

דוח לתכנית מחקר 21-01-0031

שנת המחקר 2021 - שנה 3 מתוך 3 שנים

שיפור פוריות זני ליצי' חדשים ע"י איתור מפרה מצטיין לכל זן

Increasing litchi productivity

by identifying the optimal pollenizer for each cultivar

מוגש לקרן המדען הראשי במשרד החקלאות ע"י:

פרופ' רפי שטרן – ריכוז הפרויקט, תכנון הניסויים, עריכתם וניתוחי התוצאות (raffi@migal.org.il)

מיקי נוי – ליווי הניסיונות במטעי הצפון

דר' גל ספיר – אחראי על ביצוע הניסויים בשטח ובמעבדה

פרופ' מרטין גולדווי – פיתוח סמנים מולקולאריים

דר' אמיר רז – פיתוח סמנים מולקולאריים

תקציר

הצגת הבעיה – ענף הליצי' בישראל "דורך במקום" כבר הרבה שנים, למרות הפוטנציאל הכלכלי הגבוה להפוך לענף ייצוא. הגורמים המרכזיים לכך שנטועים היום כ-2,500 דונם בלבד היא הפוריות הנמוכה של הזן המרכזי מאוריציוס, וכן ההתבססות על זן אחד בלבד שתקופת השיווק שלו (בארץ ובחו"ל) קצרה מאוד. במחקר ראשון שהתחלנו לפני 4 שנים זיהינו שתי סיבות מרכזיות ליבולי המאוריציוס הנמוכים: (1). שיעורי האבקה נמוכים מאוד על אף האטרקטיביות העצומה של פרחי הליצי' לדבורי הדבש. (2). פירות שמרביתם תוצרי האבקה עצמית. הפיתרון לגורם המעכב הראשון נמצא ע"י תוספת דבורי בומבוס למטעים, ששיפרה באופן דרמטי את שיעורי ההאבקה, וכתוצאה מכך עלו שיעורי החנטה והיבול באופן משמעותי ומובהק. רעיון זה אומץ ע"י כלל המגדלים, וכיום אין מטע ליצי' ללא תוספת של כוורות דבורי בומבוס. הפתרון למגביל הפוריות השני (האבקה עצמית של מאוריציוס) נמצא ע"י האבקה מאוריציוס עם אבקה זרה, ובעיקר מהזן הונג לונג, בהשוואה להאבקה עצמית של מאוריציוס. השיפור שהושג בא לידי ביטוי הן בהגדלת שיעורי החנטה ובתוספת פירות לעץ, והן בהגדלת משקל הפרי למרות עומס היבול הגבוה יותר בעץ.

מטרת המחקר הנוכחי - להתרכז בשיפור פוריות הזן מאוריציוס וזנים נוספים חדשים שהגיעו למסחר, אך למרות איכותם הגבוהה הם אינם פוריים. **שיטות העבודה** – כדי להגיע לכך אנו מנסים לאתר את המפרה האופטימלי עבור מספר זנים חדשים ומבטיחים, הן ע"י בחינת חפיפת הפריחה בין המופרה למפרה והן ע"י בחינת יכולתו ה"פוטנטית" של הזן כמפרה. נושא זה נבדק ע"י בחינת שיעורי החנטה, גובה היבול ומשקלי הפרי והזרע של כל זן מטרה ליד המפרים השונים, ובמקביל ע"י איתור סמנים גנטיים (SNPs) חדשים וייחודיים לכל זן כדי שנוכל לאתר את ההורה הזכרי המצטיין של הצאצאים שיווצרו.

תוצאות עיקריות משלוש שנות המחקר –

1. **שיפור ההפריה בזנים השונים**: א). מאוריציוס – מצאנו כי זן זה אמנם פורה לעצמו, אך נתרם מאוד משכנות של זן מפרה. הזן הונג לונג העלה את יבולי הזן מאוריציוס במטעים בסדרי גודל של 20-80 אחוז. הגדלת הפוריות הושגה הן ע"י הגדלת שיעורי החנטה והן ע"י שיפור גודל הפרי (למרות עומס היבול).
- ב). FZS – למדנו להפתעתנו כי זן זה איננו פורה לעצמו כלל, ושהזן מאוריציוס לא מסוגל להפרות אותו למרות חפיפת הפריחה ביניהם. הזנים המפרים שנמצאו כמצטיינים היו 'הונג לונג' (HL) ו'סא-קנג' (SK).

- ג). תמוז – נראה כי גם זן זה מתקשה ליצור פירות עצמיים, אך בניגוד ל-FZS – המאוריציוס מפרה אותו טוב. המפרה המצטיין לתמוז היה שוב הזן הונג לונג.
2. פיתוח סמנים גנטיים : איתרנו סמן גנטי חדש שיכול להפריד בין האבקה עצמית של FZS לבין האבקה זרה עם HL. עם זאת עדיין לא הצלחנו לפתח סמנים נוספים שיוכלו להפריד בין המפרים השונים ל-FZS או לתמוז.
3. איתור זנים חדשים כנושאי פרי איכותי (בזמני הבשלה מוקדמים/מאוחרים מהמאוריציוס) : תוצאות סקר מועדי הפריחה וההבשלה של הזנים החדשים הקיימים במטע מורן העלו כי יש באמתחתנו מספר זנים פוטנציאליים להמשך פיתוח כזנים אכילים ולא רק כמפרים. בראש ובראשונה – 'הונג לונג' שהצטיין כמפרה, מבשיל מוקדם מהמאוריציוס ופורה מאוד. הזנים הבאים שנמצאו כמעניינים מבחינת הפרי – 'סא-קנג', 'תמוז' ו'פרינס'.
- מסקנות ביניים** – הוכחנו את תרומת ההאבקה הזרה לשיפור הפוריות גם בליצי' שידוע כפורה לעצמו (מאוריציוס). כמו כן הראנו שהזנים החדשים והאיכותיים, כמו תמוז ובעיקר FZS, אינם פוריים לעצמם כלל ולכן הם תלויים לחלוטין בהפריה זרה. הזן הונג לונג מסתמן כרגע כמפרה המצטיין לכל הזנים שנבדקו. עדיין לא הצלחנו להשלים את איתור הסמנים הספציפיים של כל אחד מהזנים כדי לאתר את המפרה המצטיין לכל זן.

תוכן העניינים

מבוא	2
מטרות המחקר	2
עיקרי הניסויים ותוצאות המחקר	3
דיון	15
רשימת ספרות	16
שאלות סיכום	19

מבוא ותאור הבעיה

לליצי הישראלי פוטנציאל כלכלי גבוה, בעיקר כגידול ייצוא, אך הוא איננו ממומש במלואו. שלוש סיבות עיקריות מעכבות את פריצתו: 1. קשיים בטיפול בפרי לאחר הקטיף ובמהלך אחסונו. 2. פוריות לא מספיק גבוהה ויציבה של הזן המרכזי מאוריציוס. 3. עונת שיווק קצרה בארץ ובחו"ל של זן מרכזי אחד (מאוריציוס) בלבד (נוי, 2017).

הנושא הראשון מטופל לאחרונה בצורה אינטנסיבית, והחוקרים שעוסקים בו הגיעו להבנה מעמיקה של תהליכי הסדקות הקליפה והחממתה במטע ולאחר חיי מדף (Fachima et al., 2019; פחימה וחובי, 2017). בנושא השני של פוריות הזן מאוריציוס עסקנו לאחרונה בצורה אינטנסיבית והגענו לשתי תובנות מרכזיות: 1. למרות פעילות אינטנסיבית מאוד של דבורי הדבש במטעי הליצי, ההאבקה לוקה בחסר. הכנסת דבורי בומבוס למטעים כתוספת לדבורי הדבש שיפרה מאוד את שיעורי ההאבקה, מה שהביא לתוספת יכול משמעותית ומובהקת (Sapir et al., 2019; שטרן וחובי, 2017a). 2. הזן המרכזי שנבדק, מאוריציוס, אמנם מפרה את עצמו, אך נוכחות זנים מפרים לידו שיפרה מאוד את ההאבקה הזרה שהביאה להישרדות חנטים טובה יותר ולכן לתוספת פירות לעץ בהשוואה להאבקה עצמית. בנוסף הביאה ההאבקה הזרה להתפתחות פרי טובה יותר שהתבטאה במשקל גבוה יותר של פרי למרות עומס היבול הגבוה (שטרן וחובי, 2017b). בנושא השלישי, שעוסק בהרחבת סל הזנים, חלה בשנים האחרונות התקדמות משמעותית, שמתבטאת בעיקר באינטרודוקציה של זני ליצי חדשים, המבשילים לפני או אחרי המאוריציוס, ואף בפיתוח של זנים תוצרי השבחה מקומית שנעשו ע"י משה גורן ממרכז וולקני (גורן, 2013; גורן וגזית, 1994; גורן וחובי, 2002). מאחר ויבולי הליצי של הזן מאוריציוס עדיין נמוכים מהפוטנציאל האפשרי, התמורה המתקבלת לדונם אינה אטרקטיבית לנוטע. בנוסף – הקטיף מתרכז בחודשים יוני-יולי, בהם יש במקביל שיווק מאסיבי לאותן ארצות יעד באירופה ע"י סין ותאילנד בעיקר. לאור זאת – המחיר שפודה הליצי בתקופה זו נמוך משמעותית מהמחיר המתקבל בתקופת שיווק מאוחרת יותר (נוי, 2020). כדי לשפר את ביצועי המטע ולהעלות את רווחיות הנוטעים הצענו להתרכז במחקר זה בשיפור פוריות מספר זני ליצי מבטיחים שקיימים במסחר ע"י איתור המפרה האופטימלי עבור כל זן.

מטרות המחקר

מטרה מרכזית

המטרה העיקרית של המחקר היא להעלות את רווחיות גידול הליצי בישראל ע"י שיפור פוריותם של מספר זנים מבטיחים.

מטרות המשנה של המחקר

1. "איתור זן מפרה מצטיין עבור כל זן שבמסחר":
 - א. עבור הזן המרכזי מאוריציוס
 - ב. עבור הזנים החדשים אך הלא פוריים – FZS ותמוז.
2. "פיתוח סמנים גנטיים חדשים לצורך איתור המפרה המצטיין של כל זן":

פיתוח SNPs ייחודיים לכל זן במקום השימוש בטכניקת הזיהוי של SSR, בה משתמשים כיום, שאיננה מצליחה להפריד בצורה מושלמת בין הזנים המפרים של כל זן.
3. "איתור זנים חדשים כנושאי פרי איכותי בזמני הבשלה מוקדמים/ מאוחרים מהמאוריציוס, ולא רק כמפרים".

I. איתור זן מפרה

במסגרת עבודת המחקר הקודמת (2016-2018), שעסקה בהאבקה והפריה של הזן מאוריציוס, מצאנו בין השאר כי הזן מאוריציוס "נהנה" מקירבתו לזנים מפרים שונים. מתוצאות הניסויים למדנו שלמרות יכולתו של עץ הליצי להפרות את עצמו הוא מניב פירות רבים יותר, ולעתים אף גדולים יותר, כאשר נמצא לידו עץ מזן שונה. לאור זאת התחלנו בסדרת ניסויים חדשה, בה אנו מנסים לאתר את הזן המפרה המצטיין עבור המאוריציוס, ובמקביל לאתר את המפרים המצטיינים עבור זני הליצי החדשים שהולכים ונכנסים למסחר.

איתור זן מפרה לזן מאוריציוס –

תוצאות המחקר הקודם הצביעו על כך שהזן הונג לונג (Hong Long = HL) יכול לשמש כמפרה טוב עבור הזן מאוריציוס (שטרן וחוב' 2017b, 2018). ההשערה שהועלתה היתה כי תרומתו של הזן HL כמפרה בהשוואה לזנים מפרים אחרים נובעת הן מהקדמת פריחתו, כך שפרחי M2 המצטיינים שלו חופפים את פרחי הנקבה של המאוריציוס, והן, ככל הנראה, מ"פוטנטיות" גבוהה במיוחד של גרגרי האבקה שלו. כדי לבחון זאת שוב בצורה וודאית (ע"י ניטרו הגורם המגביל של ההאבקה) השווינו עצים של מאוריציוס בלבד, שגדלו בחממות מי שמיר הממוקמות בחוות המטעים שבעמק החולה, לעצי מאוריציוס בחממה סמוכה שלידם ניטעו עצי הזן HL. לכל אחת משתי החממות הכנסנו שתי כוורות דבורי בומבוס. היבול שהתקבל בעצי הזן מאוריציוס ללא המפרה היה נמוך בכ-40% לעומת עצי המאוריציוס עם המפרה HL 1.2 ו-1.8 טון/ד' בהתאמה). ניסוי זה הוכיח שוב, בדומה לשנת 2019 (שטרן וחוב' 2019) ולשנת 2020 (שטרן וחוב' 2020) שמפרה זר, ובמיוחד HL, יכול לשפר את יבול המאוריציוס, למרות שיבול עצי הביקורת (מאוריציוס בלבד) היה גבוה יחסית. תוצאה זו מחזקת את תוצאות ההאבקה הזרה שהתקבלו במטעי לביא ורביד בשנת 2018 (שטרן וחוב' 2018).

איתור זן מפרה לזן פי-זי-סו (FZS=Fay-Zi-Su) –

הזן 'FZS' מצטיין בפרי איכותי ביותר שמתאפיין בעיקר בגודלו (30 גר') ובגודל הזרע הקטנטן שבו. עם זאת סובל הזן FZS מבעיית פוריות קשה. היבולים שלו בסין ובישראל נעים מ-5 ק"ג לעץ בלבד למקסימום 20 ק"ג/עץ בעצים בודדים. הסיבה לכך איננה ידועה, אך ממעקב שעשינו אחר זן זה ב-2018 במורן למדנו שכאשר הוא נמצא בין עצי מאוריציוס הוא מניב יבול אפסי (בדומה לעצי FZS בלביא) ולעומת זאת כאשר נמצא בין זנים שונים (סא-קנג, נו-מאי-צ'י ועוד) הוא מניב יבול גבוה (שטרן וחוב' 2018). בשנת 2019 ניסינו לאתר את הזן המפרה המצטיין ע"י האבקה ידנית של עצי ה-FZS במפרים השונים שנמצאים בקרבתו, ובחינת אחוזי החנטה שמתקבלים מכל מפרה (שטרן וחוב' 2019). תפוחות FZS כויסו בשקית מתאימה בתחילת גל הפריחה הנקבית. כל מפרה הואבקה ידנית על 10 תפוחות דומות בעלות 100 פרחים נקביים X 4 עצי FZS. כעבור 3 שבועות נספרו החנטים וחושב אחוז החנטה. תוצאות ההאבקה הידנית הצביעו על הבדלים גדולים בין המפרים השונים, ושוב – האבקה עצמית של FZS לא נתנה כל יבול. בשנת 2020 עברנו להאבקה טבעית ע"י כיסוי זוגות עצים של FZS עם מפרה מתאים שהצלחנו לאתר במטע מורן. לכל זוג עצים מכוסה ברשת הוכנסה כוורת דבורי בומבוס.

הטיפולים = זוגות העצים שנבחנו (מורן, 2020)

1. FZS עם HL (הונג לונג)
2. FZS עם YR (ילו-רד)

3. FZS עם SK (סא-קנג)
 4. FZS עם MA (מאוריציס)
 5. FZS עצמי – ביקורת של האבקה עצמית (עץ מכוסה + כוורת דבורי בומבוס)
- בכל טיפול כוסו 3-4 זוגות עצים.

המדדים שנבדקו

1. יבול לעץ
2. מדגם פירות FZS לזיהוי גנטי של ההורה המפרה

תוצאות

תוצאות מפרים ל-FZS 2020 –

הזן HL, שהורכב ב-2018 על מספר עצי מאוריציס בחלקת FZS שבמורן, פרח באביב והביא לראשונה ליבולים גבוהים ומסחריים בעצי ה-FZS (40 ק"ג/עץ, איור 1). היבולים הגבוהים שהתקבלו ב-FZS היו לא רק בזוגות העצים המכוסים עם HL, אלא גם בעצים שקיבלו אבקת HL בהאבקה פתוחה. מדד נוסף שיכול אולי להצביע גם הוא על פוטנציאל ההפריה הגבוה של הזן HL הוא השיעור הנמוך יחסית של זרעים מנוונים (כ-1.0 גר') שנמצאו בפירות ה-FZS אשר נדגמו לזיהוי גנטי של ההורה המפרה. בפירות שהואבקו ע"י HL נמצאו "רק" 33% זרעים מנוונים בהשוואה ל-50% מנוונים בפירות FZS שהואבקו ע"י YR (שנמצא כמפרה חלש מאוד).

הזן SK הביא ליבול גבוה של FZS, בדומה למפרה HL (40 ק"ג/עץ), והוא בעצמו, כזן נקבי, נראה מבטיח מאוד – פוריות גבוהה, פרי גדול, צבעוני, זרע בינוני וטעם טוב. גם פריחתו חופפת את פריחת ה-FZS (איור 3 ב').

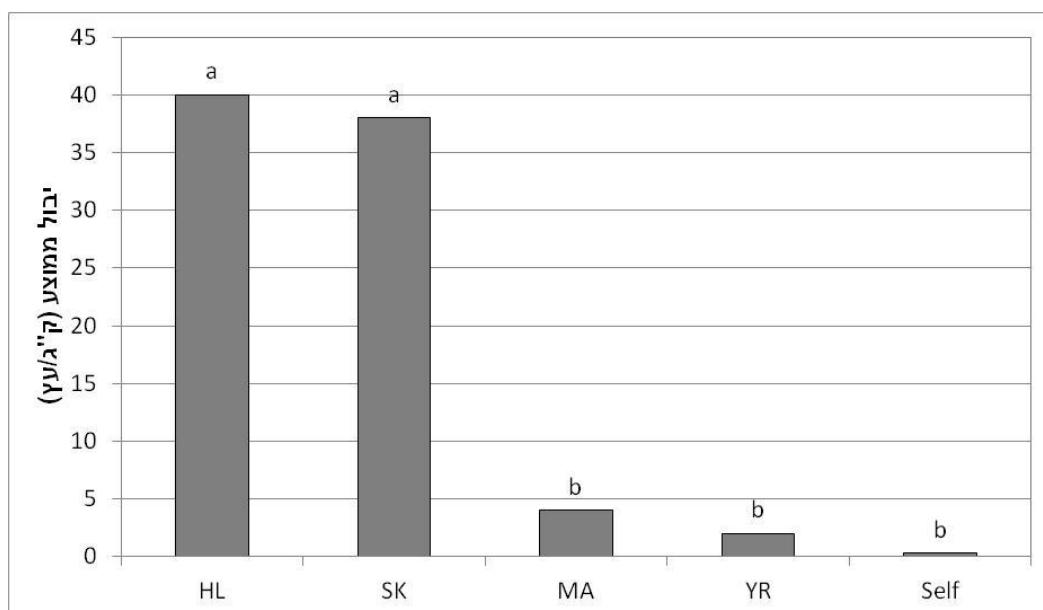
השיעור הנמוך יחסית של הזרעים המנוונים בפרי הנקבי FZS לאחר שהואבקו ע"י SK דומה לתוצאה שהתקבלה מהמפרה HL (37% בלבד), ויתכן שזה מעיד שוב כמו במפרה HL על פוטנטיות המפרה.

מאוריציס – עד לשנה זו היו בחלקת ה-FZS רק עצי מאוריציס שסמוכים ל-FZS, ולמרות חפיפת הפריחה הטובה עם ה-FZS (איור 3 א') לא התקבלו יבולים כלל.

תוצאות 2020 (סגירת זוגות עצים של FZS עם מאוריציס), שהניבו כ-4 ק"ג/עץ בלבד, מחזקות את ההנחה שהיתה לנו בבסיס העבודה, שאומרות כי הזן מאוריציס הינו ככל הנראה מפרה גרוע ל-FZS (זה לא אומר שהוא מפרה גרוע לעצמו או לזנים אחרים).

האבקה עצמית בזן FZS לא נתנה כלל פירות. מכאן שככל הנראה, כפי שחשבנו בעבר, אין לו יכולת להאבקה עצמית בניגוד לידוע מזנים אחרים ובמיוחד בזן מאוריציס.

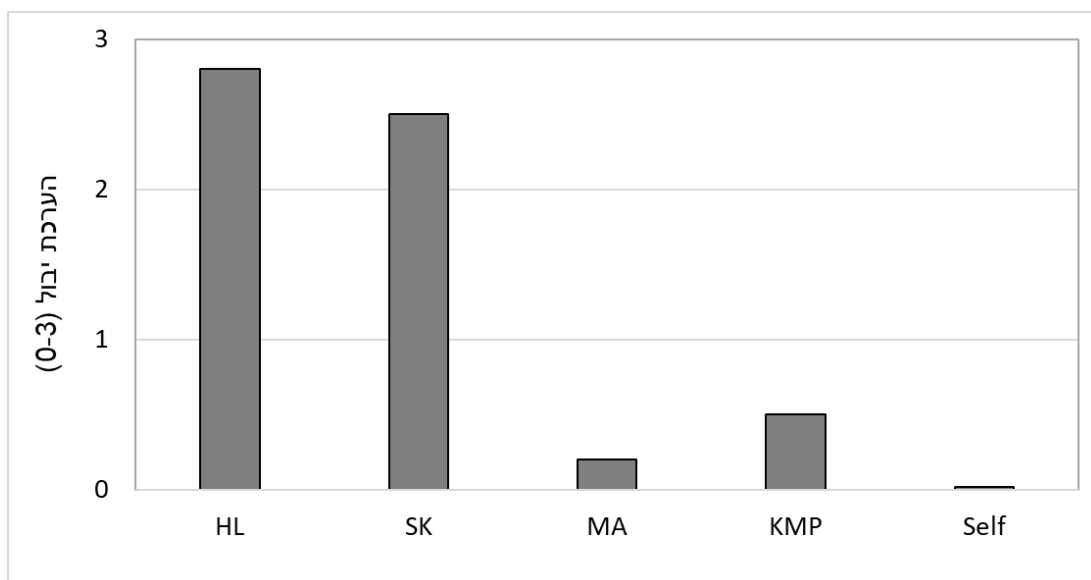
איור 1. יבול עצי FZS מכוסים ברשת עם מפרים שונים, מורן 2020.



בשנת 2021 ערכנו ניסויים במתכונת דומה ל-2020, כלומר – כיסוי זוגות עצים עם רשת והכנסת כוורת דבורי בומבוס. התוצאות שהתקבלו השנה חיזקו מאוד את תוצאות השנה הקודמת (2020). שוב התקבלו יבולים גבוהים יחסית של FZS, אך רק עם המפרים HL ו-SK (איור 2). שילוב ה-FZS עם המאוריציוס כמפרה לא נתן כלל יבול, בדיוק כפי שקיבלנו לאחר האבקה עצמית של FZS (2 עצי FZS סגורים ברשת עם כוורת).

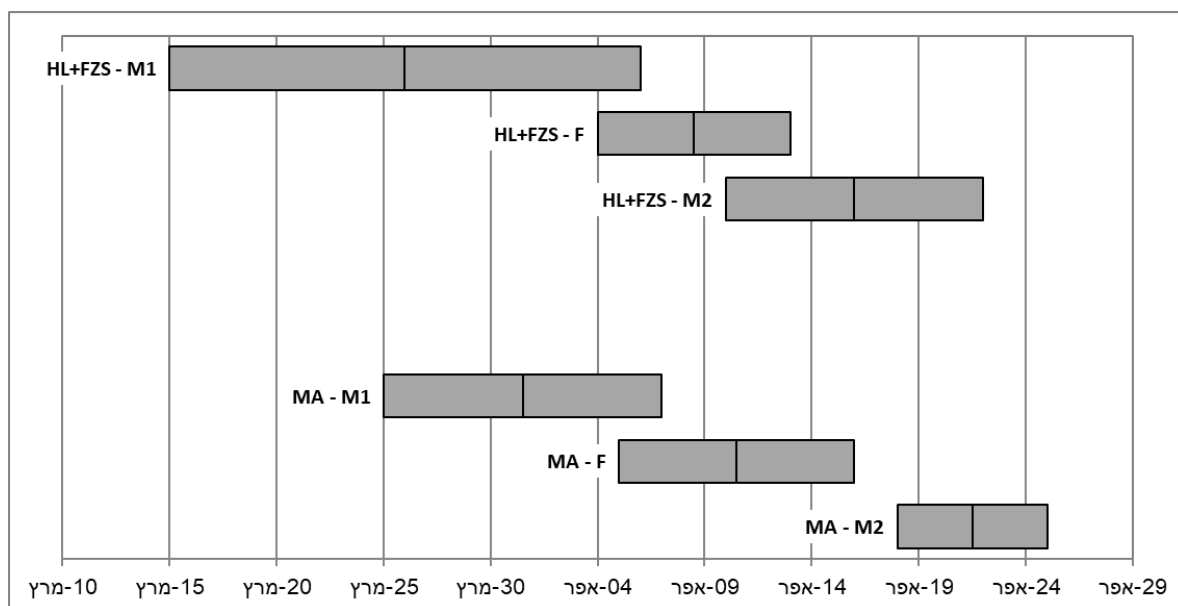
איור 2. הערכת יבול בעצי FZS מכוסים ברשת עם מפרים שונים, מורן 2021.

0 = אין כלל פרי, 1 = מעט פרי, 2 = יבול בינוני, 3 = יבול גבוה

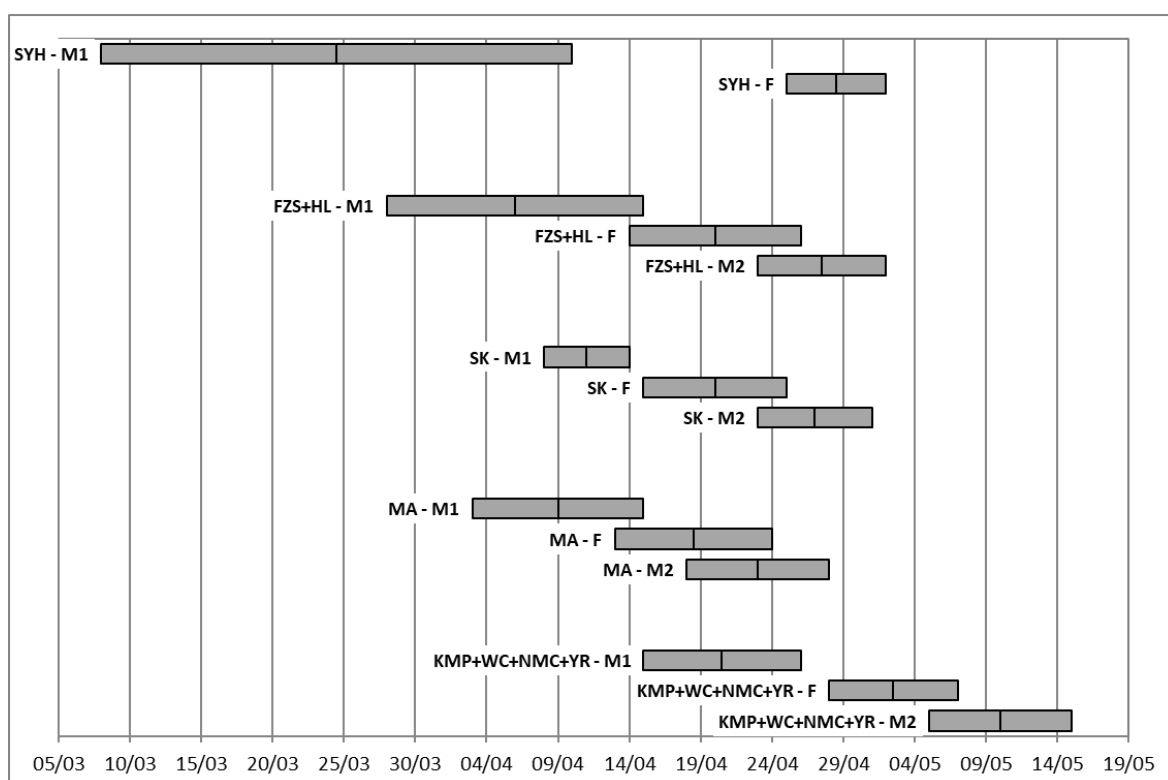


חפיפת הפריחה של עצי HL ו-SK עם ה-FZS היתה דומה ב-2021 למה שהתקבל ב-2020, וההסבר שנתנו לגבי 2020 תקף גם לשנה זו.

איור 3. פנולוגיית הפריחה במורן 2021. א) בחלקה מזרחית, ב). בחלקה מערבית.
א.



ב.



איתור זן מפרה לזן תמוז –

בעונת 2018 מצאנו שהזן 'תמוז' הוא מעניין מאוד: פרי גדול, אפיל, עם זרע מנוון עד קטן מאוד, לא רגיש לנשירה (לא נשר בכלל כמו הזן מאוריציוס בשרב הכבד ששרר במחצית מאי 2018 ברביד ובמורן <40 מעלות עם 10% לחות), לא רגיש לכתמים חומים כמו מאוריציוס, ובמיוחד בהשוואה ל'סיוון' הרגיש. עם זאת פוריותו נמוכה (אפילו לאחר שפורח היטב).

במורן ישנה חלקה הנטועה בשורות מעורבות של תמוז-מאוריציוס (בכל שורה יש עץ אחד מאוריציוס ואחריו עץ תמוז, כך לסירוגין עד סוף השורה) עם פוריות בינונית (25 ק"ג/עץ). ברביד לעומת זאת יש בלוק אחיד של תמוז בלבד, והיבול שם נמוך ביותר (5-10 ק"ג/עץ). המסקנה שעלתה מכך היא שהתמוז נהנה ככל הנראה מהאבקה זרה.

ממעקב שעשינו ברביד אחר יבולי התמוז שסמוכים או רחוקים ממאוריציוס והונג לונג למדנו על הפוטנציאל לשיפור יבולי התמוז ע"י האבקה זרה (שטרן וחוב' 2018). לאור זאת בוצע ב-2019 ניסוי חדש בו האבקנו ידנית עצי תמוז עם אבקות מזנים שונים. ניסוי זה שבוצע ברביד נכשל לחלוטין (שטרן וחוב', 2019). ב-2020 ערכנו ניסוי חדש, בדומה לניסוי שנעשה במורן על עצי FZS – זוגות עצים של תמוז, כל פעם עם מפרה אחר, כוסו ברשת שלתוכה הוכנסה כוורת דבורי בומבוס.

הטיפולים = זוגות העצים שנבחנו (מורן, 2020)

1. תמוז עם HL (הונג לונג)
 2. תמוז עם MA (מאוריציוס)
 3. תמוז עם FL (פלורידני)
 4. תמוז עם WC (וואי-צ'י)
 5. תמוז עצמי – ביקורת של האבקה עצמית (עץ מכוסה + כוורת דבורי בומבוס)
- בכל טיפול כוסו 3-4 זוגות עצים.

תוצאות

תוצאות מפרים לתמוז 2020

הזן HL כמפרה לתמוז הצטיין. התמוז נתן לראשונה יבולים גבוהים מאוד של כ-40 ק"ג/עץ (איור 4). יש לציין שבנוסף לעצי התמוז שבניסוי, כלומר אלו שכוסו ברשתות עם המפרה HL, גם כל שאר עצי התמוז שהיו בסמיכות לחלקת HL נתנו יבולים גבוהים מאוד ובסדר גודל דומה לעצי הניסוי – כ-40 עד 50 ק"ג/עץ. כמו כן התקבל גרדיאנט יבולים שלילי ככל שמרחק עצי התמוז מחלקת ה-HL הלך ועלה. כבר ב-2018 (שטרן וחוב' 2018) דיווחנו לראשונה על רמזים לתרומה המשמעותית של שני עצי HL מורכבים ליד חלקת התמוז בהשוואה לעצי תמוז בלבד. יתכן שמעבר לפוטנציאל ההפריה הגבוה של הזן HL קיימת סיבה נוספת להצלחתו כמפרה והיא חפיפת פריחה טובה של פרחי M2 שלו עם פרחי הנקבה של התמוז (איור 5).

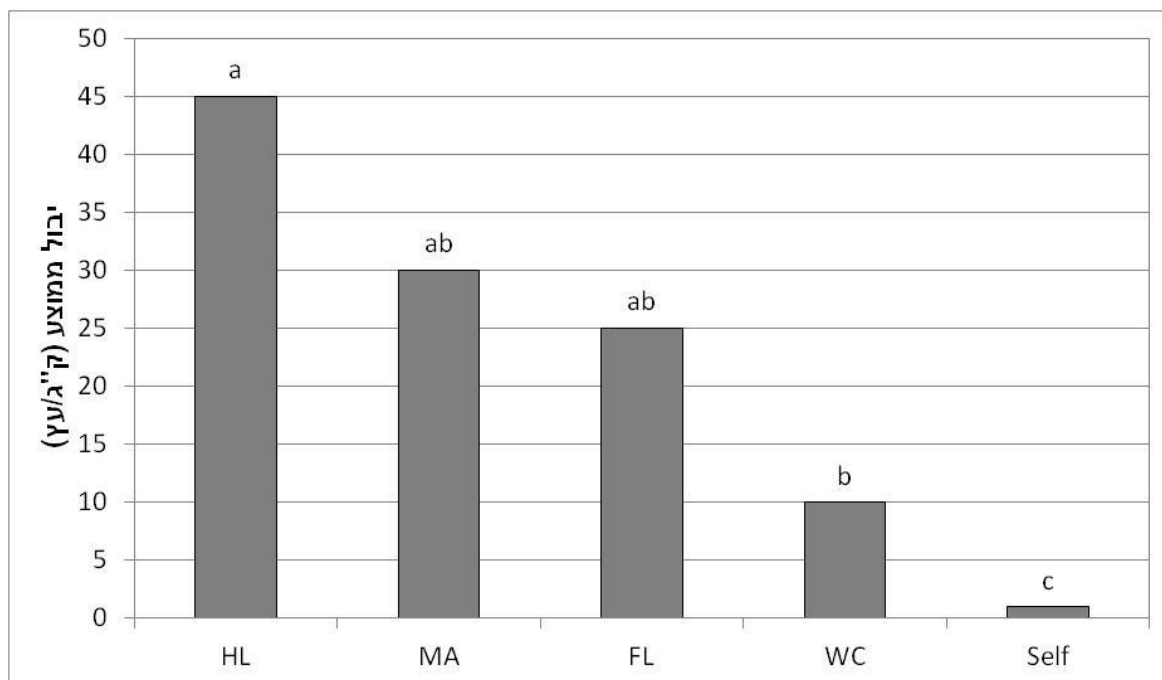
מאוריציוס – הזן השני בחשיבותו שנמצא כמפרה טוב לתמוז הוא הזן מאוריציוס. במטע המסחרי במורן, בו נטועים עצי תמוז ומאוריציוס לסירוגין לאורך כל השורות, היבול המסחרי בתמוז גבוה יחסית, וב-2020 אף היה גבוה במיוחד (כ-40 ק"ג/עץ = כמעט 2 טון/ד'). גם בניסוי שלנו ברביד התקבלה תוצאה טובה יחסית של כ-30 ק"ג/עץ עם מפרה זה. מעניין שהמאוריציוס כמפרה ל-FZS נמצא חלש ביותר (סעיף קודם) ואילו כמפרה לתמוז הוא טוב. מכאן שיש להיזהר בקביעת המושג של מפרה טוב או לא טוב – השאלה היא רק עבור מי.

פלורידני – נתן יבול בינוני עד חלש בעצי התמוז.

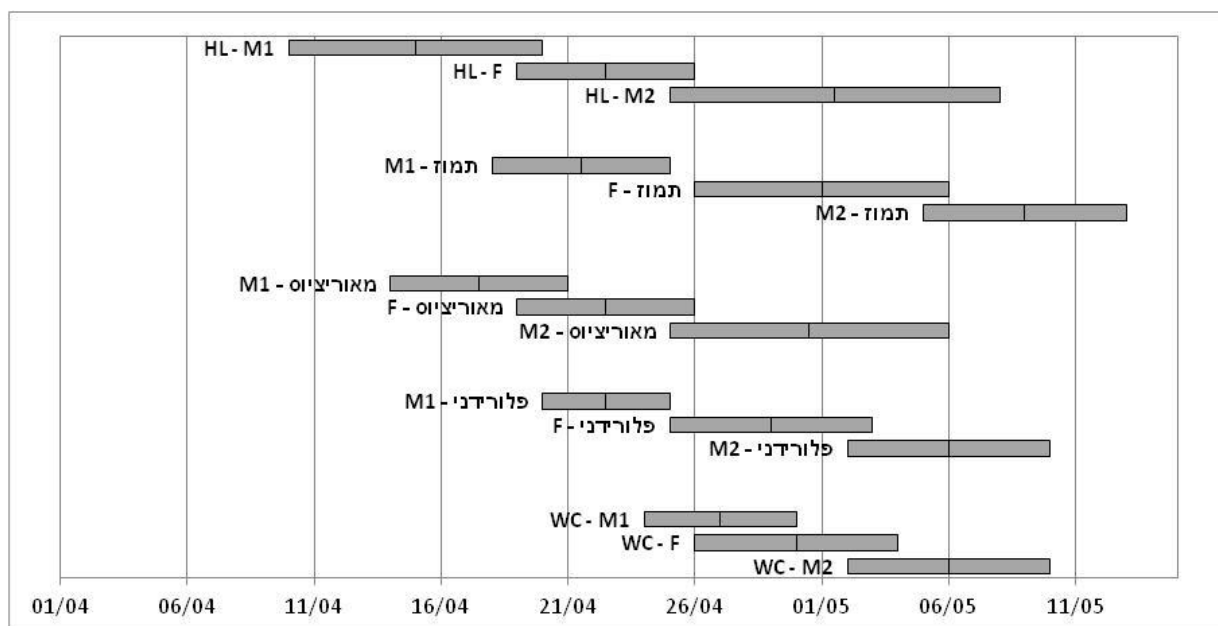
WC – נתן יבול חלש מאוד בעצי התמוז.

האבקה עצמית – יבול כמעט אפסי.

איור 4. יבול עצי תמוז מכוסים ברשת עם מפרים שונים, רביד 2020.



איור 5. פנולוגיית הפריחה ברביד 2020.



תוצאות מפריס לתמוז 2021

השנה חזרנו על ניסויי הפריית התמוז במורן וברביד, אך בהבדל אחד מ-2020 – ברביד העצים המפריס סמוכים לעצי התמוז (NMC, WC, פלורידני) לא פרחו כלל. מסיבה זו לא יכולנו לכלוא אותם ברשת יחד עם עצי התמוז, שגם הם פרחו באופן חלש יחסית. לאור זאת נבדקו רק עצי התמוז שהיו סמוכים לחלקת HL שנמצאת ממזרח לחלקת התמוז ועצי התמוז שהיו סמוכים לחלקת המאוריציס שממערב לחלקת התמוז, כל זאת בהשוואה לעצי תמוז **שבאמצע** חלקת התמוז (עצי "ביקורת" ללא מפריס). תוצאות היבול של עצי התמוז הצביעו שוב, בדומה ל-2020, על תרומת המפריס השונים ליבול. עצי התמוז במרכז החלקה נתנו בממוצע 8 ק"ג לעץ, עצי התמוז הסמוכים לחלקת המאוריציס נתנו בממוצע 15 ק"ג/עץ, ואילו עצי התמוז שהיו סמוכים לחלקת HL נתנו מעל 20 ק"ג/עץ. במורן, בה ניטעו עצי התמוז לסירוגין בתוך שורת מאוריציס כך שכל עץ תמוז "ראה" משני צידיו עץ מאוריציס, התקבלו יבולים גבוהים של כ-30 ק"ג/עץ.

סיכום ביניים של תוצאות ההאבקה הפתוחה ותחת רשתות –

האבקה זרה נמצאה כטובה יותר מהאבקה עצמית בשלושת הזנים הנקביים שנבדקו: מאוריציס, FZS ותמוז. אם במאוריציס עוד אפשר לקבל יבול סביר ע"י האבקה עצמית (וכמובן לשפרו ע"י האבקה זרה), הרי שבשני הזנים האחרים אין כמעט אפשרות לכך, כלומר חייבת להיות בהם האבקה זרה. עם זאת, למדנו שכל זן זקוק למפרה האופטימלי שלו. כך למשל ה-FZS נתרם מאוד מה-HL ומ-SK כמפריס וכלל לא מהמאוריציס. התמוז לעומת זאת נהנה אף הוא מה-HL כמפרה, אך להפתעתנו גם מהזן מאוריציס (כך שלא ניתן לומר על זן מסויים שהוא מפרה טוב או לא, תלוי למי). בשלב זה נראה כי הזן HL טוב כמפרה לכולם – הצטיין במאוריציס, ב-FZS ובתמוז, ומלבד זאת הוא עצמו זן מסחרי בעל פוריות גבוהה מאוד. הזן SK הוא זן חדש ומעניין מאוד. מעבר לכושר ההפריה הגבוה שלו לזן הבעייתי FZS, הוא עצמו מסתמן כזן מבטיח (פורת מאוד עם פרי גדול, צבעוני ובעל זרע לא גדול).

II. פיתוח סמנים גנטיים לזיהוי ההורה המפרה של הזנים מאוריציוס, FZS ותמוז –

על מנת לאתר באופן ודאי באנליזה מולקולרית את הזן שהפרה את הפרח ליצירת הפרי יש לאתר סמנים גנטיים. בעבודתנו הקודמת (שטרן וחוב' 2018) הצלחנו לאתר סמנים גנטיים אשר יבדילו בין האבקה עצמית של הזן מאוריציוס לבין האבקה של זנים זרים כמו הונג-לונג ופלורידני על בסיס עבודה מוקדמת לזיהוי זני ליצי בשיתות SSR (Viruel and Hormaza, 2004). מנגד, הנסיון למצוא סמנים אשר יבדילו בין הזנים מאוריציוס FZS ותמוז כשל. אי לכך, התחלנו בפיתוח סמנים חדשים על בסיס עבודה שבמסגרתה אופיינו מעל 5800 גנים של ליצי באמצעות קביעת רצף באחת משיטות של "הדור הבא" (Next generation sequencing technology, Li et al., 2013). מכאן שמצויים רצפים רבים שבאמצעותם ניתן לאתר SNPs ספציפיים לכל זן, כפי שעשינו לאחרונה עבור זני אבוקדו בארץ (Stahl et al., 2019). עבודה זאת הינה בשלביה הראשונים והמסלול הוא כלהלן:

הפקת דנ"א מהצאצאים

בעבודתנו הקודמת על הזן מאוריציוס הצלחנו להפיק דנ"א של הצאצאים רק לאחר הנבטת הזרעים וגידול שתילון, כאשר הדנ"א הופק מהעלים הצעירים. הניסיונות שלנו להנביט זרעי FZS ותמוז נכשלו עד כה. ככל הנראה האופי המצומק, שנובע מהתנוונות מוקדמת של העובר, של הזרעים מהווה בעיה לגדילת שתיל מזן זה. לפיכך ניסינו השנה מספר שיטות להפקת דנ"א מהזרע, (גישה שבעבר נכשלו בה בזן מאוריציוס). בזן תמוז הצלחנו להפיק DNA מהפסיגים של הזרע הבוגר בשלב הקטיפה, אך בזן FZS כל הזרעים בשלב הקטיפה היו מנוונים, ולכן הפקנו את ה-DNA בשלב מוקדם יותר (6 שבועות מהפריחה) "רגע" לפני שהאנדוספרם או העובר התנוונו (חסרון השיטה – יתכן שלאחר שלב ההפקה וזיהוי ההורה המפרה חלק מהפירות שנוצרו נשרו כתוצאה מהפריה עצמית). בחנו הפקה באמצעות שני פרוטוקולים מבוססי CTAB המותאמים לזרעים (במיני צמחים שונים אחרים) ושני קיטים להפקת דנ"א מחברות שונות. התוצאות הטובות ביותר התקבלו באמצעות קיט Genomic DNA Extraction kit for Plant (RBC Bioscience. Cat – YGB100). כמויות הדנ"א שהתקבלו נעו בין ננוגרמים בודדים לעשרות ננוגרמים באיכות בינונית אך ברמה המספקת לביצוע PCR.

מציאת סמנים גנטיים לאפיון אבהי

ריצפנו אינטרונים בגן LFY ע"מ למצוא שינויים נקודתיים (SNP Single Nucleotide Polimorphism) שישמשו כסמן גנטי. על אף שנמצאו כמה שינויים באינטרונים של הזנים השונים הם היו מעטים ומפוזרים, כך שלא הצלחנו לייצר פרימרים ספציפיים לזן לביצוע PCR מבחין וגודל הרצפים היה זהה כך שלא ניתן היה להבחין בניהם על פי אורך התוצר. המשמעות היא שיש צורך לרצף כל צאצא מספר פעמים בשל האופי ההטרוזיגוטי של הליצי – תהליך שאינו ריאלי מבחינת עלויות הזיהוי של מאות צאצאים. מכיוון שהמידע הגנטי בליצי דל ביותר בחרנו לאפיין רצפי טרנספוזונים בתור סמנים. רצפים אלו נפוצים בצמחים במספר רב של עותקים ו"קפיצה" שלהם בגנום עשויה ליצור מחיקות או החדרות גדולות הניתנות לאפיון פשוט באמצעות PCR. שלבי השיטה הם:

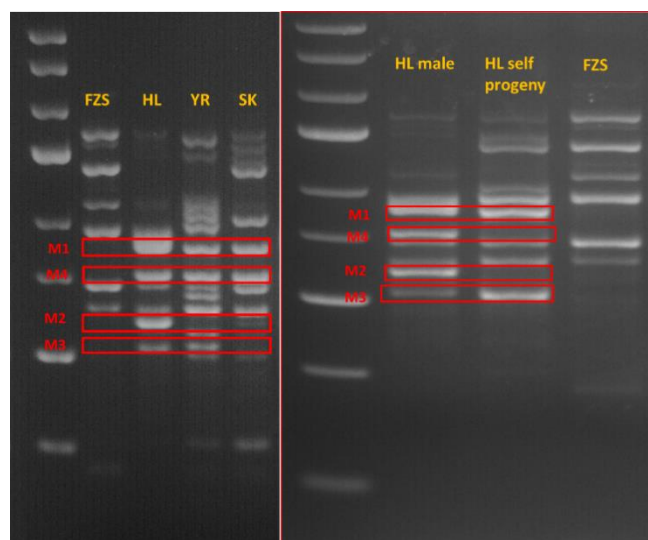
1 – שימוש בפרימרים קצרים מאיזורים שמורים בטרנספוזון על מנת ליצור "טביעת אצבע" לכל זן (Kalendar et al., 2010).

2 – מציאת תוצרי PCR ייחודיים לזן, הפקה מהגיל וריצוף.

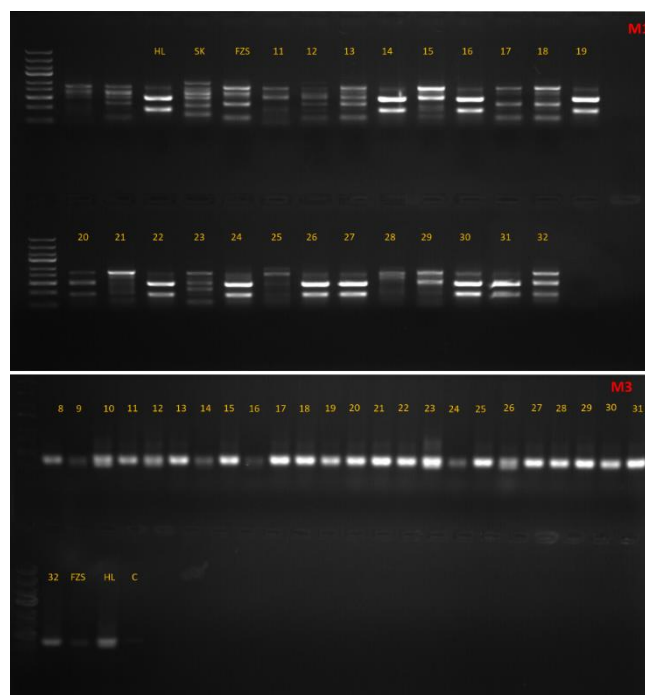
3 – תיכנון פרימרים ספציפיים עפ"י הריצוף ובחינתם על צאצאי הפרייה עצמית של הזן המפרה על מנת לאפיין סמנים הומוזיגוטיים.

4 – בחינת הסמן על צאצאים מניסויי ההפריה.
לביחנת הגישה התמקדנו בניסויי הפריית FZS ע"י HL. השווינו "טביעות אצבע" גנטיות המבוססות על טרנספוזונים שונים ומצאנו מספר בנדים השונים בין FZS ל HL.

איור 6 – טביעת אצבע גנטית של רצפי טרנספוזונים בזנים שונים (שמאל) ובהשוואה בין HL כהורה לצאצא עצמי של HL (ימין). סמנים M1, M4, משותפים לכל המפרים אך לא לזן המופרה FZS. סמן M2 ספציפי לזן המופרה HL בעוד שהסמן M3 משותף ל HL ו YR.



איור 7 - בדיקת נוכחות סמנים M1 ו M3 באמצעות פרימרים ספציפיים בצאצאי הפרייה של HL כאמא.



באיור 7 ניתן לראות כי הסמן M1 (נראה כשני פסים חזקים בלבד) כפי שהוא מופיע בהורה HL, לא מופיע בכל צאצאי ההפרייה של HL כאמא, ומכאן שהוא אינו הומוזיגוט בהורה. באופן דומה, גם הסמן M2 נבדק

בצאצאי HL כאימא והופיע רק ב 18 מתוך 22 צאצאים ולכן גם הוא נפסל לשימוש כסמן אבהי כמו גם הסמן M4 שלא הופיע בכל הצאצאים (איור 6 ימין) לעומת זאת, סמן M3 מופע בכל הצאצאים של HL וכפי הנראה הוא הומוזיגוט בזן זה ולא מופיע בזן FZS כך שניתן יהיה להשתמש בו להבחין בין תוצרי הפריה זרה ועצמית.

תוצאות האנליזה הגנטית שבוצעה בפירות FZS בעונת 2021

טבלה 1 מציגה את תוצאות האבקה ה-FZS עם הזן HL תחת רשת ובהאבקה פתוחה. יש לציין שהחנטים מכל הטיפולים נדגמו השנה בגיל 6 שבועות (כאשר נוצרה הפריה והתקבל עובר קטנטן עם אנדוספרם נוזלי, ו"רגע" לפני שהעובר התנוון ולא ניתן היה להפיק ממנו DNA). ולהלן התוצאות מטבלה 1 –

בהאבקה העצמית (זוגות FZS סגורים ברשת עם כוורת) נוצרו רק חנטים בודדים לעץ וכולם היו עצמיים. בשלב זה של הבדיקה, שמשקף למעשה את החנטה הראשונית, התקבלו אמנם מספר חנטים לעץ אך בהמשך הדרך (בקטיף) לא נשאר אפילו פרי אחד לעץ. כולם נשרו, ככל הנראה עקב ההפריה העצמית שלא איפשרה להם הישרדות בתנאי החום שהגיעו בהמשך עוד לפני הקטיף.

בהאבקה הזרה התקבלו כ-50% חנטים תוצרי HL. הן בהאבקה סגורה תחת רשת של FZS עם HL והן בהאבקה פתוחה של FZS. הביטחון שלנו בתוצאות ההאבקה הפתוחה (HL כמפרה ל-FZS) נובע מהעובדה כי בחלקה זו נטועים רק עצי HL ומאוריציוס. מאחר והמאוריציוס לא תרם אף פעם (לא בעבר וגם לא השנה) להפריית ה-FZS (למרות חפיפת הפריחה הטובה שלהם), אנו מניחים בוודאות גבוהה שתוצרי ההאבקה הזרה הם אכן של HL (עם זאת יש לציין שלא הצלחנו למצוא עד היום סמן גנטי שיכול להפריד בין שני המפריים הנ"ל). היבול שהתקבל היה בהתאם: דומה בשני הטיפולים וגבוה מההאבקה העצמית שלא נתנה כלל יבולים.

טבלה 1. שיעור פירות FZS תוצרי האבקה עצמית או זרה לאחר האבקתם תחת רשת או לאחר האבקה פתוחה (Open Pollination = OP) והיבול שהתקבל בהם. כל טיפול נבדק ב-4 חזרות (עצים), מכל עץ נדגמו 30 חנטים. מורן, חלקה מזרחית 2021.

יבול FZS (ק"ג/עץ)		שיעור הצאצאים (%)		טיפול
בקטיף (12 שבועות)	בחנטה ראשונית (6 שבועות)	עצמית (FZS)	זרה (HL)	
12	גבוה	47	53	FZS + HL
0	נמוך	100	0	FZS + FZS
15	גבוה	46	54	FZS + OP

בטבלה 2 מוצגות תוצאות ההאבקה של FZS עם הזן SK תחת רשת ובהאבקה פתוחה. בחלקה המערבית של מורן, שפורחת כל שנה באחור של כשבוע לעומת החלקה המזרחית (איור 3). מהתוצאות עולה שוב כי עצי הזן FZS, הסגורים ברשת עם עץ מאותו הזן (האבקה עצמית), לא הצליחו ליצור כלל פירות, והבודדים שנוצרו כחנטים (עד גיל 6 שבועות) היו כולם עצמיים. בהאבקה זרה של FZS עם SK תחת רשת התקבלו 48% צאצאים תוצרי SK. תוצאה זו דומה מאוד לתוצאת ההאבקה הזרה עם HL (טבלה 1). לעומת זאת בהאבקה הפתוחה של FZS נמצא כי 88% מהחנטים שנבדקו היו תוצרי SK (ייתכן כי השיעור הגבוה יותר של מכלואים עם SK לאחר האבקה פתוחה לעומת סגורה נובע מהקושי של הדבורים לפעול בתוך הרשת

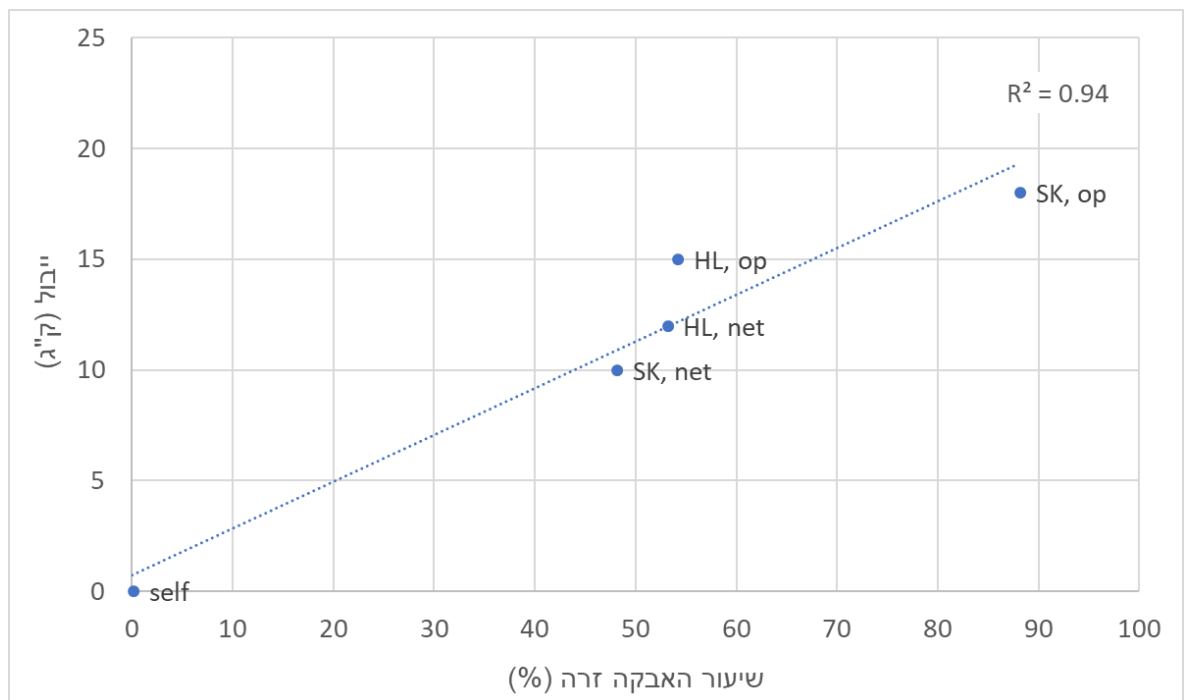
בהשוואה לתנאים מחוץ לרשת, ו/או מקושי של הפירות להתפתח כראוי תחת רשת). יש לציין שרמת הביטחון שלנו בתוצאה הנ"ל של ההאבקה הפתוחה נובעת מהעובדה שבסמוך לעצי ה-FZS עם ההאבקה הפתוחה היו רק עצי SK ומאוריציוס. אמנם לא הצלחנו עדיין למצוא סמן גנטי שיפריד בין המפרים SK ומאוריציוס, אך מאחר וראינו בעבר (דוח 2020) וגם בניסוי השנה (טבלה 1) שהמאוריציוס לא מסוגל להפרות את ה-FZS, אנו מניחים שכל תוצרי ההפריה הם מהמפרה SK.

היבולים שהתקבלו בעצי ה-FZS היו בהתאם לשיעורי ההאבקה הזרה, כלומר – יבול אפסי בהאבקה עצמית, בינוני ב-FZS הסגור ברשת עם SK, וגבוה ב-FZS בהאבקה פתוחה. מהמתאם הגבוה והמובהק שהתקבל בין שיעור המכלואים של FZS עם המפרים SK ו-HL ובין היבול שהתקבל באותם עצים (איור 8) ניתן ללמוד על חשיבות ההאבקה הזרה בזה – ככל שהיא גדולה יותר היבול גבוה יותר. במילים אחרות, פחות סיכויים לנשירה של פירות וכתוצאה מכך קבלת יבולים גבוהים יותר.

טבלה 2. שיעור פירות FZS תוצרי האבקה עצמית או זרה לאחר האבקתם תחת רשת או לאחר האבקה פתוחה (OP) והיבול שהתקבל בהם. כל טיפול נבדק בשתי חזרות (עצים). מורן, חלקה מערבית 2021. מכל עץ נדגמו כ-30 חנטים.

יבול FZS (ק"ג/עץ)		שיעור הצאצאים (%)		טיפול  
בקטף (12 שבועות)	בחנטה ראשונית (6 שבועות)	עצמית (FZS)	זרה (SK)	
10	גבוה	52	48	FZS + SK
0	נמוך	100	0	FZS + FZS
18	גבוה	12	88	FZS + OP

איור 8. המיתאם בין שיעור המכלואים של FZS עם SK או HL והאבקה עצמית (self=FZS) לבין היבול שהתקבל בעצים אלו תחת רשת (net) או בהאבקה פתוחה (op). מורן, חלקות מזרח ומערב 2021. כל נקודה היא ממוצע של 2-4 חזרות לטיפול.



מסיכום הבדיקה של שני המפרים הנ"ל עולה שהיבול הסופי שהתקבל היה מורכב רק מפירות תוצרי האבקה זרה. כל החנטיים/הפירות שנשרו במהלך הדרך היו ככל הנראה "עצמיים". לו אפשר היה לבדוק את ההורה המפריה בפירות הבוגרים (בקטיף) יכולנו להוכיח זאת, אך כאמור לא ניתן להפיק DNA מהזרעים בשלב זה, כי כולם מנוונים.

תוצאות האנליזה הגנטית שבוצעה בפירות תמוז בעונת 2021

לצערנו, למרות השקעה מרובה מאוד, הן תקציבית והן של עבודה, נכשלנו באיתור סמנים גנטיים חדשים שיוכלו להפריד בין צאצאי תמוז עצמיים לזרים (HL, מאוריציוס ועוד). לאור זאת ניתן ללמוד בשלב זה על יתרונות ההפריה הזרה רק מתוצאות היבול שהתקבל בשטח (איור 4 ובטקסט שבהמשך).

III. איתור זנים חדשים כנושאי פרי איכותי

מטרת חלק זה בעבודה היה לאתר לא רק את הזן המצטיין כמפרה לכל אחד מהזנים שנבדקו (מאוריציוס, FZS ותמוז), אלא גם לבחון האם זנים אלה וזנים נוספים שקיימים בחלקת אוסף הזנים שברביד ובמורן עשויים להיות מעניינים מבחינת הפרי שלהם. נמצא שהזן הונג לונג (HL) שהצטיין כמפרה לכל שלושת הזנים הנ"ל הוא גם זן מצטיין מבחינה נקבית (בהשוואה למאוריציוס) – יבול גבוה, פרי איכותי (אך עם זרע קצת גדול), לא רגיש להחמת הקליפה ומועד קטיף מוקדם יותר. הזן השני שנמצא כמעניין ומבטיח מבחינה נקבית הוא הסא-קנג (SK) – יבול גבוה מאוד וללא סרגיות, מקדים מעט את המאוריציוס, לקליפת הפרי צבע אדום עז ואיכות הפרי טובה מאוד. הזן השלישי, פרינס (זריע של צ'אקרפק) לא נבחן כמפרה, אך גם מועד הבשלתו המוקדם וגודלו המרשים מעידים כי הוא יכול להיות זן מעניין מאוד (יש רק מספר עצים צעירים בחלקה).

דיון

העלאת יבולי הליצי, בעיקר בזן מאוריציוס שהוא הזן המרכזי בישראל, אך גם בזנים החדשים והמבטיחים כמו FZS ותמוז, מהווה אתגר גדול בישראל ובכל הארצות שמגדלות ליצי. בעבודה זו ניסינו לשפר את פוריות הזנים השונים ע"י איתור המפרה המצטיין לכל זן, הן באופן מעשי במטע והן ע"י איתור סמן גנטי שיכול לסייע בזיהוי וודאי של הזן המופרה.

מתוצאות המחקר עולה כי אכן שלושת הזנים שנבחנו (מאוריציוס, FZS ותמוז) הגיבו היטב להאבקה זרה, כלומר שיפרו משמעותית את יבוליהם לאחר האבקה זרה. אם במאוריציוס עוד אפשר לקבל יבול סביר ע"י האבקה עצמית וכמובן לשפרו ע"י האבקה זרה הרי שבשני הזנים האחרים אין כמעט אפשרות לכך (Stern et al., 2003; Degani et al., 1995; Stern and Gazit, 2003). מצאנו כי בזנים FZS ותמוז חייבת להיות האבקה זרה, שאם לא כן לא מתקבל כל יבול. עם זאת למדנו שכל זן זקוק למפרה האופטימלי שלו. כך למשל הזן FZS "נהנה" מאוד מהזן הונג לונג כמפרה, אך כלל לא מהזן מאוריציוס כמפרה. התמוז לעומת זאת "נהנה" אף הוא מהזן הונג לונג כמפרה, אך להפתעתנו מגיב באופן חיובי גם למאוריציוס כמפרה. מכאן שלא ניתן לומר על מפרה מסוים שהוא טוב או לא טוב – תלוי לאיזה זן נקבי מתייחסים. למרות המסקנות שנאמרו לעיל, שהתבססו על האבקה פתוחה והאבקה עצמית תחת רשתות, עדיין לא הצלחנו לאתר סמן ייחודי (SNP) עבור כל אחד מהזנים שאיתם עבדנו. עם זאת, הצלחנו לאתר סמן גנטי אחד (M3) שאיפשר לנו להפריד בין צאצאי FZS עצמיים לכאלו שהתקבלו ע"י המפרה HL.

מתוצאות אלו למדנו שהזן FZS ככל הנראה עקר לעצמו, לפחות בתנאי האקלים של ישראל, וגם אם מצליח לייצר מספר קטן של חנטים עצמיים (כ-50% עצמיים בגיל 6 שבועות, טבלאות 1+2) הם ככל הנראה נושרים עד לקטיף. הוכחה לכך היא שכל החנטים העצמיים, שנוצרו תחת רשת, נשרו עד לקטיף. עם זאת, מאחר ולא הצלחנו להפיק DNA מזרעי פירות של FZS (כיוון שבכולם העובר מנוון לחלוטין), אין לנו אפשרות לדעת בוודאות שאכן כל הפירות ששרדו הם רק **מכלואים** עם HL ובכל מקרה לא עצמיים. חיזוק להשערתנו שלפירות העצמיים יש נטייה לנשור (ובעיקר פירות הזן FZS שמכילים רק זרעים מנוונים) נמצא במתאם שהתקבל בין שיעור המיכלואים ליבול (איור 8) וכן מדיווחים על ניסיונות לשיפור יבולי ליצי ממקומות שונים בעולם. המחברים טוענים כי העובר שמתפתח בפרי של זנים עם זרע מנוון, כמו FZS, Guiwei (GW), Kwai-Mi-Red (KMR), No-Mai-Chee (NMC) ועוד, מופל ככל הנראה בשלבים מוקדמים מאוד של התפתחות הפרי, כאשר ההאבקה היא עצמית, מה שמביא לנשירה מוגברת של הפירות. עם זאת, כאשר ההאבקה היא זרה, סיכויי ההישרדות של הפרי עולים משמעותית (Stern et al., 1993; Stern and Gazit, 2003; Froneman et al., 2012; Xie et al., 2019). בדרום אפריקה הראו Froneman et al. (2012) כי האבקה עצמית ידנית של WC יצרה חנטים רבים יותר מהאבקה זרה עם זנים שונים, אך עד הקטיף התהפכה המגמה ומרבית העצמיים נשרו. כנראה שגם בזן תמוז קיימת תופעה דומה, שנראתה בבירור בניסיונות שדה בהאבקה פתוחה, אך לא הצלחנו עד כה להוכיח אותה, כיוון שלא איתרנו סמן שיכול להפריד בין האבקה עצמית לזרה בזן תמוז (כנקבה).

העובדה שהאבקה זרה בזן FZS הצליחה לייצר פירות, ומנגד האבקה עצמית לא ייצרה כלום (למרות שחנטה ראשונית מעטה מאוד כן התקבלה), מעלה את החשד שבעיית הפוריות בזן זה נובעת גם, או בעיקר מגרגרי אבקה פגומים ו/או לא חיוניים בזן FZS. חיזוק לתופעה זו התקבל ממחקר שנעשה בסין (Jiang et al., 2012). המחברים טוענים שלגרגרי אבקה הזן FZS חיוניות נמוכה מאוד, ולכן אינם יעילים מספיק לא רק להפריה עצמית של הזן FZS, אלא גם להפריה של זנים אחרים.

לסיכום, ניתן לומר שלמרות חוסר הצלחתנו לאתר סמנים גנטיים ספציפיים לכל אחד מהזנים שנבדקו ומהמפרים הפוטנציאליים שלהם, הצלחנו להוכיח שניתן לשפר את יבול הזן מאוריציוס, כמו גם את יבולי

הזנים המבטיחים והאיכותיים, FZS ותמוז, ע"י איתור והתאמת מפרה מתאים לכל אחד מהם. ניתן גם לומר שהזן HL נמצא כמפרה המצטיין לכל אחד מהזנים שנבדקו עד היום (מאוריציוס, FZS, תמוז) והוא עצמו יכול לשמש כזן הנושא פרי מסחרי איכותי שמקדים משמעותית את המאוריציוס. לא ברור האם יתרונו הגדול כמפרה לכל הזנים נובע מהקדמת פריחתו, שמאפשרת לפרחי M2, החיוניים יותר מאבקת M1 המקדימה (Stern and Gazit, 1996), לחפוף את פרחי הנקבה של זני המטרה, או שהאיכות הגנטית של גרגרי האבקה שלו הינה מצטיינת, בדומה לאבקת זן האבוקדו אטינגר שמפרה מצוין את הזן האס וזנים נוספים (Gazit and Gafni, 1986). כמובן יתכן ששתי האפשרויות נכונות, כאשר כל אחת מהן תורמת להצלחתו של הזן HL כמפרה.

חיזוק לאפשרות ששני הגורמים הנ"ל תורמים לפוטנציאל ההפריה הגבוה של הזן HL היא העובדה שפרחי M2 נמצאו תמיד (בכל הזנים) יעילים יותר מפרחי M1 בהגדלת שיעורי החנטה ומספר הפירות (Davenport and Stern, 2003; Stern and Gazit, 2005), וכן שהפריית מאוריציוס עם אבקת HL העניקה לא רק יבולים גבוהים יותר ממפרים אחרים, אלא גם פרי גדול יותר, וזאת למרות עומס היבול הגבוה ביותר (איור 2, ניסוי לביא).

יש לציין שאמנם האבקה זרה בליצי נותנת כמעט תמיד פרי גדול יותר מהאבקה עצמית, כפי שנמצא בישראל (Stern et al., 1993; Degani et al., 1995), באוסטרליה (McConchie et al., 1991) בזן מאוריציוס ובדרום אפריקה בזן WC (Froneman et al., 2012), אך האבקה זרה עם הזן HL היא ככל הנראה הטובה ביותר, ולא רק לשלושת הזנים שנבדקו בעבודה זו, אלא גם ובעיקר לזנים מצטיינים בעלי נטייה להפלת עוברים, יצירת זרע מנוון ונשירה מוגברת, כפי שקיים ב-NMC ו-Gui Wei (Xiang et al., 2001) הגדלים בסין.

ספרות מצוטטת

1. גורן מ, 2013. יתרונות בגידול זני ליצי אחרים ממאוריציוס. עלון הנוטע 67 (2) : 44-42.
2. גורן מ, גזית ש. 1994. זני ליצי חדשים ומבטיחים בישראל, תאור הערכה והמלצות. עלון הנוטע 48 (5) : 206-202.
3. גורן מ, דגני ע, תומר א. 2002. הרכב הזנים במטע הליצי העתידי בישראל. עלון הנוטע 56 (6) : 268-265.
4. נוי מ. (2020). ענף הליצי תמונת מצב : נובמבר 2020. עלון הנוטע 74 (10) : 20-21.
5. פחימה ע, לווינקרון ס, ליכטר א, שטרן ר, אייל י, גורן מ, הרפז ס. (2017). התפתחות הפרי והקליפה בזני הליצי 'הונג לונג' ו'מאוריציוס'. עלון הנוטע 71 (7) : 32-36.
6. שטרן ר, גורן מ, נוי מ, מורן י, ספיר ג, גולדווי מ. (2018). שיפור פוריות זן הליצי המרכזי מאוריציוס ופיתוח טכנולוגיות גידול לזנים חדשים, מוקדמים ומאוחרים, להרחבת עונת השיווק ולהגדלת הרווחיות – דוח סופי למדען.
7. שטרן ר, נוי מ, ספיר ג, גולדווי מ, רז א. (2019). שיפור פוריות זני ליצי חדשים ע"י איתור מפרה מצטיין לכל זן – דוח שנה ראשונה למדען.
8. שטרן ר, נוי מ, ספיר ג, גולדווי מ, רז א. (2020). שיפור פוריות זני ליצי חדשים ע"י איתור מפרה מצטיין לכל זן – דוח שנה שנייה למדען.
9. שטרן ר, ספיר ג, גולדווי מ, בר-סיני נ, גורן מ, נוי מ, מורן י. (2017a). תוספת דבורי בומבוס למטע ליצי להעלאת היבול והגדלת הפרי. עלון הנוטע 71 (10) : 24-28.
10. שטרן ר, ספיר ג, גולדווי מ, בר-סיני נ, גורן מ, נוי מ, מורן י. (2017b). השפעת מפרים שונים לשיפור פוריות הליצי מזן מאוריציוס. עלון הנוטע 71 (11) : 48-52.

11. Gazit, S. and E. Gafni. 1986. Effect of hand pollination with different pollen donors on initial fruit-set in avocado. *Israel Agresearch* 1: 3-17.
12. Davenport, T. and Stern, R.A. 2005. Flowering. In: C.M. Menzel and G.K. Waite (Eds.). *Litchi and Longan: Botany, Cultivation and Uses* CABI publishing, Wallingford, U.K. pp. 87-113.
13. Degani, C., **Stern, R.A.**, El Batsri, R. and Gazit, S. 1995. Pollen parent effect on the selective abscission of Mauritius and Floridian lychee fruits. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 120: 523-526.
14. Fachima, A. Levinkron, S., Meital, Y., Hugger, A., Lax, I., Huang, X., Eyal, Y., Lichter, A., Goren, M., **Stern, R.A.**, Harpaz, S. 2019. Cytokinin treatment modifies litchi fruit pericarp anatomy leading to reduced susceptibility to post-harvest pericarp browning. *Plant Science* 283: 41-50.
15. Jiang, S.Y., Xu, H.Y., Wang, H.C., Hu, G.B., Chen, H.B. & Huang, X.M. (2012). A comparison of the costs of flowering in 'Feizixiao' and 'Baitangying' litchi. *Scientia Horticulturae*. 148, 118-125. doi: 10.1016/j.scienta.2012.09.035.
16. Kalendar, R., Antonius, K., Smýkal, P., and Schulman, A. H. (2010). iPBS: A universal method for DNA fingerprinting and retrotransposon isolation. *Theor. Appl. Genet.* 121, 1419–1430. doi: 10.1007/s00122-010-1398-2.
17. Li, C., Wang, Y., Huang, X., Li, J., Wang, H. and Li, J. 2013. De novo assembly and characterization of fruit transcriptome in *Litchi chinensis* Sonn and analysis of differentially regulated genes in fruit in response to shading. *BMC Genomics*
<http://www.biomedcentral.com/1471-2164/14/552>.
18. McConchie, C.A., Batten, D.J., and Vivian-Smith, A. 1991. Pollination in lychee. *Austral. Lychee Yrbk.* 1: 93–96.
19. Sapir, G., Goldway, M., **Stern, R.A.** 2019. Supplementing bumblebees to Mauritius lychee improves yield. *Scientia Hort.* 251: 162-166.
20. Stahl, P., Lev- Mirom, Y., **Stern, R.A.**, and Goldway, M. 2019. Comparing Iriet and Ettinger avocado cultivars as pollinators of Hass using SNPs for paternal identification. *Scientia Hort.* 248: 50-57.
21. Viruel, M. A. and Hormaza J. I. 2004. Development, characterization and variability analysis of microsatellites in lychee (*Litchi chinensis* Sonn., Sapindaceae). *Theor Appl Genet* (2004) 108: 896-902.
22. Stern, R.A., Gazit, S., El Batsri, R. and Degani, C. 1993. Pollen parent effect on outcrossing rate, yield and fruit characteristics of "Floridian" and "Mauritius" lychee. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 118: 109-114.
23. Stern, R.A. and Gazit, S. 1996. Lychee pollination by the honeybee. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 121: 152-157.
24. Stern, R.A. and Gazit, S. 2003. The Reproductive Biology of the Lychee. In: J. Janick (Ed.). *Horticultural Reviews*. Vol. 28 (chapter 8). John Wiley and Sons, Inc. Publishing, USA pp. 393-453.

25. Froneman, L.J., Bijzet, Z., Sippel, A.D., Bower, J.P. 2012. Effect of different pollen parents on fruit retention and fruit characteristics in 'Wai Chee' litchi. *Acta Hort.* 932: 51-58.
26. Xiang, X., Ou, L.X., Qiu, Y.P., Yuan, P.Y. and Chen, J.Z. (2001). Embryo abortion and pollen parent effects in 'Nuomici' and 'Guiwei' litchi. *Acta Horticulturae.* 558, 257-260. doi: 10.17660/ActaHortic.2001.558.40.
27. Xie, D.R., Ma, X.S., Rahman, M.Z., Yang, M.C., Huang, X.M., Li, J.G., Wang, H.C. (2019). Thermo-Sensitive sterility underlie the partial seed abortion phenotype of Litchi Chinensis. *Scientia Hort.* 247, 156-164.

שאלות סיכום

מטרות המחקר לתקופת הדוח

לימוד פוטנציאל ההפריה של הזנים החדשים (תמוז ו-FZS) והקיימים (מאוריציוס), וניסיון לעמוד על תרומתה האפשרית של ההפריה הזרה מזנים שונים בהשוואה להפריה עצמית הקיימת היום במרבית המטעים המסחריים בעולם.

עיקרי הניסויים והתוצאות שהושגו בתקופה אליה מתייחס הדוח

להשגת המטרה ערכנו במקביל ניסויים שונים – האבקות טבעיות, האבקות זוגות עצים מזנים שונים תחת רשתות עם כוורת דבורי בומבוס בכל זוג, ואיתור סמנים גנטיים חדשים וייחודיים לכל זן. בזן המרכזי מאוריציוס מצאנו שהזן החדש יחסית 'הונג לונג' (HL) יכול לשמש כמפרה מצוין ולשפר משמעותית את יבולי המאוריציוס. בזן החדש FZS, שכמעט ואיננו פורה ולכן לא נטוע במטעים המסחריים, מצאנו כי ניתן לשפר משמעותית את היבול ע"י אחד משני הזנים המפרים – 'הונג לונג' (HL) או 'סא-קנג' (SK), אך לא ע"י 'מאוריציוס'. עם זאת, עדיין לא הצלחנו לפתח מספיק סמנים גנטיים שיכולים להוכיח לנו את התוצאות האלו בוודאות. בזן תמוז המצטיין, שאף הוא סובל מפוריות לקויה, מצאנו שהזן המסחרי מאוריציוס יכול לשמש לו כמפרה טוב, וע"י כך לשפר לו את הפוריות, אך הזן HL נמצא כמפרה המצטיין גם עבור התמוז.

מסקנות מדעיות

למרות חוסר הצלחתנו לאתר סמנים גנטיים ספציפיים לכל אחד מהזנים שנבדקו ומהמפרים הפוטנציאליים שלהם, הצלחנו להוכיח שניתן לשפר את יבולי הזנים המבטיחים והאיכותיים, FZS ותמוז, ע"י איתור והתאמת מפרה מתאים לכל אחד מהם. ניתן גם לומר שהזן HL נמצא כמפרה המצטיין לכל אחד מהזנים שנבדקו עד היום (מאוריציוס, FZS, תמוז) והוא עצמו יכול לשמש כזן הנושא פרי מסחרי איכותי שמקדים משמעותית את המאוריציוס. לא ברור האם יתרונו הגדול כמפרה לכל הזנים נובע מהקדמת פריחתו, שמאפשרת לפרחי M2 החיוניים שלו לחפוף את פרחי הנקבה של זני המטרה, או שהאיכות הגנטית של גרגרי האבקה שלו הינה מצטיינת, בדומה לאבקות זן האבוקדו אטינגר שמפרה מצוין את הזן האס וזנים נוספים. כמובן יתכן ששתי האפשרויות נכונות, כאשר כל אחת מהן תורמת להצלחתו של הזן HL כמפרה. הזן SK התגלה כזן מעניין מאוד מבחינה נקבית (פורה מאוד כל שנה, איכותי, בעל קליפה אדומה מאוד וזרע בגודל בינוני), וכמפרה זכרי מצוין ל-FZS.

הבעיות שנותרו לפתרון

1. להמשיך בפיתוח סמן גנטי ייחודי לכל זן.
2. להמשיך בניסיונות האבקה (ידנית וטבעית), כדי לאתר את הזן המפרה המצטיין לכל זן מטרה.

האם הוחל כבר בהפצת הידע?

הרצאות למגדלים ב-7/4/2020, 16/2/2021, 6/2/2022 וקורסים של משרד החקלאות.
נכתב מאמר שישלח בקרוב לעיתון "PLANTS" שכותרתו: "Hong long Litchi is the optimal pollenizer for Litchi cultivars in Israel"

פרסום הדוח – ניתן לפרסמו ללא הגבלה.