדוק עם האבקה, מה שמוביל להאבקה בלתי מספקת. בעיה זו ניתנת לפתרון באמצעות הכנסה מדורגת של כוורות כל כמה ימים, כך שהדבורים "הנאיביות", שזה עתה הוכנסו למטע, יעילות יותר מהדבורים הוותיקות, שכן עדיין לא למדו את הדרכים הישירות אל הצופן (דג וחוב 1992) (ראה גם בפרק "תפוח"). על אף קשיים אלה מקובל בארץ ובעולם להשתמש בדבורי דבש להאבקת שקדים. יש מקומות, כמו למשל בארה"ב, שבהם מכסחים את צמחי הבר הפורחים במטע, ובדרך זו

"מאלצים" את הדבורים לפנות אל פרחי השקדים, אך גישה זו פחות רווחת בשנים האחרונות במטעים המסחריים.

מאחר שהשקד פורח בארץ מוקדם מאוד, בעונה שבה יש רק מעט חרקי בר פעילים, נוהגים מגדלי השקדים להכניס למטע כוורות בצפיפות של כוורת אחת ל- 1-4 דונמים, ולאחרונה גם כוורות של בומבוסים (תמונה 17). בשנים האחרונות הוכנסו למטע המסחרי זני שקדים בעלי התאם עצמי, אשר ללא ספק (אם אכן יענו על הצרכים המסחריים), יקטינו או אפילו יבטלו את הצורך בדבורים להאבקה (הולנד 2017).

שזיף - *Prunus salicina* ; משפחת הוורדיים - Rosaceae

קרוב משפחה של השקד הוא השזיף, על זני השונים. השזיף גם הוא בעל עקרות עצמית ודורש האבקה על ידי דבורים. נמצא כי זני שזיף מסוימים, פורחים יחסית מוקדם, מאמצע פברואר עד אמצע מרס, בתקופה של רוח, קור וגשם, בייחוד בגליל העליון, ולכן קיימים קשיים בהאבקתם על ידי דבורי דבש. במקרה של האבקת השזיף רצוי לשקול הצבה מדורגת של כוורות בדומה למקובל בתפוח. רמת פעילות דבורי הדבש הנדרשת היא כ-10 דבורים לעץ בפריחה מלאה. אם כמות הדבורים נמוכה באופן משמעותי, יש להציב כוורת נוספת בחלקה. חלק מזני השזיפים היפניים, כמו "רד ביוט", נמצאו כבעלי אבקה מנוונת, כך שיש להקפיד שזנים אלה יואבקו מזנים בעלי אבקה פורייה ובעלת התאם, כמו "וויקסון" ו"רויאל זי". יש אפוא להקפיד על נוכחות מפרים עם אבקה חיונית והתאם לזן המופרה (ספיר וחובריו 2002).

משמש - *Prunus armeniana* ; משפחת הוורדיים - Rosaceae

מקורו של המשמש באסיה המרכזית, בסין, ומשם עבר לארצות הים התיכון, לצפון אפריקה ולאירופה, במיוחד לטורקיה, וכן לארה"ב. בישראל מוכרים הזנים המקומיים של המשמש עוד בטרם הקמת המדינה, ומזה עשרות שנים מגדלים את הזן המקומי "רעננה", שמקורו בספרד. זן זה הינו בעל התאם עצמי ולכן אין צורך בשילוב מפרים במטע. לעומת זאת, יש כמה זני איכות שנכנסו לשימוש בעשור האחרון, שהם בעלי אי-התאם עצמי ודורשים האבקה זרה ושילוב של מפרים במטע. כאשר נחוצה האבקה של דבורים במשמש, מקובל להכניס כוורות בצפיפות של 2-4 דונמים לכוורת.

תפוח עץ - *Malus domestica*; משפחת הורדיים - Rosaceae

מוצאו של תפוח העץ התרבותי הוא בזנים של תפוחי בר מקזחסטאן, קירגיסטן וסין. במהלך מאות שנים של אקלום וטיפוח פותחו אלפי זני תפוחי עץ הנפוצים בכל היבשות. בארץ, נוכח הצורך של גידול זה במנות קור מרובות, מגדלים את רוב זני תפוחי העץ בעיקר בגליל העליון ובגולן. מרבית זני התפוח הם בעלי אי-התאם עצמי, כלומר עקרים לעצמם ודרושים זנים מפרים כדי לייצר פירות. בהחלטה על בחירת הזן המפרה, יש להביא בחשבון לא רק את ההתאמה הגנטית לזן המופרה, אלא גם את חפיפת הפריחה עם הזן המופרה. כך למשל, בארץ, הזן "סטאר קינג" בעל התאמה גנטית מלאה לזן "גרני סמיט", "ל'גאלה", "ל'זהוב" ול"פינק לידי", ובעל התאמה גנטית חלקית ל"יונתן" (ראה טבלה בעלון הנוטע, נובמבר 2013). לתפוח בעיות רבות הקשורות להאבקה: הפרחים אינם מצטיינים באטרקטיביות רבה לדבורים ובעונת הפריחה של התפוח פורחים פרחי בר רבים, אשר הדבורים נוטות לפקוד אותם, ובכך קטנה ההסתברות של האבקת פרחי התפוח. שק העובר של פרחי התפוח מתנוון במהירות, ובכך מאבדים הפרחים את חיוניותם. מצב זה דורש חפיפה מדויקת בין הפרחים המפרים לפרחים המופרים. גם להתנהגות הדבורים על הפרחים משמעות רבה בהאבקה (ראה "שקד מצוי") - כאשר מגיעה דבורה אל פרח חדש עבודה, היא מנסה למצוא את הצופן והאבקה מכל כיווני הפרח. אם נכנסת הדבורה לפרח מעל האבקנים ומחדירה את החדק בין המאבקים מלמעלה (תמונה 24), תהליך ההאבקה יהיה יעיל; אולם מצב זה אינו נוח לדבורה, והיא תרה אחר מיקום נוח יותר להצבת רגליה, ותוך יומיים-שלושה מהצבת הכוורות במטע לומדות הדבורים לעמוד על עלי הכותרת, ולהחדיר את החדק אל הצופן מן הצד אל בין זירי האבקנים (תמונה 25); מבחינת הדבורה זו דרך האיסוף היעילה ביותר, אולם המגע של הדבורה עם האבקה והצלקות אינו הדוק, ולכן יעילות ההאבקה תהיה נמוכה. הפתרון שנמצא למצב זה הוא הצבה מדורגת של הכוורות, דהיינו הכנסת מחצית מהכוורות למטע ב-10% פריחה, לאחר שהזן השני החל בפריחה (כוורת ל-4 דונמים), והכנסת המחצית השנייה בשיא הפריחה, כך שכמות הכוורות תגיע לכוורת לשני דונמים. הכנסת המחצית השנייה של הדבורים תביא לביקורי האבקה יעילים יותר, שכן הדבורים החדשות, שזה עתה הוכנסו למטע, עדיין אינן מכירות את מבנה הפרח ואת מקום הצופן, ובביקוריה הראשונים תגיע לצוף מלמעלה תוך כדי האבקת הפרח. בנוסף, בימים הראשונים לאחר הכנסת הכוורות למטע, ניידות הדבורים גבוהה וכך הן מבצעות האבקה זרה ביעילות רבה.

ציפוף או דילול כוורות ניתן לעשות על בסיס הערכת הפעילות במטע: כאשר יש פחות מ-10 דבורים לעץ בדקה בפריחה מלאה - יש לתגבר את מספר הכוורות במטע; כאשר יש מעל 15 דבורים לעץ - הפעילות מספקת. לאחרונה נערכו ניסויים בהכנסת דבורי בומבוס למטעי תפוחי עץ, והתברר כי כאשר הוכנסו דבורים אלו כתוספת לדבורי הדבש, חלה עלייה במספר כלל המבקרים בפרחים (תמונה 26). התחרות עם דבורי הבומבוס גררה שינוי התנהגותי של דבורי הדבש והגברת ניידותן בין הזנים, והתוצאה הייתה כי שיעור ההאבקה הזרה עלה, ובעקבות זאת עלה יבול התפוחים והשתבחה איכותם.



תמונה 24. דבורת דבש מבקרת בפרח תפוח מלמעלה (מעל האבקנים)
(צילום: רפי שטרן)



תמונה 25. דבורת דבש מבקרת בפרח תפוח מן הצד
(צילום: רפי שטרן)



תמונה 26. דבורת בומבוס על פרח תפוח עץ
(צילום: רפי שטרן)

אגס תרבותי - *Pyrus communis* ; משפחת הורדיים - Rosaceae

האגס דומה מאוד בתכונותיו לאלה של התפוח, מבחינת מבנה הפרח וההאבקה - גם הוא עקר לגבי אבקת עצמו ודורש האבקה זרה, ולשם כך נדרש שילוב של זנים מפרים במטע. האבקה נעשית בעזרת דבורי דבש, ומתגברת לעתים על ידי דבורי הבומבוס.

פרחי האגס בעייתיים מבחינת משיכת הדבורים, מכיוון שכמות הצוף שהם מייצרים קטנה, אך כמות האבקה גדולה יחסית. בישראל נהוג להכניס כוורת אחת ל-2-4 דונמים של מטע, אך מספר זה עשוי להשתנות בהתאם לפריחת האגס ולמידת התחרות עם פרחי הבר. את מספר הכוורות ניתן לווסת על בסיס מספר הדבורים לעץ, כשהמספר המינימלי הנדרש הוא 6 דבורים לדקה לעץ בפריחה מלאה ובמזג אוויר נוח.

שסק - *Eriobotrya japonica* ; משפחת הורדיים - Rosaceae

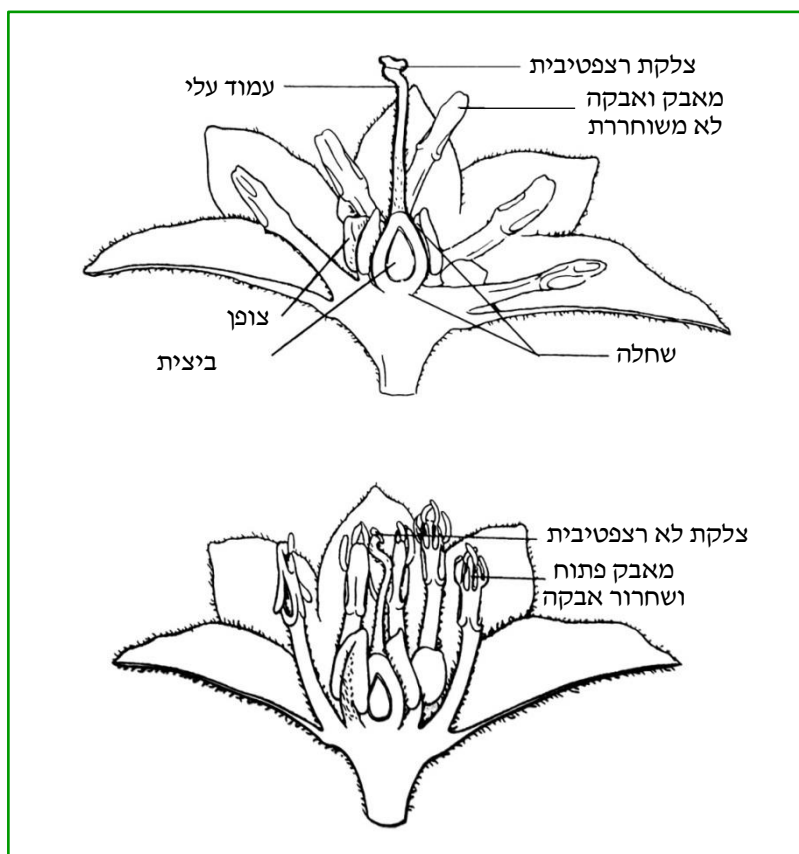
מוצא הצמח מדרום-מזרח סין. בארץ פורח השסק בעונת הסתיו, המתאפיינת במיעוט של פרחי בר, הווה אומר: אספקה מוגבלת של צוף ואבקה לדבורים, ולכן השסק, בנוסף על היותו עץ פרי, משמש כמקור מזון חשוב לדבורי דבש. בניגוד למרבית מיני הורדיים, שבהם קיים מנגנון אי-התאם עצמי המונע הפריה עצמית, בשסק קיימת האבקה והפריה עצמית, ולמעשה גידול זה אינו זקוק כלל להאבקה זרה. ממחקרים של דורון שניידר וחוב' (2014) עולה כי למרות קיום האפשרות להאבקה עצמית, יש יתרון כלכלי מסוים להאבקה זרה, ונטיעות של שני זנים או יותר במטע, תוך הכנסת כוורות, מביאה במעט לשיפור הפוריות של פרי השסק ואיכותו.

אבוקדו - *Persea americana*; משפחת העריים - Lauraceae

האבוקדו הוא עץ סובטרופי שמוצאו במרכז ובדרום מקסיקו ובגואטמלה. לישראל הגיע בשנות ה-20 של המאה העשרים, וגידולו המסחרי החל בשנות ה-50. פרי האבוקדו בעל איכות תזונתית גבוהה, הוא עשיר בשומנים וויטמינים ובעל חשיבות כלכלית רבה. בישראל זהו אחד מענפי היצוא החקלאי המובילים. גידול זה נטוע בשפלת החוף, בעמקים הצפוניים, בנגב המערבי ובהר עד גובה של 400 מטר מעל פני הים.

הפרחים קטנים, בקוטר של כ-1 ס"מ, דו-מיניים, מייצרים צוף ואבקה ונישאים על תפרחות צפופות. עץ בוגר נושא במהלך עונת הפריחה כמיליון פרחים. במהלך עונת הפריחה, הנמשכת כ-6 שבועות, נפתחת בכל יום קבוצת פרחים חדשה. כל פרח נפתח פעמיים במשך יומיים רצופים (תמונה 27). בפתיחתו הראשונה מתפקד הפרח כפרח נקבי, שבו הצלקת חשופה ומוכנה לקבלת אבקה, בעוד שהאבקנים פרושים בניצב לעלי, ומאבקהם סגורים. בשלב זה קיימת הפרשת צוף משלושה צופנים, שמוצאם מאבקנים מנוונים. לאחר כ-6 שעות נסגר הפרח. בפתיחתו השנייה מתפקד הפרח כפרח זכר, האבקנים מתרוממים והמאבקים נפתחים, בעוד שהצלקת מאבדת את חיוניותה ומוסתרת על ידי חלק מן האבקנים. הפרשת הצוף בשלב הזכרי מתבצעת על ידי 6 צופנים אמתיים.

זני האבוקדו נחלקים לשתי קבוצות פריחה: קבוצת פריחה A - הפרחים נפתחים בבוקר בשלב הנקבי והצלקת חשופה ומוכנה להאבקה, והם נסגרים בהדרגה בשעות הצהריים. ביום הבא בצהריים, נפתחים אותם הפרחים בשלב הזכרי, ולאחר כשעה האבקנים מוכנים לפיזור אבקה. לקבוצה זו שייכים הזנים האס, אנהיים, ריד ועוד. במקביל לזני A, קיימים זנים מקבוצה B - בקבוצה זו הפרחים נפתחים לראשונה בשעות הצהריים כפרחי נקבה ונסגרים בערב של אותו יום. למחרת נפתחים פרחים אלו בבוקר בצורתם הזכרית. לקבוצה זו שייכים הזנים פוארטה, אטינגר, נבל ועוד. מקצב הפריחה של האבוקדו מאפשר האבקה זרה יעילה בין זני האבוקדו מקבוצות פריחה מנוגדות, כך שבשעות הבוקר פרחי הזכר מקבוצה B מוכנים למסור אבקה לפרחי נקבה מקבוצה A, ואילו אחר הצהריים המצב הפוך: פרחי הזכר של זנים מקבוצה A מספקים אבקה לפרחי נקבה מקבוצה B. טמפרטורות נמוכות פוגעות במקצב פריחה זה.



תמונה 27. למעלה פרח אבוקדו בשלב נקי; למטה פרח אבוקדו בשלב זכרי

על פי איש-עם ואיזיקוביץ (1992), פריחת האבוקדו אמנם סינכרונית ברמת העץ והזן, אולם הפרחים אינם נפתחים ונסגרים בבת אחת, כך שבמרבית הזנים יש חפיפה של 1-3 שעות בין מועד הפתיחה והסגירה של פרחים שונים מאותו זן, ואפילו על אותו עץ, ובאותה עת קיימת אפשרות להאבקת שכנים עצמית יעילה. לאחר פריחה אביבית שופעת מאופיינים זני האבוקדו בחנטה נמוכה של 5%-1%, ואף חנטים אלו - רבים סיכוייהם לנשור. עץ אבוקדו בוגר נושא 200-500 פירות, שהם 0.2-0.5 פרומיל מכלל הפרחים של אותה עונה. ממחקרים שביצעו חמדה דגני וחובריה ב-1989 עולה כי סיכוייהם של חנטים תוצרי האבקה זרה לשרוד גבוהים משמעותית מסיכוייהם של חנטים תוצרי האבקה עצמית. מבין מאביקי הבר, נמצאו על פרחי האבוקדו זבובים ממינים שונים, כולל זבובי רחף רבים (תמונה 28).



תמונה 28. זבוב רחף על פרח אבוקדו
(צילום: אהד אפיק)

בארץ מבוצעת במרבית המקרים האבקת האבוקדו על ידי דבורי דבש, האוספות בעיקר צוף, אך גם אבקה (תמונה 29). הצלחת ההאבקה תלויה במידת הקרבה הפיסית בין הזנים המפריים והמופריים, ופוחתת בנוכחות פריחה מתחרה ובתנאי טמפרטורה מסוימים.

צפיפות הכוורות המוכנסות למטע עומדת על כוורת אחת ל-1-3 דונמים, בהתאם למידת התחרות עם צמחים אחרים. אם פריחת האבוקדו חופפת פריחה של פרחי בר או הדרים, האבקת האבוקדו נתקלת בקשיים מרובים, ויש לשקול הכנסה נוספת של דבורים.



תמונה 29. דבורת דבש על פרח אבוקדו
(צילום: גד איש-עם)

עגבנייה - *Lycopersicon esculentum* ; משפחת הסולניים - Solanaceae
מוצא צמח העגבנייה הוא במרכז ובדרום אמריקה. צמח זה בעל תפוצה כלל עולמית נרחבת, והוא גדל בבתי גידול חמים יחסית. לצמח זה חשיבות רבה מבחינה כלכלית. במשך שנים רבות גידלו עגבניות בישראל בשדות פתוחים, והגידול לא נחשב בעייתי מבחינת ההאבקה, אך עם המעבר ההדרגתי לגידול בחממות ובתי רשת נתקל גידול העגבניות בבעיות פוריות, בעיקר בשל העדר האבקה מספקת. לעגבנייה תפרחות של 4-12 פרחים, התלויים כלפי מטה. האבקנים בעלי זירים קצרים מאוחים כטבעת מסביב לעלי. הפרחים חסרי צוף, האבקה זעירה ויבשה, והפרחים פוריים לעצמם, כלומר קיימת אפשרות להאבקה עצמית. משום שהפרחים תלויים כלפי מטה והאבקה יבשה, כל הרעדה שלהם גורמת לשפיכת אבקה על הצלקת. בעבר האבקה מלאכותית של פרחי עגבניות שגודלו למטרות מסחריות, בוצעה על ידי ניעור התפרחות, בתחילה באופן ידני ומאוחר יותר באמצעות מכשירים ידניים שהרעידו את הפרחים (דבורה חשמלית ומפוחי אוויר). עם עליית חשיבותה הכלכלית של העגבנייה, נעשו ניסויים רבים להאבקה מכנית של הצמחים באמצעות זעזוע של הצמח כולו בשיטות שונות, אולם כל השיטות

המכניות לא היו יעילות דיין, וניסויי האבקה על ידי דבורי דבש נכשלו, מכיוון שהפרחים חסרי הצוף כמעט שאינם מושכים דבורים אלו. הדרך המקובלת כיום להאבקה פותחה לראשונה בהולנד והיא מבוצעת בארץ ובעולם בעזרת דבורי בומבוס, המבצעות האבקה זו ביעילות רבה. דבורת הבומבוס מסוגלת לפעול בתנאי חממה, היא מרעיזה את הפרחים בדרך ה- Buzz pollination (תמונה 16), ובכך תורמת להאבקות הפרחים בצורה היעילה ביותר. מאחר שדבורה זו פועלת באופן יעיל ביותר ומבקרת בעת מעופה בפרחים רבים, לשם האבקה 2-2.5 דונמים של חממת עגבניות, נדרשת כוורת בומבוס אחת למשך שבועות אחדים. החברות המספקות כוורות להאבקה מבצעות ניטור של רמת פעילות הדבורים על פי הסימנים שמותירות הדבורים לאחר ביקורן בפרח (Bee kiss); ואם נמצא ששיעור הביקורים נמוך, ניתן להחליף או להוסיף כוורות.

מלון - *Cucumis melo* ; משפחת הדלועיים - Cucurbitaceae

המלון הוא צמח חד-שנתי, שמקורו לא לגמרי ברור. כיום קיימים אלפי זנים המפוזרים על פני כל הגלובוס. צמח המלון מתאפיין בכך שעל אותו צמח גדלים פרחי זכר ופרחים דו-מיניים; בזנים מסוימים גדלים פרחי זכר ופרחי נקבה נפרדים על אותו צמח.

לתנאי האקלים השפעה רבה על היחס המספרי בין הפרחים הדו-מיניים לפרחי הזכר על הצמח וכן ועל מועדי הפריחה. בארץ מופיעים פרחי הזכר בתחילת עונת הפריחה, ופרחים דו-מיניים מופיעים כשבוע לאחריהם. מרבית זני המלון פוריים לעצמם. לכל הפרחים צוף ואבקה. גרגירי האבקה גדולים ודביקים ומועברים באמצעות חרקים, לרוב דבורים.

הפרחים נפתחים בשעות הבוקר, ומאוחר יותר מתחילים להפריש צוף (תלוי בטמפרטורה). הפרחים נסגרים אחר הצהריים. הן הצוף והן אבקת המלון אינם אטרקטיביים במיוחד לדבורי הדבש, ולכן פרחי הבר הגדלים בסביבות המלוניס עלולים להסיט אליהם את הדבורים המאביקות, אך הם יכולים גם לשמש מקור מזון להשלמת המזון הדל המסופק על ידי המלוניס.

נהוג לגדל מלוניס בשני אופנים: האחד גידול מקשה בשטח פתוח, כשהפרחים פתוחים להאבקה על ידי מאביקים שונים שמצויים בסביבה, ובעיקר דבורי דבש; והאחרת היא גידול מלוניס בחממות או במנהרות עבירות - דרך גידול מאוד אינטנסיבית שאינה מאפשרת האבקה חופשית על ידי החרקים אלא דורשת הכנסה מכוונת של דבורי דבש (תמונה 30). דבורי בומבוס נמצאו כבעלות יעילות נמוכה יחסית בהאבקות גידול זה. דבורי דבש אינן נוהגות לאסוף אבקה מפרחי מלון

במבנים, ולכן יש להאכיל את הדבורים בחממה באבקת פרחים או בתחליפי אבקה. דבורי דבש, כמו גם דבורי הבומבוס, רגישות מאוד להעדר קרינת אור אולטרה סגולי, הנבלע או מפוזר על ידי יריעות פלסטיק מסוימות, ולכן יש לברר את תכונות היריעות לפני השימוש בהן. בנוסף לכך, לחות האוויר הגבוהה בחממה גורמת לירידה בריכוז הצוף בפרחים, תופעה המפחיתה את פעילות הדבורים. פתיחת וילונות החממה או פתחים בחלק התחתון של החממה ואוורור מצמצמים את הבעיה. בנוסף, העמדת כוורות דבורים בפתח (תמונה 31) מאפשרת לדבורים לצאת לשדה הפתוח ולהשלים את מזונן. לכל 2-3 דונמים של חממה נהוג להכניס כוורת אחת של דבורי דבש. במבנים קטנים יותר, יש להעמיד כוורת למבנה.



תמונה 30. כוורת להאבקת מלונים בתוך מבנה
(צילום: ארנון דג)



תמונה 31. פתחים בדפנות להצבת כוורות בחממות
(צילום: ארנון דג)

אבטיח - *Citrullus lanatus* ; משפחת הדלועיים - Cucurbitaceae

האבטיח הוא צמח חד-שנתי שמקורו ככל הנראה באפריקה שמדרום לסהרה. אופי הפריחה דומה לזה של המלון, אולם בניגוד למלון, לרוב נמצא על אותו הצמח פרחי זכר ופרחי נקבה (חד-ביתי חד-מיני), בעוד שפרחים דו-מיניים הם פחות נפוצים ועשויים להופיע רק לקראת סיום עונת הפריחה או בזנים מסוימים. פרחי הזכר ופרחים דו-מיניים, אם הם קיימים, מספקים לדבורים צוף ואבקה, בעוד שפרחי הנקבה מספקים צוף בלבד (תמונה 32). לפיכך, דבורים האוספות אבקה מהפרחים מבקרות רק בפרחי הזכר ואינן מבצעות האבקה, בשעה שדבורים האוספות צוף מבקרות בשני מיני הפרחים ומאביקות את האבטיח ביעילות. בגידול האבטיח בחקלאות קיימים זנים רבים, וביניהם יש הבדלים ניכרים בדרישה להאבקה. למעשה, זני האבטיח הוותיקים בארץ, שמהם מגדלים פרי למאכל עם גרעינים, נעלמו כמעט לגמרי מהחקלאות המסחרית בארץ, ובמקומם התפתחו שני כיוונים חדשים של גידול: פרי למאכל ללא גרעינים (seedless), ופרי עם גרעינים רבים המיועדים לפיצוח, כשהפרי עצמו אינו נאכל.



תמונה 32. אבטיח – מימין: פרח נקבה, משמאל: פרח דו-מיני
(צילום: אהד אפיק)

גידול פרי האבטיח ללא גרעינים מבוסס על פיתוח של זנים טריפלואידיים, המפתחים פירות חסרי זרעים. אף שאין ממש הפריה בצמחים אלה, יש צורך בנביטת גרגירי אבקה על הצלקת, שמקורם בזני אבטיח דיפלואידיים פוריים. לפיכך, בתוך מקשת האבטיחים צריך לשלב את הזן העיקרי, שממנו יתפתחו הפירות חסרי הזרעים, וזן מפרה, תורם האבקה. כמו כן, יש צורך בהכנסת דבורים לשם ההאבקה. הצפיפות המקובלת היא כוורת אחת לכל 3-4 דונמים של אבטיח.

גידול אבטיחים בארץ מיועד כאמור גם לגרעינים למאכל, והוא מתבסס על הזן 'מללי'. זן זה ייחודי בכך שבמקום פרחים נקביים, מופיעים עליו פרחים דו-מיניים. אף שהפרח הוא דו-מיני ופורה בעצמו, לקבלת הפריה יעילה, יש צורך בביקורי דבורים. ביקורן בפרחים אלה תורם להתפתחות פרי גדול עם שפע של גרעינים. במקרה זה מספיקה העברה של אבקה בתוך הפרח הדו-מיני עצמו, ואין צורך במעבר של דבורים בין פרח זכרי לפרח נקבי, ולכן נחוצה פעילות מועטה בלבד של דבורים, כ-3-4 ביקורים לפרח. ההמלצה היא להכניס כוורת אחת לכל 10-20 דונם אבטיח מללי, כשבפועל, במקרים רבים יש פעילות מספקת של דבורים בשטח גם ללא הכנסה מכוונת של כוורות להאבקה (תמונה 33). בחלק מהשטחים, בעיקר כאלה הסמוכים לשטחי בר, ניכרת תרומה משמעותית של דבורי הבר להאבקה (תמונה 34), אולם בכל מקרה דבורת הדבש היא המאביקה העיקרית של האבטיח בארץ (Pisanty et al 2016).



תמונה 33. דבורת דבש על פרח אבטיח זכר, איסוף משולב של אבקה וצוף
(צילום: גידי פיזנטי)



תמונה 34. דבורה יחידאית מהסוג חריצית (*Lasioglossum*) על פרח אבטיח
(צילום: גידי פיזנטי)

פלפל - *Capsicum annum* ; משפחת הסולניים - Solanaceae

הפלפל הוא צמח חד-שנתי דו-מיני שמוצאו במקסיקו, במרכז אמריקה ובדרומה. הוא הוכנס לראשונה לאירופה (לספרד), ומשם הופץ לכל חלקי תבל. בארץ גודל בעבר בשדות פתוחים, ועתה מרבית הגידול נעשה בבתי צמיחה.

לפרח חמישה עלי כותרת וחמישה עלי גביע, חמישה אבקנים וצלקת אחת. הפרח מייצר צוף. האבקנים והאבקה הזמינה חשופים לסוגי מאביקים שונים. הפרחים הבוגרים נטויים לרוב כלפי מטה, בדומה לעגבנייה. הפרחים פורחים בין יום אחד ל-3 ימים, בהתאם לזן, ומרבית הזנים פוריים לעצמם. הצלקת רצפטיבית עם פתיחת הפרח. בזנים מסוימים הצלקת נוגעת באבקנים, ובהם מתרחשת האבקה עצמית ספונטנית, אולם בזנים אחרים האבקנים נפתחים שעות אחדות לאחר פתיחת הפרח, והאבקה עצמית ספונטנית אינה מתאפשרת. הדרישה למאביקים עולה גם כאשר טמפרטורות הלילה יורדות, השחלה מקבלת צורה פחוסה והאבקנים מתרחקים מהצלקת. זאת ועוד, מספר גרגרי האבקה וחיוניותם יורדים, ולכן עולה הצורך בפעילות מאביקים. לרוב, שימוש במאביקים בפלפל גורם לעלייה בכמות הזרעים, בגודל הפרי וביחס של הרוחב לאורך.

הפלפל מואבק על ידי דבורי דבש, זבובים ודבורי בומבוס, וכן על ידי דבורים יחידאיות. בארץ משתמשים בדבורי דבש ובדבורי הבומבוס להאבקת הפלפל הגדל במבנים.

קיווי - *Actinidia deliciosa*; משפחת האקטינידיים - Actinidiaceae

מוצאו של הקיווי בסין. בתחילת המאה ה-20 הועבר לניו-זילנד, ושם החל טיפוחו וגידולו המסחרי. מניו-זילנד הועבר לארצות רבות בדרום אמריקה ובדרום אירופה, ובמיוחד לאיטליה ולצרפת. לארץ הוכנס הקיווי בתחילת שנות השבעים של המאה ה-20.

מין זה הוא דו-ביתי, כלומר ישנם צמחים בעלי פרחי זכר, המייצרים אבקה פורייה, זעירה, יבשה ובעלת כושר ריחוף. לפרחי הזכר, שחלה מנוונת, והם חסרי צוף. מנגד, ישנם צמחים בעלי פרחים נקביים, המכילים שחלה תקינה, צלקות מסועפות ואבקנים, שבהם אבקה מנוונת ולא פורייה (תמונה 35). גם פרחי הנקבה אינם מייצרים צוף.



תמונה 35. מימין: פרח זכר של קיווי, משמאל: פרח נקבה של קיווי (צילום: גל ספיר וזן איזיקוביץ)

ממחקרים רבים בארץ ובעולם עולה כי יש צורך בהאבקת צמח הקיווי, ולנוכחות דבורי הדבש תרומה חיובית למספר הזרעים שהפרי מכיל. פרחי הקיווי, כאמור, אינם מייצרים צוף, ולכן בהכנסת דבורי דבש למטע הקיווי משמשת האבקה כמקור משיכה עיקרי. כמקור צוף לדבורים משמשים פרחי הבר, ומשום כך, משיכת הדבורים אל פרחי הבר תקטין בהכרח את ביקורי הדבורים בפרחי הקיווי. כדי לשפר את האבקת הקיווי אפשר להאכיל את הדבורים המוצבות במטע בתמיסת סוכר, בעקבות זה דבורים האוספות צוף יעברו לאיסוף אבקה, תגבר ההטלה בכורת, תעלה כמות הוולד, ובעקבותיה ייאלצו הדבורים לאסוף מזון הכולל אבקת קיווי באופן אינטנסיבי.

הדרך המקובלת להאבקת הקיווי בניו-זילנד ובאירופה היא באמצעות מפוחים מכניים המפזרים אבקה יבשה או אבקה בתוך נוזל - בניו-זילנד בתוספת להאבקת

דבורים, ובאירופה במקום האבקת דבורים. בארצות רבות נהוג לקנות אבקה ולהשתמש בה להאבקה מכנית, אך יש לזכור כי האבקה המסחרית עלולה לשאת עמה מחלות רבות וקשות והיא יקרה מאוד, ומומלץ שלא לייבאה לארץ. בארץ נהוג להכניס למטעי הקיווי כוורות בצפיפות של כוורת אחת לכל 1-2 דונמים. בשנים האחרונות מבוצעים בגליל העליון ניסויי האבקה ראשוניים בעזרת דבורי הבומבוס, והתוצאות עד כה נראות מבטיחות.

ליצ'י סיני - *Lichi chinensis*; משפחת סבונניים - Sapindaceae

הליצ'י הוא עץ טרופי שמקורו בסין. מרבית גידולי הליצ'י מרוכזים כיום בדרום-מזרח אסיה, בסין, בהודו, בטאיוואן, בתאילנד, במאוריציוס, וכן בארה"ב (פלורידה), בהוואי, באוסטרליה ובדרום אפריקה. הליצ'י הוכנס לישראל בשנות ה-30 של המאה ה-20. בישראל מגדלים כמה זנים של ליצ'י, בעיקר 'מאוריציוס' ו'פלורידני'. מרבית מטעי הליצ'י בישראל מצויים באזור החוף, בבקעת הירדן, בעמק הירדן ובדרום רמת הגולן.

הליצ'י הוא צמח חד-ביתי. כל עץ מכיל תפרחות של מאות פרחים, ובהם פרחי נקבה, פרחי זכר ופרחים אנדרוגנים, שבהם רק האבקנים פונקציונליים (תמונות 36 ו-37). הפריחה בתוך התפרחת מתקיימת ב-3 גלים: בתחילה פורחים פרחי הזכר, לאחר מכן פרחי הנקבה, ולבסוף הפרחים האנדרוגנים המתפקדים, כאמור, רק כספקי אבקה. פרחי הזכר נפתחים במהלך כל היום והלילה, אך שחרור האבקה נעשה בשעות הבוקר. פרחי הנקבה נשארים פתוחים שלושה ימים ברציפות.



תמונה 36. פרח נקבה של ליצ'י
(צילום: רפי שטרן)



תמונה 37. מימין: פרח אנדרוגיני של ליצי; משמאל: פרח זכר של ליצי
(צילום: רפי שטרן)

בין גלי פריחת הליצי קיימת חפיפה חלקית בלבד, הנדירה בתוך אותה תפרחת, אך מתקיימת בין תפרחות שונות על אותו העץ. לפרחי הליצי צוף בכמויות גדולות. ניסויי האבקה של ליצי בארץ העידו על כך שהאבקה בין זנים שונים (האבקה זרה) משפרת את כמות היבול ואת ואיכותו, ולכן מומלץ לנטוע במטע אחד זנים שונים של ליצי.

כאשר הוכנסו דבורי בומבוס למטע ליצי, נמצא כי הן אוספות אבקה (פעולה שדבורי הדבש אינן מבצעות בדרך כלל בפרחי הליצי), ומגבירות בכך את האבקה הליצי, במיוחד בתנאים קרירים, מתחת לסף הפעולה של דבורי דבש, ועל כן פעילות זו של דבורי הבומבוס הינה בעלת חשיבות מרובה. משום שפריחת הליצי מושכת מאוד דבורים, אין בדרך כלל מחסור במאביקים, ולא נהוג להכניס כוורות למטע.

כותנה - *Gossypium* ; משפחת החלמיתיים - Malvaceae

בסוג כותנה שישה מינים תרבותיים, שמוצאם מארצות חמות: הכותנה העשבונית - *G. herbaceum* - מוצאה כנראה באפריקה, במרכז אסיה ובמזרח התיכון; המין *G. arboreum* - מוצאו בהודו; וכן שלושה מינים אמריקאים: *G. barbadense*, *G. peruvianum*, *G. hirsutum*. בארץ מגדלים את המין *G. hirsutum* (הזן 'יאקאלה' - בעל הפרחים בצבע קרם והעני יחסית בצוף) ואת המין *G. barbadense*

(הזן 'פימה'- בעל הפרחים הצהובים והעשיר יחסית בצוף). את הכותנה מגדלים למטרות סיבים לייצור בד, שמן מאכל ולכוספה המשמשת להזנת בעלי חיים. לכותנה מאות זנים תרבותיים הגדלים ברוב חלקי העולם החמים. פרחי הכותנה גדולים יחסית וצבעיהם שונים בהתאם לזן. זירי חמשת האבקנים מאוחים סביב עמוד העלי. האבקה בעלת חיוניות קצרת ימים ומאבדת את כושר נביטתה תוך מספר שעות. העלי והצלקת בולטים מעל האבקנים. צופני הפרחים ממוקמים בבסיס עלי הגביע, ובנוסף לצופנים אלה, יש לכותנה צופנים אקסטרפלורלים הממוקמים על חלקי הפרח החיצוניים. פרח הכותנה חי רק יום אחד. ריכוז צוף הכותנה בעל מנעד רחב, הנע בין 20%-80%. הפרחים מבוקרים בטבע על ידי עשרות מיני חרקים. דבורי הדבש בארץ מנצלות את הכותנה כמקור צוף, בייחוד בעונת הקיץ הענייה במקורות צוף, והן מבקרות בצופנים הפלורלים והאקסטרפלורלים כאחד. דבורי הדבש נמנעות מאיסוף אבקת הכותנה. צמחי הכותנה פוריים לגבי אבקת עצמם, והם מואבקים עצמית באופן ספונטני או על ידי חרקים. עם זאת, קיימים דיווחים שהאבקה זרה של הכותנה מעלה את היבול ואת איכות הסיבים. פרט לדבורי הדבש שיעילותן נמוכה יחסית מפאת גופן הקטן (תמונה 38), מבקרות בפרחים ביתר יעילות דבורי העץ (קסילוקופה), שהן גדולות יותר ושעירות. אחת ממטרות גידול הכותנה כיום בארץ היא יצירת זרעי מכלוא בין-מיני, שכן נמצא כי לבני הכלאיים של הכותנה סיבים בעלי איכות גבוהה ועמידות מוגברת ליובש. פיתוח זנים בעלי עקרות זכרית בכותנה (תמונה 38) הגביר מאוד את תעשיית יצירת בני הכלאיים, והצורך בדבורים למטרה זו הפך קריטי. לשם האבקת הכותנה נהוג להכניס בארץ כוורת אחת לכל דונם.



תמונה 38. מימין: פרח נקבה (לאחר הסרת עלי הכותרת) בעל אבקנים מנוונים (MS) ולידו פרח תקין בעל אבקנים פוריים (צילום: אבי גבאי); משמאל: דבורה מבקרת בפרח כותנה (צילום: אהד אפיק)

בצל הגינה - *Allium cepa* ; משפחת השומיים - Alliaceae

פרחי הבצל גדלים בתפרחת המונה עשרות ואפילו מאות פרחים, בהתאם לזן. כל פרח בעל עטיף של 6 עלים, צלקת בעלת 3 אוונות ושישה אבקנים בשני דורים. בתחילה נפתחים המאבקים של הדור הפנימי, ולאחר מכן הדור ההיקפי. תהליך הפתיחה של הפרחים יכול להימשך שלושה ימים, ורק בסוף פתיחת המאבקים הצלקות נעשות רצפטיביות. מבנה הפרח, מהלך פתיחת האבקנים והבשלת הצלקות מעודדים האבקה זרה, אולם מאחר שלא כל הפרחים בתפרחת נפתחים בבת אחת, קיימת גם אפשרות להאבקה עצמית (תמונה 39).

לבצל עקרות עצמית חלקית, והאבקה זרה חיונית בעיקר בשדות בצל המיועד לגידול מסחרי של זרעי מכלוא. לשם גידול זרעי מכלוא משלבים בחלקות הגידול צמחי נקבה, כלומר עקרים זכרית (MS), עם צמחי זכר תורמי אבקה (MF) בשורות נפרדות. גרגירי האבקה של הבצל מאבדים את כושר נביטתם במהלך היום הראשון לפתיחת הפרחים. צופני הפרח נמצאים בחלקם הפנימי של האבקנים. צוף הבצל בעל אטרקטיביות נמוכה לדבורי דבש בשל תכולת האשלגן הרבה. לדבש הבצל ריח חזק אופייני, והוא אהוד במיוחד בקרב יוצאי מזרח אירופה בשל הסגולות הרפואיות המיוחסות לו.

בשדות פתוחים של בצל בישראל כמעט שלא ניתן למצוא חרקי בר המבקרים בפרחים. המאביק המסחרי החשוב ביותר בישראל הוא דבורת הדבש (תמונה 40). במשך השנים התפתח גם השימוש בהאבקת זבובים, בעיקר בכלובים. בשנים האחרונות נמצא כי זכרים של דבורי בומבוס מבצעים האבקה יעילה בכלובים אלו של בצל. בארץ מקובל להכניס כוורת אחת של דבורי דבש לדונם בצל לזרעים. יש להקפיד על הכנסת כוורת חזקות העומדות בסטנדרטים. נמצא כי כאשר הוכנסו כוורת חלשות, נגע ייצור הזרעים באופן משמעותי.



תמונה 39. פרח בצל
(צילום: דן איזיקוביץ)



תמונה 40. כוורת דבורת הדבש בשדה בצל
(צילום: ארנון דג)

חמנייה - *Helianthus annuus*; משפחת המורכבים - Compositae

מוצא החמנייה במערב ארה"ב. החמנייה היא צמח חד-שנתי, המשמש כמקור לשמן מאכל ומספוא לבעלי חיים. בישראל מגדלים את החמנייה בעיקר לזרעים לפיצוח, וזנים אלה מאופיינים באחוז שמן נמוך ובקליפת זרעון גדולה. התפרחת הגדולה של החמנייה נראית כפרח גדול המכיל אלפי פרחים המקובצים לקרקפת. הדור החיצוני של הקרקפת, כמו בחרצית (ראה תמונה 5), מורכב מפרחים לשוניים עקרים, ואילו חלקה המרכזי של הקרקפת מכיל פרחים דו-מיניים פוריים, שמהם מתפתחים הפירות והזרעים. הפרחים הדו-מיניים במרכז הקרקפת נפתחים בדורים מן ההיקף למרכז, בכל יום נפתח מעגל או שניים. תהליך פתיחת הפרחים מתחיל בבוקר, שבו הפרחים נמצאים בשלב של מסירת אבקה, ונמשך עד הצהריים, הזמן שבו מתרוממת ונחשפת הצלקת, נפשקת לשתי אוונות ומוכנה לקבל את האבקה. בפרחים הדו-מיניים המרכזיים ישנם צופנים בבסיס הכותרת, והצוף הנוצר בהם מתרכז בצינור הכותרת.

מרבית זני החמנייה בארץ מתאפיינים בעקרות עצמית. כיוס התפרחת ומניעת העברת אבקה מקרקפת לקרקפת גורמים לשיעור נמוך של גרעינים מלאים. פרחי החמנייה בתנאי הארץ מואבקים באופן כמעט בלעדי על ידי דבורי דבש (תמונה 41), אך לעתים הם מושכים מיני חרקים אחרים, בייחוד דבורים יחידאיות האוספת צוף ואבקה. דבורי דבש פוקדות את הפרחים בעיקר כדי לאסוף צוף. הן נמנעות מאיסוף אבקה החמנייה, ובמקרה שהן מתלככות בה, הן מנסות להיפטר ממנה בעזרת

רגליהן. זני החמנייה שונים זה מזה בכמות הצוף ובריכוזו, ולכן הם בעלי יכולת שונה בתחרות עם מגוון הפריחה שבסביבתם. גם בחמנייה, כמו בצמחי תרבות אחרים, ייצור הזרעים המסחרי נעשה על ידי חברות זרעים הנעזרות במכלואים בין קווים דו-מיניים, תורמי אבקה, לבין קווים מקבלי אבקה, עקרים זכרית (MS). מאחר שבדרך כלל כושר המשיכה לדבורים שונה מזן לזן, גם כאן, כמו בגידולי כותנה או מלוניס, מגדלים את הקווים השונים בשורות נפרדות וקיים צורך "לשכנע" דבורים לעבור מקו דו-מיני המכיל אבקה אל קווים עקרים זכרית, והם היוצרים את הזרעים המבוקשים.



תמונה 41. מספר דבורי דבש מבקרות בו-זמנית בקרקפת של חמנייה (צילום: אהד אפיק)

כרוב השמן - *Brassica ssp.* (Canola); משפחת המצליבים - Brassicaceae

כרוב השמן, "קנולה", הוא ככל הנראה תוצר מכלוא של שני מיני כרוב: *Brassica oleracea X napus*. מקורו כנראה באזורים הים-תיכוניים, והוא הוכנס לתרבות כצמח שמן. סוג זה כולל כמה מינים תרבותיים. בכל אזור מצויים מינים המתאימים לבית הגידול המקומי. כיום מגדלים צמח זה באירופה, בצפון אמריקה, באסיה, באוסטרליה ומעט בישראל.

כמו כל המצליבים, פרחי הכרוב הם דו-מיניים, בעלי ארבעה עלי כותרת, ארבעה עלי גביע ושישה אבקנים שהצופנים בבסיסם. העלי מסתיים בצלקת בעלת שתי אונות. ישנם מיני כרוב אשר להם האבקה עצמית. מינים אחרים דורשים האבקה זרה, אולם בכל מקרה, האבקה זרה עדיפה בשל היתרון בכמות ובמשקל הזרעים שנוצרים במכלוא.

בשדות פתוחים של הקנולה מוצאים על הפרחים מיני חיפושיות, זבובים, דבורים יחידאיות, דבורי בומבוס וכן דבורי דבש. כרוב השמן מהווה מטרה למזיקים רבים, ולכן בדרך כלל נוהגים לרססו בחומרי הדברה שונים, כמו נאוניקוטינים המוכרים כמזיקים לדבורי הדבש. על המגדלים להקפיד על שימוש מושכל בקוטלי חרקים, כדי להקטין ככל האפשר את הנזק העלול להיגרם לדבורי הדבש (ראה פרק המוקדש לנושא זה). כיום מקובל להכניס כוורות דבורים לשדות ה'קנולה', בייחוד למטרות ייצור זרעים, במינון של כוורת אחת ל-4 דונמים. יש לזכור שהקנולה היא מקור מעולה לדבש, אך הוא נוטה להתגבשות מהירה יחסית.

תות שדה - *Fragaria* sp. ; משפחת הוורדיים - Rosaceae

תות השדה התרבותי הוא תוצר מכלוא של מספר מינים צפון אמריקאים. הפרחים דו-מיניים. לכל פרח חמישה עלי כותרת, חמישה עלי גביע, אבקנים מרובים ועשרות צלקות בעלות שחלות זעירות, המסתיימות כל אחת בעלי בודד ויושבות על תושבת הפרח. הצלקות מבשילות ימים אחדים לפני פתיחת המאבקים, ואין מגע בלתי אמצעי בין האבקנים לצלקות. הפרחים מייצרים צוף. למין זה יש התאם עצמי ולא נדרשת האבקה זרה. הצלקות הנמצאות בהיקף המציעת מקבלות בדרך כלל אבקה הנופלת מן האבקנים. אולם לצלקות הנמצאות במרכז הפרח דרושה האבקה של חרק, כלומר אבקה שתגיע לצלקת, תנבוט ותביא להפריה, והביציות תחנוטנה. הביציות המופרות מפרישות הורמון התורם להתפתחות המציעת. מסיבה זו, חנטה בלתי תקינה תגרום ל'פרי' מעוות, ואילו האבקה טובה תביא ל'פרי' סימטרי וגדול. חשיבות ההאבקה עולה במיוחד בחורף, כאשר טמפרטורת הלילה יורדת אל מתחת ל-10 מעלות צלזיוס, ובעקבותיה פוחתת חיוניות האבקה.

החלק העסיסי הנאכל בתות השדה אינו פרי, אלא תושבת תפוחה ועסיסית. הפירות האמתיים זעירים וזרועים כנקודות שחורות על התושבת, והם אלה שמקנים לתות את המראה המנוקד.

בארץ מגדלים את התות במנהרות נמוכות, במנהרות עבירות ובחממות על גבי מצע מנותק. בשל מבנה החממה והחסימה לרוח נמנעת האבקת רוח וכניסת מאבקים הבאים מן החוץ. כמו כן, יש לזכור כי תות השדה המסחרי פורח בארץ בחורף, ותנאי העונה מקשים על פעילות מאבקים. בימים חמימים ולא סוערים מסתייעים בהאבקת התות בדבורי הדבש, בייחוד בשדות פתוחים ובחממות נמוכות שהוסר מהן הכיסוי. בגידול זה נמצא כי דבורי הדבש והבומבוס יעילים מאוד להאבקה. בהאבקה בעזרת דבורי בומבוס יש להקפיד על יחס נכון בין מספר הדבורים לשטח

המואבק, שכן כמות מעטה יחסית של פרחים תגרום לביקורים עודפים בפרחים, והדבר יביא לפגיעה בתושבת וליצירת "פרי" מעוות.

דבורי הבומבוס מובאות להאבקה בחממות בתוך כוורות המצוידות במאכלה שמכילה מזון לדבורים, שכן כמות האבקה והצוף בפרחי התות נמוכה מכדי לכלכל את הכוורת. בתחילת העונה מציבים כוורת בומבוס אחת לשני דונמים, ועם העלייה במספר העמלות הפעילות, ניתן להוריד את כמות הכוורות לכוורת אחת לדונם. ניתן להאביק תות שדה בחממות ביעילות גם עם דבורי דבש. תות השדה נתקף על ידי הפטרייה בוטריטיס, וניתן להשתמש בדבורים ככלי הסעה של חומרי ההדברה אל הפרחים כנגד מחלה זו (Shafir et al 2006) (ראה בפרק 'השימוש בדבורים כמפיצות של חומרי הדברה').

שעונית נאכלת - *Passiflora edulis* ; משפחת השעוניתיים - Passifloraceae

השעונית הנאכלת (פסיפלורה) היא צמח מטפס, שמוצאו באזורים הטרופיים של דרום אמריקה. היא גדלה כצמח תרבות בארצות רבות, כגון הודו, ניו-זילנד, האיים הקריביים, ברזיל, אקוודור ואזורים רבים בארה"ב. בישראל היקף הגידול הוא כ-2000 דונם. הפרח גדול יחסית. השחלה מוגבהת מעל התושבת ומסתיימת בעמוד עלי בעל חמש צלקות. הפרח בעל חמישה אבקנים, המכילים אבקה דביקה. עם פתיחת הפרח בשעות הבוקר המוקדמות, הצלקות זקופות כלפי מעלה (תמונה 42), ובמהלך היום הן נעות לעבר האבקנים (תמונה 43). לצמח זה צוף בכמות רבה.

בברזיל, מולדת הצמח, ההאבקה מתרחשת באמצעות דבורים גדולות, כמו דבורי עץ (קסילוקופה) ובומבוסים, ואף באמצעות ציפורים. בטבע מאביקי השעונית הם גדולים יחסית ומסוגלים לגשר בין האבקנים לבין הצלקות ולגרום להאבקה. מרבית מיני השעונית עקרים עצמית, אך בישראל במכון וולקני פיתחו עמוס בלומנפלד ומשה גורן מכלוא בעל התאם עצמי, המכונה : Passion dream.



**תמונה 42. פרח הפסיפלורה בשעות הבוקר ; זמן קצר לאחר פתיחתו הצלקות מורמות
(צילום: גדי איש-עם)**



**תמונה 43. פרח פסיפלורה אחר הצהריים ; הצלקות מורדות
(צילום: גדי איש-עם)**

מעלתו של מכלוא זה מתבטאת בפרי איכותי, הפורח פעמיים בשנה בפריחה אביבית ובפריחה סתוית. בפרח מבקרות בעיקר דבורי דבש, היכולות להגיע לצוף החבוי בשעות הבוקר, אך בשל המרחק הרב בין האבקנים לצלקות, הן אינן נוגעות בצלקת. זאת ועוד, כאשר דבורי הדבש, אשר להן גוף קטן יחסית, אוספות את

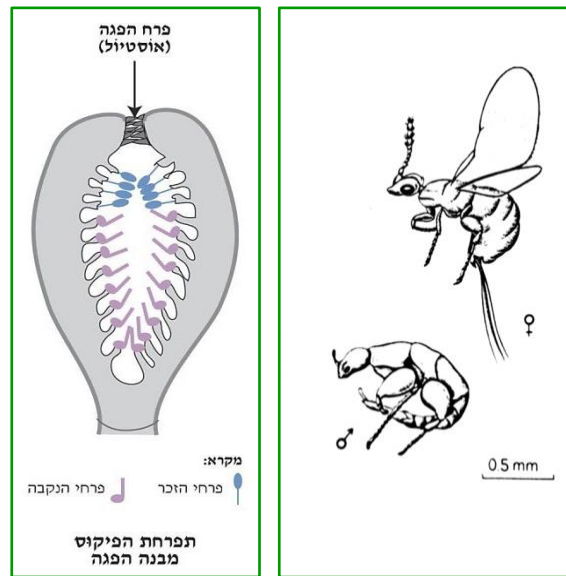
האבקה, לא נוצר מגע ביניהן לצלקת, ולכן הן אינן יעילות בהאבקה, והחקלאים מעדיפים להאביק צמח זה ידנית, שיטה הדורשת כוח אדם רב ועלותה גבוהה (סמך 2013).

גד איש-עם (2008) חקר את יחסי הגומלין בין פרחי השעונית לדבורי הדבש בישראל ובמחקרו מצא כי בישראל עד שעות הצהריים מרוקנות הדבורים את מאבקי הפרחים, אך בשעות אחר הצהריים, כאשר מתקרבות הצלקות לאבקנים, למרחק שבו קיימת אפשרות להאבקה על ידי דבורי דבש, כמעט שאין פעילות דבורים, וכבר לא נותרת אבקה במאבקים. נמצא כי אם מונעים מן הדבורים לבקר בפרחים (למשל על ידי כיסוי הצמחים ברשת) עד לשעות הצהריים, שעה שבה המרחק בין האבקנים לצלקות קטן, ולאחר מכן מתירים להן את הביקור בפרח, הן מצליחות להאביק את הפרחים, ומתקבל יבול רב, העולה אף על היבול המתקבל בהאבקה ידנית.

פיקוס התאנה - *Ficus carica* ; משפחת התותיים - Moraceae

התאנה שייכת לסוג פיקוס. זהו מין הנזכר כבר בכתבים קדומים רבים, בתנ"ך, בתלמוד, בקוראן ובברית החדשה. מקורו באגן הים התיכון, בדרום אירופה, בדרום פרס ובעירק. כיום התאנה התרבותית נפוצה בכל האזורים שבהם קיימת חקלאות, כולל צפון אמריקה, דרום אמריקה, אוסטרליה, צפון אפריקה ודרום אפריקה. כמו רבים מצמחי התרבות, בוררו בכל האזורים הללו זנים מקומיים רבים. התאנה היא צמח דו-ביתי, בעל תפרחת ייחודית המכונה פגה. תפרחת זו בעלת מבנה דמוי כד חלול, שבו הפרחים הנקביים מרפדים את צידה הפנימי החלול, ואילו הפתח הצר מוקף סביבו פרחי זכר, אשר מספרם מותנה בזן ובעונת הפריחה. הכניסה לפגה מוגבלת על ידי קשקשים (תמונה 44).

כמו כל מיני הפיקוס, התאנה תלויה במאביק, ולשם קבלת פרי מסחרי היא זקוקה לצרעה הטפילה: *Blastophaga psenes*, השייכת למשפחת ה-*Agaonidae*. כדי לקבל פירות בתאנים הצורכות מאביקים, יש צורך בנוכחות עצי זכר בסמיכות לחלקה המסחרית.



תמונה 44. סכמה של פגת פיקוס והצרעה המאביקה

עץ הנקבה הינו בעל פגה המכילה פרחי נקבה ארוכי עמוד עלי, ובאזור הפתח מעט פרחי זכר המייצרים אבקה. פגות אלו משמשות ליצירת זרעים (אלה פגות מאכל). עץ הזכר בעל פגות המכילות פרחים בעלי עמוד עלי קצר, המשמשים כבית גידול של הצרעה המאביקה. באזור הפתח של פגת הזכר יש מאות פרחי זכר. פריחת עצי הזכר והנקבה חייבת להיות בסינכרוניזציה מלאה, כדי שתתאפשר האבקה. תהליך ההאבקה בתאנים כולל את השלבים הבאים: צרעה מופרית וטעונת אבקה מגיחה מפגת הזכר ומחפשת פגה בגיל מתאים להטלת ביצים. כאשר היא מוצאת פגה מתאימה, היא חודרת פנימה ומנסה להטיל. אם הצרעה נכנסה לפגה של עץ נקבה, היא אינה מצליחה להטיל, מכיוון שעמודי העלי של פגה זו ארוכים מצינור ההטלה של הצרעה, והיא איננה מגיעה אל ביצית השחלה, אולם במהלך ניסיונות ההטלה, משתחררת אבקה החבויה על גופה ומתרחשת ההאבקה. פגה זו, בעלת הזרעים היא הפגה הנאכלת. במקרה שהצרעה חודרת אל פגת זכר, היא מטילה אל תוך השחלות, ובמקום זרע מתפתח עפץ. פגה זו אינה משמשת למאכל. יש לזכור כי מהלך האבקה התאנה מורכב מאוד, ולא ראינו לנכון לפרט את המהלך המורכב הזה במלואו (גליל ונאמן 1979 ; Ne'eman and Galil 1978).

עם זאת, רבים מן הזנים המסחריים, כמו התאנה הברזילאית, הם פרתנוקרפיים, שאינם דורשים האבקה. נמצא כי גם בזנים הפרתנוקרפיים יש יתרון להאבקה, שכן הפגות המואבקות של זנים אלה בעלות תכולת סוכר רבה ועמידות באחסון גבוהה לעומת פירות פרתנוקרפיים מאותם זנים ללא האבקה (יבלוביץ וחוב. 2013).

אנונה קשקשית - *Annona squamosa* ; משפחת האנוניים - Annonaceae

מוצא האנונה ביבשת אמריקה. הצמחים התרבותיים גדלים בדרום אמריקה ובצפונה, באפריקה ובדרום-מזרח אסיה. בארץ מגדלים כיום את האנונה הקשקשית, את האנונה החלקה ומכלוא של שתיהן. מרבית הגידול בארץ מתבצע באזורים שאינם חשופים לטמפרטורות נמוכות קיצוניות, כמו השרון, הגליל המערבי והגליל התחתון.

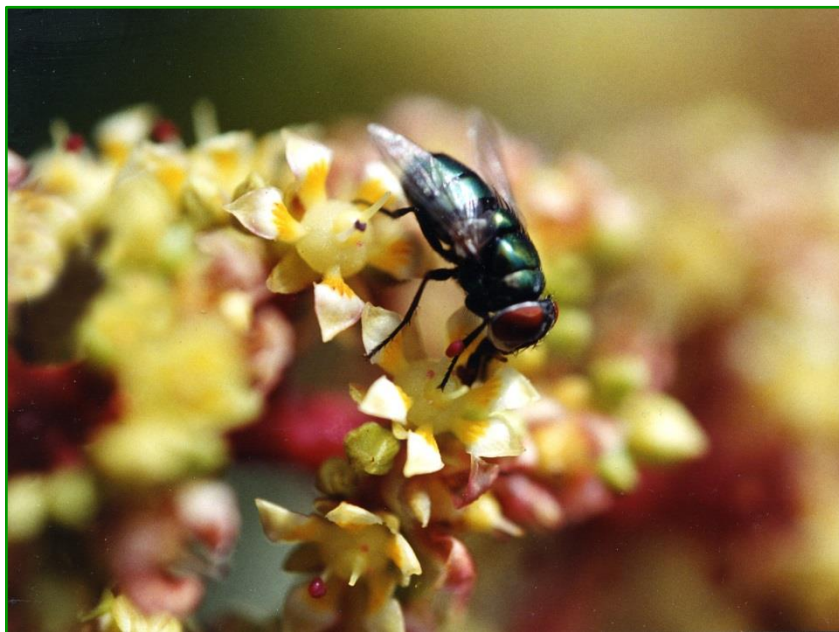
האנונה היא צמח חד-ביתי, והפרח דו-מיני ופרוטוגיני (הצלקות מוכנות לקליטת אבקה לפני הבשלת האבקה ופיזור). הפרח בעל שלושה עלי גביע ושלושה עלי כותרת. בבסיס עלי הכותרת טבעת של אבקנים, המקיפים את עמוד העלי. בתחילת הפריחה נפשקים מעט עלי הכותרת, ומתחיל השלב הנקבי שבו הצלקת רצפטיבית (מוכנה לקבל אבקה) והחלל בין הצלקות מתמלא בריר - שלב זה נשאר עד הצהריים של היום הבא. בשלב זה מגיעות חיפושיות תסיסה (Nitidulidae), כשהן מכוסות באבקה, חודרות אל בין הצלקות וגורמות להאבקה; זהו שלב הסיום של החלק הנקבי. אחר הצהריים עובר הפרח לשלב הזכרי, שבו נפשקים עלי הכותרת לגמרי, המאבקים נפתחים, האבקה הפורייה משתחררת, וחיפושיות התסיסה נמשכות אליהם.

בעקבות מחקר שנעשה בארץ, הומלץ לפזר פירות רקובים מתחת לעצי האנונה, ובדרך זו לאפשר את גידולן וריבויין של החיפושיות, כך שישמשו להאבקת הפרחים (גזית 2017). הדרך המקובלת בהאבקת האנונה בארץ היא לאסוף אבקה ולהשתמש במכחולים להאבקת הצלקות. דרך נוספת היא לאסוף אבקה ולהשתמש במפוחים קטנים להתזת אבקה אל תוך הצלקות.

מנגו - *Mangifera indica* ; משפחת האלתיים - Anacardiaceae

המנגו הוא אחד ממיני הפירות החשובים באזור הטרופי. מקורו של הצמח בצפון הודו, ומשם התפשט כבר לפני אלפי שנים לדרום-מזרח אסיה, למרכז ולצפון אמריקה, וכן לאזורים הטרופיים בסין. עד היום עיקר הגידול מרוכז בהודו. בארץ מרבית שטחי המנגו נמצאים סביב הכנרת, עמק הירדן, וכן בנגב המערבי ובשרון. פריחת המנגו בישראל מתחילה בחודש מרס ומסתיימת במאי, אך חנטת פירות נורמליים מתרחשת כרגיל רק מאמצע אפריל, וזאת בשל הרגישות הגבוהה של גרגירי האבקה והביציות לטמפרטורות נמוכות בעת התמיינותם. עץ מנגו בוגר נושא בין 600 ל-1000 תפרחות, ובכל תפרחת 200 עד 6000 פרחים. הצוף מופרש מבסיס הפרח, וזה עיקר התגמול שאותו מספק הפרח למאביקיו. לפרח אבקן אחד, ובו גרגירי אבקה מעטים יחסית (400-2000). כל עץ נושא פרחים זכריים ודו-מיניים

בשיעור משתנה, בהתאם לזן ולתנאי הסביבה. הפרחים נפתחים בדרך כלל בבוקר, ושחרור האבקה מסתיים תוך 1-3 שעות. מיד לאחר מכן הצלקת הופכת רצפטיבית ומוכנה להאבקה במשך 2-3 ימים. הזנים המסחריים בארץ, בעלי התאם עצמי ופרחים המואבקים עצמית, יחנטו, אך בהמשך מתרחשת נשירה מסיבית של חנטים תוצרי האבקה העצמית, בעוד שחנטים תוצרי האבקה זרה ישרדו טוב יותר (Dag et al. 1998). זני המנגו בישראל מואבקים על ידי מגוון רחב של חרקים. בסקר שנערך ב-10 מטעי מנגו בכל הארץ נמצא כי זבובים, בעיקר זבוב הבית, בוהקן ירוק ובוהקן לבן שער, נמצאו בכל האזורים, ואילו זבובי רחף שימשו מאביקים עיקריים בעמק בית שאן (תמונה 45). כמו כן, דבורי הדבש נמצאו כמאביקות העיקריות בכל המטעים (גם כאשר לא הוצבו כוורות באופן מכוון) (דג וגזית 1996). במרבית המטעים בארץ לא נהוג להציב כוורות דבורי דבש להאבקה במנגו, ולא נראה שמחסור בפעילות המאביקים מהווה גורם מגביל יכול, פרט לשלושה מצבים: האחד, בגידול בערבה; השני, בגידול במבנים, כאשר זמינות החרקים באופן טבעי מוגבלת; והשלישי, כאשר מרססים את השטח בקוטלי חרקים. במצבים אלה ניתן לשפר את האבקה על ידי הכנסת כוורות דבורי דבש.



תמונה 45. זבוב בוהקן על פריחה של מנגו
(צילום: אהד אפיק)

ספרות

- איש-עם, ג., איזיקוביץ, ד. (1992) פריחת האבוקדו ודבורי דבש - אטרקטיביות נמוכה של פרחי האבוקדו לדבורי דבש מקטינה את פוריותו. עלון הנוטע 46 : 900-885.
- איש-עם, ג., רגב, י. גופנברג, א., וייל, ד. (2008) דבורי דבש מכוונות פריחה : פתרון חדשני לבעיית ההאבקה בפסיפלורה. עלון הנוטע 62 : 432-425.
- אפיק, א., סלבצקי, י., בן-יהודה, ש., טופרוב, ג. (2016) מניעת נזקי ריסוס לדבורים במטעי גלעיניים. עלון הנוטע 70 : 46-45.
- גזית, ש. (2017) סדרי פריחה והאבקה באנונה חלקה ובאטמויה באזור החוף. עמותה לפירות אקזוטיים בישראל.
- גליל, י., נאמן, ג. (1979) התאנה. הוצאת החברה להגנת הטבע.
- דג, א., גזית, ש. (1996) מאביקי מנגו בישראל. עלון הנוטע 50 : 465-458.
- דג א., איזנשטיין, ד., גזית, ש., ענבל, צ., אופק, ג. (1996) השפעת ריסוס בקוטלי חרקים על רמת האבקה. עלון הנוטע 50 : 264-262.
- הולנד, ד. (2017) "מתן" זן שקד חדש בעל התאם עצמי. עלון הנוטע 71 : 15-12.
- יבלוביץ, ז., פאר, ר., גולובוביץ, ש., פליישמן מ. (2013) השבחה בתאנה, הרחבת המגוון, הארכת חיי המדף ועונת השיווק. עלון הנוטע 67 : 52-49.
- סמך, א. (2013) השבחה בפסיפלורה. עלון הנוטע 67 : 48-45.
- ספיר, ג., שטרן, ר., שניידר, ד., מתתיהו, א., גולדווי, מ., איזיקוביץ, ד., גרינבלט-אברון, י. אנטמן, ש. (2002) בעיות הפוריות בשזיף היפני "רד ביוט" נובעות מפעילות דבורים נמוכה. עלון הנוטע 56 : 315-314.
- ספיר, ג., גרינבלט, י. (2010) ניסויים לשיפור גודל הפרי בקיווי. עלון הנוטע 64 : 24-20.
- שטרן, ר., בר-סיני, נ., גורן, מ., נוי, מ., מורן, י. (2017) תוספת דבורי בומבוס למטע להעלאת היבול והגדלת הפרי. עלון הנוטע 71 : 28-24.
- שטרן, ר., ספיר, ג., גולדווי, מ., בר-סיני, מ., גורן, מ., נוי, מ., מורן, י. (2017) השפעת מפרים שונים על הזן "מאוריציוס". עלון הנוטע 71 : 52-48.
- שניידר, ד., גולדווי, מ., ניסקה, ר., שפיר, ש., מיינהרט, ג., בונשטיין, ר. (2014) האם לשיפור האבקה יתרון כלכלי במטעי שסק פוריים לעצמם? עלון הנוטע 68 : 24-20.

- Abrol, D.P. (2015) *Pollination Biology*. Springer Dordrecht and New York.
- Baker, H.G. and Baker, I. (1983) Floral nectar sugar constituents in relation to pollinator type. In: *Handbook of Experimental Pollination Biology* (Ed. by C.E. Jones and R.J. Little). Van Nostrand Reinhold, New York.
- Corbet, S.A., Beament, J.W.L. and Eisikowitch, D. (1982) Are electrostatic forces involved in pollen transfer? *Plant Cell Environ.* 5: 125-129.
- Dag, A., Eisenstein, D., Gazit, S., El-Batsri, R. and Degani, C. (1998) Effect of pollinizer distance and selective fruitlet abscission on outcrossing rate and yield in 'Tommy Atkins' mango. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 123: 618-622.
- Darwin, C. (1876) *The Effects of Cross and Self Fertilization in the Vegetable Kingdom*. London: John Murray.
- Degani, C., Goldring, A., Gazit, S. and Lavi, U. (1989) Pollen parent effect on outcrossing rate in "Hass" and "Fuerte" avocado plots during fruit development. *J. Amer. Hort. Sci.* 114: 106-111.
- Delaplane, K.S. and Mayer, D. (2000) *Crop Pollination by Bees*. Cabi Publishing. New York.
- Free, J.B. (1982) *Bees and Mankind*. Allen and Unwin. London.
- Free, J.B. (1993) *Insect Pollination of Crops*. Academic Press. London.
- Frisch, K. von (1967) *The Dance Language and Orientation of Bees*. London: Oxford University Press.
- McGregor, S.E. (1976) *Insect Pollination of Cultivated Crop Plants*. Agriculture Handbook 496. Washington DC. USA.
- Ne'eman, G. and Galil, J. (1978) Seed set in "male syconia" of the common fig, *Ficus carica* L. (*caprificus*). *New Phytolo.* 81: 375-380.
- Nyeki, J. and Soltesz, M. (1996) *Floral Biology of Temperate Zone Fruit Trees and Small Fruits*. Akademiai Kiado Budapest.
- Pisanty, G., Afik O., Wajnberg, E. and Mandelik, Y. (2016) Watermelon pollinators exhibit complementarity in both visitation rate and single-visit pollination efficiency. *J. App. Ecol.* 53: 360-370.
- Proctor, M., Yeo, P. and Lack A. (1996) *The Natural History of Pollination*. Harper Collins Publishers, London.
- Roubik, D.W. (1995) *Pollination of cultivated plants in the tropics*. Agric. Serv. Bull. 118. Rome, FAO, UN.
- Shafir, S., Dag, A., Bilu, A., Abu-Toamy, M. and Elad, Y. (2006) Honey bee dispersal of the biological agent *Trichoderma harzianum* T39: effectiveness in suppressing *Botrytis cinerea* on strawberry under field conditions. *Eur. J. Plant Pathol.* 116: 119-128.
- Vaknin, Y., Gan-Mor, S., Bechar, A., Ronen, B. and Eisikowitch, D. (2000) The role of electrostatic forces in pollination. *Plan. Sys. Evol.* 222: 133-142.
- Willmer, P. (1983) Thermal constraints on activity pattern in nectar-feeding insects. *Ecol. Entomol.* 8: 455-469.