

# העלאת יבולי האגס ע"י הגדלת שיעורי ההאבקה הזרה

## ואפיון ההתאמה הגנטית בין הזנים השונים

דו"ח לשנת 2002

רפי שטרן, ארנון דג, מרטין גולדווי, שרון שפיר, ענת זיסוביץ

### מבוא ותאור הבעיה

האגס מהווה מקור הכנסה חשוב לחקלאים רבים. עם זאת ריווחיותו בשנים האחרונות, נמצאת בירידה מתמדת עקב פוריות לקויה. אחד הגורמים לפוריות הנמוכה קשור ככל הנראה לשיעורי האבקה זרה נמוכים, או לתקלות שונות בתהליכי ההפריה. הצורך בהאבקה זרה הינו קריטי, לנוכח העובדה שזני האגס הגדלים בארץ עקרים לעצמם, ועל כן זקוקים להאבקה זרה כדי לחנוט ולשאת פרי.

ממצאים קודמים שלנו בתפוח, שסובל אף הוא מבעיה דומה, הראו כי ניתן להעלות את רמת היבולים בעשרות אחוזים בשיטה פשוטה וזולה על ידי העלאת שיעורי ההאבקה וההפריה באמצעות דבורים ומציאת מפרה מתאים לכל זן. להערכתנו, העלאת היבולים באגס מממוצע ארצי של 1.5 טון לדונם ל- 3 טון לדונם הינו יעד בר השגה. כתוצאה מכך תוכפל הכנסת החקלאי והתוספת לכלל הענף תגיע לעשרות מיליוני שקלים. המחקר המוצע כאן אמור לבחון את ההיפותזה של העלאת היבולים דרך שיפור ההאבקה הזרה וההפריה ע"י הגדלת צפיפות הכוורות, הצבתן באופן מדורג והתאמת מפרה לכל זן (באמצעות אפיון גנטי של הזנים המפרים השונים).

### מטרות המחקר

המטרה העיקרית הינה הגדלת יבולי הספדונה והקוסציה.

מטרות המשנה להשגת יעד זה הן:

א. הגדלת פעילות הדבורים במטע וניידותן בין הזנים לשיפור ההאבקה הזרה במטע ע"י:

I. הגדלת צפיפות הכוורות במטע.

II. הצבת כוורות באופן מדורג במטע

ב. בחינת המפרה המתאים ביותר לזנים ספדונה וקוסציה ע"י:

I. אפיון אללי S של ארבעת זני האגס (ספדונה, קוסציה, גינטיל וספדוציינה)

ברמה המולקולרית.

II. קביעת פוטנציאל ההפריה של הזנים השונים ע"י אנאליזה של אללי S

בזרעים. ("קביעת אבהות").

כיוונתנו למצוא קשר בין מבחן ההתאמה הגנטי שבין הזן המפרה לזן המופרה לבין רמות היבול השונות במטע. כמודל – שימשו הזן ספדונה (מופרה) והזנים קוסציה, גינטיל וספדוציינה (מפרים).

בחינה ראשונית של האבקה עצמית מול זרה נערכה גם לזן קוסציה כמופרה.

## חומרים ושיטות

### א. האבקה

#### **1. הגדלת מספר הדבורים במטע:**

בשלושה מטעים (שניים באזור ראש פינה ואחד ביפתח) הוכנסו כוורות בצפיפות כפולה מהמקובל במטעים, כלומר ביחס של 1:2 (כוורת אחת לשני דונם) בהשוואה ליחס המקובל 1:4 (כוורת אחת לארבעה דונם). כל הכוורות הוכנסו בתחילת פריחה (10% פריחה).

#### **2. הצבה מזורגת של כוורות במטע:**

באותם המטעים, אך בחלקות אחרות, הוכנסו כל הכוורות ביחס המקובל של 1:4 אך בדירוג, כלומר – 50% בתחילת פריחה (10% פריחה) ו-50% בשיא פריחה, בהשוואה להצבה חד פעמית בתחילת פריחה (1:4).

ההשוואה בין הצפיפויות השונות (שני הטיפולים) ובין הדירוג לביקורת (2 טיפולים נוספים) נעשתה בכל מטע בנפרד (כל מטע = חזרה), כאשר המרחק בין הטיפולים (החלקות) נע בין 500 ל-1000 מ'. סוג הכנה, גיל העצים, הרכב הזנים במטע ויבולי השנים הקודמות בשני הטיפולים שבכל מטע – היו דומים.

#### **המדדים השונים שיבדקו:**

##### I. פעילות הדבורים על עצי ספדונה:

בכל מטע וטיפול נבחנו במהלך כל ימי הפריחה (בשעות הבוקר) המדדים הבאים:

1. מספר דבורים לעץ לדקה: 10 תצפיות X 60 שניות לתצפית
2. ניידות דבורים לדקה: מס' דבורים נעות משורת מפרה לשורת מופרה במשך דקה: 10 תצפיות X 60 שניות לתצפית.
3. אוספות צוף לעומת אוספות אבקה: תצפית על 100 דבורים שונות בכל טיפול.
4. אחוז צמידות אבקה מכלל הצמידות שבכוורת: בכל אחד מימי הפריחה נאספו צמידות אבקה של דבורים בעזרת מלכודות אבקה שהותקנו על הכוורות. המלכודות הותקנו על 4 כוורות לכל טיפול (ביקורת, צפוף, מדורג) במטע "אורן" שבראש פינה. לאחר הפריחה הוגדר אחוז צמידות אבקה מכלל האבקה שנאספה בכוורת כדי ללמוד על מידת האטרקטיביות של הדבורים לאגסים בהשוואה לפריחה המתחרה.

##### II. מעקב אחר פוריות העצים (חנטה ויבול):

בכל אחד מהמטעים הנ"ל סומנו לקראת הפריחה 2000 פרחי ספדונה לטיפול ב-10 עצים = חזרות (50 פרחים לענף דו שנתי X 4 ענפים לעץ X 10 עצים). הפרחים בעצי הספדונה סומנו בצד שפונה לקוסציה (10 עצים). העצים המסומנים היו תמיד במרחק של כ-50 מ' מהכוורות.

## המדדים שנבדקו:

1. רישום סדרי הפריחה של כל זן.
2. אחוז החנטה בענפים המסומנים (סוף אפריל – לפני "נשירת יוני").
3. יבול לעץ – כל אחד מעשרת העצים לטיפול יקטף וישקל בנפרד.
4. מס' זרעים ב-100 פירות אקראיים לטיפול.
5. איתור ההורה הזכרי של פירות הספדונה מהעצים הנ"ל ע"י אנאליזת DNA לזרעי הפירות.
6. תלות ההאבקה במרחק מהמפרה: בחלקת אורן בראש פינה ישנן 8 שורות ספדונה רצופות. נבחנו שיעורי החנטה והיבול במרחקים הולכים וגדלים מהמפרה קוסציה ע"י סימון פרחים בדומה למה שתואר לעיל. הניסוי בוצע בטיפול הביקורת של מטע אורן.

## ב. מפריים

בנוסף לבחינת טיפולים להגברת שיעורי ההאבקה הזרה במטע (צפיפות ודירוג כוורות), בחנו את פוטנציאל הפרייה של הזנים השונים. בשנה זו נבחנו המפריים של הספדונה (קוסציה, ג'נטיל וספדוצ'ינה), כאשר בקוסציה בדקנו רק את ההאבקה העצמית מול הזרה. שיעורי החנטה והיבול נבדקו בשתי רמות:

1. לאחר האבקה טבעית (Open pollination).
2. לאחר האבקה ידנית במקורות אבקה שונים.

## פירוט הניסויים:

### 1. האבקה טבעית:

במטע "אורן" שבראש פינה סומנו פרחי ספדונה בשורות הסמוכות לקוסציה, ג'נטיל וספדוצ'ינה, בצד שפונה למפרה. בכל טיפול (מול כל מפרה) סומנו כ-2000 פרחי ספדונה על 10 עצים (50 פרחים לענף 4 X ענפים לעץ 10 X עצים). כל עץ היה חזרה.

### המדדים שנבדקו:

- רישום סדרי הפריחה של כל זן.
- אחוז החנטה בענפים המסומנים.
- מספר זרעים לפרי במדגם פירות (60 פירות בגודל של 60 מ"מ).
- יבול לעץ
- משקל פרי ממוצע לעץ (מדגם של 100 פירות אקראיים).
- איתור ההורה הזכרי של מידגם פירות מהעצים הנ"ל ע"י אנאליזת DNA לזרעי הפירות (50 פירות לשורה = טיפול). הזרעים אוכמנו לשלושה חודשים ב-4°C, הונבטו ב-25°C, והעלים הראשונים שיצאו ניקטפו ואוחסנו ב-80°C-. בחודשים הקרובים נבצע את הבדיקות.

## 2. האבקה ידנית:

הניסוי בוצע במטע "אורן" בחלקת הטיפול הצפוף של הכוורות. אבקת פרחים של כל הזנים המפריים לספדונה (קוסציה, ג'נטיל, ספדוצ'ינה) הונבטה על צלקות פרחי ספדונה במטע. לפני האנתזיס כויסו כל פרחי הספדונה המיועדים להאבקה זרה בעזרת רשת מתאימה.

### מבנה הניסוי:

כל עץ ספדונה היה בלוק שעליו הואבכו הזנים השונים. כל טיפול (מפרה) הואבק על כ-100 פרחים לעץ (2 ענפים לעץ X 7 תפרחות לענף X 7 פרחים לתפרחת). סה"כ מספר הבלוקים (חזרות) = 8 (800 פרחים לטיפול).

### המדדים שנבדקו:

- מספר פירות וחישוב אחוז חנטה
- משקל פרי
- מספר זרעים ממוצע בפרי
- צורת הפרי (פרי רגולרי לעומת מעוות)

ניסוי דומה, אך בהיקף קטן יותר של האבקה עצמית מול זרה, נערך גם לזן קוסציה, כזן אמהי.

## תוצאות

### מזג האויר והשפעתו על מועד הפריחה והתנהגות הדבורים

#### א. מועד הפריחה

1. הפריחה היתה השנה מוקדמת מאוד בכל המטעים. שיא הפריחה היה ב- 11/3/02. זוהי הקדמה של כ- 10 ימים לעומת השנה שעברה – 2001 והקדמה של כ- 20 יום מהממוצע הרב שנתו. תופעה זו נבעה מטמפרטורות גבוהות מאוד ונדירות בסוף פברואר/מרץ שהאיצו את הפריחה.
2. במחצית הראשונה של הפריחה (7-11 למרץ) היה מזג אויר חם מהרגיל (טמפ' של כ- 25° ויותר עם לחות נמוכה יחסית של כ- 40 עד 50%). במחצית השנייה של הפריחה (12-15 למרץ) היה מזג אויר שונה לחלוטין – קריר (19°-15°) מעונן ולח מאוד (כ- 80% לחות יחסית).

#### ב. התנהגות הדבורים

הבדלים אלו במזג האויר השפיעו מאוד על פעילות הדבורים. ברגע שירדו הטמפרטורות (12/3), עלתה הלחות, העננות גברה ופעילות הדבורים על עצי האגס ירדה ועברה ככל הנראה לפרחי הבר. ניתן לראות זאת מפעילות הדבורים סביב הכוורת שהיתה טובה יחסית גם במחצית השנייה של הפריחה, אך הדבורים הלכו לפרחי הבר במקום לאגס. האויר של אחוז צמידות אבקת האגס לאורך העונה שמופיע בהמשך (איור 2א) ממחיש זאת היטב: ב- 11/3 עדיין רואים בכל הטיפולים אחוז גבוה יחסית של אבקת אגס מכלל האבקה שנאספה בכוורת. ב- 12/3, כשהטמפרטורות החלו

לרדת, נראתה ירידה חזקה באיסוף אבקת האגס שנמשכה כמעט עד לסוף העונה. (עם זאת צריך לציין ששיא הפריחה היה ב- 11/3 ולאחר מכן החלה דעיכה מתונה מאוד).  
 יתכן שהסיבה לעזיבת הדבורים את עצי האגס נבעה מהקושי ואי הכדאיות לאסוף צוף (למרות שבספרות מקובל שהדבורה באה לאגס בעיקר לאיסוף אבקה ורק מעט לאיסוף צוף -ראה בהמשך). במחצית הראשונה של הפריחה (11/3) היה אמנם מעט צוף לפרח ( $1 \mu\text{l}$ ) אך ריכוזו היה גבוה מאוד (כ- 50% שווה ערך סוכרוז) (טבלה 1). לעומת זאת, במחצית השנייה, כשהטמפ' ירדו והלחות עלתה עלה אמנם נפח הצוף לפרח ( $5-9 \mu\text{l}$ ) אך רכוז הסוכר שבו ירד באופן משמעותי (20%-10 בלבד). רכוז זה הוא ככל הנראה מתחת לסף כדאיות איסוף הצוף ע"י הדבורים. המתאמים בין רכוז הסוכרים בצוף לבין פעילות הדבורים (מס' דבורים/עץ/דקה, מס' דבורים ניידות) ואופן התנהגותן (אחוז אוספות הצוף לעומת אוספות האבקה) - מוצגים בטבלה 1.

**טבלה 1: השפעת התנאים האקלימיים ששררו במהלך הפריחה על תכונות הצוף, פעילות הדבורים ואופן התנהגותן על פרחי האגס בזן ספדונה, מטע "אורן" שבראש פנה 2002**

פעילות דבורים			נתוני צוף		נתונים אקלימיים		תאריך
אוספות צוף (%)	ניידות דבורים לדקה (מס')	דבורים לעץ לדקה (מס')	רכוז (%)	נפח ( $\mu\text{l}$ )	לחות יחסית (%)	טמפ' ( $^{\circ}\text{C}$ )	
78	4.0	2.9	48	1.1	42	25	11 במרץ מחצית I (חם ויבש)
50	0.6	0.9	14	4.7	79	15	13 במרץ מחצית II (קריר ולח)
64	15	31					ירידת פעילות (%)

כל הנתונים נמדדו בשעה 7 בבוקר בחלקת הביקורת של ניסוי הכוורות. נתוני הצוף (נפח וריכוז) הינם ממוצעים של 6 חזרות לבדיקה מפרחים מכויסים בני יום אחד = Nectar Potential. נתוני פעילות הדבורים הינם ממוצעים של 10 תצפיות לבדיקה.

#### אחוז אוספות הצוף מכלל הדבורים שמבקרות בפרחים

בספרות מקובל שהדבורה באה לפרחי האגס בעיקר לאיסוף אבקה וממעטת לאסוף צוף (לא טעים? אחוז סוכר נמוך? הרכב סוכרים לא אטרקטיבי?) ולכן יעילותה כמאביקה גבוהה יחסית (בביקור של אוספות אבקה נאספת אבקה טריה וחיונית יותר, מבוקרים פרחים רבים יותר במעוף אחד). עם זאת ראינו בתצפיות שנעשו במטע אורן (11+13 למרץ) שאחוז אוספות הצוף היה גבוה יחסית: בין 50-60% במחצית השנייה של הפריחה (קריר ולח) ועד ל- 80% במחצית הראשונה של הפריחה (חם ויבש). כמו כן ראינו שכל אוספות הצוף מבצעות את ההאבקה בצורה אופטימלית.

הסיבה ליעילות ההאבקה שלהן נובעת מהעובדה שפרח האגס קטן יחסית (בהשוואה לתפוח) ולכן כל ביקור בפרח, גם אם הוא לאיסוף צוף בלבד, חייב להתבצע "מלמעלה" ("Topworking") תוך כדי נגיעה במאבקים ובצלקות ולכן ההאבקה מתבצעת בכל מקרה. לא מצאנו כל הבדל באחוז אוספות הצוף בין שלושת הטיפולים (צפוף, מדורג או בקורת). בשלב זה נראה לנו שמדידת אחוז אוספות האבקה לעומת אוספות הצוף לא רלוונטית לנושא יעילות ההאבקה, כאשר המדד החשוב יותר הוא מספר הדבורים לעץ וניידותן בין השורות.

**טבלה 2: אחוז אוספות הצוף מסה"כ הדבורים שבקרו בפרחים בשלושת טיפולי הצבת הכוורות (צפוף, מדורג ובקורת). התצפיות נערכו במטע אורן בתקופת שיאה הפריחה: ביום חם ויבש (11 למרץ) שאפיין את המחצית הראשונה של הפריחה ובים קריר ומעונן (13 למרץ) שאפיין את המחצית השנייה של הפריחה.**

תאריך	טיפול כוורות		
	צפוף	מדורג	בקורת
11 במרץ	80 a	68 a	78 a
13 במרץ	63 a	60 a	50 a
ממוצע	72 a	64 a	64 a

תוצאות באותה השורה המלוות באותיות לטיניות קטנות ודומות מציינות שאין הבדל מובהק בין הטיפולים. תוצאות באותו הטור המלוות באותיות לטיניות גדולות ושונות מציינות הבדל מובהק בין הטיפולים  $P=0.05$ .

### הצבת כוורות כפולה או מדורגת

#### א. הצבה כפולה

בדומה לשנה שעברה (אורן 2001) ובניגוד לתפוח, נימצא שוב שהגברת צפיפות הכוורות מיחס של 4:1 (בקורת) ליחס של 1:2 (צפוף) לא הגבירה את פעילות הדבורים על העצים (מספר לעץ וניידות) – איורים 1 א+ב (ולא הגדילה את אחוז צמידות אבקת האגס בהשוואה לבקורת – איורים 2 א+ב).

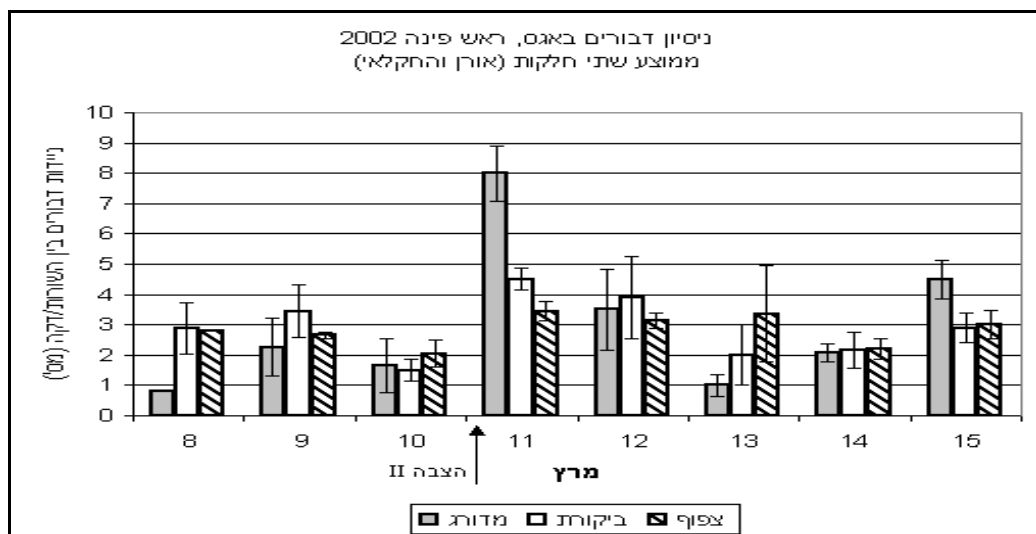
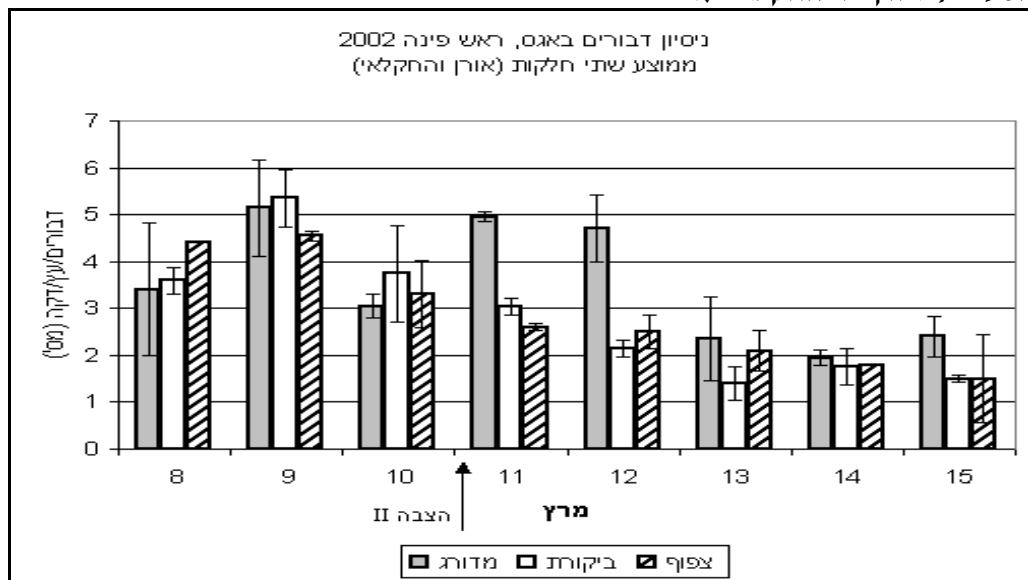
ניתן לראות זאת יפה גם במקרה ה"הפוך" שבו בטיפול המדורג היתה בתחילת הפריחה רק מחצית הכוורות שבבקורת (1:8 לעומת 1:4) אך היא לא השפיעה לרעה על פעילות הדבורים (איור 1א). תוצאה דומה בטיפול המדורג התקבלה בעבר גם בתפוח. תופעה זו נובעת ככל הנראה מכך שבתחילת הפריחה, כאשר אין עדיין הרבה פרחים על העצים, אין צורך להביא הרבה דבורים כיוון שיש מספיק דבורים עבור מעט פרחי האגס שפורחים בשלב זה. חיזוק לכך ניתן לראות בבדיקות אחוז צמידות אבקת האגס: בטיפול המדורג בו היו בהתחלה רק מעט כוורות, ולכן מעט דבורים, נמצאו הכי הרבה צמידות אבקת אגס. כלומר מעט הדבורים שהיו, הלכו ככל הנראה (רובן) לפרחי האגס (בטיפולים האחרים-בקורת וצפוף- היו ככל הנראה יותר מידי דבורים ביחס לכמות הפריחה ההתחלתית ולכן חלקן הלכו לפרחי הבר שבמרעה).

## ב. הצבה מדורגת

דירוג הכנסת הכוורות בשני מועדים (טיפול מדורג) נתן כמו בשנה שעברה (אורן 2001) ובדומה לנסיונות העבר בתפוח, הגברה ניכרת של פעילות הדבורים ודווקא בשיא הפריחה. עם זאת יש לציין שבניגוד לתפוח, הוגבלה הפעילות הנוספת ליום (ניידות) או יומיים (מספר לעץ) בלבד. חיזוק לפעילות המוגברת בטיפול המדורג ניתן לראות באחוז הגבוה של צמידות אבקת האגס שנאספה בכוורת בהשוואה לשאר הטיפולים (איורים 2א, 2ב).

המתאם החיובי והמובהק שהתקבל בין מס' הדבורים הממוצע לעץ לבין אחוז צמידות אבקת האגס מכלל הצמידות שנאספו בכוורת (איור 2ג') מחזק את חשיבות העלאת מס' הדבורים לעץ לביצוע יעיל של ההאבקה שיביא לשיעורי חנטה ויבול גבוהים.

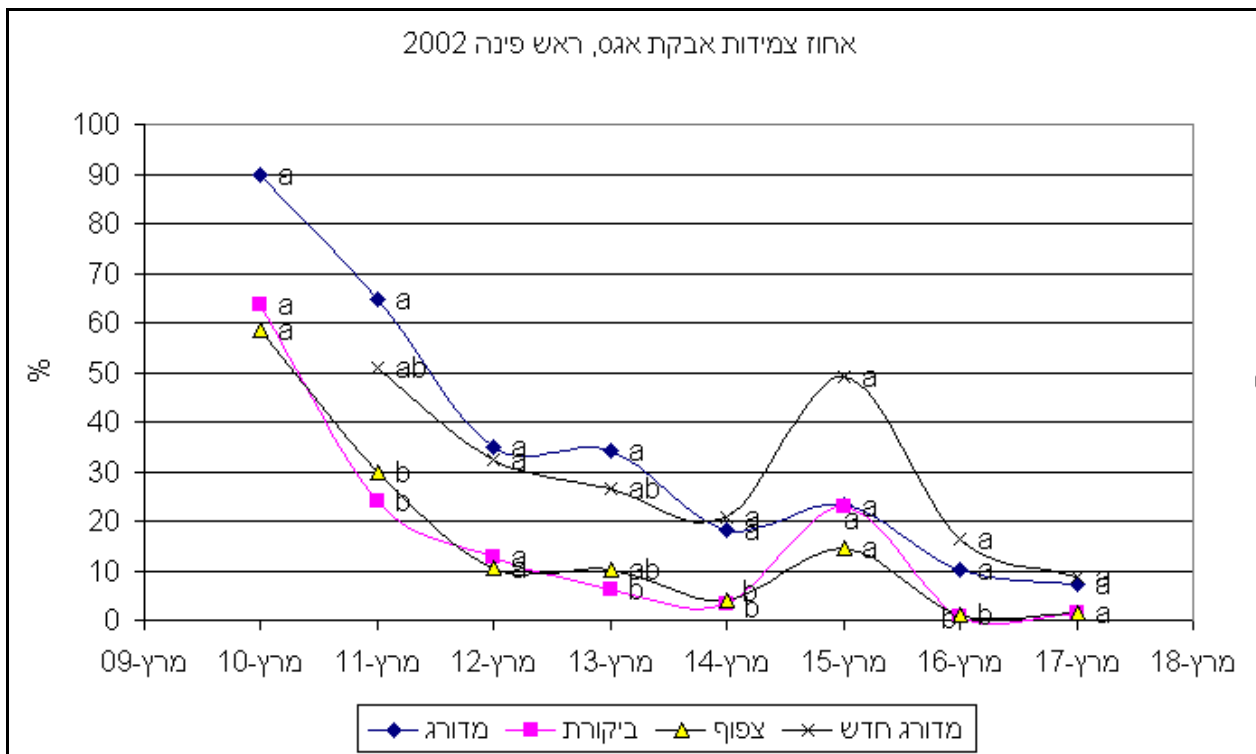
**איור 1א': השפעת טיפולי "צפיפות" ו"דירוג" כוורות על פעילות הדבורים (מספר דבורים לעץ לדקה וניידותן בין השורות) במהלך עונת הפריחה של הספדונה. בטיפול "הביקורת" הוכנסו כל הכוורות בתחילת הפריחה (7 למרץ) ובצפיפות סטנדרטית (4:1). בטיפול "הצפוף" הוכנסו כל הכוורות בתחילת הפריחה (7 למרץ) ובצפיפות גבוהה (2:1). בטיפול "המדורג" הוכנסו מחצית הכוורות (8:1) בתחילת פריחה (7 למרץ) ומחצית נוספת (8:1) בשיא פריחה (11 למרץ מוקדם בבוקר). הצפיפות הסופית בטיפול המדורג היתה 4:1. הנתונים הינם ממוצעים של 10 תצפיות בכל מטע X 2 מטעים ("אורן" ו"החקלאי").**



איור 1ב': השפעת דירוג וצפיפות כוורות על מספר הדבורים הממוצע (לעץ/דקה) בשלושת ימי השיא של הפריחה.

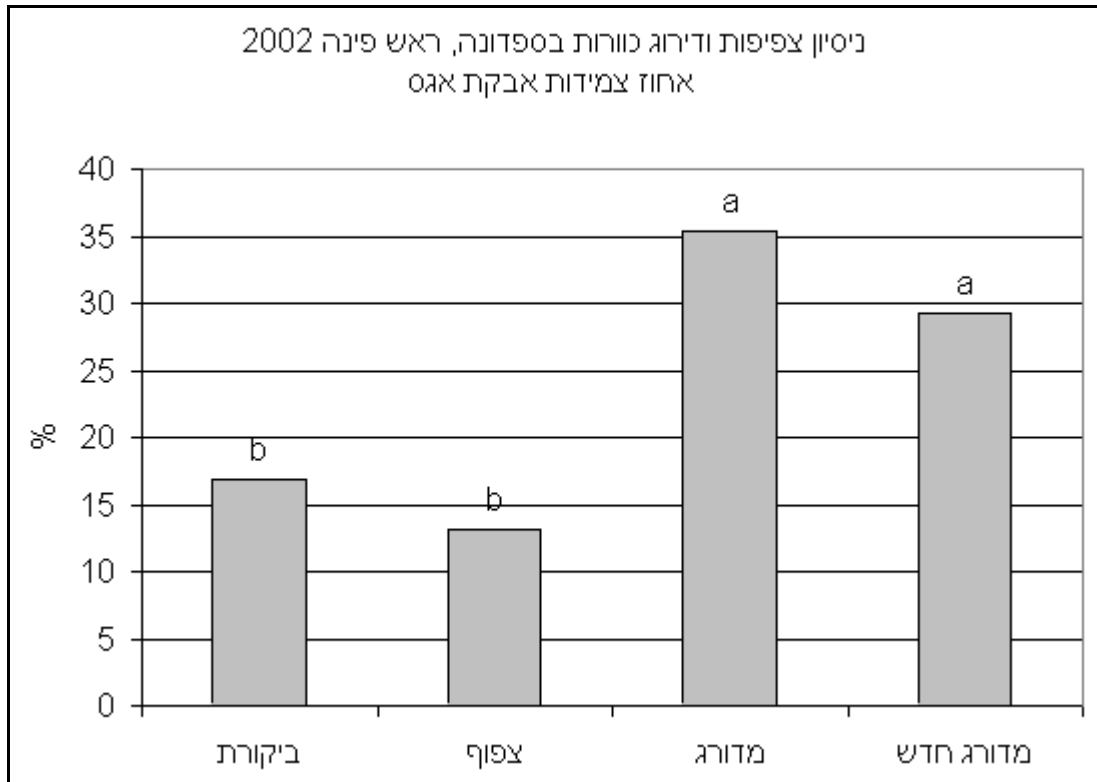


איור 2א': אחוז צמידות אבקת אגס מכלל צמידות האבקה שבכוורת. הנתונים נאספו במטע "אורן" במהלך עונת הפריחה. התוצאות הינן ממוצעים של 4 כוורות לטיפול (טיפול "מדורג חדש" = מחצית שניה של כוורות בטיפול המדורג שהוכנסה ב- 11 למרץ).

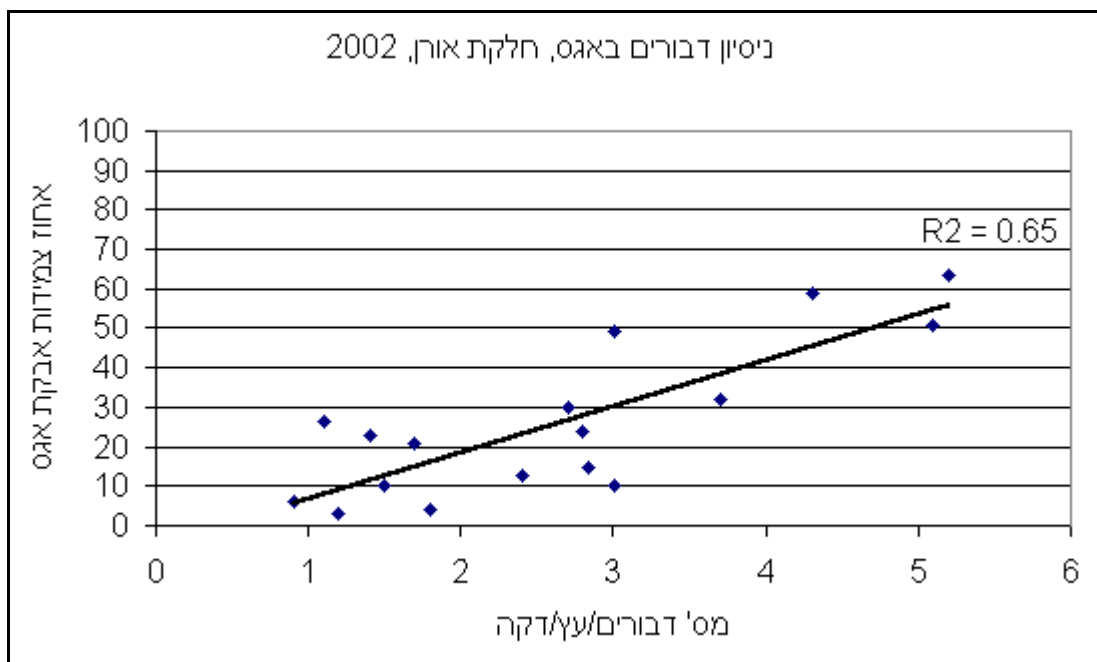




**איור 2ב': ממוצע אחוז צמידות אבקת אגס מכלל הצמידות שבכוורת, שנאספו במהלך עונת הפריחה במטע אורן, 2002. כל טיפול הוא ממוצע של 4 כוורות X 8 ימי בדיקה.**



**איור 2ג': המתאם בין מס' הדבורים לעץ (נתוני איור 2א) לבין אחוז צמידות אבקת האגס מכלל הצמידות שנאספו בכוורת (נתוני איור 2ב). הנקודות שבמתאם הינן ממוצעים של 3 טיפולים (ביקורת, צפוף ומדורג חדש) X 6 ימי בדיקה (10-15 למרץ)**



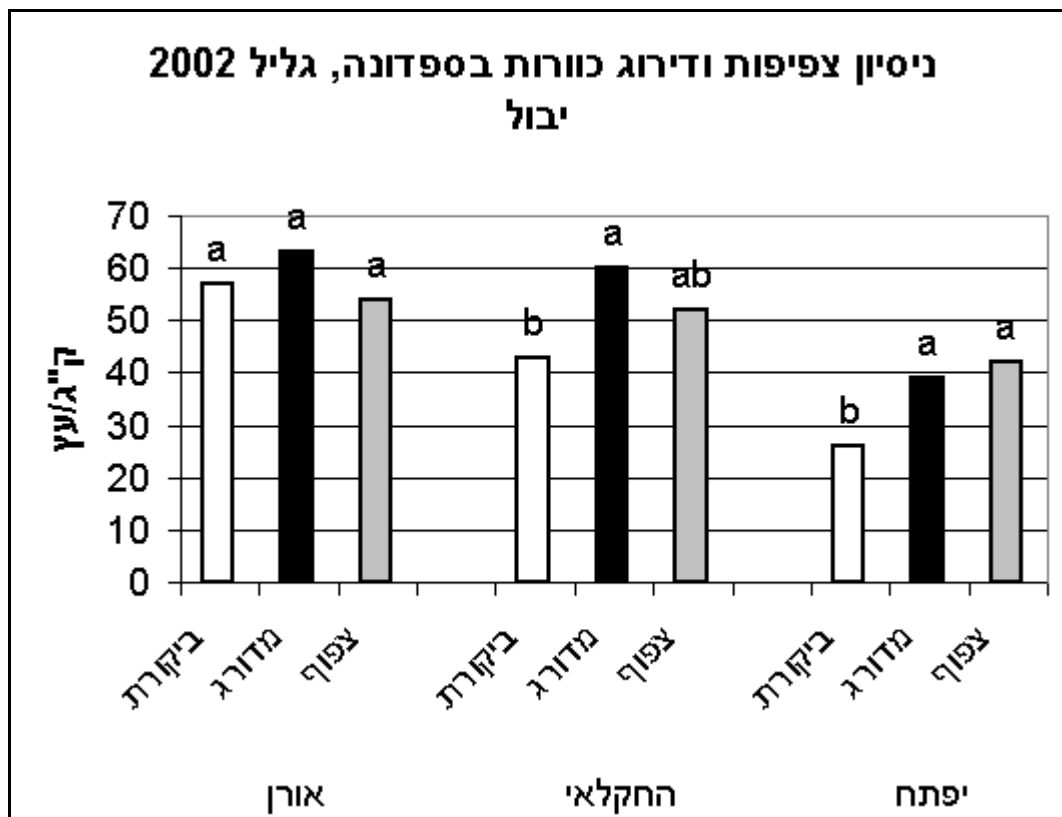
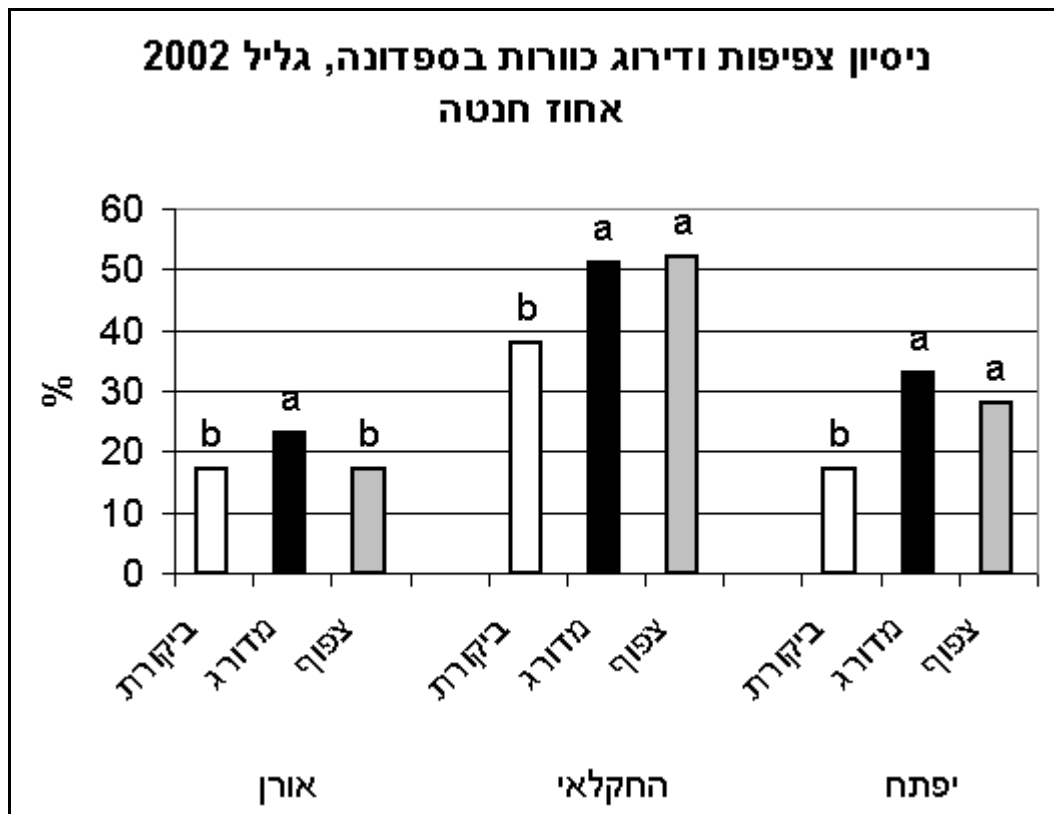
## אחוזי חנטה ויבול

### הצבה מדורגת:

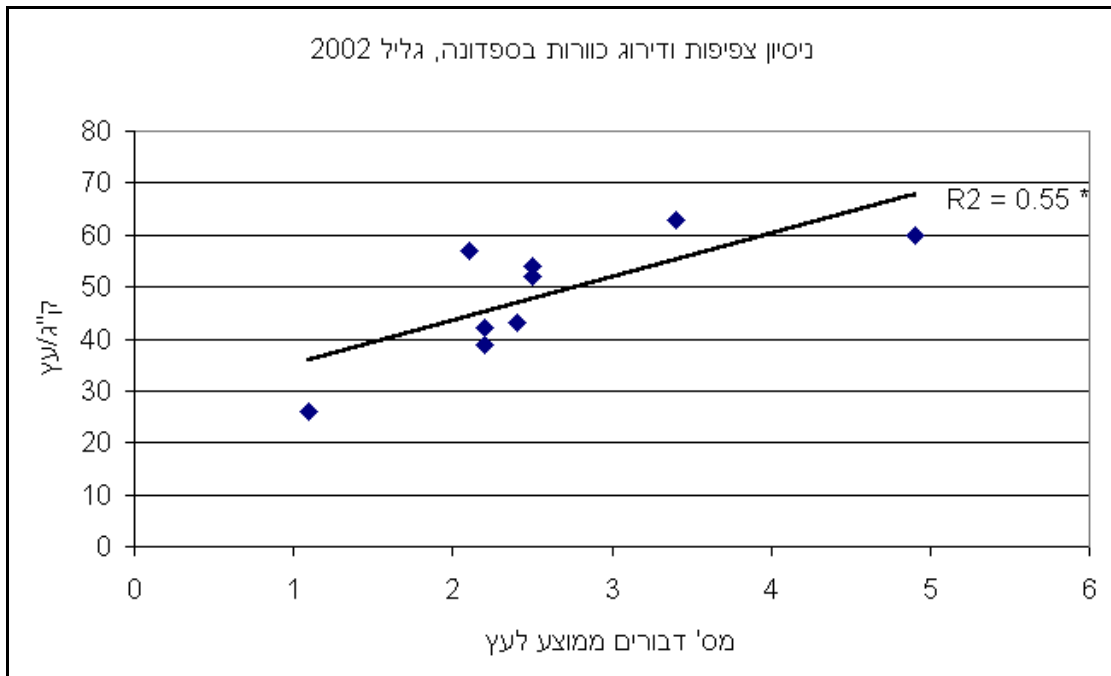
כתוצאה מפעילות מוגברת יותר של דבורים בטיפול המדורג שהתבטאה במס' גבוה של דבורים לעץ, בניידות גדולה של דבורים בין השורות ובאיסוף אבקת אגס גבוהה בשלושת הימים המרכזיים של שיא הפריחה, התקבלו אחוזי חנטה גדולים יותר באופן מובהק בכל שלושת מטעי הניסוי (איור 3). עם זאת, רק ביפתח ובהחקלאי התקבלה גם תוספת משמעותית ומובהקת של היבול הסופי. באורן, התוספת היתה שולית, כנראה עקב היבול הגבוה של הבקורת (57 ק"ג/עץ) שלא איפשר תוספת גדולה מעבר לכך. המיתאם החיובי והמובהק (איור 4) שהתקבל בין מס' הדבורים הממוצע לעץ לבין גובה היבול בכל 9 הטיפולים (3 מטעים X 3 טיפולים) מעיד על חשיבות הדבורים בהאבקת פרחי האגס לצורך קבלת יבולים טובים. גם מס' הזרעים הממוצע שהתקבל בפירות הטיפול המדורג, שהיה גבוה ואף מובהק בהשוואה למספרם בטיפול הביקורת ובטיפול הצפוף (6.4, 5.2, ו-5.4 בהתאמה), מעיד על פעילות הדבורים הגבוהה ויעילות ההאבקה המשופרת שהושגה בשל כך.

### הצבה כפולה:

בטיפול הצפוף התוצאות פחות עקביות: במטע אורן לא היתה כל תוספת חנטה או יבול, אך בשני המטעים האחרים (יפתח והחקלאי) היתה תוספת משמעותית למרות שבהחקלאי לא ניתן להסביר תוספת זו בעליית פעילות הדבורים (איור 3). מכל מקום נראה שהגברת צפיפות הכוורות לא תורמת יותר מהדירוג ויש לזכור כי בדירוג השתמשנו במחצית הכוורות שבטיפול הצפוף (כמו הבקורת). מכאן שבשלב זה ניתן להסתפק במספר כוורות נמוך כמו בבקורת (1: 4) אך יש לדרג את הכנסתן למטע. בשנה הבאה ניבחן צפיפות גבוהה יותר (1: 2) לעומת רגילה (1: 4) אך בשני הטיפולים יוכנסו הכוורות בדירוג, כיוון שברור לנו שהצבה מדורגת עדיפה.



איור 4: המיתאם בין מס' הדבורים הממוצע לעץ (בשלושת הימים של תקופת שיא הפריחה) לבין גובה היבול לעץ. הנתונים הם משלושה מטעים (אורן, החקלאי, יפתח)  $3 \times X$  טיפולים למטע (צפוף, מדורג, ביקורת), 2002.



### בחינת מפריים לספדונה

פוטנציאל ההפריה של הזנים השונים לספדונה נבחן בשתי רמות :

1. לאחר האבקה טבעית בשורות ספדונה הסמוכות כל פעם לשורת מפרה אחר.
  2. לאחר האבקה ידנית במקורות אבקה שונים.
- פירוט הניסויים מופיע בסעיף חומרים ושיטות.

### האבקה טבעית

פריחת הזנים המפריים קוסציה, גינטיל וספדוצינה חפפה היטב את פריחת הספדונה. בדיקת שיעור החנטה בענפים המסומנים נערכה כשלושה שבועות לאחר שיא הפריחה (לפני נשירת יוני). כל הטיפולים נערכו באזור הטיפול המדורג של הכוורות, בשורות ספדונה שהיו בעלי עוצמת פריחה דומה ומול שורת מפרה שהיתה עם פריחה חזקה.

**טבלה 3: השפעת המפרה על אחוזי החנטה, גובה היבול ותכונות הפרי של עצי הזן ספדונה לאחר האבקה טבעית במטע, אורן 2002.**

מפרה	חנטה (%)	יבול (ק"ג לעץ)	משקל פרי ממוצע (גר')	מס' זרעים לפרי
קוסציה	59.8 a	63 a	93 b	5.8 ab
ספדוצינה	61.3 a	63 a	115 a	6.6 a
גינטיל	47.1 b	42 b	100 ab	4.5 b

תוצאות באותו הטור המלוות באותיות שונות, נבדלות זו מזו באופן מובהק  $P=0.05$

המימצאים מעלים שהספדוצינה (כמפרה) נתנה אמנם יבול דומה לקוסציה (כמפרה) אך גודל הפרי שהעניקה לספדונה היה טוב יותר. יתכן וזה נובע ממספר זרעים גדול יותר בפרי הספדונה, המעיד ככל הנראה על יכולת הפרייה גבוהה יותר של הספדוצינה (יבול דומה אך עם פרי גדול מעיד בד"כ על פחות פירות לעץ. יתכן ובעומס כזה גבוה של פירות היה דילול רב יותר בעצי "טיפול הספדוצינה", שקוזז ע"י גודל פרי).

הגינטיל נתן את אחוזי החנטה הנמוכים ביותר לספדונה. כך גם ביבול הסופי. מספר הזרעים הנמוך שהתקבל בפירות הספדונה נותן הסבר ליעילות ההפרייה הנמוכה של הגינטיל. למרות הנ"ל, משקל הפרי שהתקבל היה גבוה במקצת מהקוסציה, אך הוא נובע כנראה מעומס יבול נמוך משמעותית מהקוסציה שהשפעתו היתה חזקה ממספר הזרעים בפרי.

חיזוק ליכולת ההפרייה הגבוהה בספדוצינה קבלנו מניסוי הנבטת אבקה. נמצא שגרורי אבקה הספדוצינה נבטו בשיעורים של 64% בהשוואה ל- 54% בקוסציה ול- 41% בלבד בספדונה. הגינטיל לא נבדק.

#### טבלה 4: אחוז נביטת גרגרי האבקה

זן	% נביטה
ספדונה	41 b
קוסציה	54 a
ספדוצינה	64 a

#### האבקה ידנית

פירוט הניסוי מופיע בחומרים ושיטות. בדיקת שיעורי החנטה הראשונית בענפים מסומנים נבדקה כשלושה שבועות לאחר ההאבקה הידנית במקורות אבקה שונים. בדיקה נוספת של מספר פירות (חנטה סופית) נערכה סמוך לקטיף.

#### טבלה 5: השפעת המפרה על אחוזי החנטה, מספר הפירות הסופי ותכונות הפרי על עצי הזן ספדונה, לאחר האבקה ידנית במקורות אבקה שונים, אורן 2002.

מספר זרעים בפרי	קוטר פרי בקטיף (מ"מ)	ס"ה מס' הפירות הסופי בקטיף	חנטה סופית (%)	חנטה ראשונית (%)	מפרה
5.8 a	51.5 a	81	11.4 a	58.0 a	ספדוצינה
3.5 b	48.5 b	56	7.7 b	40.3 b	קוסציה
3.3 b	46.9 c	48	7.2 b	38.3 b	גינטיל
0.9 c	46.7 c	9	1.1 c	4.8 c	ספדונה-ידני <sup>1</sup>
0.7 c	45.6 c	3	0.2 c	1.8 c	ספדונה-טבעי <sup>2</sup>

תוצאות באותו הטור המלוות באותיות שונות, נבדלות זו מזו באופן מובהק,  $P=0.05$ .

<sup>1</sup> ספדונה – ידני = האבקה עצמית ידנית בתוך התפרחת המכויסת.

<sup>2</sup> ספדונה – טבעי = כיוס תפרחות הספדונה ללא פעולת האבקה ידנית.

התוצאות שהתקבלו (טבלה 5) דומות לתוצאות ניסוי ההאבקה הטבעית ואף מחזקות אותן. בעיקר לאור העובדה שההאבקה בוצעה ידנית ולכן מקור האבקה הוא וודאי בהשוואה להאבקה הטבעית שלמרות קירבת המפרה לספדונה אין בטחון מוחלט שדווקא הוא זה שהאביק. שוב נראה שספדוצינה היתה המצטיינת והפעם באופן בולט ומובהק יותר: אחוזי חנטה ראשונית וסופית גבוהים יותר, יבול פירות כללי גבוה יותר, פרי גדול יותר ומספר זרעים הרב ביותר. הקוסציה והגינטיל היו דומים בכל הפרמטרים של החנטה והיבול פרט לגודל הפרי שהיה גדול יותר בקוסציה.

בהקשר לגינטיל ניתן לראות שכאשר מואבק ידנית, בעודף אבקה, הוא איננו נופל מהקוסציה במרבית הפרמטרים ולכן יתכן שבניסוי של ההאבקה הטבעית החסרון שלו נבע יותר מבעיית האבקה של דבורים ופחות מאיכות אבקה.

### **התאמה גנטית בין הספדונה למפריים המסחריים**

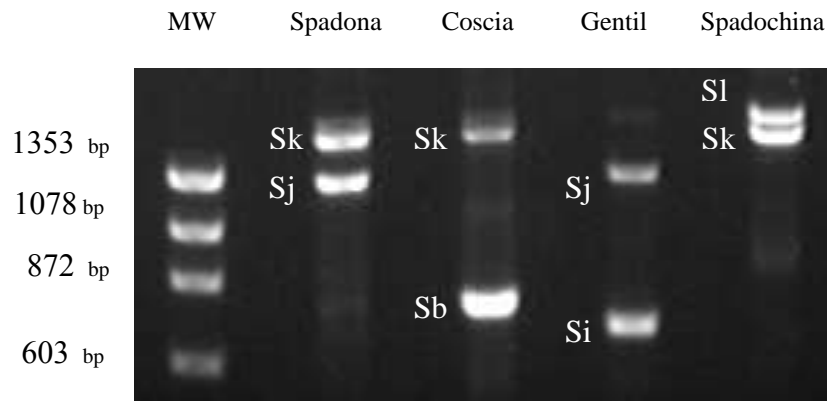
מטרת חלק זה של העבודה היתה לאפיין את אללי S של ארבעת זני האגס (ספדונה, קוסציה, גינטיל וספדוצינה) כדי לבחון את מידת ההתאמה הגנטית של הזנים המפריים לספדונה ברמה המולקולרית.

אפיון אללי S באמצעות PCR תלוי בכך שרצף אללי S של כל זן וזן ידוע על מנת שניתן יהיה לייצר עבורם תחלים ייחודיים. אללי ה-S של אגסים אירופיים טרם בודדו אך צפוי על פי עבודות בורדניים אחרים, כמו תפוחים ואגס יפני, כי קיים דמיון רב בין אללי S של אגסים ואללי S של מנגנון אי ההתאם הגמטופיטי שכבר אופינו ברמת ה-DNA. על פי מידע זה סונטזו תחלים הנושאים רצפים "שמורים" באללי S ואמצעות PCR בודדו מקטעים מתוך אללי S של זני האגס. רצף המקעים נקבע ועל פיו יוצרו תחלים ייחודיים לכל אלל ואלל. נמצא שלכל אחד משלושת הזנים המפריים ישנו אלל אחד משותף עם הספדונה (תמונת PCR). משמעות הדבר היא שכל שלושת המפריים הינם בעלי התאם חלקי בלבד עם הספדונה. במילים אחרות, 50% מגרגרי אבקת הזנים הנ"ל לא יכולים, גנטית, להפרות את הספדונה. ממצא ראשוני וייחודי זה יכול אולי להסביר את היבולים הנמוכים שמתקבלים במטעי הספדונה בארץ. כ"כ יכולים ממצאים אלו לתת הסבר אפשרי לפרי הקטן שמתקבל. כידוע, גודל הפרי מושפע בין השאר גם ממספר הזרעים שבו. כאשר ההפריה אינה מושלמת, מתקבלים פחות זרעים (פחות מ-10), הפרי קטן יותר ולעיתים אף מעוות במקצת.

מסקנות ראשונות מהמימצאים הנ"ל:

1. חיפוש אחר זן אגס אחר שיהיה בעל התאם גנטי מלא עם הספדונה.
2. שיפור פעילות הדבורים במטע כדי להתגבר על בעיית ההתאם החלקי.

## תמונת PCR עם פריימרים אוניבריסאליים



נראים זוג האללים שזוהה עבור כל אחד מהזנים הנבדקים, והתאמת אחד האללים מכל זן לספדונה.

### איפיון ההורה המאביק

באמצעות אנליזה של אללי S ניתן גם לקבוע מי מבין הזנים במטע הפרה את הפרח. לשם כך נערכת בשלב זה בדיקת אבהות של הצאצאים שהונבטו מהאגס. זרעים מהאגס של הזן המופרה טבעית וידנית (ספדונה) הוכנסו לאכמנה ב-4 מעלות למשך 3 חודשים. הזרעים הונבטו לאחרונה ב-25° ומהעלים הראשונים יופק בקרוב DNA. על גבי ה-DNA תתבצע אנליזה של אללי S. צפוי כי מבין שני אללי S המצויים בנבט, אחד יהיה ממקור אמהי של הזן המופרה והאחר יהיה ממקור אבהי של הזן המפרה, כך ניתן יהיה לאתר את הזן שאבקותו הפרתה.

### השפעת המרחק מהמפרה על החנטה והיבול בזן ספדונה

אחוזי החנטה והיבול בספדונה נבדקו במרחקים הולכים וגדלים משורת הקוסציה: שורה ראשונה – צד פונה למפרה, שורה ראשונה – צד נגדי למפרה, שורה שניה, שורה שלישית ושורה רביעית (בהמשך החלקה היו עוד 4 שורות ספדונה שעמדו אף הן מול שורת קוסציה נוספת אך בתמונת ראי).

נמצא שבצד הפונה למפרה התקבלו אחוזי חנטה גבוהים באופן מובהק בהשוואה לצד הנגדי לו (טבלה 6). לעומת זאת לא היה הבדל בין הצד הנגדי לכל שאר השורות. בדיקת היבול הראתה יתרון מובהק לשורה הסמוכה למפרה בהשוואה לשאר השורות.



טבלה 6: אחוזי החנטה וגובה היבול בשורות ספדונה, במרחקים הולכים וגדלים משורת המפרה – קוסציה, אורן 2002.

מס' זרעים בפרי	יבול (ק"ג/עץ)	חנטה (%)	טיפול
	*65.8 a	62.3 a	שורה 1 – פונה לקוסציה
		46.9 b	שורה 1 – נגדי לקוסציה
	54.3 b	43.8 b	שורה 2
	50.7 b	41.4 b	שורה 3
	55.4 b	43.6 b	שורה 4

\* שני צידי השורה נקטפו יחד.

### האבקה עצמית מול זרה בזן קוסציה

כדי בחון האם גם לקוסציה תכונה של אי התאם עצמי מוחלט כפי שיש לזן ספדונה, ערכנו ניסוי האבקה ידנית עם שני טיפולים בלבד: האבקה עצמית של קוסציה מול האבקה זרה עם אבקת ספדונה. מבנה הניסוי ואופן ביצועו - כפי שפורט בחומרים ושיטות לגבי האבקה ידנית בספדונה. נמצא שבניגוד לספדונה יש האבקה עצמית בקוסציה והיא אף גבוהה יחסית (25% חנטה ראשונית), אך כאשר הואבקה פרחי הקוסציה בהאבקה זרה עלו שיעורי החנטה הראשונית ל-75%.

תופעה דומה ראינו גם בתפוח מוזן זהוב. בשנה הבאה ניבחן את הקוסציה כזן אמהי בהקף גדול יותר – האבקה טבעית + ידנית, מקורות אבקה שונים, התאמה גנטית וכד'.

### המסקנות המדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר

1. לשלב ההאבקה בפוריות האגס תפקיד חשוב ומכריע בקבלת יבול מסחרי. נמצא שהגברת פעילות הדבורים על העצים (מספרם לעץ וניידותן בין השורות בטכניקה של הצבת כוורות מדורגת) משפרת מאוד את החנטה והיבול. עם זאת, הגברת הצפיפות בלבד, ללא דירוג, לא שיפרה את היבולים. לפיכך ניבחן בשנה הבאה את הגברת הצפיפות (1:2) לעומת יחס כוורות רגיל (1:4) כאשר שני הטיפולים יוצבו בדירוג.
2. אפיון אללי S של כל ארבעת הזנים המסחריים העלה שההתאמה הגנטית ביניהם הינה חלקית בלבד. בשלב ראשון, נבחן את התפלגות האללים בצאצאי הפירות שהתקבלו לאחר האבקה טבעית וידנית במקורות השונים. בשלב שני, ננסה לאפיין את אללי S של זני אגס חדשים הנמצאים באוסף, כדי לחפש זן בעל התאם גנטי מלא עם הספדונה.