

**שיפור ההאבקה וההפריה במטעי האגס של ישראל
ע"י תוספת דבורי בומבוס ואיתור מפרה מצטיין
לשיפור פוריות ולהגדלת פרי**

דו"ח מסכם לשנים 2007-2009

**Increasing fertility and fruit size of 'Spadona'
and 'Coscia' pear by improving pollination and
fertilization with better pollinators (Bumble
bees) and pollenizers (new cultivars)**

מוגש ע"י רפי שטרן, מרטין גולדווי, ענת זיסוביץ

Raphael Stern, Northern R&D, Kiryat Shmona, 11016

Martin Goldway, MIGL, Kiryat Shmona, 11016

Anat Zisovich, MIGAL, Kiryat Shmona, 11016

דצמבר 2009

תקציר :

האגס שייך למשפחת הוורדניים וקיימת בו, כמו בהרבה מיני וורדניים אחרים, תופעת אי התאם עצמי, שלא מאפשרת לו לחנוט פרי לאחר האבקה עצמית. כתוצאה מכך תלויים זני האגס באופן מוחלט בזנים מפרים ובפעילות חרקים מאביקים (דבורים). כאשר אין מפרה מתאים (אבקה זמינה וחיונית ובעלת התאם גנטי), או כאשר פעילות ההאבקה של הדבורים איננה מספקת, הפוריות המתקבלת נמוכה, והעצים אינם מממשים את מלוא פוטנציאל היבול. בעשור האחרון עומד היבול השנתי הארצי הממוצע על כ-1.5 טון/דונם בלבד מתוך פוטנציאל של 4-5 טון/דונם. כדי להתגבר על בעיה קשה זו של פוריות נמוכה החלטנו להתמקד בשלבי ההאבקה וההפריה שנראים לנו קריטיים במכלול התהליכים המביאים בסופו של דבר ליצירת פרי. מניסויי האבקה (ידנית ופתוחה) שערכנו עם שני הזנים המסחריים היחידים שקיימים היום במטעים (ספדונה וקוסציה) ועם שני המפרים המסחריים שלהם (ג'נטיל וספדוצ'ינה) למדנו כי יש הבדלים משמעותיים בפוטנציאל ההפריה של הזנים השונים. כך למשל נמצא כי לזן ספדוצ'ינה יש יתרון גדול כמפרה הן לספדונה והן לקוסציה, למרות שנמצא כבעל התאם גנטי חלקי בלבד עם שניהם. הצטיינותו כמפרה באה לידי ביטוי בעיקר בכושרו להגדיל את הפרי (מטקסניה?) על אף שלא הגדיל את מספר הזרעים. מאפיון גנטי שערכנו לכל ארבעת הזנים הנ"ל מצאנו שכל המפרים המסחריים של הספדונה והקוסציה הינם בעלי התאם גנטי חלקי בלבד איתם, ולכן פוטנציאל היבול שיכול להתקבל מאותם מפרים נמוך.

מטרות המחקר :

כדי להתגבר על בעיית ההתאם הגנטי החלקי, שמביא לפוריות נמוכה ולפרי קטן, בחרנו לפעול בשתי אסטרטגיות שונות במקביל: 1 – איתור מפרה בעל התאם גנטי מלא. 2 – הגדלת פעילות חרקים מאביקים לשיפור האבקה שתפצה על ההתאם החלקי.

תוצאות השנתיים הראשונות :

האבקה עם דבורי בומבוס – שיפרנו מאוד את פעילות הבומבוסים על העצים ע"י כך שהכנסנו את הכוורות כשבוע לפני הפריחה. תוספת ההאבקה הזרה ע"י דבורי הבומבוס הגדילה את מספר הזרעים לפרי. כתוצאה מכך התקבלה חנטה גבוהה יותר, שהביאה לשיפור היבול הכללי לעץ ולהגדלת קוטר הפרי.

אפיון ההתאמה הגנטית בין זנים שונים – המשכנו לאפיין גנטית את האללים של זנים נוספים, שהם בעלי פוטנציאל טוב כמפרים לספדונה ולקוסציה.

האבקה ידנית עם מפרים שונים – האבקנו ידנית פרחי ספדונה, ולראשונה גם קוסציה, עם אבקת מפרים שונים. מצאנו שבדומה לספדונה בשנה שעברה, גם בקוסציה ישנה הפריה טובה הרבה יותר לאחר האבקה עם מפרה בעל התאם גנטי מלא, כמו "לאוסן" מקבוצת האגס האירופי (*P. communis*), "אוסוי" מקבוצת האגס היפני (*P. pyrifolia*) או זריע של *P. betulifolia* לעומת מפרה בעל התאם חלקי. עובדה זו התבטאה בשיעורי חנטה גבוהים יותר, במספר גבוה יותר של זרעים לפרי ובקוטר פרי גדול יותר.

מבוא ותאור הבעיה:

רווחיות האגסים נמצאת בשנים האחרונות בירידה מתמדת עקב פוריות לקויה וגודל פרי קטן מדי. מניסויים שעשינו לאחרונה למדנו כי שתי הסיבות המרכזיות לכך הן: א – שיעורי האבקה זרה בלתי מספקים, שנובעים מאטרקטיביות נמוכה של פרחי האגס לדבורים. ב – תקלות שונות בתהליכי ההפריה, שנובעות מאי התאם גנטי חלקי בין הספדונה והקוסציה לבין המפריים המסחריים של כל אחד מהם. הצורך בהאבקה זרה הינו קריטי לנוכח העובדה שזני האגס הגדלים בארץ עקרים לעצמם, ועל כן זקוקים להאבקה זרה כדי לחנוט ולשאת פרי. ממצאים קודמים בתפוח ובשזיף, שסובלים אף הם מבעיה דומה, הראו כי ניתן להעלות את היבולים בעשרות אחוזים ע"י העלאת שיעורי ההאבקה וההפריה באמצעות דבורים, וע"י מציאת מפרה מתאים לכל זן. יצאנו מההנחה כי גם באגס ניתן יהיה להעלות את היבולים מממוצע ארצי של 1.5 טון/ד' כיום לממוצע של כארבעה טון/ד'. כתוצאה מכך תוכפל הכנסת החקלאים, והתוספת לכלל הענף תגיע לעשרות מליוני ₪.

מטרת המחקר המוצע כאן היתה לבחון את ההיפותזה של העלאת היבולים וגודל הפרי דרך –

1. **הגדלת שיעורי ההאבקה הזרה** ע"י תיגבור דבורי דבש בדבורי בומבוס, שיפצו על ההתאם הגנטי החלקי בין הספדונה והקוסציה לבין המפריים המסחריים שלהם.
2. **התאמת מפרה אופטימלי** לספדונה ולקוסציה ע"י אפיון גנטי של הזנים המפריים החדשים, וע"י ניסויים בהאבקות ידניות.

הנחנו כי האבקה והפריה משופרות יביאו למספר רב יותר של זרעים בפרי, וכתוצאה מכך יתקבלו שיעורי חנטה ויבול גבוהים ופרי גדול.

מטרות המחקר:

שיפור היבולים וגודל הפרי באגסי ספדונה וקוסציה ע"י הגדלת שיעורי ההאבקה הזרה (בעזרת תוספת של דבורי בומבוס) וע"י איתור מפרה אופטימלי בעל התאם גנטי מלא עם כל אחד מהזנים.

I. שיפור ההאבקה ע"י תוספת של דבורי בומבוס (BB)

מבוא

בניסוי הקדמי שנעשה בשנים 2005 ו-2006 במטעי האגס של ראש פינה (גליל עליון) ולביא (גליל תחתון) נמצא כי תוספת של כוורות דבורי בומבוס (Bumble Bee = BB) ביחס של 1:1 (כוורת אחת לדונם) על רקע של דבורי דבש שהוכנסו למטעים בהצבה מדורגת של 1:4 (כוורת אחת ל-4 דונם) הביאה להגברת חנטה ולשיפור יבולים בשני זני האגס – ספדונה וקוסציה. נראה כי הסיבה העיקרית לשיפור החנטה נבע מכושרה של דבורת הבומבוס לפעול גם בטמפרטורה נמוכה מ-15 מעלות, שהיא סף הפעולה התחתון של דבורת הדבש. עם זאת ישנן ככל הנראה סיבות נוספות ליעילותה של ה-BB כמאביקה, כמו למשל חוסר תקשורת בין הפרטים שמונע העברת אינפורמציה על גידול אטרקטיבי יותר שנצמא בסמוך למטע האגס, וכן מספר גבוה מאוד של פרחים מבוקרים בהשוואה לדבורת הדבש (ב-2006 מצאנו כי ה-BB ביקרה ב-40 פרחים בממוצע לדקה בהשוואה ל-10 פרחים בלבד שבוקרו ע"י דבורת הדבש). כמו כן נראה כי יעילות ההאבקה של ה-BB גבוהה יותר במפגש עם הפרח עקב גודלה הכפול מדבורת הדבש, מה שמאפשר מגע מצוין בין גופה הגדול שנושא את גרגרי האבקה הרבים לבין הצלקות שאמורות לקבל את האבקה. בשנת 2007 (שנת המחקר הראשונה של קרן המדען) ביקשנו להרחיב ולבסס את תוצאות הניסוי הראשוני במטעים נוספים המיצגים אזורי גידול שונים כמו דרום רמת הגולן והרי הגליל העליון.

חומרים ושיטות

הניסוי נערך ב-4 מטעים המייצגים ארבעה אזורי גידול שונים:

1. מטע אורן שבראש פינה
 2. מטע רמת מגשימים שבדרום רמת הגולן
 3. מטע יונתן שבדרום רמת הגולן
 4. מטע מלכיה שבהרי הגליל העליון
- בכל מטע נבדק טיפול "BB" מול טיפול "ביקורת". ה"ביקורת" הכילה כוורת דבורי דבש בלבד שהוכנסו בדרוג וביחס סופי של 1:4. טיפול ה"BB" הכיל בנוסף לדבורי הדבש שהוכנסו כנ"ל גם כוורת של BB שהוכנסו חד פעמית, בתחילת הפריחה, וביחס של 1:1 (כוורת לדונם). בשני מטעים ("ראש פינה" ו"יונתן") נבחנה גם צפיפות נמוכה יותר של BB, כך שהיו שם בפועל 3 טיפולים: ביקורת, BB 1:1 ("צפיפות גבוהה" של כוורת לדונם), ו-BB 2:1 ("צפיפות נמוכה" של כוורת לשני דונם).
- המרחק בין טיפול לטיפול בכל מטע היה כ-300 עד 400 מ', כדי לא לאפשר ערבוב של אוכלוסיות דבורים מטיפולים שונים. (כוורת דבורי דבש מכילה כ-50 אלף פרטים לעומת כוורת BB שמכילה רק כ-100 פרטים).

המדדים שנבדקו

1. מס' דבורים לעץ – מעקב יומי אחר מספר הדבורים/עץ/דקה ומספר בומבוסים/עץ/דקה בכל אחד משני הטיפולים ובכל אחד מהמטעים, במטרה לעקוב אחר פעילות וגם לעמוד על יחסי גומלין אפשריים (שליליים או חיוביים) בין דבורי דבש לדבורי בומבוס.
2. מעקב חנטה – סומנו 2000 פרחים לטיפול (50 פרחים לענף X 4 ענפים לעץ X 10 עצים) בספדונה (בצד הפונה לקוסציה) ובקוסציה (בצד הפונה לספדונה). מעקב אחר החנטה הראשונית נערך כשלושה שבועות לאחר שיא הפריחה. חנטה סופית נבדקה לקראת הקטיפה.
3. יבול לעץ – נבדק באותם 10 עצים מסומנים.
4. גודל פרי ממוצע – מתוך מדגם של 100 פירות אקראיים לעץ X 10 עצים.
5. מספר זרעים לפרי – מתוך 20 פירות בגודל אחיד לעץ.

תוצאות 2007

למרות תוצאות ראשוניות חיוביות שהתקבלו במטעי לביא וראש פינה בשנים 2005 ו-2006 (שטרן וחוב', 2006 עלון הנוטע 60: 265-268), לא הצלחנו לחזור עליהן ב-2007. אם בשנים הראשונות היו לנו בממוצע כ-2.0 דבורי בומבוס/עץ/לדקה בטיפול ה-BB, שהביאו לשיפור ניכר בחנטה, ביבול ואף בגודל הפרי, הרי שב-2007 היו לנו בממוצע רק 0.2 דבורי בומבוס/עץ/לדקה בטיפול ה-BB, כלומר רק עשירית ממספרם הצפוי (טבלה 1). עם זאת יש לציין שבביקורת לא היתה אף לא דבורת BB אחת.

מספר נמוך זה של BB נצפה בכל אחד מארבעת המטעים שנבדקו, ולכל אורך עונת הפריחה. על אף מזג האוויר הקריר והחורפי שאופיין בעונות רבה עם טמפרטורות מקסימום מתחת ל-15

מעלות במחצית הראשונה של הפריחה : 13-22/3/07 (איור 1) ונתן יתרון פוטנציאלי לדבורי הבומבוס על פני דבורי הדבש שפעילותם היתה כצפוי נמוכה (בגלל ה"חורף"), כמעט ולא נראו דבורי בומבוס על העצים. תופעה משונה זו הובאה לידיעת מפעל BioBee שבשדה אליהו אשר מספק לנו את הכוורות כל שנה. בהתייעצות איתם, ועל סמך תצפיות שערכנו על תדירות כניסתן ויציאתן של דבורי הבומבוס מהכוורות, נראה שמשוהו בכוורות עצמן לא היה תקין (בשנים קודמות זיהינו עשרות כניסות ויציאות לכוורת במהלך דקה, ואילו ב-2007 זיהינו תנועת BB דלילה ביותר). עם זאת, למרות פעילות BB נמוכה מאוד על העצים ניתן לראות שצפיפות גבוהה יותר של כוורות BB הביאה להגדלה תואמת ומובהקת של מספר BB לעץ לדקה : הכפלת מספר הכוורות מיחס של 1:2 ("צפיפות נמוכה") ליחס של 1:1 ("צפיפות גבוהה") הכפילה את מספר ה-BB על העצים : מ-0.2 ל-0.4 ביונתן ומ-0.1 ל-0.2 בראש פינה (טבלה 1). מכאן ניתן להסיק שעל אף הפעילות הנמוכה שהיתה ב-2007, בכל זאת למדנו שעדיף להכניס כוורות בומבוס בצפיפות גבוהה של 1:1, ולא לרדת לצפיפות נמוכה יותר של 1:2 (לפחות עד שיוכח אחרת).

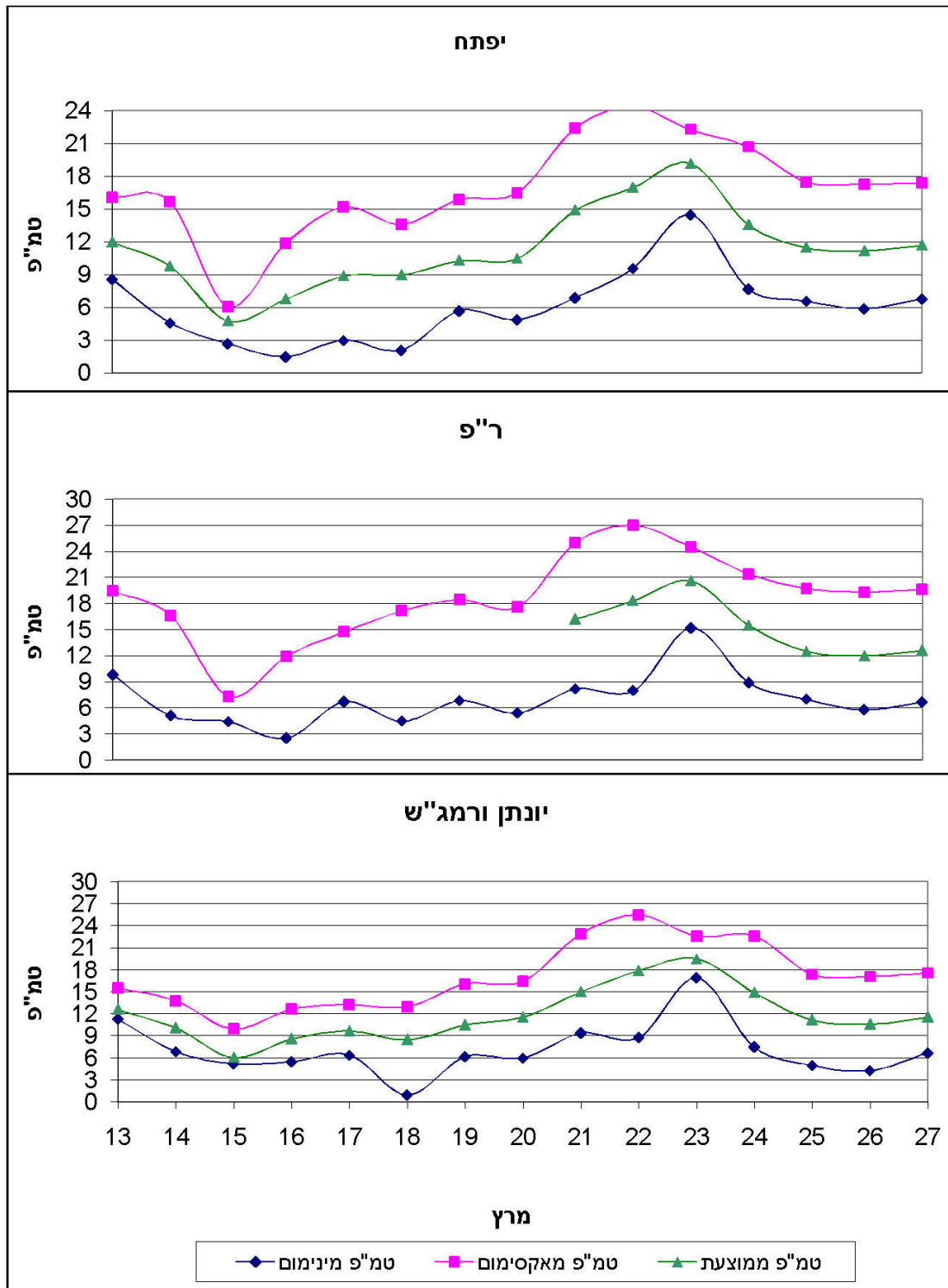
טבלה 1. מספר ממוצע של דבורי בומבוס לעץ ליום בשנת 2007.

מטע	טיפול	ממוצע דבורים יומי	ממוצע בומבוסים יומי
רמגי"ש	בומבוס 1:1	2.7 a	0.3 a
	ביקורת	3.5 a	0.0 b
יפתח	בומבוס 1:1	2.3 a	0.3 a
	ביקורת	2.7 a	0.0 b
יונתן	בומבוס 1:1	2.1 b	0.4 a
	בומבוס 1:2	3.1 a	0.2 b
	ביקורת	2.3 b	0.0 c
ראש פינה	בומבוס 1:1	2.3 c	0.2 a
	בומבוס 1:2	2.9 b	0.1 b
	ביקורת	4.5 a	0.0 b

תוצאות באותו הטור בכל מטע בנפרד, המלוות באותיות שונות, נבדלות זו מזו באופן מובהק.

כתוצאה מפעילותם הנמוכה של ה-BB על העצים לא בא לידי ביטוי היתרון שלהם בשיפור האבקה וההפריה. ואכן, נראה מטבלאות 2+3 שאחוז החנטה הראשוני, כמו גם אחוז החנטה הסופי (בקטיף), היבול על העץ, גודל הפרי (משקל או קוטר) ומספר הזרעים שבפרי היו דומים בטיפולי ה-BB והביקורת בכל ארבעת המטעים ובשני הזנים – ספדונה וקוסציה.

איור 1. טמפרטורות מינימום-מקסימום והממוצע היומי במהלך הפריחה של האגסים (13-27/3/07) בכל אחד מארבעת המטעים שבניסוי: יפתח, ראש פינה, רמג"ש+יונתן.



טבלה 2. השפעת תוספת של דבורי בומבוס בשנת 2007 על היבול ותכונות הפרי בזן ספדונה.

זרעים/פרי (מס')	גודל פרי		יבול (ק"ג/עץ)	חנטה סופית (%)	חנטה ראשונית (%)	טיפול	מטע
	משקל (גרם)	קוטר (מ"מ)					
2.4 a	102 a	55 a	52 a	7.2 b	25.8 b	בומבוס 1:1	רמג"ש
2.0 a	101 a	53 b	53 a	10.7 a	40.2 a	ביקורת	
2.7 a	102 a	55 a	42 a	5.5 a	28.7 a	בומבוס 1:1	יפתח
3.3 a	95 b	54 a	45 a	6.7 a	27.2 a	ביקורת	
3.9 a	114 a	56 a	58 a	7.5 a	33.8 a	בומבוס 1:1	יונתן
4.0 a	104 a	55 a	62 a	6.7 a	37.2 a	בומבוס 1:2	
4.6 a	111 a	56 a	60 a	8.0 a	37.8 a	ביקורת	
3.2 a	95 a	53 a	56 a	16.4 a	56.2 a	בומבוס 1:1	ראש פינה
3.3 a	100 a	54 a	55 a	15.6 ab	53.1 ab	בומבוס 1:2	
4.2 a	100 a	54 a	47 a	11.4 b	49.4 b	ביקורת	

תוצאות באותו הטור בכל מטע בנפרד, המלוות באותיות שונות, נבדלות זו מזו באופן מובהק.

טבלה 3. השפעת תוספת של דבורי בומבוס בשנת 2007 על היבול ותכונות הפרי בזן קוסציה.

זרעים/פרי (מס')	גודל פרי		יבול (ק"ג/עץ)	חנטה סופית (%)	חנטה ראשונית (%)	טיפול	מטע
	משקל (גרם)	קוטר (מ"מ)					
4.5 b	72 b	47 b	35 a	6.2 a	34.0 b	בומבוס 1:1	רמג"ש
5.4 a	90 a	50 a	35 a	6.6 a	43.6 a	ביקורת	
6.5 a	73 a	48 a	34 a	10.2 a	66.4 a	בומבוס 1:1	יפתח
6.9 a	69 a	47 a	36 a	11.2 a	64.6 a	ביקורת	
5.6 a	85 a	50 a	38 a	8.9 a	29.1 a	בומבוס 1:1	יונתן
6.6 a	77 b	48 b	35 a	10.7 a	34.6 a	בומבוס 1:2	
5.8 a	76 b	48 b	40 a	8.8 a	34.7 a	ביקורת	
5.6 a	58 a	44 a	43 a	12.8 a	49.8 ab	בומבוס 1:1	ראש פינה
5.3 a	63 a	45 a	41 a	10.1 a	43.2 b	בומבוס 1:2	
5.6 a	59 a	43 a	45 a	11.6 a	52.1 a	ביקורת	

תוצאות באותו הטור בכל מטע בנפרד, המלוות באותיות שונות, נבדלות זו מזו באופן מובהק.

ספירות דבורים

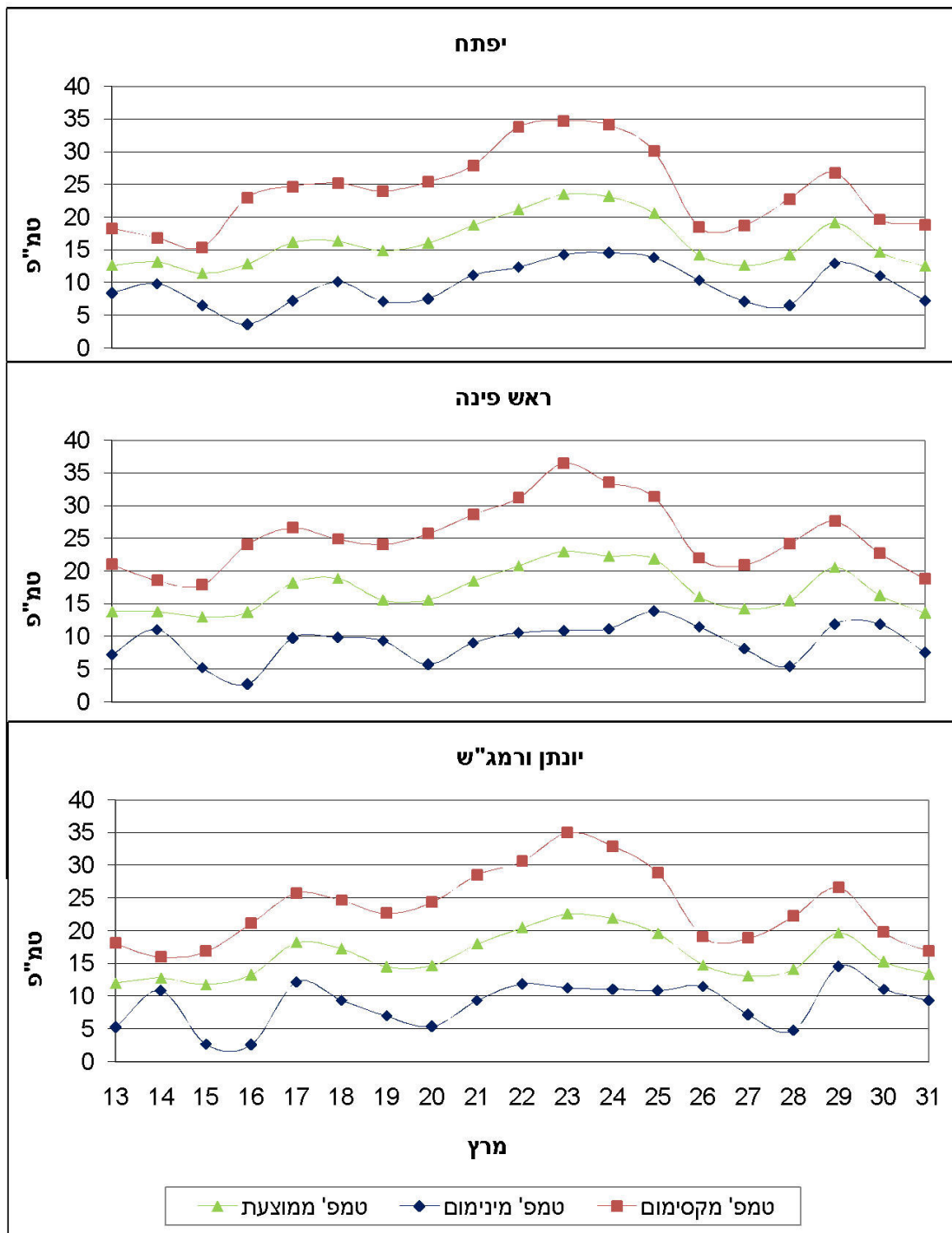
בשנת 2008 חזרנו על אותה מתכונת ניסוי כמו ב-2007, אך עם הבדל אחד משמעותי והוא – מועד הכנסת כוורות דבורי ה-BB. בדיונים שערכנו עם המכורות שבשדה אליהו למדנו כי בניגוד לכוורות דבורי הדבש, שמועדי הצבתן האופטימליים במטע הם בתחילת הפריחה ובשיאה (כדי שלא ירעו במקום אחר ויישארו שם אם יוכנסו לפני הפריחה), הרי שלדבורי ה-BB אין בעיה דומה של "נאמנות" לסוג פרח, שעלולה "לתקוע" אותן מחוץ למטע אם מוכנסות מוקדם מדי, כלומר – לפני פריחת האגס. כמו כן למדנו כי כוורות ה-BB מגיעות אל המטע פחות מוכנות ומלאות בהשוואה לכוורות דבורי הדבש, שמתחילות לעבוד מיד עם הגעתן למטע. לאור זאת הכנסנו ב-2008 את כוורות ה-BB כשבוע לפני תחילת הפריחה הצפויה.

התוצאות המופיעות באיור 2 מצביעות על כך שההיגיון בהכנסה המוקדמת, שאפשר את בניית הכוורת, היה נכון. על אף הטמפרטורות הגבוהות במיוחד ששררו במהלך הפריחה: 15-25/3/08 (איור 2) והקשו מאוד על פעילות דבורי ה-BB, שמעדיפות לפעול בטמפרטורות שמתחת ל-15°C, נצפו השנה יותר BB על העצים בהשוואה ל-2007. בראש פינה היו בשיא הפריחה (17/3) 1.1 דבורי BB לעץ לדקה (איור 3 א'), שהם כמעט פי 10 מהשנה הקודמת. ביפתח, רמת מגשימים ויונתן היתה פעילות נמוכה יותר, אך גם היא היתה בערך פי 5 ממה שהיה בשנה הקודמת (איור 3 ב'-ד'). כל זאת כאמור על אף הטמפרטורות הגבוהות שהיו השנה, שהן מאוד חריגות לעונה ולא אופטימליות כלל לפעולת BB. בביקורת שבכל מטע כמעט ולא נראתה פעילות BB, מה שאומר שמבנה הניסוי היה נכון. לא נמצא הבדל משמעותי בין הצפיפויות השונות של ה-BB בשני המטעים בהם נבדק הנושא (יונתן וראש פינה), אם כי ביונתן נמצא שבמחצית הראשונה של הפריחה היתה פעילות רק על הטיפול הצפוף (1: 1).

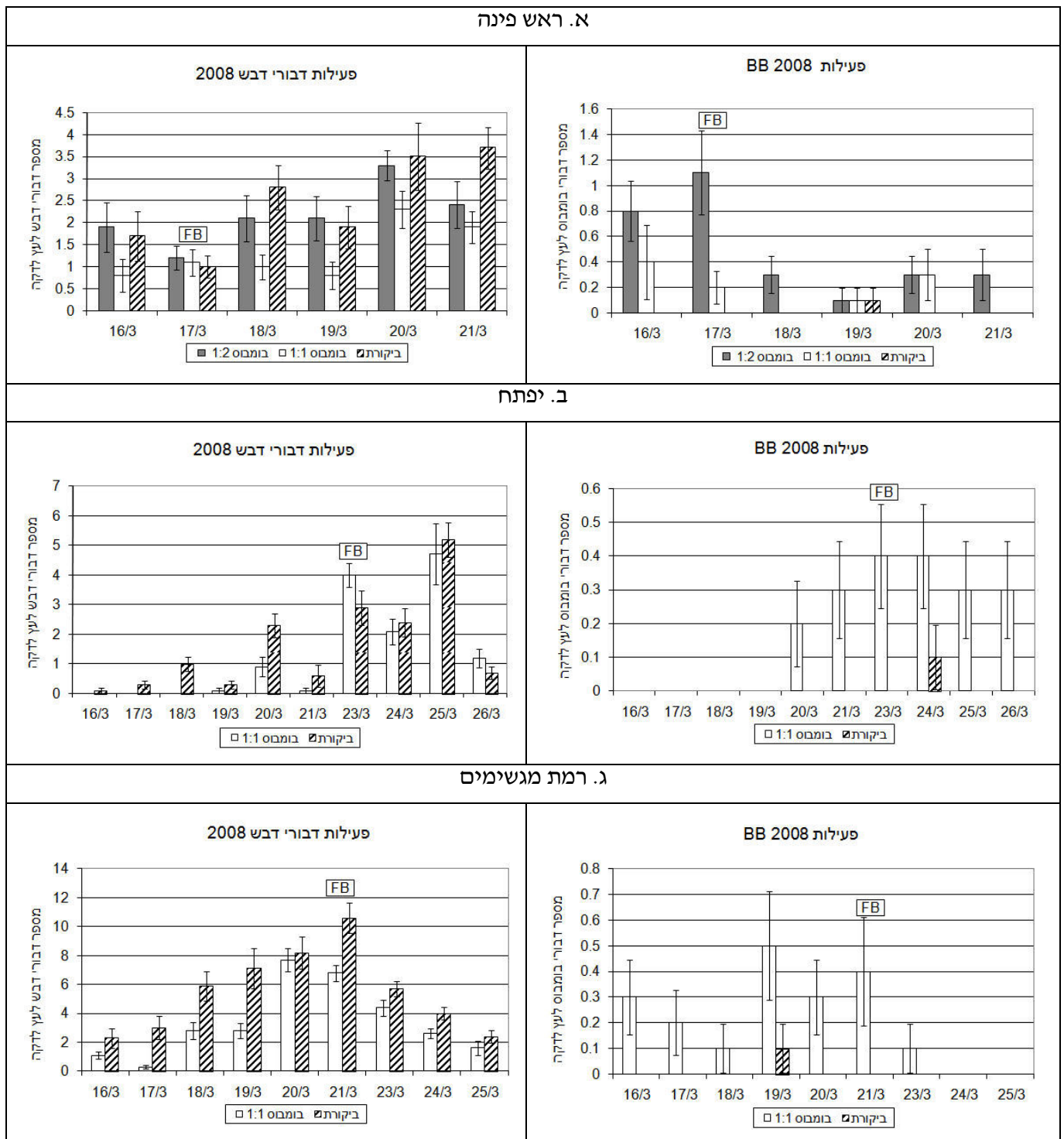
פעילות דבורי הדבש היתה אף היא נמוכה יחסית ב-2008, כתוצאה מהאקלים הקיצוני ששרר במהלך הפריחה. בשיא הפריחה נצפו בסה"כ 1-2 דבורי דבש/עץ/דקה בראש פינה ו-3-4 ביפתח וביונתן. רק ברמת מגשימים נצפתה פעילות טובה ואופטימלית של 10 דבורי דבש/עץ/דקה בשיא הפריחה עם עקום אופטימום קלאסי של עליית פעילות עם התקדמות הפריחה וירידת פעילות משיא הפריחה והלאה.

בכל המטעים לא נראתה דחיקה של דבורי דבש מהעצים כתוצאה מפעילות דבורי BB.

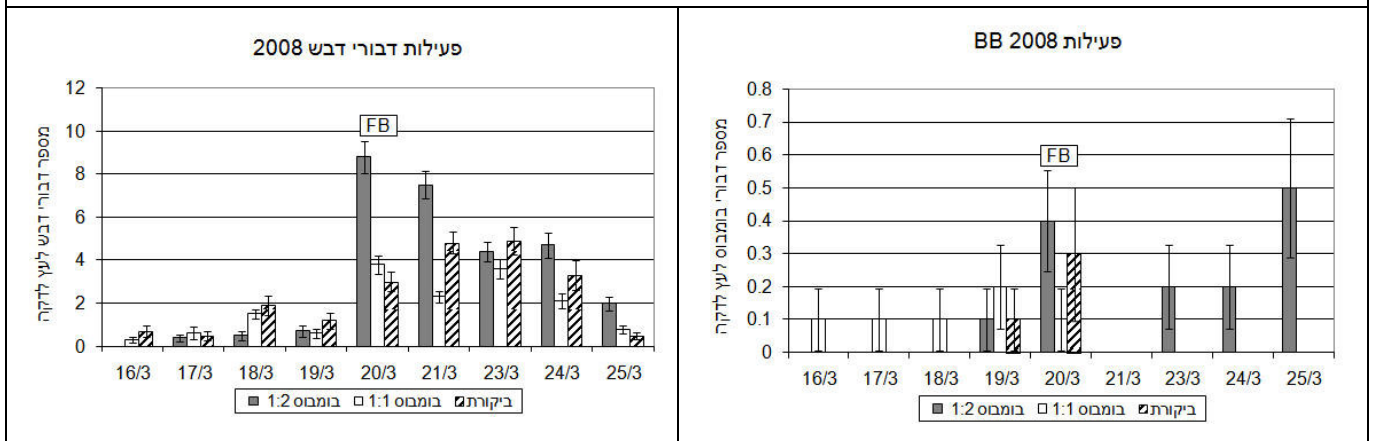
איור 2. טמפרטורות מינימום-מקסימום והממוצע היומי במהלך הפריחה של האגסים (13-31/3/08) בכל אחד מארבעת המטעים שבניסוי: יפתח, ראש פינה, רמג"ש+יונתן.



איור 3. פעילות דבורי בומבוס ודבורי דבש על העצים בארבעת מטעי הניסוי (שיא פריחת ספדונה
 ,FB = עונת 2008.



ד. יונתן



יבולים, גודל פרי ומספר זרעים

כתוצאה מהגברת פעילות ההאבקה ע"י תוספת ה-BB צפינו לראות עלייה ביבולים ושיפור גודל פרי בשני הזנים ובכל המטעים. מדוע זה לא קרה ובאופן גורף? מדוע קיבלנו תגובה חיובית מתונה מאוד, אם בכלל, רק בחלק מהמטעים? הסבר אפשרי לאחר הצגת התוצאות (טבלאות 4+5)

ספדונה (טבלה 4)

ברמג"ש אכן קיבלנו שיפור מובהק בחנטה הראשונית והסופית, שהביאה לשיפור משמעותי אך לא מובהק ביבול ובקוטר הפרי ולהגדלה מובהקת של מספר הזרעים בפרי. **יפתח** התקבל אמנם שיפור מובהק בחנטה הראשונית, אך בכל שאר המדדים – חנטה סופית, יבול, קוטר פרי ומספר זרעים – לא היה כל הבדל. **בראש פינה** קיבלנו יתרון קל מאוד ולא מובהק בחנטה הראשונית והסופית, שהביאה ליתרון משמעותי יותר, אם כי לא מובהק, ביבול. בקוטר הפרי לא היה כל הבדל, ובמספר הזרעים לפרי היתרון היה דווקא לביקורת. **יונתן** לא קיבלנו כל השפעה, לא על החנטה הראשונית והסופית, לא על היבול ולא על קוטר הפרי.

טבלה 4. השפעת תוספת של דבורי בומבוס על שיעורי החנטה, היבול, גודל הפרי ומספר הזרעים בספדונה. הניסוי נערך בארבעה מטעים במהלך 2008.

זרעים/פרי (מס')	גודל פרי		יבול ק"ג/עץ	חנטה סופית (%)	חנטה ראשונית (%)	טיפול	מטע
	משקל (גר')	קוטר (מ"מ)					
2.3 a	125 a	57.2 a	38 a	7.6 a	21.1 a	בומבוס 1:1	רמג"ש
1.8 b	119 a	56.8 a	33 a	4.2 b	13.2 b	ביקורת	
2.2 a	106 a	54.1 a	32 a	7.4 a	11.8 a	בומבוס 1:1	יפתח
2.2 a	108 a	55.2 a	29 a	6.9 a	7.3 b	ביקורת	
3.3 a	112 a	55.5 a	35 a	7.0 a	13.8 a	בומבוס 1:1	יונתן
2.2 b	113 a	55.3 a	33 a	5.6 a	12.9 a	בומבוס 1:2	
3.5 a	109 a	55.2 a	36 a	8.6 a	16.9 a	ביקורת	
2.1 b	127 a	59.9 a	35 a	14.4 a	20.1 a	בומבוס 1:1	ראש פינה
2.7 ab	134 a	59.1 a	37 a	15.5 a	21.8 a	בומבוס 1:2	
3.0 a	126 a	58.7 a	30 a	13.0 a	18.7 a	ביקורת	

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

קוסציה (טבלה 5)

ברמג"ש קיבלנו, בדומה לספדונה, תוספת מובהקת של זרעים לפרי. עם זאת, זה לא בא לידי ביטוי – לא בחנטה, לא ביבול ואף לא במשקל הפרי. **יפתח** התקבל אמנם מספר הזרעים הגבוה ביותר (שהביא גם לקוטר הפרי הגבוה ביתר בהשוואה לשאר המטעים), אך ללא הבדל בין הטיפולים של אותו המטע. **יונתן ובראש פינה** לא קיבלנו כל השפעה ממשית ועקבית על אף אחד מהמדדים שנבדקו.

טבלה 5. השפעת תוספת של דבורי בומבוס על שיעורי החנטה, היבול, גודל הפרי ומספר הזרעים בקוסציה. הניסוי נערך בארבעה מטעים במהלך 2008.

זרעים/פרי (מס')	גודל פרי		יבול ק"ג/עץ	חנטה סופית (%)	חנטה ראשונית (%)	טיפול	מטע
	משקל (גר')	קוטר (מ"מ)					
4.7 a	83 a	49.3 a	30 a	9.6 a	23.6 a	בומבוס 1:1	רמג"ש
3.6 b	83 a	49.1 a	33 a	15.3 a	27.5 a	ביקורת	
5.8 a	96 a	54.8 a	41 a	12.4 a	20.4 a	בומבוס 1:1	יפתח
6.4 a	101 a	54.9 a	37 a	14.3 a	21.6 a	ביקורת	
3.0 a	84 a	49.7 a	40 a	21.2 a	33.1 a	בומבוס 1:1	יונתן
3.0 a	76 a	47.8 a	37 a	17.0 ab	25.7 a	בומבוס 1:2	
2.9 a	82 a	49.7 a	42 a	14.6 b	30.8 a	ביקורת	ראש פינה
3.2 a	79 b	49.1 b	38 a	21.1 b	30.0 b	בומבוס 1:1	
2.4 a	82 b	48.9 b	36 a	17.2 b	26.8 b	בומבוס 1:2	ביקורת
3.0 a	95 a	51.7 a	35 a	26.8 a	39.4 a	ביקורת	

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

הסיבה העיקרית לכך שכמעט ולא קיבלנו עליית יבולים, שיפור גודל פרי ו/או תוספת זרעים לפרי נובעת ככל הנראה מהאקלים השרבי שפקד את הארץ מסוף מרץ ועד אמצע אפריל (איור 2). כתוצאה מהטמפרטורות הגבוהות ($< 35^{\circ}\text{C}$) נפגע קשות תהליך ההפריה, אם באופן ישיר, ע"י עצירת נביטת הנחשונים בעמוד העלי, ואם באופן עקיף ע"י עיכוב תהליך הפוטוסינתזה, שהפחית מאוד את ייצור המוטמעים הנדרשים מאוד בשלב זה לצורך הגדילה וההתפתחות הראשונית של החנטים. המספר הנמוך במיוחד של הזרעים בפרי נובע אולי מחוסר יכולתם של הנחשונים להגיע לביציות לצורך ההפריה, אך ייתכן גם שהוא נובע מהפלת העובר כתוצאה מהטמפרטורות הקיצוניות. מכל מקום, המספר הנמוך של הזרעים שנוצרו בפרי גרם לשתי תופעות במקביל: האחת – נשירת חלק ניכר מהפירות, ולכן היבול הכללי היה השנה נמוך במיוחד, והשנייה – התפתחות איטית מאוד של הפרי והגעה לגודל בינוני בלבד למרות עומס היבול הנמוך בעץ.

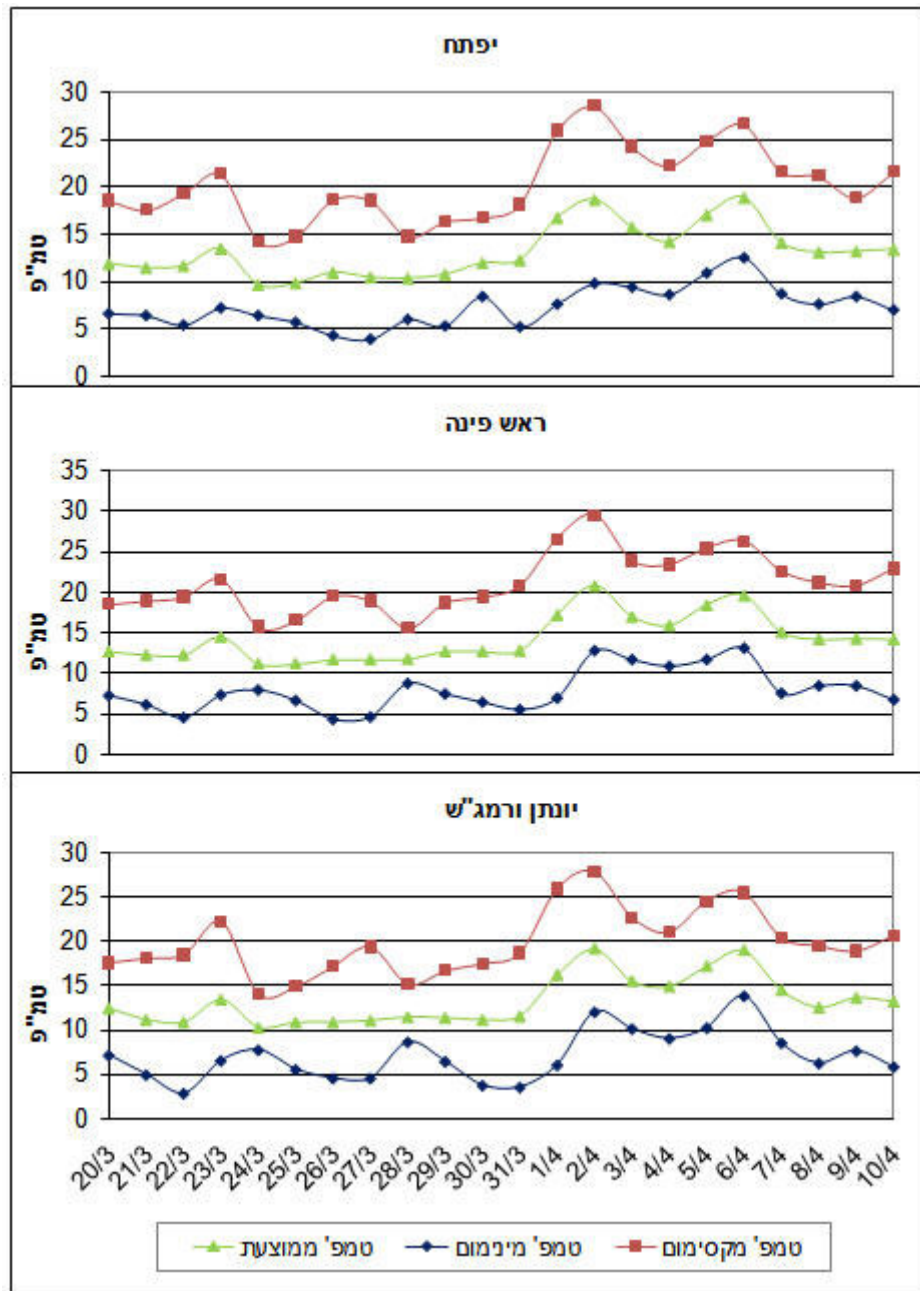
תוצאות 2009

ספירת דבורים

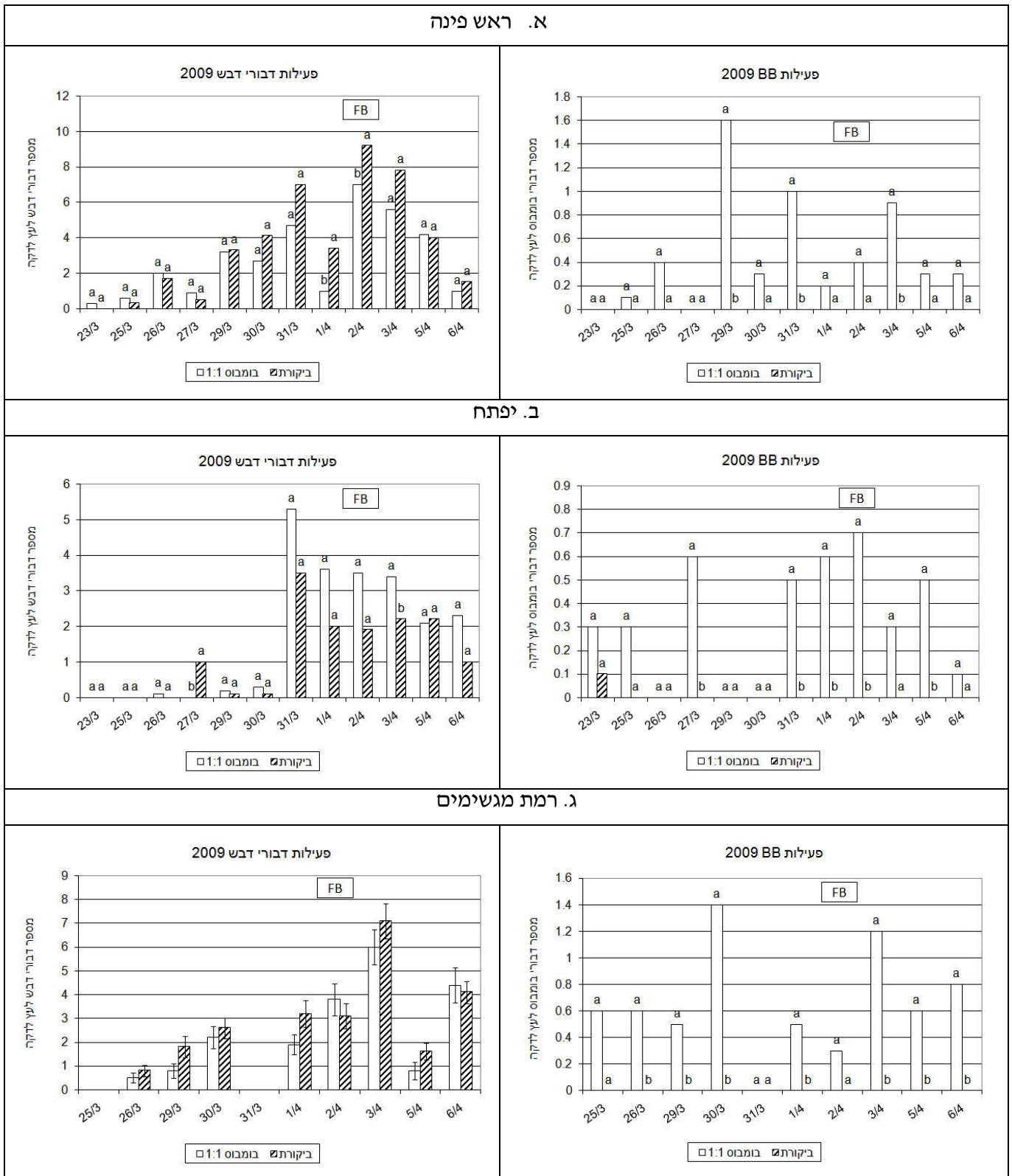
בשנת 2009 חזרנו על אותה מתכונת ניסוי כמו ב-2008, בהבדל אחד – בראש פינה בדקנו רק צפיפות אחת (גבוהה) לעומת ביקורת, ולא שתי צפיפויות כמו בשנים קודמות. בניגוד ל-2008

שהתאפיינה בפריחה מוקדמת וקצרה מאוד עקב שרב כבד במהלך הפריחה ולאחריה (איור 1), עונת 2009 היתה נורמלית. הטמפרטורות היו נוחות מאוד להאבקה – מעט קריר בשבוע האחרון של חודש מרץ (מחצית ראשונה של הפריחה) אך חמים ומתאים יותר לפעילות דבורים בתחילת אפריל (איור 3) כאשר הפריחה הגיעה לשיאה. בדומה ל-2008 נמצא כי הכנסה מוקדמת של כוורת דבורי הבומבוס כשבוע לפני תחילת הפריחה היתה מוצדקת, וה- BB הגיעו "מוכנות" לפעילות על עצי האגס ברגע שהחלה הפריחה. תוצאות פעילות ה- BB בכל ארבעת המטעים מראות כי במרבית תקופת הפריחה היו למעלה מ-0.5 BB לעץ לדקה, ובמקרים מסוימים אף נצפו בסביבות BB 1 /עץ/דקה ואף יותר מכך (תוצאה טובה יותר מהשנתיים הראשונות). למעט מקרים בודדים לא נראו דבורי BB בעצי הביקורת. צפיפות נמוכה יותר של כוורת BB (2: 1 לעומת הסטנדרט של 1: 1) (נבדקה השנה רק ביונתן (איור 4 ד')). בדומה ל-2008 נמצא כי פעילות ה- BB על העצים במחצית הראשונה של הפריחה היתה נמוכה יותר בצפיפות הנמוכה (2: 1) בהשוואה לצפיפות הגבוהה (1: 1). במחצית השנייה, כלומר משיא הפריחה והלאה, הפעילות היתה דומה למדי. פעילות דבורי הדבש היתה אף היא גבוהה יותר השנה בהשוואה ל-2008, והגיעה למספרים המקובלים משנים קודמות בהן לא היו אירועי שרב: עלייה הדרגתית בכל הטיפולים מדבורה אחת/עץ/דקה בתחילת הפריחה ועד לכ-8 דבורים בשיא הפריחה, כשלאחריה שוב ירידה הדרגתית ומתונה (איור 4 א', ג', ד'). זהו עקום אופטימום קלאסי של עליית פעילות עם התקדמות הפריחה וירידת פעילות משיא הפריחה והלאה. ביפתח לא היתה משום מה כל פעילות דבורי דבש במחצית הראשונה של הפריחה (איור 4 ב'). שוב לא נראתה דחיקה של דבורי דבש מהעצים כתוצאה מפעילות דבורי BB.

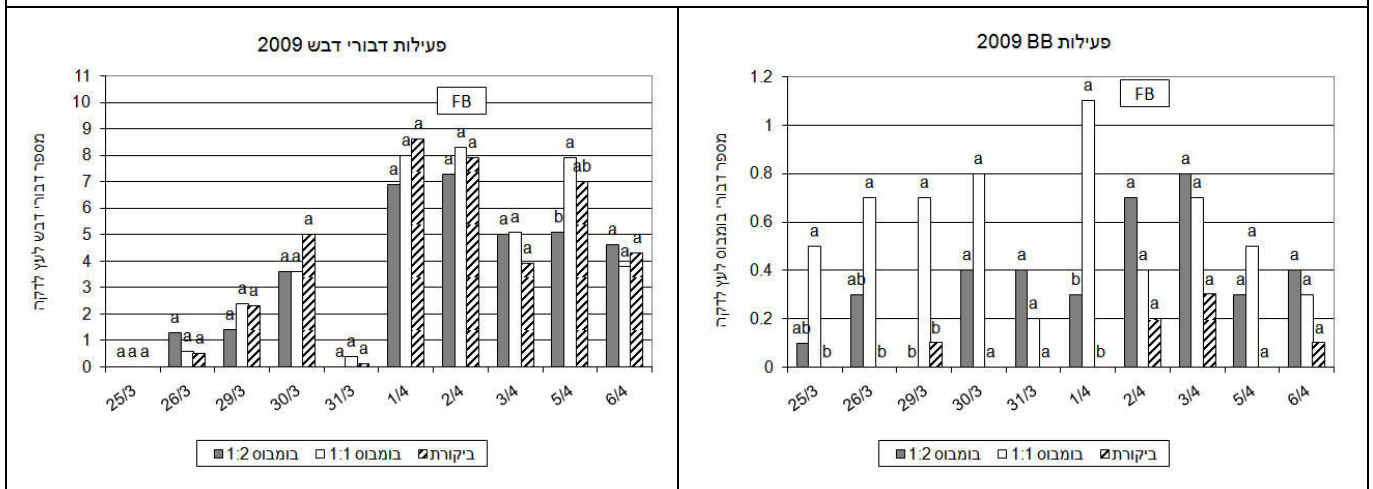
איור 3. טמפרטורות מינימום, מקסימום וממוצע יומי במהלך הפריחה של האגסים (23/3/09 - 6/4/09) בכל אחד מארבעת המטעים שבניסוי: יפתח, ראש פינה, רמג"ש+יונתן).



איור 4. פעילות דבורי בומבוס ודבורי דבש על העצים בארבעת מטעי הניסוי (שיא פריחה של ספדונה = FB), עונת 2009.



ד. יונתן



יבולים, גודל פרי ומספר זרעים

א. ספדונה

היבול הכללי של הספדונה ב-2009 היה גבוה בכל הטיפולים. הוא עמד על ממוצע של כ-50 ק"ג/עץ (5.5 טון/ד') בכל המטעים (טבלה 6). למרות זאת בשניים מתוך ארבעת המטעים שנבדקו הצליחו טיפולי ה-BB להגדיל עוד את היבולים. ביפתח התקבלה תוספת לא מובהקת של כ-20% ביבול, ובראש פינה התקבלה תוספת מובהקת של 17% לעומת הביקורת. על אף היבול הגבוה בראש פינה, התקבלו באותם עצים פירות גדולים יותר באופן מובהק מהביקורת. הסיבה לכך נובעת כנראה ממספר הזרעים הגבוה יותר שהתקבל לפרי: 3.8 בטיפול ה-BB לעומת 3.0 בביקורת, כלומר תוספת של 27% (בדומה לתוספת בכל שלושת המטעים הנוספים). תרומת הזרעים לגודל הפרי הומחשה בעבר בניסויי האבקה ידנית שעשינו (בהמשך הדו"ח), והיא נראית גם בניסויי ה-BB (2007-2009) שהם למעשה צילום מצב של האבקה טבעית (איור 5). נראה כי להשפעת הזרעים על גודל הפרי חשיבות גדולה יותר כאשר מספרם בפרי נמוך (1-5). במספר גבוה יותר, של 6 זרעים ומעלה, ההשפעה על גודל הפרי מתמתנת (איור 5 א'). מאחר שבמרבית פירות הספדונה (מכל המטעים) היו 1-3 זרעים בלבד לפרי (איור 7 א'), כל תוספת של זרע לפרי תרמה מאוד לגודלו. כל זרע תרם בממוצע 0.33 מ"מ לגודל הפרי (איור 5 ב'), אך במספר זרעים נמוך התרומה היתה גדולה יותר ממספר זרעים גבוה (איור 5 א'): תוספת של כ-1 מ"מ לזרע לעומת תוספת של כ-0.1 מ"מ לזרע בהתאמה). עם זאת יש לציין שתרומת הזרעים לגודל הפרי נראתה רק בראש פינה וברמג'יש (טבלה 6). בשאר המטעים (יפתח ויונתן) התקבלו אמנם שוב יותר זרעים לפרי, אך הם לא שיפרו את גודלו. יתכן שהגורם לכך הוא "מגבלת מוטמעים", כלומר עומס היבול הגבוה יותר שהיה ביונתן וביפתח בטיפולי ה-BB שהקשה על הפרי לממש את פוטנציאל הגודל. [אמנם גם בראש פינה היה עומס יבול גבוה יותר בטיפול ה-BB, שלא הפריע למימוש גודל הפרי, אך העצים שם גדולים יותר מביונתן (90 עצים/ד' מול 125 עצים/ד'), ולכן יכלו לשאת בקלות רבה יותר את עומס היבול].

ב. קוסציה

בזן קוסציה התוצאות שהתקבלו היו פחות ברורות ועקביות. הסיבה העיקרית לכך היא מספר הזרעים הגבוה שהתקבל בפירות הקוסציה בהשוואה לספדונה – ממוצע של 6-7 זרעים לפרי לעומת 2-3 בלבד בספדונה (טבלה 6 א'+ב'). כתוצאה מכך לא היה מקום רב לשיפור. ואכן ניתן לראות שבמטעים בהם מספר הזרעים לפרי בביקורת היה נמוך יחסית, כמו בראש פינה למשל (5.4 זרעים לפרי), טיפול ה-BB שיפר את ביצועי המטע בכל הפרמטרים שנבדקו: תוספת של 24% במספר הזרעים, שהביאה לתוספת מובהקת של 12% למשקל הפרי ול-25% ביבול הכללי. גם במטע יונתן היה מספר זרעים נמוך יחסית בביקורת (6.0), ולכן טיפולי ה-BB העלו את מספר הזרעים לפרי. אך שם משקל הפרי לא עלה (ואף ירד), אולי עקב עומס היבול הגבוה שהיה על עצים אלה שהיווה גורם מגביל לגידול הפרי. לעומת זאת, במטעים בהם מספר הזרעים בביקורת היה גבוה, כמו ברמגי"ש למשל (7.7 זרעים לפרי), לא התקבלה כל תוספת של זרעים, וממילא גם לא תוספת בשאר הפרמטרים (עם זאת אפשר גם מרמגי"ש לראות את הקשר שבין מספר הזרעים לגודל הפרי וליבול, למרות שבמטע זה הביקורת היתה דווקא טובה יותר). את ההשפעה המתונה יותר של מספר הזרעים על גודל הפרי בקוסציה ניתן לראות גם באיור 6 א'+ב'. מנוסחת הקו הישר של איור 6 ב' ניתן לראות שכל זרע תורם בממוצע 0.24 מ"מ לקוטר הפרי (כרבע מ"מ) לעומת 0.33 מ"מ (כשליש מ"מ) שתורם כל זרע בספדונה. בנוסף, אפשר לראות באיור 6 א' שאמנם העקום הפולינומי דומה לזה שבספדונה (תרומה גדולה יותר במספר הזרעים הנמוך בהשוואה לגבוה), אך הוא מתון יותר ופחות מובהק (R^2 נמוך יותר). כמו כן יש לזכור שמרבית פירות הקוסציה היו מעל 5 זרעים, ולכן תרומת כל זרע בשלב הזה של העקומה קטנה יותר.

לסיכום ניתן לומר שלזן קוסציה יש ככל הנראה פוטנציאל גבוה יותר של הפריה בהשוואה לספדונה, ולכן נוצרים בו יותר זרעים לפרי (איור 7 ב'). במילים אחרות, הוא מסוגל ככל הנראה לממש בהצלחה רבה יותר את תהליכי ההפריה באותם תנאי ההאבקה שיש לספדונה. [האם זה נובע מתקינות גבוהה יותר של ביציות הקוסציה? מעמידות גבוהה יותר או כושר נביטה גבוה יותר של נחשוני הספדונה בעמוד העלי של פרחי הקוסציה בהשוואה לנחשוני קוסציה על צלקות פרחי הספדונה?] כתוצאה מכך השפעת טיפולי ה-BB על מספר הזרעים בפרי פחותה בהשוואה לספדונה. היא מתקבלת רק כאשר מספר הזרעים בביקורת הוא נמוך.

לסיכום נושא הבומבוסים ניתן לומר שחשיבותם כתוספת להאבקה גדולה מאוד. נמצא שיש להם את היכולת לשמש כווקטור נוסף לשיפור ההאבקה הזרה, שמביאה ליותר פירות לעץ וליותר זרעים בפרי. כתוצאה מכך היבול עולה וגודל הפרי משתפר. עם זאת, תרומתם לזן ספדונה גדולה יותר מלזן קוסציה.

העובדה שממוצע הזרעים בספדונה עומד על 2-3 זרעים בלבד בכל המטעים (איור 7 א') מלמדת שיש עוד הרבה מקום לשיפור בנושא **ההאבקה**. במקביל יש להמשיך ולחפש מפרה בעל התאם גנטי מלא עם הספדונה והקוסציה לשיפור **ההפרייה**, ועל כך בהמשך הדו"ח (סעיף III).

טבלה 6. השפעת תוספת של דבורי בומבוס על שיעורי החנטה הראשונית, היבול, גודל הפרי ומספר הזרעים בספדונה (א') ובקוסציה (ב'). הניסוי נערך בארבעה מטעים במהלך 2009.

א. ספדונה

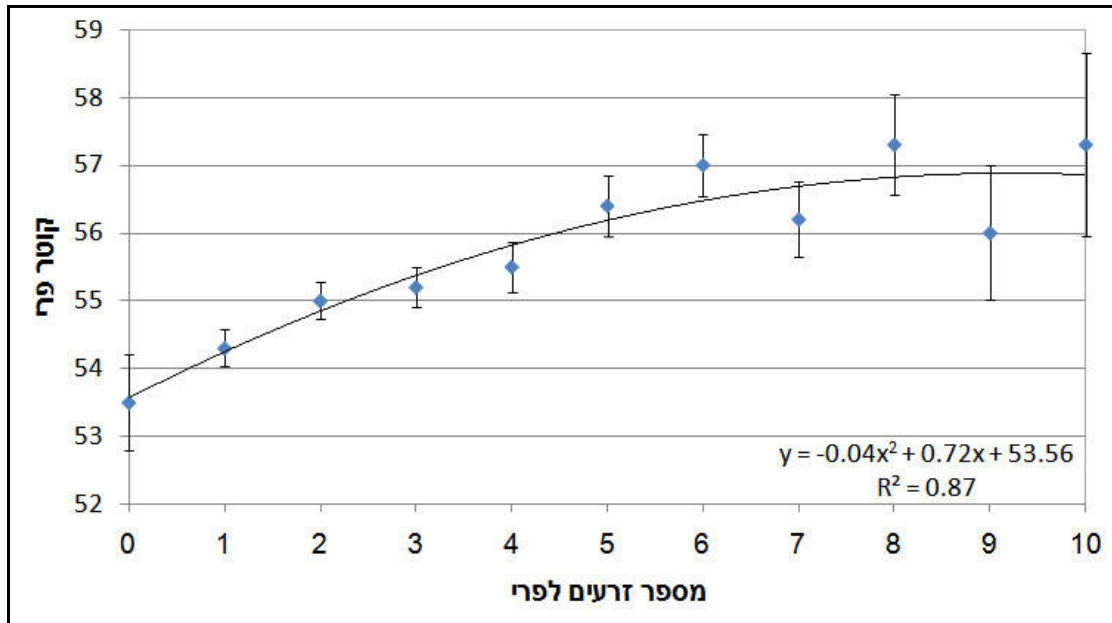
זרעים/פרי (מס')	גודל פרי		יבול (ק"ג/עץ)	חנטה (%)	טיפול	מטע
	משקל (גר')	קוטר (מ"מ)				
3.5 ab	100 a	55.5 a	48 b	12 b	בומבוס 1:1	יונתן
4.0 a	86 b	52.8 b	58 a	16 ab	בומבוס 1:2	
2.9 b	97 a	54.6 a	50 b	18 a	ביקורת	
4.2 a	94 a	54.2 a	47 a	11 a	בומבוס 1:1	רמג"ש
3.2 b	87 b	52.8 a	49 a	10 a	ביקורת	
3.8 a	98 a	55.2 a	56 a	32 a	בומבוס 1:1	ראש פינה
3.0 b	92 b	53.7 b	48 b	17 b	ביקורת	
2.7 a	103 a	55.6 a	51 a	12 a	בומבוס 1:1	יפתח
2.3 a	103 a	55.5 a	43 b	13 a	ביקורת	

ב. קוסציה

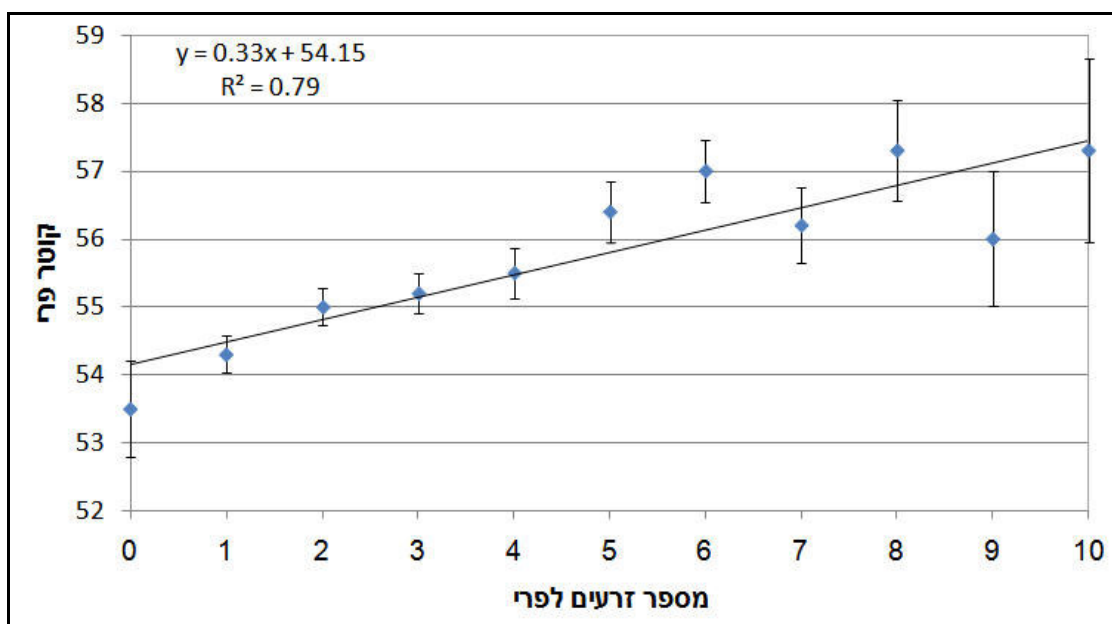
זרעים/פרי (מס')	גודל פרי		יבול (ק"ג/עץ)	חנטה (%)	טיפול	מטע
	משקל (גר')	קוטר (מ"מ)				
8.1 a	60.1 b	44.4 b	48.5 a	23.9 a	בומבוס 1:2	יונתן
6.5 b	69.2 a	47.1 a	37.0 b	28.3 a	בומבוס 1:1	
6.0 b	69.8 a	47.4 a	33.0 b	30.7 a	ביקורת	
7.1 a	54.1 b	43.1 b	43.0 a	27.2 b	בומבוס 1:1	רמג"ש
7.7 a	67.7 a	45.6 a	47.0 a	50.5 a	ביקורת	
6.7 a	64.7 a	46.5 a	45.0 a	32.6 a	בומבוס 1:1	ראש פינה
5.4 b	58.0 b	43.9 b	35.0 b	38.9 a	ביקורת	
7.1 a	76.2 a	49.8 a	43.0 a	42.0 a	בומבוס 1:1	יפתח
6.5 a	76.2 a	49.4 a	41.0 a	31.7 b	ביקורת	

איור 5. המיתאם בין מספר הזרעים לפרי לבין קוטר הפרי בזן ספדונה. הנתונים הם מ-1,446 פירות (50 פירות לטיפול X 2 או 3 טיפולים למטע X 4 מטעים X 3 שנים – 2007,2008,2009). כל נקודה היא ממוצע של כל הפירות עם מספר זרעים נתון. א). עקום פולינומי ממעלה שנייה, ב). עקום לינארי.

א.

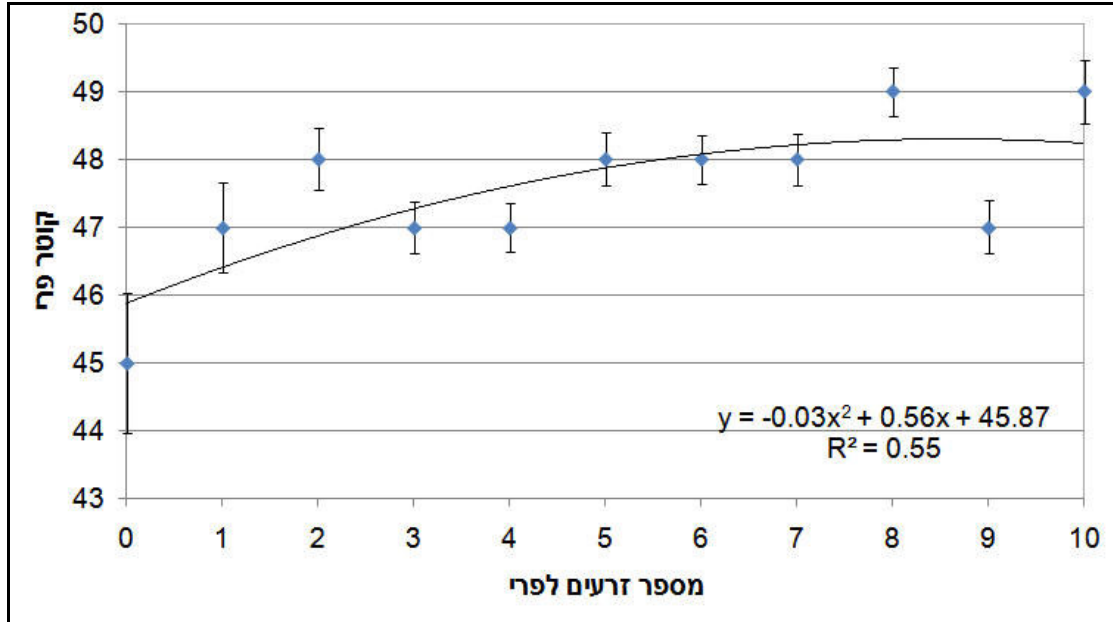


ב.

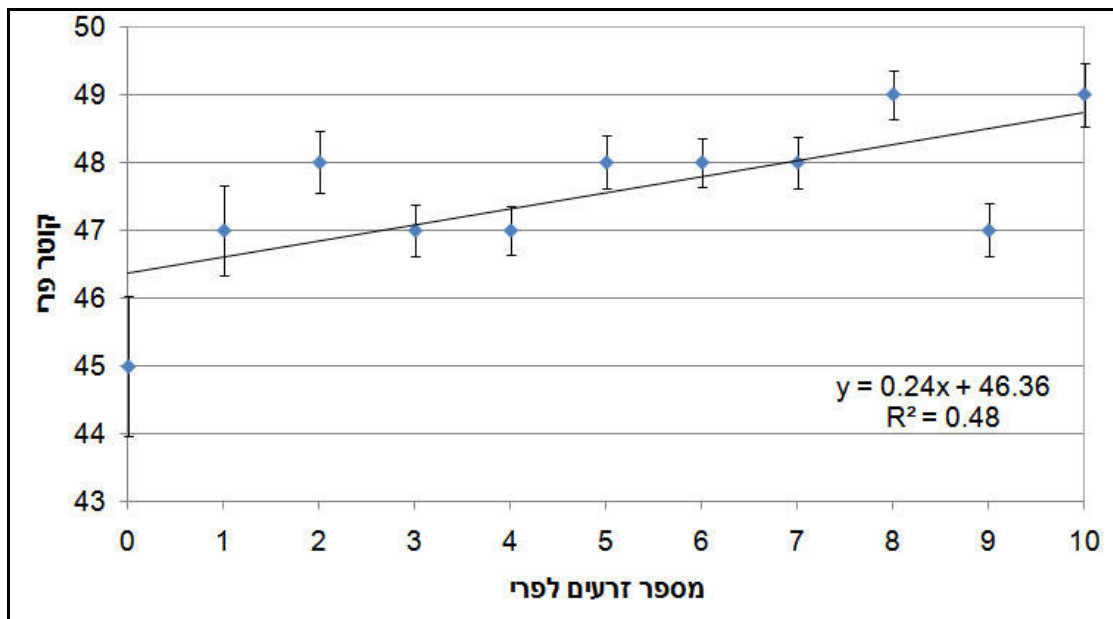


איור 6. המיתאם בין מספר הזרעים לפרי לבין קוטר הפרי בזן קוסציה. הנתונים הם מ-1,446 פירות (50 פירות לטיפול X 2 או 3 טיפולים למטע X 4 מטעים X 3 שנים – 2007, 2008, 2009). כל נקודה היא ממוצע של כל הפירות עם מספר זרעים נתון. (א). עקום פולינומי ממעלה שנייה, (ב). עקום לינארי.

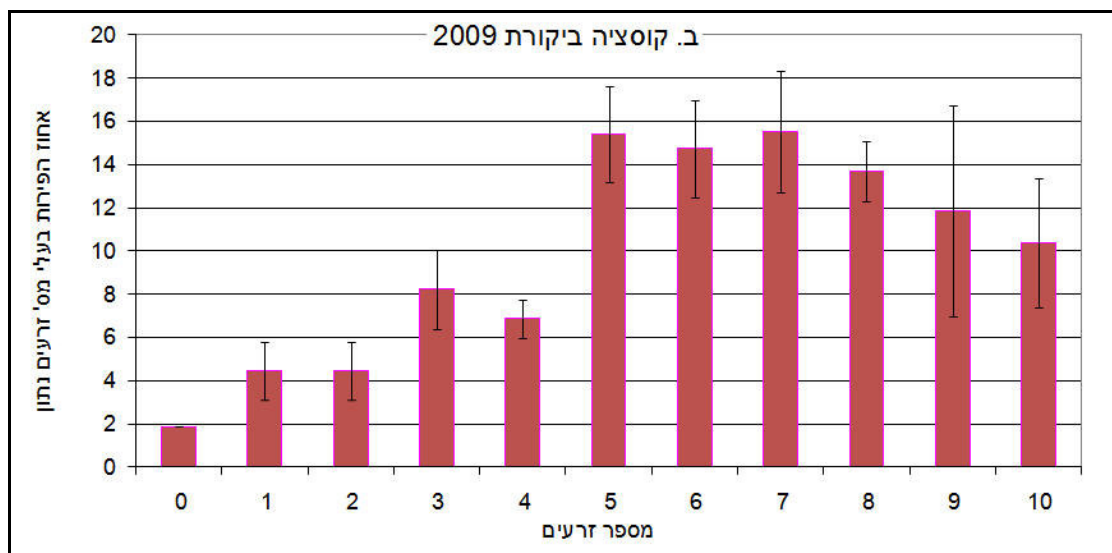
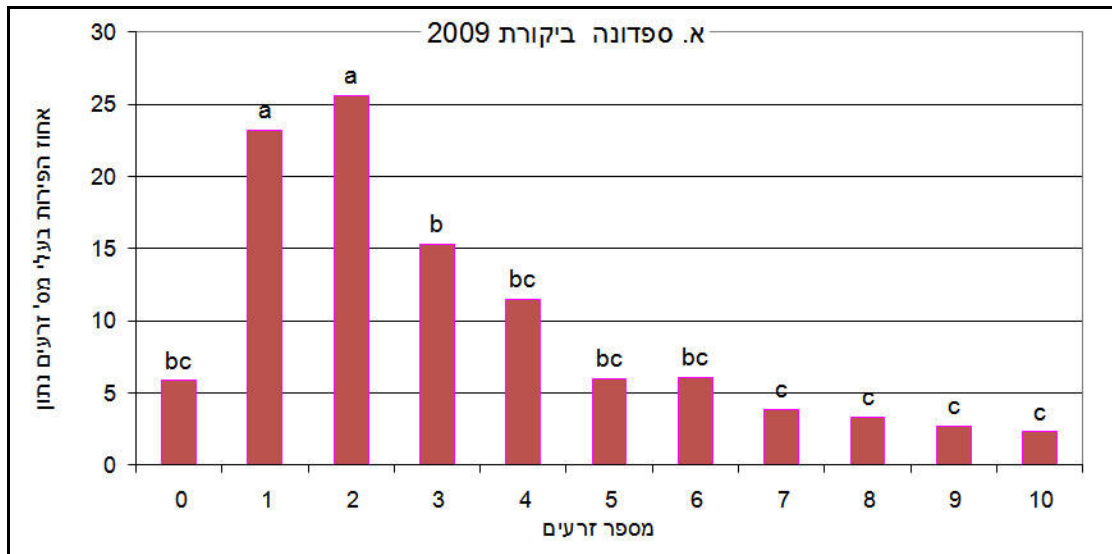
א.



ב.



איור 7. התפלגות מספר הפירות בעלי מספר זרעים נתון בטיפולי הביקורת של ניסויי הבומבוסים בספדונה (א) ובקוסציה (ב) בעונת 2009. כל נתון הוא ממוצע של 200 פירות אקראיים (50 פירות למטע 4 X מטעים/חזרות).



II. איתור מפרה אופטימלי לספדונה ולקוסציה

מבוא

דרך נוספת להגברת שיעורי ההפריה של הספדונה והקוסציה שתביא להעלאת יבולים היא ע"י איתור מפרה אופטימלי, שיהיה בעל התאם גנטי מלא עם כל אחד מהם. למפרה כזה יהיה פוטנציאל הפריה גבוה יותר מכל אחד מהמפרים המסחריים הקיימים היום במטעים (בתנאי כמובן שפריחתו חופפת את זו של הספדונה או הקוסציה), מכיוון שלכל המפרים המסחריים התאם גנטי חלקי בלבד עם הספדונה או הקוסציה (מה שאומר שרק 50% מגרגרי האבקה שכבר מגיעים לצלקת הפרח מסוגלים לנבוט לאורך עמוד העלי ולבצע את ההפריה).
בחירת המפרה האופטימלי צריכה להתבצע בשני שלבים:

1. אפיון אללי S ברמה המולקולרית

2. האבקה ידנית של ספדונה וקוסציה עם אותם מפרים

1. אפיון אללי S

אפיון ההתאמה הגנטית בין הזנים השונים מתבסס על איתור רצפי הגנים של S-RNase בכל זן. בעבודתנו עד כה הצלחנו לאפיין את אללי ה-S של כל הזנים המסחריים הקיימים היום במטעים (ספדונה, קוסציה, ג'נטיל וספדוציינה) ואף חלק מהזנים החדשים (קסקד, פורל, סנסיישן, רוזמרי).

בעבודה חדשה זו המשכנו לאפיין את אללי ה-S של כל זני האגס שנמצאים באוספים השונים של מדינת ישראל, על מנת לבחון את מידת ההתאם הגנטי (מלא או חלקי) עם הספדונה או הקוסציה. סיכום ההתאם הגנטי בין כל הזנים השונים שנבדקו מופיע בטבלה 1. ניתן לראות כי לספדונה אכן יש בעיה חמורה עם המפרים שלה. מבין כל זני האגס האירופי (*Pyrus communis*) שנבדקו נמצא כי רק לזן לאוסן יש פוטנציאל הפריה גבוה, כיוון שהוא היחיד הנושא 2 אללי S שונים מהספדונה, כלומר, בעל התאם גנטי מלא עימה. לכל שאר הזנים המפרים יש אלל אחד משותף עם הספדונה, מה שאומר שהם רק חצי מתאימים. יתרון תיאורטי נוסף של הלאוסן – הוא חופף באופן מושלם את פריחת הספדונה (מעקב של 3 השנים האחרונות). ואכן, מבדיקת מספר הזרעים בפירות ספדונה שנדגמו מעצים סמוכים לעצי 'לאוסן' לעומת עצים רחוקים מלאוסן (20 מ' בלבד) לאחר האבקה טבעית במטע נמצאו באופן מובהק יותר זרעים לפרי בפירות מהעצים הסמוכים לעומת הרחוקים (3.4 ו-2.5 בהתאמה, כלומר תוספת של 36%).

טבלה 1. מידת ההתאם הגנטי בין זני האגס האירופי השונים.

Cultivar	Bon Rouge Sj Si	Coscia Sb Sk	Dr. Jill Guyot Sa Sj	Forelle Sj Sn	Gentile Si Sj	Lawson Sm So	Red Clapp Sd Sj	Spadona Sj Sk	Spadochina a Sk Si	Rosmarie Sj Sn	Kalle Sd Sj	Delbard premiere Sj Sp
Bon Rouge Sj Si	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Coscia Sb Sk	●	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Dr. Jill Guyot Sa Sj	●	●	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Forelle Sj Sn	●	●	●	○	●	●	●	●	●	○	●	●
Gentile Si Sj	●	●	●	●	○	●	●	●	●	●	●	●
Lawson Sm So	●	●	●	●	●	○	●	●	●	●	●	●
Red Clapp Sd Sj	●	●	●	●	●	●	○	●	●	●	○	●
Spadona Sj Sk	●	●	●	●	●	●	●	○	●	●	●	●
Spadochina a Sk Si	●	●	●	●	●	●	●	●	○	●	●	●
Rosmarie Sj Sn	●	●	●	○	●	●	●	●	●	○	●	●
Kalle Sd Sj	●	●	●	●	●	●	○	●	●	●	○	●
Delbard premiere Sj Sp	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○

Incompatibility ○ Semi compatibility ● Full compatibility ●

2. האבקה ידנית של ספדונה עם מפרים שונים

בנוסף לאפיון אללי S במעבדה, בקשנו לבחון את פוטנציאל ההפריה של הזנים החדשים באופן מעשי ע"י האבקה ידנית במטע. מאחר ואין נטיעות מסחריות של הזנים החדשים, יכולנו לבדוק זאת רק ע"י האבקות ידניות. הסיבה לבחינת פוטנציאל ההפריה ע"י האבקות ידניות נובעת מכך שההתאם הגנטי הוא לא חזות הכל, ולעתים יכול זן מסוים להיות מפרה מצטיין למרות שהוא בעל התאם גנטי חלקי בלבד, ולעתים גם להפך – זן בעל התאם גנטי מלא יכול להיות גרוע (הסיבות לכך רבות, ונובעות מהבדלים בחיוניות האבקה, עמידות נחשוני הנביטה לטמפרטורות קיצוניות, כמות גרגרי האבקה לפרח, אטרקטיביות של הפרח לדבורים ועוד).

חומרים ושיטות

הניסוי נערך במטע אגסים בוגר שבקיבוץ יפתח (הנטוע על כנת בטוליפוליה). מרחקי הנטיעה: 4.5 x 2.5 מ' (90 עצים/דונם). החלקה נטועה בגובה של כ-400 מ' מעל פני הים. בשנת הניסוי הראשונה (2007) נבחנו המפרים השונים על הזן ספדונה בלבד, ובשנה השניה (2008) והשלישית (2009) נבחנו המפרים של ספדונה וקוסציה.

מהלך העבודה

לפני האנתזיס כויסו כל פרחי הספדונה והקוסציה המיועדים להאבקה זרה בעזרת רשת מתאימה. אבקת פרחים של כל הזנים החדשים הואבקה ידנית על צלקות פרחי הספדונה.

מבנה הניסוי

כל עץ שימש בלוק, עליו הואבקה הזנים השונים. כל טיפול (מפרה) הואבק על כ-50 פרחים לעץ 1) ענף 7 X 7 תפרחות לענף 7 X 7 פרחים לתפרחת). סה"כ מספר הבלוקים (חזרות) = 10 (500 פרחים לטיפול).

המזדים שנבדקו

- אחוז חנטה ראשוני (כשלושה שבועות מפריחה)
- קוטר פרי (מ"מ)
- מס' זרעים ממוצע בפרי
- צורת הפרי (פרי רגולרי לעומת מעוות)

יש לציין שבעבודה הקדמית שעשינו ב-2005 וב-2006 וכן מתצפית שערכנו ב-2007 לא נתקלנו בכל בעיה להשיג פרחים מהזנים השונים שחפפו את פריחת הספדונה.

תוצאות 2007

מס' זרעים

המדד הטוב ביותר של הצלחת תהליכי ההפריה מתבטא במספר הזרעים שנוצר בפרי. מעיון בטבלה 2 ניתן לראות כי כל הזנים המפריים שנמצאו על ידנו כבעלי התאם גנטי מלא עם הספדונה – "לאוסן" (היחיד ששייך לאגס האירופי = *Pyrus communis*), "בטוליפוליה" (*P. betulifolia*) – והאגס היפני (*P. pyrifolia*) – יצרו 8 זרעים בספדונה שהופרתה על ידם, בהשוואה ל-5 עד 6 זרעים לפרי שהתקבלו מהזנים המפריים האחרים (גינטיל, רד-דרוז, ספדוצינה, אגס סורי וקוסציה), שנמצאו על ידנו כחצי מתאימים עם הספדונה. יש לציין כי תופעה זו של מיעוט זרעים בפרי ממפריים חצי מתאימים הינה מפתיעה, כיוון שהפרחים הואבכו בעודף אבקה, ולכאורה היה צריך להיות כאן פיצוי על חוסר ההתאם המלא. יתכן וחוסר הפיצוי נובע מכך שהנחשונים מגרגרי האבקה הלא מתאימים תופסים את מקומם של הנחשונים מגרגרי האבקה המתאימים ברקמת ההובלה הצרה שבעמוד העלי, ולכן יש צורך קריטי במפרה בעל התאם גנטי מלא.

הזן "אגס 2" (דגן) הוא היחיד מבין הזנים החצי מתאימים שנתן קצת יותר זרעים מהמקבילים החצי מתאימים (7 לעומת 6). האם זה מעיד משהו על פוטנציאל ההפריה שלו? האבקה עצמית של ספדונה על ספדונה נתנה רק 0.1 זרעים לפרי, מה שמעיד על אי התאם עצמי מוחלט, שמחייב שימוש במפרה זר. ההאבקה הטבעית נתנה אף היא רק זרע אחד לפרי, מה שמעיד על בעיית האבקה חמורה במטעים בכלל ובמטע ספציפי זה בפרט.

טבלה 2. מספר זרעים ממוצע לפרי, אחוז החנטה וקוטר פרי בזן ספדונה לאחר האבקת הפרחים עם מפריים שונים, יפתח 2007.

קוטר פרי (מ"מ)	אחוז חנטה 15/4	מס' זרעים	התאם גנטי עם ספדונה	זן מפרה
52.9 bcd	84.6 a	8.0 a	מלא	לאוסן
54.5 ab	80.8 a	8.0 a	מלא	בטוליפוליה
55.4 a	86.1 a	7.9 a	מלא	אגס יפני (אוסוי)
51.6 d	81.1 a	7.2 b	חלקי	אגס 2
52.5 cd	79.2 a	6.1 c	חלקי	גינטיל
54.4 ab	70.8 a	5.9 cd	חלקי	רד דרוז
53.7 bc	72.6 a	5.8 cd	חלקי	ספדוצינה
49.4 e	73.7 a	5.7 cd	חלקי	אגס סורי
51.2 d	69.0 a	5.0 d	חלקי	קוסציה
51.4 d	15.8 b	1.0 e	-	האבקה טבעית
48.6 ef	11.0 b	0.2 f	-	האבקה עצמית

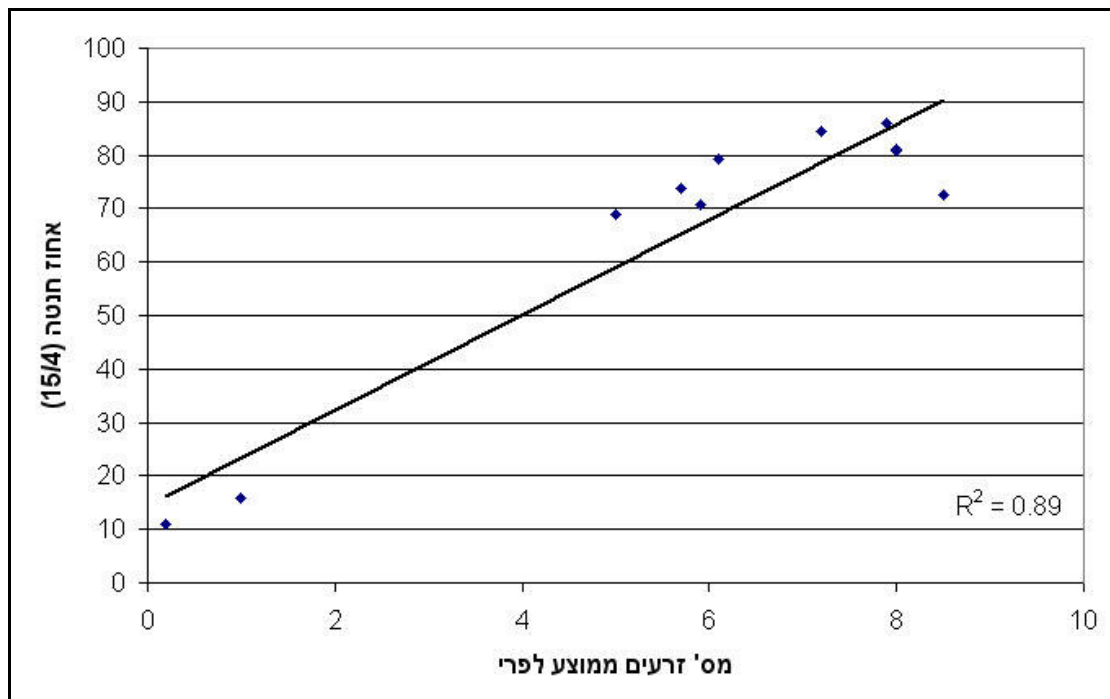
אחוז חנטה

ביטוי נוסף להצלחת תהליכי ההפריה הידנית הינו אחוז החנטה, למרות שניתן לקבל חנט ואף פרי עם מספר זרעים נמוך יחסית של 3-4 בלבד. מעיון בטבלה 2 ניתן לראות שאחוזי החנטה שנבדקו כשלושה שבועות מהפריחה (15/4/07 = לפני "נשירת יוני") היו גבוהים יחסית בטיפולי המפרים המתאימים מלא (יפני, בטוליפוליה ולאוסף) בהשוואה למפרים החצי מתאימים (גינטיל, אגס סורי, ספדוציינה, רד-דרוז וקוסציה) (81%-85 לעומת 65%-76, בהתאמה).

שוב נמצא האגס 2 בשלב ביניים בין החצי מתאימים למתאימים באופן מלא עם 81% חנטה ראשונית. תוצאות החנטה עומדות במתאם חיובי למספר הזרעים בפרי (איור 1). יש לציין שגם בתפוח סטרקינג ובשזיף יפני קיבלנו שיעורי חנטה ויבול גבוהים יותר לאחר האבקה עם מפרים בעלי התאם גנטי מלא בהשוואה לחצי מתאימים.

בהאבקה הטבעית, ששמשה כביקורת לפוטנציאל החנטה בחלקה, התקבלו כמובן שיעורי חנטה נמוכים בהרבה (וסבירים עבור מטע רגיל) בהשוואה להאבקות הידניות (15.8% לעומת כ-70% בממוצע בהאבקות הידניות). כתוצאה מהאבקה הידנית בעודף, ומהעובדה שלא דיללנו את הפירות מאותם ענפים, התקבלו הרבה חנטים/פירות לענף (ממוצע של כ-10 פירות לענף = 20% חנטה סופית, לעומת רבע מזה בהאבקה טבעית), ולכן כל הפירות שהתקבלו היו קטנים במקצת (ממוצע של 55 מ"מ קוטר) וללא הבדל משמעותי ביניהם. אם היה הבדל בגודל הפרי הוא נבע בעיקר מעומס היבול (הפרי) על הענף: כך למשל האגס הסורי כמפרה נתן עומס יבול הכי גבוה (11 פירות לענף), ולכן קוטר הפרי שלו היה הקטן ביותר (49 מ"מ), ללא כל קשר למספר הזרעים. ההשפעה של מספר הזרעים על גודל הפרי, כפי שאנו מכירים מניסיונונו בעבר, לא באה כאן לידי ביטוי עקב עומס הפרי על הענפים.

איור 1. המתאם בין מס' הזרעים לפרי לבין אחוז החנטה.



תוצאות 2008

ספדונה

ב-2008 חזרנו על ניסוי המפרים לספדונה במתכונת דומה ל-2007 אך עם תוספת של המפרה גינטיל. התוצאות מובאות בטבלה 3. נמצא שבניגוד לשנה הראשונה לא התקבל ב-2008 יתרון מובהק להפריית ספדונה עם מפרה מתאים מלא בהשוואה למתאים חלקית – לא בשיעורי החנטה, לא במספר זרעים לפרי ולא בגודל פרי. מנגד גם לא היה חסרון למפרה המתאים מלא. (יתכן שהשרב הכבד ששרר השנה בזמן הפריחה ואחריה גרם להפלות רבות של עוברים, ולביטול היתרון של המפרים המתאימים? מספר הזרעים השנה עם מפרים אלה עמד על כ-5 בלבד לעומת כ-8 ב-2007). הגינטיל והספדוצינה נראים, מבחינת אחוזי החנטה הסופיים בלבד, כבעלי פוטנציאל מעניין להפרייה, למרות היותם רק חצי מתאימים לספדונה. תוצאה דומה קבלנו בעבר במסגרת של ניסויים עם דבורי דבש. האגס 2 נראה מעניין, בעיקר מבחינת מספר הזרעים לפרי. תוצאה דומה קיבלנו גם ב-2007.

טבלה 3. מספר זרעים ממוצע לפרי, אחוז החנטה וקוטר פרי בזן ספדונה לאחר האבקת הפרחים עם מפרים שונים, יפתח 2008.

זן מפרה	התאם גנטי עם ספדונה	מס' זרעים לפרי	אחוז חנטה ראשוני	אחוז חנטה סופי	קוטר פרי (מ"מ)
לאוסן	מלא	4.4 b	60.0 a	28.6 ab	53.7 a
בטוליפוליה	מלא	5.1 ab	64.0 a	26.8 ab	52.1 a
אגס יפני (אוסוי)	מלא	5.8 a	64.6 a	28.9 ab	51.3 a
גינטיל	חלקי	5.4 ab	78.0 a	37.0 a	48.2 b
ספדוצינה	חלקי	5.3 ab	70.0 a	40.7 a	52.5 a
אגס 2	חלקי	5.9 a	68.0 a	28.0 ab	51.2 a
קוסציה	חלקי	4.4 b	62.9 a	25.8 ab	52.9 a
אגס סורי	חלקי	2.9 c	57.5 a	22.0 abc	52.5 a
האבקה טבעית	-	1.5 c	21.3 b	8.6 cd	51.1 a
האבקה עצמית	-	0.1 e	18.1 b	4.5 d	51.3 a

קוסציה

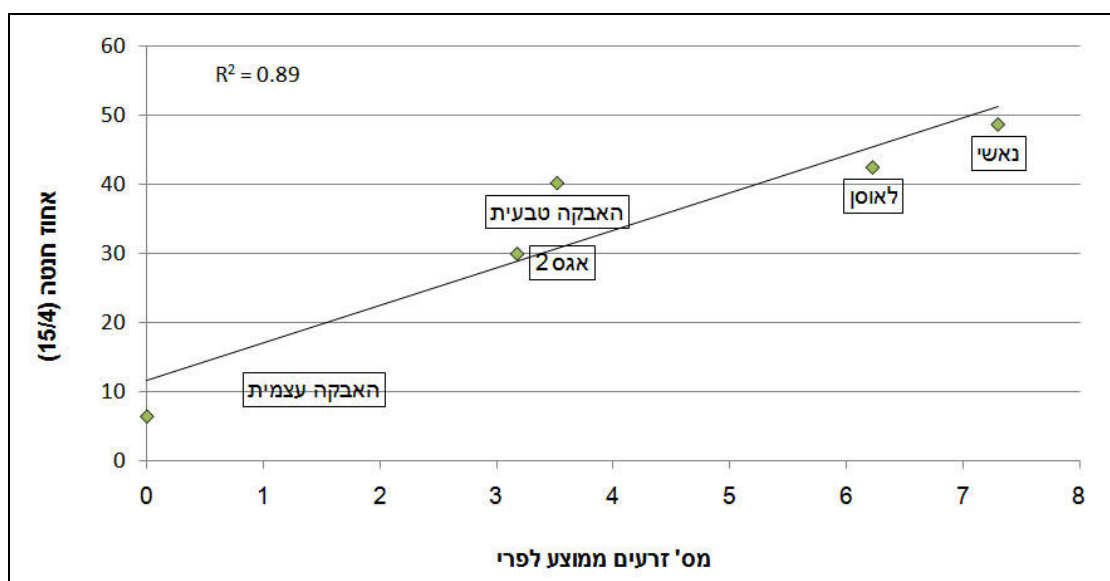
ב-2008 ביצענו לראשונה ניסוי דומה של האבקה עם מפרים שונים גם בזן קוסציה. התוצאות מובאות בטבלה 4. נמצא שבדומה לתוצאות הספדונה ב-2007 גם בזן קוסציה התקבל יתרון מובהק למפרים בעלי התאם גנטי מלא עם הקוסציה בהשוואה להתאם חלקי איתה. האגס היפני והלאוסן (התאם מלא) הניבו את מספר הזרעים הגבוה ביותר לפרי. כתוצאה מכך עלו שיעורי החנטה באופן משמעותי וגם קוטר הפרי הושפע לטובה ובאופן מובהק בהשוואה למפרים ספדוצינה ואגס 2 שהינם בעלי התאם גנטי חלקי עם הקוסציה. המיתאמים החיוביים והמובהקים שהתקבלו בין מספר הזרעים בפרי לבין אחוז החנטה ($R^2=0.89$, $P<0.05$, איור 2)

ובין מספר הזרעים לבין קוטר הפרי ($R^2=0.95$, $P<0.05$, איור 3) מאמתים את חשיבות הזרעים כגורם קריטי ובסיסי לקבלת יבול גבוה (שיעור חנטה גבוה) שיהיה גם עם פרי גדול. בשני המתאמים הנ"ל, האגס היפני (נאשי) והלאוסן נמצאים "למעלה", ההאבקה העצמית "למטה", ואילו האגס 2 נמצא במצב ביניים בדומה להאבקה הטבעית שאף היא, בדומה לאגס 2, התקבלה ככל הנראה ע"י מפרים חצי מתאימים שקיימים במטע (ספדונה). ההאבקה העצמית נתנה תוצאה זניחה, ויתכן אף שמעט הפירות שהתקבלו נוצרו מ"זיהום" של אבקה ממפרה זר. מכל מקום נראה שהפריה עצמית בקוסציה אינה אפשרית, ואם היא כן קיימת פה ושם היא בוודאי אינה מסחרית.

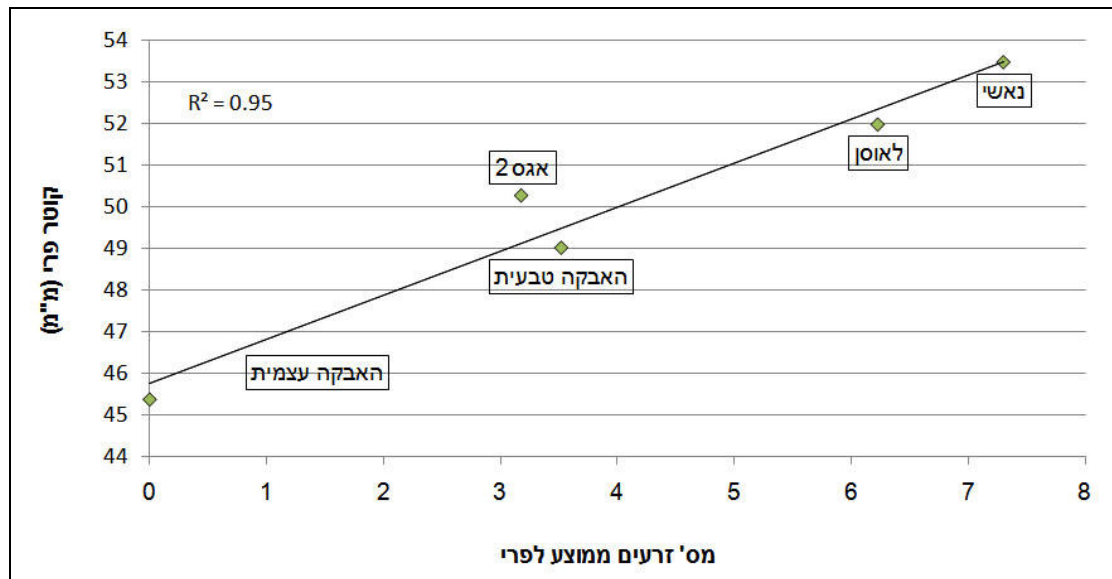
טבלה 4. מספר זרעים ממוצע לפרי, אחוז החנטה וקוטר פרי בזן קוסציה לאחר האבקת הפרחים עם מפרים שונים, יפתח 2008.

קוטר פרי (מ"מ)	אחוז חנטה סופי	אחוז חנטה ראשוני	מס' זרעים לפרי	התאם גנטי עם ספדונה	זן מפרה
53.5 a	30.1 a	48.8 a	7.3 a	מלא	אגס יפני (אוסוי)
52.0 b	24.0 ab	42.5 a	6.2 b	מלא	לאוסן
46.6 d	19.0 ab	30.2 ab	-	חלקי	ספדוציינה
50.3 c	20.5 ab	30.1 ab	3.2 c	חלקי	אגס 2
49.0 c	19.1 ab	40.3 a	3.5 c	-	האבקה טבעית
45.4 d	5.5 b	6.4 b	0 d	-	האבקה עצמית

איור 2. המיתאם בין מס' הזרעים לפרי לבין אחוז החנטה הראשוני לאחר טיפולי האבקה ידנית בקוסציה, יפתח 2008.



איור 3. המיתאם בין מס' הזרעים לפני קוטרי הפרי לאחר טיפולי האבקה ידנית בקוסציה, יפתח 2008.



תוצאות 2009

ב-2009 חזרנו על הניסוי בתוספת הגינטיל כמפרה פוטנציאלי בעל התאם מלא לקוסציה (על אף שבד"כ אין חפיפת פריחה טובה ביניהם במטע). תוצאות הספדונה מוצגות בטבלה 5 ותוצאות הקוסציה בטבלה 6. נראה כי בשני הזנים שנבדקו התקבל שוב יתרון ברור של המפרים בעלי ההתאם הגנטי המלא לעומת המפרים בעלי ההתאם הגנטי החלקי.

ספדונה

בזן ספדונה התקבלו שוב יותר זרעים לפני לאחר הפריה עם לאוסן ונאשי (התאם מלא) בהשוואה לקוסציה וג'נטיל (מפרים מסחריים אך בעלי התאם חלקי). גם אחוז הפירות עם 10 זרעים לפני היה הגבוה ביותר בלאוסן, מה שמעיד על פוטנציאל ההפריה המצטיין שלו. האגס היפני (נאשי) היה ב-2009 קצת פחות טוב מהלאוסן (הפוך מ-2008), אך עדיין טוב בהרבה מהמפרים החצי מתאימים. האגס 2 נתן שוב, בדומה לשנים קודמות, תוצאת ביניים של מספר זרעים לפני – בין קבוצת החצי מתאימים לקבוצת המתאימים מלא.

בקוטר ובמשקל הפירות לא נראו הבדלים משמעותיים בין הטיפולים. נראה כי התוצאה נובעת מכמות רבה יחסית של פירות לענף לאחר ההאבקה הידנית, שהביאה לאחוזי חנטה גבוהים מאוד יחסית להאבקה טבעית (טבלה 5). כתוצאה מכך לא מומש פוטנציאל גודל הפרי.

טבלה 5. מספר זרעים ממוצע לפרי, אחוזי חנטה, קוטר ומשקל הפרי בזן ספדונה לאחר האבקת פרחים עם מפריים שונים, יפתח 2009.

מס' פירות ממוצע לענף	משקל פרי (גר')	קוטר (מ"מ)	אחוזי חנטה		זרעים בפרי		התאם גנטי עם ספדונה	זן מפרה
			סופית	ראשונית	אחוז פירות עם 10 זרעים/פרי ¹	ממוצע זרעים לפרי		
13.1 a	64.9 b	47.7 b	30.0 a	44.5 a	18.8	7.0 a	מלא	לאוסן
9.8 a	77.7 a	50.2 a	26.1 a	46.8 a	11.5	6.2 b	מלא	אגס יפני (אוסוי)
14.9 a	76.4 a	50.7 a	30.7 a	45.2 a	5.7	5.4 c	חלקי	אגס 2
12.3 a	66.8 b	48.1 b	30.8 a	45.3 a	2.1	4.5 d	חלקי	קוסציה
12.8 a	76.4 a	50.3 a	25.5 a	42.6 a	5.5	5.3 c	חלקי	גינטיל
7.7 ab	68.1 b	48.2 b	13.7 ab	20.9 b	1.3	1.3 e	-	האבקה טבעית
2.8 b	65.0 b	47.8 b	5.4 b	17.5 b	0	0.1 f	-	האבקה עצמית

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

¹ לא ניתן לנתח את התוצאות, כיוון שנבדקו כל הפירות מכל החזרות יחד.

קוסציה

התוצאות בקוסציה דומות אך פחות דרמטיות מבספדונה. מספר הזרעים הכללי לפרי גבוה יותר מבספדונה, כפי שראינו גם בניסוי ההאבקה הטבעית (פרק קודם). אמנם אין הבדל משמעותי במספר הזרעים בין המפריים השונים (מלבד הלאוסן המצטיין), אך בכולם יש יותר זרעים לפרי בהשוואה להאבקה טבעית, מה שאומר שעדיין יש מחסור בגורם ההאבקה, אפילו בקוסציה, ויש להמשיך בניסיונות לשפרה.

העובדה שכשליש מהפירות מכילים 10 זרעים, ללא קשר לסוג המפרה, מעידה על פוטנציאל ההפריה הגבוה שיש ככל הנראה לזן קוסציה (כנקבה) בהשוואה לזן ספדונה כנקבה.

אחוזי החנטה הסופיים באגס היפני ובגינטיל כמפריים היו גבוהים ביותר, ויש להניח שזה נובע מההתאם הגנטי המלא שלהם עם הקוסציה לעומת המפריים האחרים בעלי התאם חלקי. עם זאת, הלאוסן לא הצטיין באחוזי חנטה (למרות שהיה לו יתרון בזרעים ובגודל הפרי). האגס היפני הצטיין לא רק באחוזי החנטה הגבוהים, אלא גם בגודל הפרי, למרות שהיה עם עומס הפרי הגבוה ביותר לענף.

טבלה 6. מספר זרעים ממוצע לפרי, אחוזי חנטה, קוטר ומשקל הפרי בזן קוסציה לאחר האבקת פרחים עם מפריים שונים, יפתח 2009.

מס' פירות ממוצע לענף	משקל פרי (גר')	קוטר (מ"מ)	אחוזי חנטה		זרעים בפרי		התאם גנטי עם קוסציה	זן מפרה
			סופית	ראשונית	אחוז פירות עם 10 זרעים/פרי	ממוצע זרעים לפרי		
9.9 a	58.6 ab	44.9 a	16.8 a	26.9 ab	30.1	8.3 a	מלא	לאוסן
14.6 a	61.0 a	45.8 a	27.7 a	40.9 a	20.1	7.3 b	מלא	אגס יפני
14.1 a	57.4 ab	45.2 a	25.2 a	35.1 a	27.7	7.5 b	מלא	גינטיל
10.5 a	60.7 a	45.1 a	17.2 a	24.0 ab	28.6	7.1 b	חלקי	אגס 2
10.5 a	55.7 bc	44.6 a	21.0 a	30.3 a	23.8	7.7 b	חלקי	ספדונה
12.0 a	55.1 bc	44.6 a	20.1 a	32.5 a	29.8	7.3 b	חלקי	אטרוסקה
7.4 ab	52.1 c	43.0 b	18.8 a	35.2 a	4.1	4.5 c	-	האבקה טבעית
2.4 b	39.5 d	38.5 c	3.6 b	10.4 b	0	0.3 d	-	האבקה עצמית

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

המסקנות המדעיות

הוכחנו כי אחת הבעיות הקשות בקבלת יבולים גבוהים ופרי גדול ואיכותי באגסי ספדונה וקוסציה נובעת ממגבלת האבקה, ובמיוחד כאשר כל המפרים הם רק חצי מתאימים. כתוצאה מכך יש מעט חנטה, שגורמת ליבול נמוך ומספר זרעים נמוך בפרי, שמביא לפרי קטן. שיפור ההאבקה הזרה הושג בעבר באופן חלקי ע"י הכנסה מדורגת של כוורות דבורי דבש, שהביאה להגברת פעילות הדבורים על העצים, להאבקה ולהפריה טובים יותר, שהגדילו במקצת את היבולים וגודל הפרי. עם זאת, התוצאות עדיין אינן משביעות רצון, וההוכחה לכך הן תוצאות שלוש שנות העבודה בהן קיבלנו מעט מאוד זרעים בפירות הספדונה (2-3) למרות פריחה שופעת וחפיפה מצוינת עם הקוסציה. תוספת כוורות דבורי הבומבוס (שעלותן דומה לכוורות דבורי דבש, כלומר בערך 200 ₪ לכוורת) אמורה להגדיל את שיעורי ההאבקה הזרה, במיוחד באביב קר וגשום שלא מאפשר פעילות אופטימלית של דבורי דבש. בשנת הניסוי הראשונה (2007) התגלתה בעיה בכוורות ובשנה השניה (2008) שרר שרב כבד במהלך הפריחה שפגע בהפריה והפיל הרבה מאוד חנטים. הסיבה לפעילות הנמוכה של דבורי הבומבוס בכוורת בעונת 2007 נבעה מ"חולשת הכוורת", שלא הספיקה להתבסס ולהתחזק לקראת פריחה האגס. לאור זאת ב-2008 הכנסנו את הכוורות שבוע מוקדם יותר, כלומר עוד לפני פריחת האגס, מתוך כוונה לחזק את הכוורת (בעזרת רעייה בפרחי הבר ששביב המטע) לקראת תחילת פריחת האגס. תוצאות 2008 הוכיחו שאכן השיטה עבדה, ופעילות דבורי הבומבוס בכוורת ועל עצי האגס הוגברה משמעותית. בשנת 2009 שררו תנאי האבקה מצויינים לדבורי דבש, ולמרות זאת הצליחו דבורי הבומבוס לשפר משמעותית את ההאבקה הזרה. כתוצאה מכך עלה מספר הזרעים בפרי, שהביא בעקבותיו לשיפור החנטה ולהעלאת גודל הפרי. בנוסף לבעיית ההאבקה קיימת בעיה חמורה עם המפרים המסחריים של הספדונה: לכולם יש התאם גנטי חלקי איתה, מה שמפחית מאוד את פוטנציאל ההפריה גם כאשר מגיעה אבקה רבה לצלקת הספדונה. בעזרת ניסויי האבקה ידנית מצאנו שכאשר מאביקים ספדונה או קוסציה עם אבקת מפרה בעל התאם גנטי מלא, כמו 'לאוסן', אגס יפני מזן 'אוסוי' וכד', פוטנציאל החנטה עולה ומספר הזרעים בפרי עולה ולעתים גם גודל הפרי משתפר. לאור זאת נמשיך בעתיד בניסויים לחפש עוד זנים בעלי התאם גנטי מלא, ונתחיל להרכיב זנים כאלו במטעים המסחריים.