

# אקולוגיה של האבקה בצאלון נאה

עפרית שביט, המכון לאבולוציה, אוניברסיטת חיפה, חיפה. ofrit@betalfa.org.il

אבישי שמידע, מחלקת אס"א והמרכז לרציוליות, האוניברסיטה העברית, ירושלים.

גדעון נאמן, החוג לביולוגיה, אוניברסיטת חיפה באורנים, טבעון.

## תקציר

הצאלון (*Delonix regia*) שמקורו בסוואנות היבשות של האזור הטרופי, גדל בר רק באי מדגסקר. משם הופץ כעץ נוי לארצות רבות וביניהן ישראל, בעיקר בשל פריחתו האדומה והשופעת. הפרח גדול מאוד ומייצר צוף רב. ניתן להבחין בקלות בין פרחים צעירים שטרם הואבקו, אשר להם מפרש צהוב פרוש, לבין פרחים מבוגרים שבהם המפרש אדום ומקופל ולבין הפרחים הזקנים הנמצאים בשלבי קמילה. יש עדות לכך שהצאלון מואבק באפריקה על ידי ציפורים ממשפחת הצופיתיים (Arroyo 1981), אולם בישראל אין הדבר כך, ולא ברור לנו מדוע הצופית, המותאמת להזנה בפרחים אדומים מרובי צוף בארץ ישראל (ובולוני ואיזיקוביץ, 1985), אינה מבקרת באופן קבוע בפרחי הצאלון. המאביק העיקרי של הצאלון בישראל הוא דבורת העץ (*Xylocopa*).

פרחי ציפורים (Bird flowers) מוגדרים כפרחים אשר מותאמים במיוחד להאבקה על ידי ציפורים. הם אינם שייכים לקבוצה סיסטמטית אחת אלא למספר רב של סוגים ומשפחות (ובולוני ואיזיקוביץ, 1985). התכונות המאפיינות פרחי ציפורים הן: הפרחים הפורחים ביום הם בצבעים בולטים, לעיתים קרובות צהוב או אדום; לפרחים אין משטח נחיתה ורקמת הפרח קשיחה, כלומר זירי האבקנים קשיחים או מאוחים והשחלה מוגנת או נישאת על עוקץ; בנוסף לכך, פרחים אלה שופעים צוף ואין להם ריח.

מחקר זה בודק האם קיים קשר בין התכונות של פרח הצאלון להתנהגות המאביקים: האם פרח הצאלון מותאם להאבקה ציפורים? האם הוא מותאם להאבקה חרקים? האם הדבורים המאביקות את הפרח קולטות את השדר שהוא משדר, ומעדיפות לבקר בפרחים הצעירים, שהם בעלי מפרש פרוש וצוף רב כגמול, על פני הפרחים מבוגרים שסיימו את השלב המיני, שהם בעלי מפרש מקופל ואינם גומלים בצוף?

התוצאות מראות כי לפרח הצאלון מספר תכונות הנראות לכאורה כהתאמה להאבקה על-ידי ציפורים: הן רואות את הצבע האדום של הפרח והדבורים אינן רואות אותו; הוא פורח ביום ומייצר כמות צוף גדולה יחסית; צינור הפרח המוביל אל כוסית הצוף הוא ארוך, נוקשה ורחב דיו להכנסת מקור ציפור; החלקים הבסיסיים של עלי הכותרת – האבקנים וזופן השחלה – עבים במיוחד ויכולים להגן מפגיעה מכנית של ציפורים; זירי האבקנים ארוכים ומפושקים והאבקה דביקה.

כמו-כן מצאנו כי דבורת העץ מיטיבה להבדיל בין שלבי הפרח השונים ומעדיפה לאסוף אבקה וצוף בפרחים צעירים, המצויים בשלב המיני, שהם בעלי פרסומת בולטת וגמול רב, מאשר בפרחים מבוגרים שהואבקו או סיימו את השלב המיני שלהם, שהם בעלי גמול מועט ופרסומת מעטה. כך, למרות שהפרחים המבוגרים נשארים על העץ ותורמים בכך לפרסומת הכללית של העץ ולמשיכת יותר מאביקים, הם אינם מתחרים עם הפרחים הצעירים על המאביקים ואינם מורידים את הסיכויים להאבקתם.

**מילות מפתח (נוספות על מילות הכותרת)** – *Delonix regia*, פרחי דבורים, פרחי ציפורים, שינוי צבע, *Xylocopa*, צופית.

## מבוא

הצאלון הנאה (*Delonix regia* Raf.) נמנה על קבוצת עצים בני משפחת הקסאלפנינים, שמרכז תפוצתם בסוואנות היבשות של האזור הטרופי. הסוג *Delonix* מונה שלושה מינים, שמהם הצאלון הנאה הוא בעל פרחים אדומים. במעונותיהם הטבעיים מרבית עצי הצאלון משלושת המינים משירים את עליהם בעונות היובש, ואז הם פורחים, ללא עלים. בישראל הצאלון הנאה הוא ירוק-עד ופורח במשך כל הקיץ. מין זה גדל בר רק באי מדגסקר, שם תואר לראשונה ב-1829. ממדגסקר הועבר הצאלון על ידי האדם, כבר במחצית המאה ה-19, לגינון באי מאוריציוס, ומשם למושבות הטרופיות באפריקה ובאסיה. כיום, בשל פריחתו האדומה המרהיבה, משמש הצאלון הנאה עץ שדרות חשוב בכל הארצות הטרופיות עד קו רוחב  $30^{\circ}$ . מאידך גיסא, האוכלוסיה הטבעית במדגסקר נמצאת על סף השמדה (Endress, 1994).

**הפרחים** מסודרים באשכולות דמויי סוכך, ורק 1-3 פורחים בו-זמנית בכל תפרחת (איור 1). הפרח גדול, הרמפרודיט (דו-מיני) (שמידע 1994), קוטרו כ-8 ס"מ ואורך עלי הכותרת כ-6.5 ס"מ. עלי הגביע אדומים בצידם העליון וירוקים בצידם התחתון והם עבים במיוחד. בסיס עלי הכותרת הוא בצורת ציפורן צרה (איור 2) הנושאת אוגן רחב. לפרח סימטריה דו-צדדית, 2 זוגות עלי כותרת צדדיים אדומים, ועלה כותרת עליון יחיד הנקרא "מפרש" (Banner). בפרחים צעירים המפרש

בסיסו ירוק קרם, והוא נושא בקצהו מאבק בצבע סגול. עם פתיחת המאבקים, מפזר הפרח אבקה כתומה-צהובה דביקה, הבולטת על רקע הכותרת האדומה. המאבקים דמויי כליה ומחוברים לזיר האבקן בציר עדין, כך שכל נגיעה קלה גורמת לזעזוע ולשחרור אבקה. המאבקים נפתחים כלפי מעלה ומותאמים בכך להאבקה של רפרפים וציפורים אשר אינם נוחתים על הפרח לצורך שיחור מזון. הבסיסים הרחבים והמוקשים של זירי האבקנים תוחמים את מיכל הצוף המצוי מסיב לשחלה (איור 2), לכן המאבקים אינם יכולים להחדיר את לשונם לכוסית הצוף מבין בסיסי האבקנים אלא רק דרך הצינוור המצוי בבסיס המפרש (Endress 1994). מבקר הפרח, המחדיר לשונו לצינוור המפרש, נתקל במבוך אסימטרי של בסיס האבקנים ועליו לפתל את לשונו כדי להגיע לכוסית הצוף (איור 2). ייתכן שגישה "מפותלת" זו אל הצוף מותאמת לביקורי מאבקים "חכמים" בעלי יכולת למידה כדוגמת ציפורים, ומונעת גישה של מבקרים אחרים שאינם מאבקים יעילים. עמוד העלי מוארך ודומה לזיר של אבקן חסר מאבק, בקצהו מצויה צלקת מחודדת עטורה בטבעת שערות שקופות, הנראות רק בעזרת זכוכית מגדלת. במינים רבים במשפחת הקטניות הצלקת מפרישה טיפת נוזל אשר משמש כזרו לנביטת גרגרי האבקה, ורק כשהצלקת לחה היא זמינה (רצפטיבית) וגרגרי האבקה יכולים לנבוט עליה. בפרחי הצאלון הנאה הצלקת לחה רק ביום הראשון לחי הפרח (Endress 1994).

קבוצות שונות של בעלי-חיים, כגון דבורים, פרפרי יום, רפרפים וקבוצות מסוימות של צפורי שיר, מוצאים את מזונם בעיקר בפרחים, ותוך כדי כך משמשים כמאבקים שלהם. בשל ההבדלים בגודל, בחושים, בהתנהגות ובדרישות התזונתיות, ניתן לאפיין את הפרחים המותאמים להאבקה על-ידי כל אחת מקבוצות בעלי החיים ברשימת תכונות הנקראת סינדרום. כמו בכל הכללה, אין לצפות שכל התכונות המופיעות בסינדרום של הפרחים מואבקי הציפורים (אורניטופיליים) אכן תהינה בכל אחד ממיני הפרחים מואבקי הציפורים. כמו כן, במקרים רבים מאבקים בני קבוצות שונות מבקרים פרחים של מין מסוים, שיש לו תכונות ביניים, שיכולות להיות מסווגות לסינדרומים שונים.

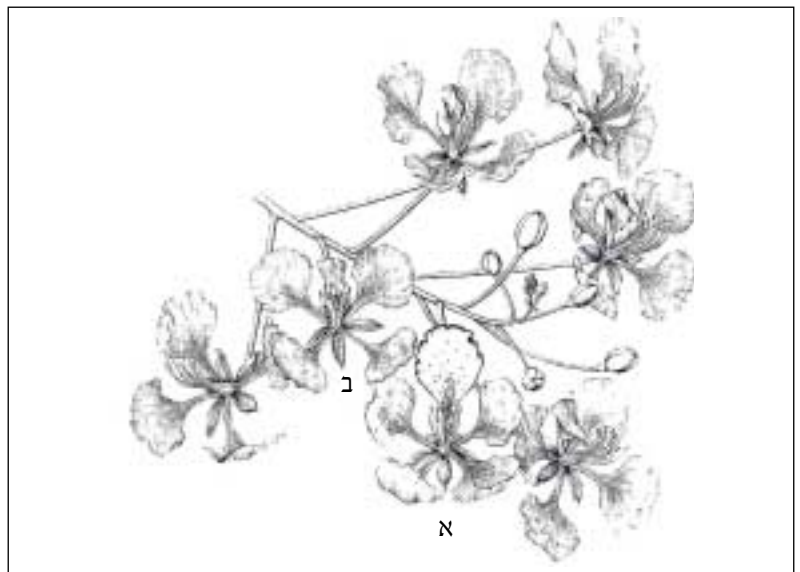
התכונות הבאות מקובלות כתכונות העיקריות של סינדרום הציפורים, כלומר, מאפיינות פרחים המואבקים על ידי ציפורים (Faegri & Van der Pijl 1979): הפריחה היא במהלך היום; לפרח צבע אדום; אין לו ריח; יש כמות גדולה של צוף (5-50 מיקרוליטר); צינוור הפרח רחב מזה של פרחי-פרפריים ואין לו "דרכי צוף" או קישוטי כותרת; בסיסי עלי הכותרת וזירי האבקנים מעובים ומגנים על השחלה.

עצים טרופיים רבים פורחים בעונת היובש בעת שהם חסרי עלים. פריחתם שופעת, דבר המבליט אותם לעיני המאבקים, כמו לדוגמה האלמוג (*Erythrina*) בעל הפריחה האדומה. ברוב הצמחים הפרחים נובלים זמן קצר לאחר האבקתם, או במשך הזקנותם, שכן אין טעם להשקיע בפרח לאחר שסיים

בצורת יתד שצבעו צהוב-לבן ועליו דרכי צוף שצבען אדום. רוחב המפרש כ-4.4 ס"מ ואורכו כ-6.5 ס"מ. **בפרחים מבוגרים** המפרש מקופל וצבעו הצהוב כבר אינו נראה, ו**בפרחים זקנים** עלי הכותרת מתחילים לקמול. הציפורן, הבסיס הצר של המפרש, גולה בפרחים צעירים ויוצרת צינוור באורך 13 מ"מ, אשר דרכו אמור המאבקי המבקר בצמח להכניס את לשונו על מנת להגיע לכוסית הצוף. לפרח עשרה אבקנים אופקיים המזדקרים לרווחה במרכז הכותרת. האבקן בנוי זיר ארוך שצבעו אדום כהה וצבע

**איור 1.** צאלון נאה *Delonix regia*. תפרחת: פרח צעיר בעל מפרש פרוש (א) ופרח בוגר עם מפרש מקופל (ב), (על-פי Endress 1994)

**Fig. 1.** *Delonix regia*: a young flower with open banner and an old flower with a folded banner (following Endress 1994)

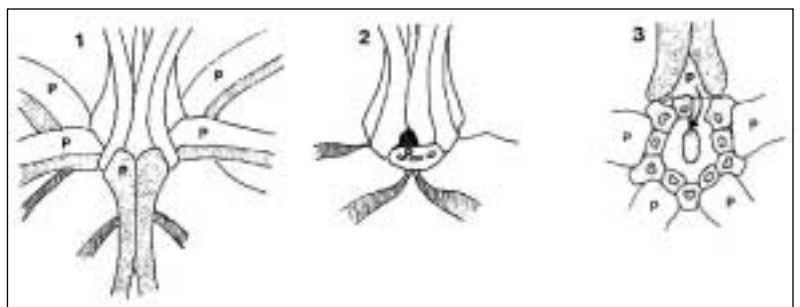


**איור 2.** מרכז הפרח של צאלון נאה (על-פי Endress, 1994).

1. מבט על בסיס הפרח במבט מלמעלה. נראים בסיסי עלי הכותרת (P) בסיסי האבקנים ועלי הגביע.
2. מבט על בסיס הפרח שהוסרו ממנו עלי הכותרת. בסיס זירי האבקנים יוצרים גליל בלתי חדיר לחרקים פרט לפתח (משולש שחור בציוור), הנחשף לאחר שמוסר המפרש.
3. מבט על בסיס הפרח שהוסרו ממנו כל האבקנים ועלי הכותרת פרט למפרש. מסומנים בסיסי עשרת האבקנים. החץ מסמל את מבוך הכניסה האסימטרי מצינוור המפרש אל כוסית הצוף.

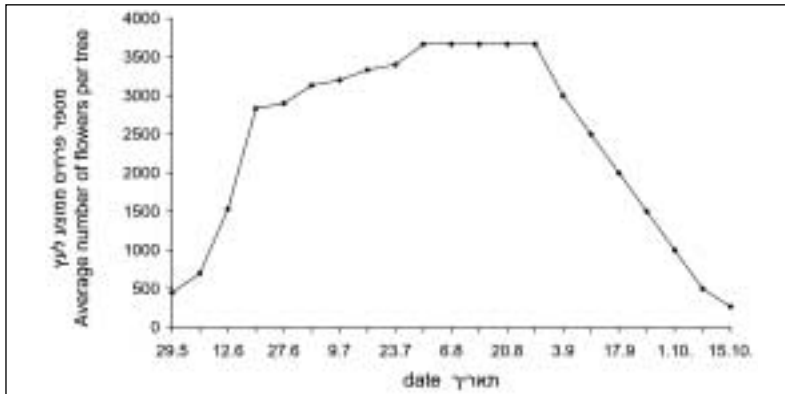
**Fig. 2.** The center of *Delonix regia* flower (following Endress, 1994).

1. An upper view on the bases of corolla, stamen and the sepals.
2. The base of the flower after removal of the corolla. The stamen bases create an impenetrable notch for insect except through the small opening (dark triangle in the figure), which is exposed by removal of the banner.
3. The base of the flower after removal of anthers and corolla except the banner. The arrow points at the asymmetric labyrinth at the stamen base, leading to the nectar.



איור 3. מספר הפרחים הפתוחים הממוצע לעץ במהלך עונת הפריחה.

Fig. 3. The average number of open flowers on a tree throughout the bloom season.



טבלה 1. מספר ממוצע של גרגרי אבקה מפרחי צאלון צעירים ובוגרים שנבטו על צלקות רצפטיביות (n=10).

Table 1. The average number of pollen grains from young and mature *Delonix regia* flowers that germinated on receptive stigmas.

סטיית התקן	מספרם הממוצע של גרגרי האבקה שנבטו	השלב שבו מצוי הפרח
6.726	18.33	צעיר
7.205	14.93	בוגר

טבלה 2. המשקל היבש של אבקנים בפרחי צאלון צעירים ובוגרים.

Table 2. Dry weight of stamen in young and mature flowers of *Delonix regia*.

משקל לאחר ייבוש (גרם)	משקל לפני ייבוש (גרם)	שלב הפרח	
0.077	0.386	צעיר	ממוצע
0.007	0.005		סטיית תקן
0.077	0.289	בוגר	ממוצע
0.006	0.007		סטיית תקן

### שיטות

משך עונת הפריחה נבדק בתצפיות שבועיות והוערכו מספר הפרחים הכללי על העץ ומספרם של הפרחים בכל שלב פריחה. נפח הצוף נמדד באמצעות מיקרופיפטות מכויילות בנפח של 5µl מתוצרת "Denmark I/S - Modulom - Vitres". קצב ייצור הצוף נבדק על-ידי מדידת נפח הצוף בפרחים מכויילים: פרחים כוסו בכילה למשך הלילה, ולמחרת היום נדגמה כמות הצוף מדי שעתיים בעשרה פרחים בכל שלב פריחה, על שלושה עצים נפרדים. הניסויים נערכו מ-06:30 עד 19:00 בתאריכים 13.7.1999 ו-31.8.1996.

התצפיות במאביקים נעשו בפרקי זמן של 10 דקות: בכל פרק זמן נספרו המאביקים שהגיעו לשטח של 1x1 מטר רבוע על פני העץ הפורח. התצפיות נערכו בבית גבריאל בין השעות 08:00-12:00 ב-2.8.1999 ונרשם השלב שבו מצוי הפרח שבו ביקרו. משך חיי הפרח נבדק בקיבוץ בית אלפא בתאריכים 4.7.1999 – 9.7.1999 וכל טיפול כלל כעשר חזרות (עשרה פרחים בכל שלב של הפריחה). נבדקו: 1. פרח חשוף לפעילות המאביקים

את השלב המיני שלו. יתרה מזו, השארת פרחים מואבקים על הצמח עלולה למשוך את המאביקים אליהם ובכך להתחרות בפרחים צעירים שטרם הואבכו ולצמצם את סכויי ההאבקה שלהם. לכן התפתחה בצמחים רבים תופעה של שינוי צבע הכותרת (ובולוני ואיזיקוביץ, 1985; איזיקוביץ ולזר, 1986; Weiss, 1991; נאמן ונשר, 1995): פרחים צעירים שלא הואבכו עדיין מייצרים צוף רב כגומול למאביקים המבקרים בהם. אולם לאחר ההפריה, עם סיום השלב המיני שלהם, מפסיק ייצור הגומול והפרח משנה את צבעו. כך מסמן הצמח למאביקים את הפרחים הגומלים, ועוזר להם להבחין בינם לבין הפרחים שאינם גומלים. בצמחים בעלי תכונה זו, השארת פרחים מואבקים על העץ אינה מצמצמת את הפרסומת הכללית של העץ אך גם אינה גורעת מסיכויי ההאבקה של הפרחים הבתולים.

דבורת העץ מהסוג *Xylocopa* שייכת לקבוצה הכוללת מעל 730 מינים בעלי תפוצה נרחבת בעולם. רוב המינים טרופיים וסובטרופיים, ומספר מינים ממוקמים צפונה מאזור זה. לקבוצה זו שייכים מיני הדבורים בעלי מבנה הגוף הגדול ביותר. זוהי דבורה יחידאית והיא מזינה את צאצאיה באבקת פרחים וצוף (גרלינג, 1985; O'Toole & Raw, 1991).

**מטרת העבודה** היתה לבדוק את הקשר וההתאמה שבין תכונות פרח הצאלון להתנהגות המאביקים; באופן מפורט נבדקו ההשערות הבאות:

- \* פרחים צעירים בעלי מפרש פרוש הם בשלב המיני, כלומר גרגרי האבקה שלהם חיוניים והצלחת רצפטיבית. לעומת זאת, פרחים מבוגרים בעלי מפרש מקופל הם לאחר השלב המיני שלהם.
- \* כמות הצוף וריכוז הסוכר בו גבוהים יותר בפרחים צעירים בשלב המיני מאשר בפרחים מבוגרים שסיימו אותו.
- \* תדירות הביקורים של המאביקים גבוהה בפרחים צעירים וגומלים הנמצאים בשלב המיני, לעומת פרחים שסיימו שלב זה.
- \* האבקה ידנית של פרח מיד לאחר פתיחתו תקצר את השלב הגומל שבו המפרש פרוש, והאורך הכולל של חיי הפרח יתקצר.

### שיטות וחומרים

#### שטח העבודה

העבודה התבצעה בקיבוץ בית אלפא (אוגוסט – אוקטובר 1996 ויולי – אוקטובר 1999) ובבית גבריאל (יולי 1999). בית אלפא נמצא בבקעת בית-שאן והאקלים בו ים תיכוני, חם ויבש; גדלים בו ארבעה עצים שסומנו ועליהם נערך המחקר. בית גבריאל נמצא לחוף הכנרת והאקלים באזור זה הוא ים תיכוני, חם ולח – בגלל הקרבה לאגם. לבדיקת השערות המחקר נבדקו עצים שונים ונערכו תצפיות במאביקים. בכל התצפיות והניסויים היה הפרח יחידת החזרה.

במטרה לבחון את השפעת גיל הפרח על כמות גמול האבקה, נלקחו אבקנים מפרחים צעירים ובוגרים, נשקלו, יובשו ונשקלו שוב. בכל בדיקה נשקלו יחדיו עשרה אבקנים כקבוצה. הבדיקות נערכו ב-10.8.1999 בבית אלפא.

**ניתוחים סטטיסטיים**

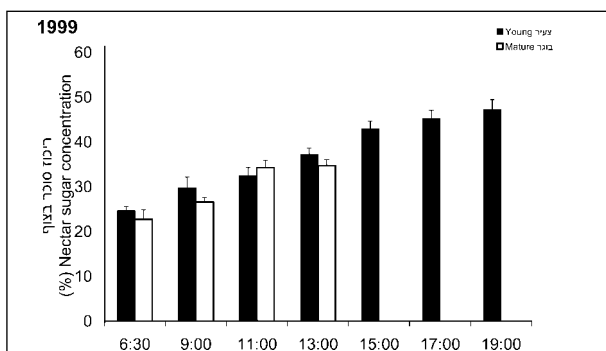
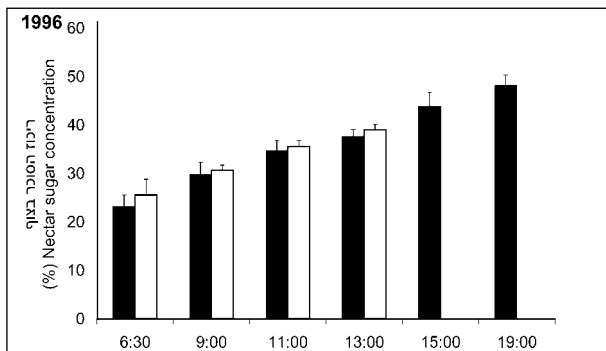
ניתוח הנתונים בוצע בתוכנה הסטטיסטית SYSTAT. להשוואת ערכים ממוצעים ערכנו מבחני t ולהשוואת תדירות ביקורי מאביקים בפרחים בעלי צבע שונה נערך מבחן  $\chi^2$ . לנתוני פרופורציות (P) ערכנו טרנספורמציות arcsin [sqrt(p)] לפני הניתוח הסטטיסטי. בתרשימים מוצגים ממוצע הנתונים ושגיאת התקן וכן תוצאות המבחנים הסטטיסטיים.

**תוצאות**

**משך עונת הפריחה**

במעקב שערכנו בשלושה עצים פורחים בבית אלפא במאי עד אוקטובר 1999, קיבלנו את עקומת הפריחה המוצגת באיור 3. תחילת הפריחה היא ביוני, היא מתגברת עד לאוגוסט והולכת ופוחתת בספטמבר עד לסיומה במחצית אוקטובר.

**משך חיי הפרח**



**איור 5.** ריכוז הסוכר בצוף (%) בפרחי צאלון צעירים ובוגרים בשעות שונות של היום ב-1996 וב-1999. האנך לעמודות מציין סטיית תקן (StD).  
**Fig. 5.** The nectar sugar concentration (%) in young and adult *Delonix regia* flowers in different hours during the day, in 1996 and 1999. Error bars represent one standard deviation unit.

(היקש); 2. פרח מכויס (שנעטף בשקית) שהואבק ידנית בהאבקה עצמית; 3. פרח מכויס ללא טיפול (למניעת ביקורי מאביקים); 4. פרח מכויס מסורס אבקנים (למניעת האבקה עצמית ספונטנית); 5. פרח מכויס, שהואבק ידנית בהאבקה זרה; 6. פרח גזור-מפרש (לבדיקת השפעת המפרש על משך חיי הפרח).

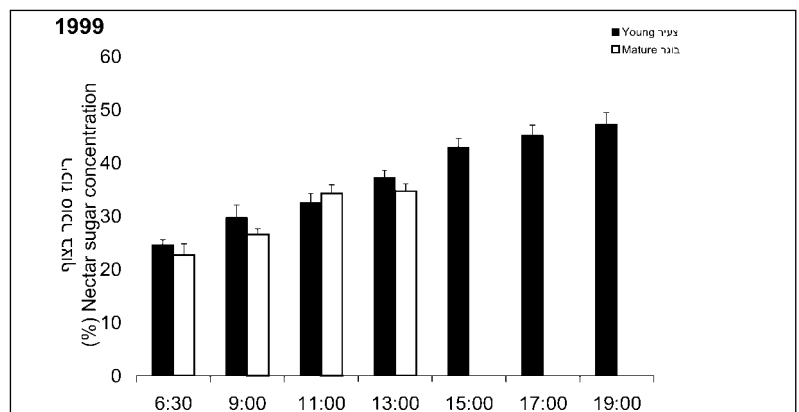
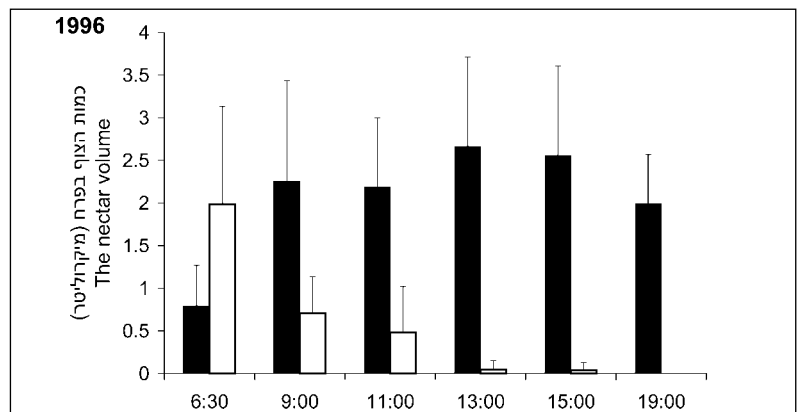
**חיוניות האבקה והצלקת**

לבחנית ההשפעה של השלב בו נמצא הפרח על חיוניות גרגרי האבקה והצלקת, נלקחו גרגרי אבקה מפרחים בשלבים שונים (עשרה פרחים מכל שלב מכל עץ נבדק), בוצעה בהם האבקה זרה של פרחים צעירים ונספרו הנחשונים שנבטו על צלקות; כמו כן, נספרו גרגרי האבקה מפרח צעיר בעץ אחר (האבקה זרה), שנבטו על צלקות בשלבים שונים של פריחה. הבדיקות נערכו ב-10.8.1999 בבית אלפא.

**משקל האבקנים**

**איור 4.** כמות הצוף הממוצעת ( $\mu$ l) המיוצרת במהלך שעתיים בעשרה פרחי צאלון צעירים ובוגרים בשעות שונות של היום ב-1996 וב-1999. האנך לעמודות מציין סטיית תקן (StD), כוכבית מעל זוג עמודות מציינת הבדל מובהק ביניהן (הנובע מהמבחן הסטטיסטי (t-test, P<0.05) מציין הבדל לא מובהק.

**Fig. 4.** The average nectar volume ( $\mu$ l) production in two hours in 10 young and mature *Delonix regia* flowers, in different hours in 1996 and 1999. Significant difference between young and mature flowers for each hour (t-test, P<0.05) is indicated by \*, nonsignificant (P>0.05) - by N.S. Error bars represent one standard deviation unit.



שינוי הצבע, מאשר לאחר השינוי. כמו כן, הצלקות בפרחים אלו רצפטיביות וגרגרי האבקה חיוניים יותר מאשר בפרחים שלאחר שינוי הצבע. במחקר זה מצאנו כי בפרחי הצאלון הצעירים ניתן למצוא צוף רב יותר מן השעה 09:00 בבוקר ועד לסוף היום (איור 4). בשעות הבוקר המוקדמות, שבהן הפרחים החדשים עדיין סגורים, כמות הצוף הגדולה ביותר היא בפרחים הבוגרים. הפרחים החדשים נפתחים במהלך היום כולו משעות הבוקר המוקדמות, והמפרש בפרחים הבוגרים נסגר גם כן במהלך היום. בפרחים הצעירים מספר גרגרי האבקה החיוניים שנבטו היה גבוה בצורה מובהקת מאשר בפרחים בוגרים (טבלה 1). משקלם היבש של גרגרי האבקה בפרחים הצעירים היה גבוה בצורה מובהקת ממשקלם בפרחים בוגרים (טבלה 2) שמשמעותו גמול רב יותר הניתן בפרחים הצעירים לעומת המבוגרים.

המפרש בפרחי הצאלון מהווה סימן למאבקים; גיל הפרח, ולא ההאבקה, הוא הגורם לפרישתו או קיפולו של המפרש. סיכויי ההאבקה של הפרחים הצעירים גדלים, שכן פרישתו

משך חיי פרח "צעיר" – שלב א' היה 24 שעות  $\pm 0.06$ ; משך חיי הפרח "הבוגר" – שלב ב' היה 48 שעות  $\pm 0.21$  והפרחים "הזקנים" – שלב ג' עד לנשירתם – 48 שעות  $\pm 0.31$ , מספר ימי הפריחה הממוצע – 5 ימים. טיפולי האבקה לא שינו את משך החיים של הפרח.

#### חיוניות גרגרי אבקה

מספר גרגרי האבקה מפרחי צאלון צעירים שנבטו על צלקות רצפטיביות היה גבוה מזה של גרגרי אבקה מפרחים מבוגרים (טבלה 1), וההבדל היה מובהק ( $t_{24.4}=7.74, P<0.001$ ).

#### המשקל היבש של האבקים

משקל האבקים בפרחי צאלון צעירים היה גבוה ממשקל האבקים בפרחים מבוגרים (טבלה 2), והבדל זה היה מובהק ( $t_{38.9}=-9.398, P<0.001$ ).

#### הצוף

בפרחים "זקנים" לא היה צוף כלל, בפרחים "צעירים" הפרשת הצוף התחילה בבוקר והתגברה עד לצהרים. בפרחים מבוגרים כמות הצוף היתה הגבוהה ביותר בשעות הבוקר וירדה עד להעלמותה בשעות אחר הצהריים המוקדמות. במרבית שעות היום, בשתי השנים שנבדקו, היו ההבדלים מובהקים בין פרחים צעירים לבוגרים ( $P<0.05, t$ -test) (איור 4). ריכוז הסוכר בצוף עלה מ-23% בבוקר עד ל-47% בצהרים, במידה דומה בפרחים צעירים ומבוגרים. (איור 5).

#### מאבקים

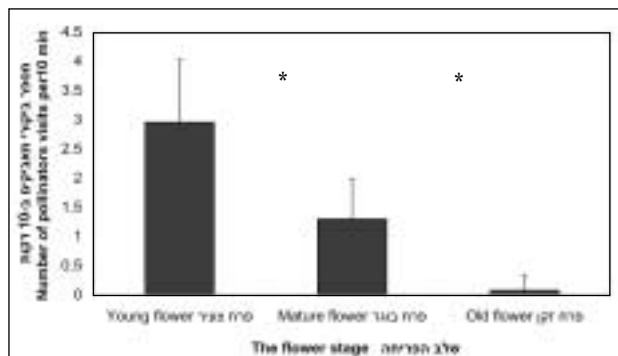
המאביק היחיד שביקר באופן קבוע בפרחי הצאלון היה דבורת העץ הצהובה *Xylocopa pubescens*. לא פחות חשובה העובדה שהצופית, השכיחה במקום, לא נראתה מבקרת כלל בפרחי הצאלון. התדירות של ביקורי הדבורים היתה גבוהה יותר בפרחים צעירים מאשר בפרחים בוגרים, ובפרחים זקנים כמעט לא ביקרו. ההבדלים נמצאו בנייתוח שונות חד-כיווני (ראה איור 6). על מנת לבדוק אם קיימת אצל הדבורים העדפה לבקר פרחים בשלב פריחה מסוים, השווינו את מספר ביקורי הדבורים בפרחים בגילים שונים למספר הפרחים באותו שלב פריחה שנצפה. במבחן  $\chi^2$  אכן נמצא שבפרחים צעירים היו יותר ביקורים מהצפוי על פי מספרם, בפרחים בוגרים היו ביקורים לפי המספר הצפוי ובפרחים זקנים – פחות (טבלה 3).

#### דיון

שינוי צבעם של פרחים שלמים או של עלה כותרת במהלך הפריחה נפוץ – הן מבחינה גיאוגרפית והן מבחינה טקסונומית – ב-214 סוגים וב-74 משפחות, כחמישית מכלל משפחות מכוסי הזרע (Weiss 1991). Weiss מציינת כי ניתן להכליל ולומר, שאפשר למצוא בפרחים צוף ואבקה רבים יותר לפני

איור 6. מספר הביקורים הממוצע של דבורים בפרחי צאלון צעירים, בוגרים וזקנים במהלך עשר דקות תצפית. האנג לעמודות מציין סטיית תקן (StD), כוכבית מעל זוג העמודות מציינת הבדל מובהק ביניהן (הנובע מניתוח שונויות ANOVA).

Fig. 6. The average number of visits per 10 min. in *Delonix regia* young, mature and old flowers. Error bars represent one standard deviation unit. Significant differences (one way ANOVA,  $P<0.05$ ) are indicated by \*.



טבלה 3. תוצאות מבחן  $\chi^2$  לבדיקת הקשר בין מספר הפרחים הצעירים, מבוגרים וזקנים בשני עצי צאלון ומספר הביקורים של הדבורים בפרחים אלו.

Table 3.  $\chi^2$  test for the number of young, mature and old flowers in two *Delonix regia* trees and the number of bees visits to those flowers.

עץ מספר 1	צעירים	מבוגרים	זקנים	Tot. $\chi^2$	Df	P
מספר פרחים	61.0	27.0	1.0			
מספר ביקורים	26.7	29.7	32.6			
$\chi^2$	44.1	0.2	30.7	75.0	2	<0.001
עץ מספר 2						
מספר פרחים	60.0	26.0	2.0			
מספר ביקורים	29.3	25.4	33.2			
$\chi^2$	32.1	0	29.4	61.4	2	<0.001

ממשפחת זנב-הסנונית היו המאביק העיקרי (Endress 1994). מעניין לציין שבישראל טרם ראינו את הצופית, המותאמת להזנה בפרחים אדומים מרובי צוף ולהאבקתם (זבולוני ואייזקוביץ, 1985), מבקרת באופן שיטתי בצאלון. זאת למרות שהצופית מרבה לבקר בפרחים של צמחי תרבות אחרים (טקומית הכף, אורנית לוחבת, היביסקוס סיני, דבוקית מעוצה, רוסליה שבטבטית, יסמין מטפס) המואבקים בארצות מוצאן על-ידי ציפורים ממינים אחרים.

בטבלה 4 סיכמנו על-פי מספר מקורות את רשימת התכונות של סינדרום הפרחים המואבקים על-ידי ציפורים, את מידת ההתאמה של כל תכונה להאבקה על-ידי הציפורים, ואת מידת קיומה של כל תכונה בפרחי הצאלון (זבולוני ואייזקוביץ 1985; Grant & Grant 1968; Stiles 1978; Grant 1966; Faegeri & Van der Pijl, 1979; Rabelo 1987, 1985). מרשימת התכונות בטבלה 4 אנו נוכחים כי חלק מתכונות פרחי הצאלון אינן תואמות את אלו המאפיינות את סינדרום פרחי הציפורים על פי הספרות; לכן הצגנו בטבלה 5 את התכונות העיקריות של פרחי הצאלון ואת מידת ההתאמה בין כל תכונה לבין התכונה המקבילה בסינדרום פרחי הציפורים, פרפרים, רפרפים ודבורים.

התכונה	התאמה לציפורים	בצאלון
1 פריחה יומית	מוחלטת	נכון לצאלון
2 לפרח אין ריח	מוחלטת	נכון לצאלון
3 צבע אדום	טובה	נכון לצאלון
4 פרח צינורי ארוך וקטני לרוב בעל סימטריה דו-גדדית	חלקית	בספרות מצוינים לפחות 4 סימטריית חוסר משטח נחיתה (שפית) או טבע לכוונית.
5 פרח חלול	טובה	מאפיין חלק מפרחי ציפורים באמריקה הטרופית שמוצגות תוך ריפוף
6 דפנית הפרח נבזת וקשה	טובה	נכון לצאלון
7 הצוף מרוחק ממקום אברי ההפריה	מוחלטת	נכון בסרביה הפרחים בעלי צינור ארוך. בצאלון הצוף מרוחק מהאבקנים אך לא מהשחלה
8 מערכת קפילרית המביאה את הצוף לפתח צינור הפרח ושומרת את נוילתו (מפריח נטוי)	חלקית	נכון בפרחים בעלי צינור ארוך ודק, לא נכון לצאלון
9 צינור פרח רחב	טובה	תכונה חשובה להבדלה בין פרחי ציפורים לפרחי פרפרים בהם הצינור צר מאוד. נכון לצאלון
10 אבקנים בולטים מהפרח	חלקית	נכון לצאלון
11 אבקנים מרוחקים זה מזה ומשקמים על גבי משטח כדורי רחב.	חלקית	נכון לצאלון
12 אין בפרח ידרכי צוף וקישוטי סותרת	טובה	תכונה חשובה להבחנה בין פרחי ציפורים לפרחי דבורים, בצאלון יש ידרכי צוף
13 כמות גדולה של צוף (50-5 μ)	מוחלטת	נכון לצאלון
14 צוף דליל (ריכוז 5% - 25%)	טובה	קיימת חפיפה רבה בריכוז הצוף בפרחי ציפורים ופרחי דבורים
15 פרחי התפוח מרוחקים זה מזה	טובה	יתכן שתכונה זו נובעת מגודל הפרחים

ארבע תכונות בפרח הצאלון נראות כמותאמות ביותר לסינדרום האבקת ציפורים:

1. הצינור המוביל אל כוסית הצוף בבסיס מפרש הכותרת אורכו 13 מ"מ, נוקשה מאוד ורחב דיו להכנסת מקור ציפור; אילו היה הצינור מותאם להאבקת פרפרים, היינו מצפים לצינור ארוך וצר יותר.
2. החלקים הבסיסיים של עלי הכותרת, האבקנים ודופן השחלה הם עבים במיוחד להגנה מפגיעה מכנית של מקור הציפורים; בשל עדינות חדק הפרפרים ולשון הדבורים, הפרחים שלהם עדינים יותר ודקי דופן.
3. זירי האבקנים ארוכים ומפושקים והאבקה דביקה. תכונות אלו מקשות על איסוף האבקה על-ידי דבורים ומאידך מתאמות להעברה יעילה של האבקה באמצעות ציפורים, המכניסות רק את ראשן לפרח ואת המקור והלשון לצינור הצוף (Faegeri & Van der Pijl 1979).
4. הצבע האדום של הפרחים: על-אף שברור כי אין העדפה מולדת של ציפורים לצבע אדום, הרי הן באפריקה והן באמריקה הצבע האדום שכיח מאוד בין פרחי הציפורים (זבולוני ואייזקוביץ, 1985). לעומת זאת, ברור היום שדבורים אינן עיוורות לגמרי לצבע אדום ויש מקרים רבים שבהם נצפו ביקורי דבורים בפרחים הנראים לנו אדומים (Chittka & Waser 1997).

במקביל לכך, יש לפרחי הצאלון תכונות המתאימות לפרחי דבורים, כמו המפרש הצהוב בעל נתיבי הצוף, צינור הכותרת המאפשר לדבורים ארוכות לשון גישה אל הצוף והכמות המוגבלת של הצוף בעל ריכוז הסוכר הגבוה המתאים לדרישות

**טבלה 4. התכונות המאפיינות את הסינדרום האורניטופילי, פרחים מאבקי ציפורים (ראה רשימת מקורות בטקסט).**  
**Table 4.** A list of the qualities of bird flowers syndromes.

של המפרש מהווה מסר למאביק לבוא ולבקר. יש להניח שהגדלת ה"פרסומת" של העץ כולו היא, כנראה, ההסבר לכך שמשך חיי הפרח (24 שעות לפרח צעיר ו-48 שעות לפרח בוגר וזקן), לא השתנה למרות הטיפולים השונים שעברו הפרחים במחקר זה, וניתן לומר שההשקעה בפרח לאחר ההאבקה היא מוצדקת מבחינת שיקולי "עלות-תועלת" של העץ.

בספרם הקלסי על האבקה מדגישים Faegeri & Van der Pijl (1979) כי "אין זה הכרחי" שפרחי ציפורים יהיו צנוריים ומקושטים (Gullet type), או בעלי סימטריה רדיאלית. מבנה צינורי מקושת, כמו למשל באלמוגן (*Erythrina*), מגביל מאוד את טווח טיפוסי המאביקים, לציפורים בלבד. הפרח הנהדר של הצאלון פתר בצורה שונה את דילמת הפרסומת והגבלת טיפוסי המאביקים. מחד גיסא, הוא בעל מבנה רחב מאוד, פתוח ובעל שטח פרסומת ענק, ומאידך גיסא, הוא בעל צינור פרח קשתי המוביל לכוסית צוף סגורה. אלה הן שתי תכונות המונעות התנדפות וגם גישה של מאביקים בלתי מותאמים, שחסרים את כושר הלמידה להתמודד עם מבנה מעין זה. מבנה זה מעניק לפרח פרסומת מרבית, אך גם מאפשר ביקורים של דבורים ארוכות חדק ופרפרים. במדגסקר, בתחום תפוצתם הטבעי, פרחי הצאלון מואבקים, כנראה, בעיקר על-ידי ציפורים, אשר עומדות על התפרחות בזמן לגימת הצוף. החוקרת Arroyo (1981) אכן מציינת את הצאלון הנאה כעץ מואבק ציפורים אופייני. באזורים הטרופיים שאליהם הוכנס הצאלון כעץ תרבות נמצאו ציפורים מבקרות בפרחי הצאלון, אך פרפרים

דבורי הצוף הגדולות. תכונות אלו מסבירות את הפעילות הרבה של דבורי העץ בפרחי הצאלון ואת העובדה שהן המאביקות הבלעדיות שלו בישראל.

האם המסרים שמעביר פרח הצאלון, באמצעות קיפול המפרש וירידה בכמות הגמול המוצע, אכן נקלטים על ידי דבורי העץ שהן ה"לקוחות" – והמאביקות? בתצפיות נמצא, שהדבורים מיטיבות להבדיל בין שני השלבים של הפרח וכאשר הן אוספות אבקה וצוף: הן מעדיפות ומבקרות כמעט אך ורק בפרחים צעירים, אשר בהם הפרסומת והגמול רבים יותר, ובהתאם לכך גם שיעור הביקורים הוא גבוה יותר. גם אם בעיני הדבורים כתם הפריחה האדום נראה כרקע שחור שרק מדגיש את המפרשים הצהובים, הרי שהן מזהות את הפרחים ומבחינות בהבדל בין מפרש פרוש למקופל. הפרחים המבוגרים וה"זקנים" הנותרים לאחר השלב המיני שלהם, אינם גומלים ואינם מבוקרים. חשיבותם של הפרחים הזקנים היא בתרומתם למשיכת המאביקים מרחוק אל העץ הפורח (Weiss 1991), כמו שלט פרסומת גדול התורם למשיכת לקוחות מרחוק. מערכת כזו תורמת למאביק בכך שהיא מגלה לו מרחוק עץ הנמצא במלוא פריחתו, וכשיגיע לעץ לא יבזבז את זמנו בפרחים מבוגרים שאינם גומלים. שינוי הצבע תורם לצמח בכך שהוא מגדיל את שיעור הביקורים בפרחים ה"צעירים" שטרם הואבקו, ובכך עולה הסיכוי הכללי של ההאבקה וייצור זרעים (זבולוני ואיזיקוביץ' 1985).

**טבלה 5.** תכונות פרחי הצאלון והתאמתם לסינדרום האבקה של צפורים, פרפרים, רפרפים ודבורים.  
**Table 5.** The qualities of *Delonix* and its match to pollination syndrome of birds, butterflies, moths and bees.

תכונות פרחי הצאלון	פרחי ציפורים	פרחי פרפרים	פרחי רפרפים	פרחי דבורים	הערות
1 פרח פתוח אך בעל צינור באורך 15-13 ס"מ	++	-	-	+	רק לדבורים ארוכות לשון
2 בסיסי איברי הפרח עבים	++	-	-	-	לוחנה על השחלה מסקור הצינור
3 פרח בצבע אדום	++	+	-	-	
4 מפרש פרח צהוב בעל נתיבי צוף בפרחים הצעירים	-	-	-	++	נתיבי הצוף סורים את כיוון הגישה לצוף
5 שינוי צבע המפרש לאדום בפרחים בוגרים לא גומלים	+	+	-	+	למאביקים "אינסולינטיים" בעלי יכולת הבחנה בין פרחים בוגרים וצעירים
6 כמות צוף גדולה	++	+	+	+	נמצאת בסטאם לגודל ולדרישות האנרגטיות של המאביק
7 ריכוז צוף גבוה	-	-	-	+	המדידות נעשו בקיץ ביובוש. נ' נהרי (1980) קיבלה ערכים שבין 35%-8%
8 אבקנים ארוכים סאד ומפוזקים	+	-	++	-	
9 סאבק על ציד "נדנדה"	++	-	++	-	
10 אבקה דביקה	++	+	++	-	
11 פריחה זמנית	+	+	-	+	נכון לכל המאביקים פעיל-יום
12 מתיחת כמתורי הפרחים במשך כל שעות היום	+	+	-	+	לא ידוע האם קשור לסינדרום האבקה מסוים

## תודות

לינאי שוהם מרשפים על הסיוע באיסוף הנתונים.

## מקורות

- איזיקוביץ, ד' ולור, צ', 1986. משמעות שינוי הצבע בפרחי נר הלילה החופי. רותם, 21: 13-18. גרלינג, ד', 1985. דבורי העץ בישראל, שפירית 2: 8-19. זבולוני, ע' ואיזיקוביץ, ד', 1985. משמעות הצבע האדום בפרחים המואבקים על-ידי ציפורים. רותם 14: 14-29. נאמן, ג' ונשר, ר', 1994. לבן הופך לסגול, האקולוגיה ומשמעות שינוי הצבע בתורמוס ההרים, *Lupinus pilosus*. אקולוגיה וסביבה, 2: 27-32. שמידע, א', 1994. טיפוסי מנייות בעצים ושיחים. אקולוגיה וסביבה, 3: 171-183.
- Arroyo, M.T.K., 1981. Breeding systems and pollination biology in Leguminosae. In: *Advances in Legum Systematics*, R.M. Polhill & Raven P.H. (eds.). pp. 723-769.
- Chittka, L. & Waser, N.M. (1997). Why red flowers are not invisible to bees. *Israel J. of Plant Sciences*. 45: 169-183.
- Endress, P.K. 1994. *Diversity and Evolutionary Ecology of Tropical Flowers*. Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- Faegri, K. & Van der Pijl, L. 1979. *The Principles of Pollination Ecology*. Pergamon Press, London, 318 pp.
- Grant, K.A. 1966. A hypothesis concerning the prevalence of red coloration in California Hummingbird flowers. *The American Naturalist* 100: 85 - 97
- Grant, K.A. & Grant, V. 1968. *Hummingbirds and their flowers*. New York and London, Columbia University Press.
- O'Toole, C. & Raw, A. 1991. *Bees of the World*. Blanford Press, London.

Rabelo, A.G. 1985. A preliminary synthesis of pollination biology in the Cape Flora. From: Bird pollination in the Cape Flora.  
 Rabelo, A.G., 1987. A preliminary synthesis of pollination biology in the Cape flora. SAF Nat. Sc. Pr. Rep. no 141.  
 Stiles, F.G. 1978. Ecological and evolutionary implications of bird pollination. American Zoology, 18: 715-727  
 SYSTAT Inc. 1992. SYSTAT for Windows: Statistics Version 5 edition. Evanston. IL. 750 pp.  
 Weiss, M.R. 1991. Floral color changes as cues for pollinators. Nature, 354: 227-229.

**חדשות  
הייעור**

**שטחי נטיעות (בדונמים) ונתוני סקר קליטה - תשס"ד (2004):**

מספר עצים קיימים לדונם	מספר שתילים נשאר לדונם	אחוז קליטה	סה"כ שטח נטיעה (דונם)	חידוש יער (דונם)	נטיעה חדשה (דונם)	איזור	מרחב
43	34	79	801	565	236	גליל מרכזי	צפון
76	69	85	770	254	516	גליל מערבי	
32	30	95	431	101	330	גליל תחתון	
<b>57</b>	<b>50</b>	<b>84</b>	<b>2,002</b>	<b>920</b>	<b>1,082</b>	<b>סה"כ</b>	
69	54	67	1,205	870	335	החוף	מרכז
60	52	65	638	377	261	ההר-עדולם	
79	76	55	134	134	0	מנשה-שרון	
<b>66</b>	<b>55</b>	<b>65</b>	<b>1,977</b>	<b>1,381</b>	<b>596</b>	<b>סה"כ</b>	
25	25	86	1,425	765	660	נגב צפוני - מערבי	דרום
23	23	76	628	289	339	הר הנגב	
<b>25</b>	<b>25</b>	<b>84</b>	<b>2,053</b>	<b>1,054</b>	<b>999</b>	<b>סה"כ</b>	
			<b>6,032</b>	<b>3,355</b>	<b>2,677</b>	<b>סה"כ ארצי</b>	

מקורות הנתונים:  
 תאי המיפוי והמידע המרחביים  
 חוליות הסקר במרחבים