

דו"ח מסכם לתכנית מחקר מספר 18-0888-203

שנת המחקר: 10 מתוך 10 שנים

השבחה ובירור של זני מנגו

Breeding and selection of improved mango cultivars

מוגש לקרן המדען הראשי במשרד החקלאות.

ע"י

המכון למדעי הצמח, מינהל המחקר החקלאי, מרכז וולקני	יובל כהן
מו"פ צפון	ראובן דור
המכון למדעי הצמח, מינהל המחקר החקלאי, מרכז וולקני	דוד סעדה
המכון למדעי הצמח, מינהל המחקר החקלאי, מרכז וולקני	שי צעדי
צמח מרכז אזורי	עמי קינן
שרות ההדרכה והמקצוע, משרד החקלאות	מיקי נוי

Yuval Cohen, Dept. of Fruit Tree Sciences, ARO, Volcani Center P.O.B. 6 Bet-Dagan 50250. Email: vyuvalc@volcani.agri.gov.il

Reuven Dor, MOP Zafon, P.O. Box 831 Kiryat Shmona, 11016.

EMAIL: reuvend@migal.org.il

Daviv Saada, Dept. of Fruit Tree Sciences, ARO, Volcani Center P.O.B. 6 Bet-Dagan 50250. E-mail: saada@volcani.agri.gov.il

Shay Tsaidi, Dept. of Fruit Tree Sciences, ARO, Volcani Center P.O.B. 6 Bet-Dagan 50250. E-mail: shayt@volcani.agri.gov.il

Ami Kinan, Zemach regional Center. Email: ami@zemach.co.il

Miki Noy, Extension Service, Ministry of Agriculture, P.O.B. 6 Bet Dagan.

E-mail: micnoi@shaham.moag.gov.il

תקציר

הצגת הבעיה: בישראל נטועים כ-25,000 דונם מנגו, כ-90% מהם מרוכזים באזור בקעת כנרת ועמק בית שאן. הייצור השנתי מסתכם בסביבות 60,000 טון לשנה. והצפי הוא לעלייה בייצור בעתיד. ההצלחה הכלכלית בשנים האחרונות הביאה להרחבת הענף ולנטיעות של חלקות מנגו חדשות בעמקים הצפוניים, ולהתעניינות מחודשת במנגו באזורים אחרים בארץ. בישראל ובשווקי העולם קיימת דרישה לפרי איכותי וטוב יותר מהקיים. הגדלת הייצוא היא תנאי הכרחי לשמירת הענף כגידול כלכלי ורווחי.

מטרת המחקר: פיתוח של זני מנגו חדשים ואיכותיים המותאמים לשוקי היצוא שיאפשרו עונת שיווק ויצוא ארוכה של מנגו ישראלי.

שיטות העבודה: תוכנית העבודה כוללת הכנת זריעים, איתור המצטיינים שביניהם ובחינתם כזנים פוטנציאליים על פי קריטריונים מוגדרים, הרכבת הזריעים המצטיינים על עצים בוגרים בודדים ובחינת ביצועיהם בתנאים מסחריים באזורי הגידול העיקריים. במסגרת הפרויקט ובשיתופי פעולה עם מופי"ם איזוריים, הוקמו חלקות חצי מסחריות ברחבי הארץ לבחינת הטיפוסים המצטיינים ביותר. במסגרת המחקר עסקנו גם בקידום הזנים, לבחינתם ולמסחורם בעולם.

תוצאות המחקר העיקריות:

במהלך שנות המחקר ניטעו ונבחנו כ-15,000 טיפוסים בחלקות זריעים במכון וולקני ובבקעת כנרת. בתום תקופת המימון נותרו כ-7,000 טיפוסים שעדיין נבחנו. בכל שנה נדגמו פירות ממאות קווים במטע למופע יפה ולגודל מתאים, ונבחנו במעבדה לתכונות איכות, טעם וארומה. בסה"כ זהו שבעים ושניים קווים מעניינים שהורכבו ב"חלקות המורכבים" להמשך בחינה על כנות 13/1 סטנדרטיות. הוקמו חלקות לבחינה חצי מסחרית של קווים מצטיינים נבחרים בבקעת כנרת – איזור הגידול העיקרי, במכון וולקני, ובשיתוף עם מופי"ם איזוריים (שלא במסגרת הפרויקט) גם באיזורים נוספים - בנגב המערבי, בערבה ובבקעת הירדן. במהלך הפרויקט נרשמו 7 זנים חדשים תוצרי הפרויקט במועצה לזכויות מטפחים. רישום הזנים נעשה גם באירופה, ובמדינות נוספות בעולם. זני הפרויקט נטועים בהיקפים של עשרות עד אלפי דונמים במטעים מסחריים בארץ. ביחד עם הזן 'שלי', תוצר הפרויקט הותיק יותר, זני פרויקט ההשבחה הישראלי מהווים לפחות 40 אחוזים משטח המנגו הנטוע בישראל. חלק מהזנים נבחנו בארצות נוספות בעקבות חתימה על הסכמים עסקיים לבחינתם (MTA) ולמיסחורם בעולם תוך הגנה על האינטרסים של מגדלי המנגו הישראליים.

הצהרת החוקר הראשי:

המימצאים בדו"ח זה הינם תוצאות ניסויים.

הניסויים אינם מהווים המלצות לחקלאים.

תאריך: 27/02/20

חתימת החוקר _____

רשימת הפרסומים וההרצאות שנבעו מביצוע המחקר הנוכחי

זנים רשומים: שבעה זני מנגו נרשמו בשנים האחרונות במועצה לזכויות מטפחים –'אגם' (מספר רישום 3272) 'נועה' (3273), 'עומר' (3274), 'טלי' (3318), 'אורלי' (3319) 'טנגו' (3564) ו'דוד המלך' (3565). במקביל נרשמו זנים אלה גם באירופה. הזן 'נועה' נרשם גם בארה"ב. חלק מהזנים, וכן הזן הוותיק יותר 'שלי' נרשמו או בהליכי רישום גם בארצות נוספות בהם נבחנים הזנים.

פרסומים בכתב:

כהן, י., סעדה, ד., דור, ר., נוי, מ., קינן, ע. (2013). השבחה במנגו – היסטוריה, הישגים וכיוונים לעתיד. עלון הנוטע 67 (4), 38-41.

סעדה, ד., תומר, א., לביא, א., כהן, י. (2015) שדרת זני המנגו הישראליים החדשים. עלון הנוטע 69 (3), 14-18.

תומר, א., כהן, י. (2017) זני מנגו בישראל. אקלום זני מנגו והשבחתם.

Sherman, A., M. Rubinstein, R. Eshed, M. Benita, M. Ish-Shalom, M. Sharabi-Schwager, A. Rozen, D. Saada, Y. Cohen and R. Ophir (2015). Mango (*Mangifera indica* L.) germplasm diversity based on single nucleotide polymorphisms derived from the transcriptome. BMC Plant Biology 15(1): 277. doi:10.1186/s12870-015-0663-6.

Kuhn, D., I. Bally, N. Dillon, D. Innes, A. Groh, J. Rahaman, R. Ophir, Y. Cohen and A. Sherman (2017). Genetic map of mango: a tool for mango breeding. Frontiers in Plant Science, 8 577.

Cohen, Y., Saada, D., Dor, R., Keinan, A., Noy, M. (2016). Set of elite new Israeli mango cultivars. Agrolsrael, Israeli Agricultural Innovation in one click. Issue2 (Oct. 16), 64-69.

הרצאות למגדלים ובכנסים מדעיים בארץ במהלך המחקר:

השבחה ובירור של זני מנגו. יום עיון למגדלי מנגו, מעלה גמלא, 2/09.

השבחה ובירור של זני מנגו. יום עיון למגדלי מנגו, מושב רמות, 1/10.

כיוונים חדשים בהשבחת מנגו. יום עיון למגדלי מנגו, מושב כחל, 2/12.

השבחת מנגו בישראל – היסטוריה, הישגים וכיוונים עתידיים. יום עיון בהשבחת מנגו, המחלקה למדעי עצי פרי, המכון למדעי הצמח, מכון וולקני, 9/12.

השבחת עצי פרי בישראל. במסגת יום פתוח בענף הפירות. משרד החקלאות ופיתוח הכפר, 9/12.

השבחת ובירור של זני מנגו. הרצאה במסגרת קורס למגדלי מנגו חדשים, 2/13.
פרויקט השבחת המנגו הישראלי. הרצאה ותצוגת זני מנגו מאוסף האינטרודוקיה ומפרויקט
ההשבחה הישראלי, מעלה גמלא, 8/13.
פרויקט השבחת המנגו הישראלי בדגש על התאמת הזנים לנגב המערבי, יום עיון בנושא ענף
המנגו בנגב המערבי לזכרו של אבירן אליאב ז"ל, שדה ניצן, 12/13.
השבחת מנגו בישראל. יום עיון למגדלי מנגו, מעלה גמלא, 2/15.
השבחת מנגו בישראל – שיטות הישגים ואתגרים. כנס מדריכי אגף הפירות-שה"מ, עם משביחי
מנהל המחקר, 3/15.
פתוח כלים חדשים להשבחת מנגו. יום עיון למגדלי מנגו, מושב רמות, 2/16.
ענף המנגו בערבה - בחינת זנים המתאימים לערבה והרחבת העונה על ידי טיפולים
הורטיקולטוריים. מפגש עם מגדלי מנגו בערבה, חצבה, 10/17.
השבחת מנגו בישראל – שיטות, הישגים ואתגרים. קורס בסיסי למגדלי מנגו וליצי, קיבוץ לביא,
12/17.
השבחת עצי פרי בישראל – השבחת המנגו כדוגמא. השתלמות למורים בנושא רביה, נוער שוחר
מדע במכון וולקני, 1/18.
הפוטנציאל של זני פרויקט השבחת המנגו הישראלי בתנאי הנגב המערבי. מפגש מגדלים בנושא
גידול מנגו בנגב המערבי, מו"פ דרום, 9/19.
מנגו בישראל ובעולם: היבטים בביולוגיה של מנגו. הרצאת אורח בקורס על "ביולוגיה של הדורים"
בפקולטה לחקלאות, 12/19.
השבחה במנגו. קורס בסיסי למגדלי מנגו וליצי, 1/20.

הרצאות בכנסים ובפורומים בינלאומיים:

The Israeli mango breeding program and its new cultivars. X International Mango Symposium, Punta Cana, Dominican Republic, 2013

Mango breeding in Israel and its cultivars. XI International Mango Symposium, Darwin, Australia, 2015.

Creating genomic infrastructure for mango breeding. XI International Mango Symposium, Darwin, Australia, 2015.

Analysis of fruit quality traits in mango towards marker assisted breeding. Plant and Animal Genome conference. San Diego 1/2017

The Israeli mango breeding program – a 40 years perspective. XII International Mango Symposium, XII international mango symposium. Baise, China 7/2017.

The Israeli mango Industry. International Mango Festival at Fairchild Tropical Botanical Gardens, Miami, Florida, USA. 7/18.

The mango Industry in Israel and the Israeli Breeding Program. MASHAV international course to Cameroonians delegates on mango cultivation in tropical regions (La culture de la mangue aux régions tropiques), Volcani Center, 9/18.

The Israeli Mango industry. Mango Day, South African Mango Grower Association, Tzaneen, south Africa, 9/19.

Enhancing Israeli mango breeding with molecular tools. Mango Day, South African Mango Grower Association, Tzaneen, South Africa, 9/19.

תוכן עניינים

1.....	תקציר
3.....	רשימת הפרסומים וההרצאות שנבעו מביצוע המחקר הנוכחי
6.....	מבוא
7.....	מטרות המחקר
7.....	פירוט הניסויים העיקריים
7.....	הכנת הזרעים והיקף חלקות הזרעים הנבחנות
9.....	בחינת הזרעים
11.....	חלקות עצים מורכבים
12.....	חלקות חצי מסחריות
14.....	רישום זני מנגו איכותיים חדשים
16.....	בחינה ומסחור של זני המנגו הישראליים בעולם
17.....	פיתוח כלים לשיפור ויעול השבחה
19.....	דיון
21.....	רשימת ספרות מצוטטת

מבוא

המנגו הוא גידול מרכזי באזורים הטרופיים והסובטרופיים בעולם. פרט לבננה, זהו הפרי הטרופי המגודל ביותר בעולם, והיבול עומד על כ-50 מיליון טון (FAOSTAT, 20176). ישראל הנה בין המדינות הצפוניות ביותר בהם ניתן לגדל מנגו. הטמפרטורות הנמוכות השוררות בחורף ומזג האוויר הבלתי יציב באזורנו בעונת האביב (תקופת הפריחה והחנטה) אינם אידיאליים לגידול המנגו ולעתים נפגעת פוריות העצים. עם זאת, הקיץ היבש והחם השורר במהלך התפתחות והבשלת הפרי מאפשרים קבלת פירות נקיים ממחלות ופגמים רבים כמו אלה הנגרמים ע"י מחלת האנטרקנוז, ומחלת Bacterial Black Spot - שתי מחלות הפוגעות קשה מאוד בפירות מנגו באזורי גידול רבים בעולם בהם יש גשמי קיץ ולחות גבוהה במהלך התפתחות הפרי.

בארץ אין מידע מדויק ומרכזי המסכם את היקף שיטחי המנגו, החלוקה לזנים והנטיעות החדשות. על פי ההערכות נטועים היום כ-25,000 דונם מנגו, כולל מטעים צעירים. מרביתם מרוכזים באזור בקעת כנרת ובעמק בית שאן. היצור השנתי הממוצע מגיע לכ-50,000-60,000 טון. ההצלחה הכלכלית הביאה בשנים האחרונות לנטיעות של חלקות מנגו חדשות בהיקפים של כמה אלפי דונמים בעמקים הצפוניים. בנוסף, החלה התעניינות מחודשת ונטיעה של חלקות מנגו במשקים בערבה התיכונה, בנגב המערבי ובבקעת הירדן. הענף מייצר מעל ומעבר לכמות הנצרכת בשוק המקומי וכשליש מהתוצרת לפחות מופנה לייצוא. ההנחה ששמירה על רמת מחירים סבירה בשוק המקומי, מחייבת יצוא של מעל – 50% מהיבול.

הזנים המסחריים הקלאסיים הנטועים בארץ הם 'טומי אטקינס', 'קיט', 'קנט', ו'מאיה' ובחמש עשרה השנים האחרונות גם הזן 'שלי', שהינו תוצר ותיק של פרויקט ההשבחה הישראלי (בנוסף, נטועים בהרחבה גם זני פרויקט ההשבחה החדשים שנרשמו במסגרת הפרויקט בשנים האחרונות). זנים אלה לוקים בחסרונות, שהעיקריים בהם: איכות פנימית לא משובחת של פרי הזן 'טומי אטקינס', פרי גדול מדי וירוק (חסר צבע אדום או כתום) בזן 'קיט'. צבע לא מספק ולעיתים איכות פנימית לקויה של פרי הזן 'קנט' וכושר אחסון ועמידות בשינוע לקויים של פירות הזן 'מאיה'. חסרונות אלה מונעים קבלת תמורה נאותה בתנאים של תחרות קשה בשוקי אירופה.

בתנאים של ירידה במחירים ותחרות קשה ההולכת וגוברת בשוקי המנגו באירופה, מול ארצות כמו מקסיקו, ברזיל, פרו, פורטו ריקו וספרד, מותנה המשך קיומו של ענף המנגו בארץ כענף ייצוא, בקיומם של זנים איכותיים וייחודיים מצד אחד והארכת עונת השיווק מצד שני, זאת בנוסף להקטנת הוצאות הייצור והגדלת היבולים. פיתוח זנים חדשים בעלי פוריות גבוהה, עמידים למחלות, וחיי מדף ארוכים, שיחליפו את הזנים המסחריים היא הדרך המבטיחה ביותר לבסס ולשמור את ענף המנגו כגידול ייצוא מרכזי. תכנית ההשבחה אמורה לענות בטווח הארוך על הדרישות הנ"ל.

מטרות המחקר

יצירת מגוון זני מנגו ייחודיים המצטיינים בפרי איכותי בעל חזות מושכת, פוריות גבוהה, וחיי מדף ארוכים שיתאימו לתנאי האקלים ולדרישות השוק. בכך נשפר את כושר התחרות מול ארצות אחרות המייצרות ומשווקות מנגו לשוק האירופי. מטרות ספציפיות של המחקר כוללות:

1. פיתוח זנים איכותיים במיוחד בעלי פרי ייחודי (בצורה, טעם או צבע).
2. הארכת עונת השיווק, ע"י מיגוון זנים בכירים שייקטפו מיולי (ואפילו מוקדם יותר) ואפילים שיקטפו גם באוקטובר ונובמבר.
3. מסחור הזנים האיכותיים בעולם, תוך שמירה קפדנית על האינטרסים של החקלאי הישראלי.
4. מטרה נוספת, בנוסף לאלו של עבודת ההשבחה עצמה, התמקדה בפיתוח תשתיות מולקולאריות וגנטיות במנגו לשיפור תהליכי ההשבחה (חלק זה של העבודה נעשה בשיתוף פעולה עם הקבוצות של דר' עמיר שרמן ודר' רון אופיר ועם קבוצות מחקר בארצות אחרות).

פירוט הניסויים העיקריים

עבודת ההשבחה הינה רב-שנתית באופיה והשלבים השונים של תכנית המחקר משתלבים זה בזה. מידי שנה מתבצעים במקביל השלבים השונים של תכנית המחקר הכוללים: (1) הכנת זרעיים חדשים לתכנית ההשבחה, (2) בחינת זרעיים נושאי פרי בחלקות הבירור, ואיתור המצטיינים שביניהם (3) הערכת הבירורים המצטיינים ע"י הרכבתם על כנות ובחינת ביצועיהם באזורי גידול המנגו העיקריים בישראל, (4) הקמה ובחינה של קווים מצטיינים בחלקות מודל חצי מסחריות, (5) קידום ורישום קווים זנים מובילים בישראל ומסחור שלהם ברחבי העולם.

הכנת הזרעיים והיקף חלקות הזרעיים הנבחנות

הזרעיים הנבחנים בפרויקט ניטעו במקביל בחלקות בבקעת כנרות (בבטיחה) ובמכון וולקני. במהלך הפרויקט ניסינו לשמור על היקף של כ-10,000 זרעיים שנבחנו במקביל בחלקות ולהשלים נטיעות חדשות עם עקירה של חלקות זרעיים ותיקות.

הכלאות חופשיות: ביצוע הכלאות מכוונות ברמת הפרח הינה קשה מאוד ואינה פרקטית במנגו, בגלל רמת חנטה נמוכה מאוד (קיומם של עד מליון פרחים לעץ אבל רק כ-100-200 פירות שנתרים על העץ בהבשלה), מבנה פרח בעל אבקן חיוני אחד וצלקת קטנה, זרע עם עובר אחד בלבד בכל פרי. לכן, מרבית הזרעיים שהכנו בפרויקט היו תוצרי האבקה חופשית של הורים נקביים (עצים מזוהים שמהם נלקחו הפירות) מאוסף הזנים וחלקת המעניינים במכון וולקני ובבקעת כנרות. הגישה היתה שבשלב ההשבחה הנוכחי, כשההשבחה אינה מכוונת לקבלת קווים בעלי תכונות בודדות ספציפיות, השונות הרבה בחלקת האוסף מספיקה ליצירת מגוון טיפוסים איכותי.

יצירת אוכלוסיות גנטיות מתפצלות על ידי זיהוי מולקולרי של צאצאים מהורים שונים: עם התקדמות הפרויקט היה לנו ברור לנו שחלק משמעותי מההכלאות שאנו עושים צריך לעבור להיות מבוסס על הכלאות מכוונות בין הורים ידועים, למרות הקשיים הטכניים בגישה זו (ראו פרק "פיתוח שיטות ליעול ושיפור ההשבחה" להלן). בנוסף, במטרה להבין תורשתיות של תכונות איכות במנגו התחלנו לבנות אוכלוסיות גנטיות ידועות. הזן 'שלי' "הצמיח" בעבר מספר קווים מעניינים (הזנים 'נועה' ו'אגם' ומספר טיפוסים מצטיינים נוספים), ולכן בנינו אוכלוסיית זריעים המבוססת על צאצאי 'שלי' לאנליזה גנטית מקיפה. אוכלוסיה זו כוללת אוכלוסיות F2 מתפצלת (הכלאה עצמית בה 'שלי' הינו גם ההורה הזכרי) ואוכלוסיות של זריעי 'שלי' עם הורים זכריים ספציפיים (הכלאות חוזרות להורה הנקבי או הזכרי, והכלאות להורים מזנים מסחרים אחרים). בשנים 2013-14 נלקחו זריעים מחלקה אחידה (solid block) ממטע רמת מגשימים. בשיתוף פעולה עם דר' עמיר שרמן ודר' רון אופיר, זיהינו בשימוש בסמנים מולקולריים (ראו פרק "פיתוח שיטות ליעול ושיפור ההשבחה" להלן) את ההורה המפורה (הזכרי) מתוך הזנים הנטועים מסחרית מסביב לחלקה (הזנים 'קט', 'קנט', 'טומי אטקינס', 'מאיה', 'נועה', 'עומר', בנוסף להכלאה עצמית של 'שלי'). קווים אלו משמשים במסגרת פרויקט אחר הממומן על ידי קרן המדען הראשי, לאנליזה של התפלגות תכונות הצבע והסיביות ושל תכונות איכות אחרות. בנוסף, חלק מקווים אלה שמשו כחלק מהמשאבים שיצרנו לריצוף טיטוט הגנום של המנגו (פרק פיתוח כלים לשיפור ויעול ההשבחה, להלן) בנוסף, זריעים אלה משמשים כמו כל הזריעים שאנו יוצרים, לסלקציה וטיפוסים מעניינים מקווים אלה נבחנו גם כטיפוסים מצטיינים להמשך תוכנית ההשבחה.

הכלאות מכוונות על ידי כליאת עצים ברשת: בשנתיים האחרונות לעבודה לאחר שהצלחנו לפתח שיטה יעילה לזיהוי ההורים במטע התחלנו להכין זריעים בהכלאות מכוונות: שני עצים (או עץ בודד בהכלאה עצמית) נכלאו ברשת בנוכחות כוורת דבורים. לשם כך הכנו סדרה של עצים באשפתונים, אותם אנו יכולים לנייד במטע לצורך הכלאות, או לצורך הכלאה מסודרת בבתי רשת. בנוסף, בנינו את חלקות המורכבים והחלקות החצי מסחריות בסידור שמאפשר שילובים רבים ושונים של הכלאות עצים סמוכים. בהכלאות אלו יכולה להתרחש גם הכלאה עצמית. מכיוון שעלול להיווצר מצב של "זיהום אבקה" שהגיע מחלקים שחדרו לרשת או מהרוח (מקרים כאלה נצפו בעבר בפרויקט ההשבחה הישראלי ובפרויקטים אחרים בהם התברר שהזריע אינו נובע מההורים הצפויים לפי כליאת העצים ברשת שבוצעה),. זהות ההורים נבחנת באמצעות סמנים מולקולריים מאפיינים. בשנת 2019 סרקנו כ-200 זריעים להכלאות ספציפיות ואנו מתכוונים להתמקד בגישה זו של הכלאות מכוונות בהמשך הפרויקט.

בסה"כ נבחנו (ועדיין נבחנו) במהלך הפרויקט כ-15,000 זרעים. בתוכנית המחקר המקורית התכוונו לזרוע כ-3,000 זרעים לשנה ולאפיין אותם, אולם היובנליות של הארוכה העצים חייבה אותנו לאפיין (ולגדל ולסרוק) את העצים במשך תקופות ארוכות יותר – של עד 8 שנים. לאורך מרבית שנות הפרויקט היקף חלקות הזרעים הנטועים בצפיפות רבה בבית דגן ובבקעת כנרות עמד על כ-90 דונם. בסיום מימון הפרויקט (1/2020) כוללות חלקות הזרעים שבחינתם עדיין לא הסתיימה כ-6,185 זרעים (כ-2,200 זרעים במטעי בקעת כנרות וכ-4,000 זרעים שנטועים במכון וולקני. מכלול הזרעים שנטעו ונבחנו נבחנו בחלקות ההשבחה השונות בבקעת כנרות

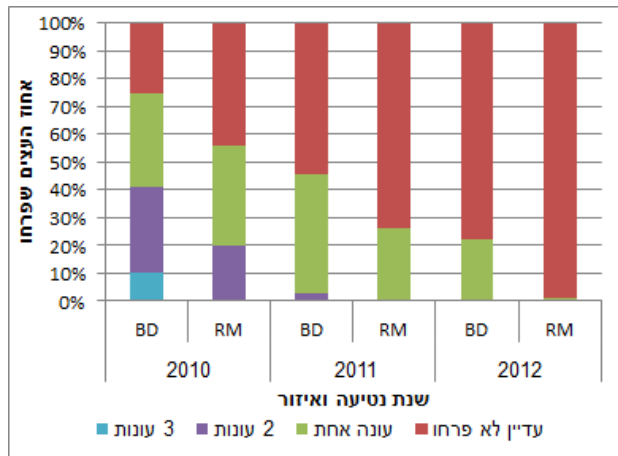
ובמכון וולקני, נכון לינואר 2020, מפורט ב.**Error! Reference source not found.**

טבלה 1: נטיעות הזרעים ובחינתם בפרויקט השבחת המנגו בשנים 2019-2002 בחלקות בבקעת כנרות ובמכון וולקני (החלקות שעדיין בבחינה ניטעו החל מ-2013 ומפורטות מתחת לקו המקוקו).

שנת נטיעה	מספר עצים שנקלטו בחלקות בבטיחה	מספר עצים שנקלטו בחלקות במכון וולקני
2002-3	1450 (נעקרה באביב 2013)	
2006-7	462 (נעקרה ב-2015)	
2008	442 (נעקרה ב-2015)	
2009	1227 (נעקרה ב-2015)	
2010	952 (נעקרה ב-2017)	969 (סיום הבחינה ב-2017)
2011	957 (סיום הבחינה ב-2018)	978 (סיום הבחינה ב-2018)
2012	430 (סיום הבחינה ב-2019)	1052 (סיום הבחינה ב-2019)
2013	1011	1176
2014		1095
2015		145
2016	1188	-
2017	-	761
2018	-	808
סה"כ זרעים שניטעו בפרויקט	8119	6985
סה"כ זרעים שנבחנו בחלקות במהלך הפרויקט		15104

בחינת הזרעים

השוואת הכניסה לפוריות בחלקות בקעת כנרות ובמכון וולקני: הנבה מהירה של הפירות הראשונים הינה הכרח בפרויקט, המאפשר ניצול המשאבים, החלפת העצים בחלקות וסריקת זרעים רבים יותר. השקעו מאמצים גדולים להקדמת הכניסה לפוריות, אולם עדיין אנו נאלצים לגדל ולברור חלקות במשך כ-8 עונות. השתמשנו בסקרי פריחה שנתיים בחלקות בבקעת כנרות ובמכון וולקני כדי לעקוב אחר קצב הכניסה של הזרעים לפוריות ראשונה. התוצאות מוצגות באיור 1. בתנאי בקעת כנרות החמים נשמרת תקופה יובנלית ארוכה יחסית, יש צימוח וגטטיבי רב שבא כנראה



איור 1: כניסה לפוריות ופריחה של זריעים צעירים מנטיעות 2010-2012 בחלקות במכון וולקני בבית דגן (BD) בחלקות ברמת מגשימים בבקעת כנרות (RM). הסקר כלל כ-2500-3000 זריעים בכל איזור. מתוארים מספר העונות בהם העצים פרחו בשנים 2012-2014.

על חשבון כניסה מהירה לפריחה וליצירת פירות ראשונים. לעומת זאת, נראה שהקור הרב יותר במכון וולקני מעודד כניסה מוקדמת יותר לפוריות. בהתאם, עברו במהלך הפרויקט עיקר חלקות הזריעים להינטע במטע במכון וולקני. אולם, עדיין נדרש פיתוח פרוטוקול שיאפשר קיצור משמעותי של היובנליות, ליעול המשך ההשבחה.

אפיון ראשוני של הפירות במטע ואפיון מעמיק במעבדה: בכל אחת מהעונות,

נבחנו העצים המניבים בחלקות הזריעים במכון וולקני ובבקעת כנרות. הערכת הפרי הראשונית התבצעה על פי המדדים של מופע חיצוני ואיכות פנימית. בשלב ראשון נעשתה סלקציה במטע על פי גודל, צורה וצבע. נלקחו רק פירות בגודל מתאים ובחזות פרי יפה. הסריקה במטע נערכה כל שבוע, בבקעת כנרות החל מתחילת יולי, מועד הבשלתם של הפירות הראשונים, ועד לסוף העונה, לאחר שלא נותרו עוד קווים מעניינים שלא הבשילו. במטע במכון וולקני נמשכה עונת הבחינה באופן דומה בין תחילת אוגוסט עד לסוף אוקטובר. בכל סבב נסרקו כל העצים בכל החלקות המניבות ונבחרו פירות מזריעים בהם לפחות פרי אחד הבשיל באון טבעי על העץ. במידת האפשר, נלקחו לכל זריע דגימות של כ-8-10 פירות לדגימה ב-2 מועדי קטיף. אולם גם במיקרים בהם היו רק פירות בודדים הם נאספו ונבחנו במעבדה. הבדיקה מבוססת על פירות בודדים, חלקם כאלה שהבשילו על העץ ונבחנו מיד, ואחרים שנקטפו כבוגרים (אבל עדיין אינם בשלים). בבקעת כנרות נבחן אחסון של הפירות הבוגרים ב-13-14°C למשך עד כ-3 שבועות עד להתרככותם (כל פרי בהתאם לקצב ההבשלה שלו, כל הפירות נבחנו להבשלה לפחות פעמיים בשבוע), ולאחר מכן הושארו לחיי מדף בטמפרטורת החדר. תנאים אלה מדמים משלוח ימי לאירופה וחיי מדף בשווקים שם. במכון וולקני בחלק מהשנים הושארו הפירות הבוגרים בטמפרטורת החדר (כ-22-25°C) עד להבשלתם ובחלק מהשנים הם אוחסנו בדומה לפירות מבקעת כנרות ב-13-14°C לפני העברתם לחיי מדף בטמפרטורת החדר. בשנת 2019 נבחנו 932 פירות מ-119 קווי זריעים בבקעת כנרות ו-1330 פירות מכ-240 קווים במכון וולקני.

בבדיקה של הפירות במעבדה נבחנו האיכות הפנימית והחיצונית. נקבעים המשקל והכ"מ. צבע הפרי נבחן על ידי הערכת מידת הכיסוי של חמשת הצבעים העיקריים ירוק \ צהוב \ כתום \ אדום \ סגול) באחוזים מהקליפה, עוצמת הצבע ומימושו (היעלמות הצבע הירוק או הסגול לצבע

צהוב ולאדום בהתאמה). ושאר תכונות הפרי. הוערכו רמות פגמים החיצוניים וקלקולים פנימיים והוגדרו אלו שמאפיינים את הקו. כמו כן, עבור כל קו הוערך הטעם, הריח (איכות ועוצמה), המרקם, רמת הסיביות והאיכות הכללית של הפירות.

איסוף הנתונים ובניית מאגר מידע רב שנתי של נתוני הפירות: הבחינה המדוקדקת של נתוני הפרי מהקווים הזרעיים והמורכבים מספקת נתונים רבים מאוד על הפירות של כל קו מעניין. ככל האפשר הפכנו גם את מדדי ההערכה (לטעם, עצמה ומימוש צבע, סיביות, ארומה... ולאילויות פנימיות וחיצוניות של הפרי), לכמותיים, וזאת על ידי הערכתם בסקלה אחידה. הנתונים נאגרים בטבלאות אקסל שמאפשרות מיון וסינון לפי כל אחד מהפרמטרים של הפרי, סיכומים רב שנתיים ויצוא הידע. בנוסף, גישה זו מאפשרת השוואה יעילה של הזנים והקווים השונים לאורך העונות, ובחלקות השונות.

אפיון הפירות מאוכלוסיות זרעיות 'שלי' מהורים מזוהים: בנוסף לאוכלוסיות הזרעיים הכללית, נבחנו גם אוכלוסיות הזרעיים המבוססת על צאצאי 'שלי' עם הורים זכריים ידועים (הזנים 'ק'ט', 'קנט', 'טומי אטקינס', 'מאיה', 'נועה', 'עומר', בנוסף להכלאה עצמית של 'שלי') שפורטה למעלה. קווים אלו משמשים, במסגרת פרויקט אחר הממומן על ידי קרן המדען הראשי, לאנליזה של התפלגות תכונות הצבע והסיביות ושל תכונות איכות אחרות בפרי המנגו. באוכלוסיות אלה אנו מעוניינים לא רק לזהות טיפוסים מצטיינים אלא גם ללמוד על תורשתית של תכונות איכות. לכן, בחלקה זו נבחנו פירות מכל העצים (5 פירות מכל קו מניב בכל שנת הנבה), עצים בעלי פירות עם מראה טוב ועצים בעלי מופע גרוע שברור שלא יהפכו לזנים. בשנת הניבה הראשונה בחלקה -2017, נבחנו כ-480 פירות מ-148 עצים שהניבו בחלקה. בשנת 2018, 239 מתוך כ-600 עצים פרוחו וכ-650 פירות מ-209 קווים אופינו פנוטיפית; בשנת 2019 301 עצים הניבו ו-1185 פירות נבחנו. זרעיים אלה משמשים לא רק לאנליזה הגנטית והפנוטיפית אלא גם לסלקציה כמו שאר הזרעיים בפרויקט. וטיפוסים מעניינים בעלי פירות איכותיים מקווים אלה נבחנו גם כטיפוסים מצטיינים לתוכנית ההשבחה.

חלקות עצים מורכבים

איתור הזרעיים המצטיינים בחלקות הבירור מבוסס על זרע בודד (ולא על עץ מורכב), אשר נטוע בתנאים צפופים ולא מסחריים. בשלב השני נבדקים הזרעיים המצטיינים בחינה מעמיקה יותר, כעצים מורכבים בתנאי מטע מסחרי. בעוד בשלב הראשון נאספים פירות מכל קו בעל תכונות מעניינות (גם פירות בודדים בעצים צעירים מאוד), בשלב העצים המורכבים נעשה סינון קפדני לבחינת קווים מצטיינים בעלי פוטנציאל אמיתי להפוך לזנים והבחינה שלהם היא רב שנתית. מטרת השלב הזה הן אפיון מדויק של הזרעיים שנבחרו בחלקת הברור, כולל פוטנציאל היבול של

הטיפוסים המבטיחים, אפיון מועד הקטיפה האופטימאלי, כושר האחסון וחיי המדף. ככל שניתן, הפירות נקטפו בכמה מועדים, בנוסף על מועד הקטיפה האופטימאלי כדי לבחון את מרווח אפשרויות מועדי הקטיפה. בשנים האחרונות בחננו גם הבחלה של טיפוסים מוקדמים ובחינת איכותם, כאופציה

טבלה 2: מספר הטיפוסים המעניינים שזוהו במהלך השנים בפרויקט והורכבו על כנות 13/1 סטנדרטיות בחלקות בבקעת כנרות ובמכון וולקני (הטיפוסים שזוהו בשנת 2019 עדיין לא הורכבו. טיפוסים מתוכנית ההשבחה הישנה שזוהו עד שנת 2003 וניטעו בחלקות המורכבים מפורטים מעל לקו המקוקו).

מספר טיפוסים מורכבים	שנת זיהוי הקו כמעניין
	2003-2008 (תוכנית ההשבחה הישנה)
19	2007
8	2008
7	2009
18	2012
8	2014
4	2015
9	2016
7	2017
6	2018
3	2019
4	
93	סה"כ טיפוסים מצטיינים שזוהו והורכבו בחלקות המעניינים

להקדמה של עונת השיווק בזנים אלה (ללא פגיעה באיכות הפרי). אפיון זה מהווה שלב נוסף של סלקציה לקידום רק המצטיינים ביותר בין הטיפוסים המעניינים. בנוסף, העצים המורכבים מהווים מקור לחומר ריבוי (רכב) לצורך נטיעות חצי מסחריות או מסחריות של הטיפוסים המצטיינים וכן כמקור לזרעים להמשך ההשבחה מהכלאות מכוונות או מהאבקות חופשיות במטע מגוון.

חלקות העצים המורכבים במטע בבקעת כנרות כוללת כעשרים זרעים מעניינים שנתרו מסלקציות ישנות מהחלקות הותיקות במכון וולקני וכ-72 קווים מעניינים שנבחרו מבין הזרעים מהחלקות החדשות יותר בבקעת

כנרות ובמכון וולקני, שאותרו בשנים 2006-2018 (טבלה 2). מרבית הקווים שזוהו בבקעת כנרות הורכבו בשנים האחרונות לבחינה גם בחלקה במטע ההשבחה במכון וולקני. העצים נכנסים לניבה ופירותיהם מאופיינים במקביל גם בתנאי בקעת כנרות וגם בתנאי שפלת החוף.

חלקות חצי מסחריות

כחלק מפרויקט ההשבחה, החלטנו לבחון את מצטייני הפרויקט באופן חצי מסחרי במסגרת ובאחריות הפרויקט. הוקמה חלקת מודל חצי מסחרית בהיקף של כ-5 דונם, בבקעת כנרות. באביב 2013 הורכבו בחלקה עצים מצטיינים מ-8 קווים מובילים בהיקף של 8-10 עצים ב-2-3 בלוקים של 3-5 עצים. ב-2019 הוספו לחלקה 3 זנים נוספים שזוהו כמצטיינים ביותר בין העצים המורכבים שזוהו בשנים האחרונות. כביקורת, הוספו כל זני הפרויקט המסחריים ('שלי', 'עומר', 'נועה', 'אגם', 'טלי', 'אורלי', השני הזנים שנרשמו ב-2018 - 'דוד המלך' ו'טנגו') וגם עצים מהזנים המסחריים האחרים הקיימים בחלקות באיזור בבקעת כנרות ('מאיה', 'טומי אטקינס', 'קיט', ו-'קנט'), הרכב הזנים החדשים תוצרי הפרויקט מוצג בטבלה 3). עם זיהוי קווים מבטיחים נוספים הם יוספו לבחינה בחלקות. חלקה מקבילה (גדולה יותר) הוקמה גם במטע ההשבחה במכון וולקני. בשנת 2018

הורכבו בה כ-15 זנים וטיפוסים מובילים. בשנת 2019 הרחבנו את החלקה במכון וולקני למספר קווים מצטיינים נוספים מתוך המעניינים שזוהו בעבר. בנוסף לבחינה חצי מסחרית, החלקות האלה משמשות גם כמקור להכלאות בין צירופים מעניינים וכמקור ולזרעים להמשך ההשבחה וכן כפלטפורמה ו"חלון ראווה" להצגת הזנים למגדלים והצגתם למסחר בפני חברות בינלאומיות.

טבלה 3: הרכב הקווים המעניינים תוצרי הפרויקט בחלקות חצי מסחרית בחלקות בבקעת כנרת ובבית דגן.
נתוני הפרי המוצגים נלקחו מחלקת המורכבים בבקעת כנרת. הפירות במכון וולקני הם בדרך כלל גדולים יותר מבשילים כחודש מאוחר יותר.

קו (שורה/עץ)	שנת בירור	מועד קטיף	טווח המשקל	צורת הפרי	צבע	טעם	ממוצע TSS
קווים מצטיינים ותיקים שנרשמו כזנים חדשים ב-2018							
דוד המלך (BD88/31)	1998	9	400-700	ביצתי מאורך	אדום, מעט סגול	חמוץ- מתוק	16.3
טנגו (BD3/79)	1989	8	320-420	ביצתי מאורך עם פיטם מחודד	אדום-צהוב	חמצמצ	17.5
קווים מצטיינים ותיקים							
BD80/58	1997	7	380-500	ביצתי	אדום זוהר- כתום	מתוק וקצת חמצמצ	15
BD3/132	1990	10	350-450	ביתי	צהוב-אדום	מתוקף עדין	19.7
BD4/54	1990	9	320-540	ביצתי	אדום-סגול	מתוק	16
BD77/98	1997	9-10	420-600	ביצתי	כתום-אדום זוהר	מתוק	18.5
BD3/34	1989	8	380-530	מאורך, מעט פחוס	אדום-כתום	מתוק	18.5
קווים מצטיינים חדשים שזוהו במהלך הפרויקט הנוכחי							
גא6	2009	תחילת 7	360-510	כדורי	צהוב-כתום- ואדום	מתוק חמצמצ	14.5
נא\21	2013	9	425-629	ביצתי	צהוב-אדום	מתוק, טעים	19.9
RM14/46	2014	7	480-900	כדורי, אסימטרי	כתום-אדום	טעים, מעט ארומטי	17
RM14/49	2014	7	500-1050	כדורי, אסימטרי, גדול	כתום-אדום	טעם סביר. סיביות נמוכה.	16

ענף המנגו מרוכז בעשרים שנים האחרונות בבקעת כנרת ובעמקים הצפוניים. העניין בזני המנגו באיזורים אחרים בארץ הביא לשיתופי פעולה עם מופ"ים איזוריים לבחינה של זני מנגו. הקמנו בשיתוף עם מו"פ ערבה תיכונה שתי חלקות, בתחנת זוהר (בעין תמר) ובתחנת יאיר (במו"פ ערבה תיכונה, ליד חצבה), לבחינה של זנים מוקדמים בהם יהיה יתרון לאיזור. החלקות כבר מניבות מספר שנים ואנו מאפיינים את איכות הפירות בתנאי הערבה. בחלקה במו"פ דרום בנגב המערבי אנו בוחנים בעיקר את זני אמצע העונה וטיפוסים אפילים שמתאימים במיוחד לאיזורי הנגב. למרות תקלות בהרכבות, החלקה הניבה לראשונה ב-2018. בשנת 2019 הצגנו למגדלי הנגב המערבי את מגוון הזנים ואת הפוטנציאל שלהם בתנאים המקומיים. בהמשך תשמש החלקה במו"פ דרום גם לבחינת הנבה מאוחרת של הזנים לאחר סילוק התפרחות המוקדמות, פרוטוקול מקובל באיזור

זה בזן 'קייט'. בנוסף, הוקמו חלקות זני מנגו גם במו"פים האיזוריים בערבה הדרומית ובבקעת הירדן. בטבלה 6 מסוכמות החלקות החצי מסחריות של קווי המנגו שהוקמו ברחבי הארץ.

טבלה 1: חלקות חצי מסחריות שהוקמו ברחבי הארץ לבחינת זני פרויקט השבחה הישראלי

חלקה	שטח	מועד הרכבה ראשון	גיל עצים בהרכבה	צפי ליבול ראשון לבחינה
בקעת כנרות	5 דונם	2013	4	פירות ראשונים התקבלו ב-2015. יבול משמעותי ראשון ב-2016
מכון וולקני	15-20 דונם	2018	5	2020
תחנת זהר (עין תמר)	2 דונם, קווים מוקדמים בלבד	2013	שתילים צעירים	פירות ראשונים התקבלו ב-2016. יבול משמעותי ראשון ב-2017
תחנת יאיר (חצבה)	2 דונם	2013, הרכבה של קווים נוספים ב-2016	שתילים צעירים	פירות ראשונים ב-2016 וב-2018
מו"פ דרום (חבל אשכול)	5 דונם	2016, הרכבה מחודשת ב-2017	3	פירות ראשונים ב-2018, ניבה משמעותית ב-2019
מו"פ ערבה דרומית	5 דונם, קווים מוקדמים בלבד	2017	שתילים צעירים	2020
מו"פ בקעת הירדן	5 דונם	2017	3	2020

רישום זני מנגו איכותיים חדשים

תהליך היצירה והבחינה של זן לוקח כ-25-20 שנים. לכן, לא הסתיימה הבחינה של אף אחד מתוצרי הפרויקט הנוכחי והם עדיין לא נהפכו לזנים. בעת תחילת תקופת המימון של הפרויקט (2009) היה רק זן ישראלי אחד תוצר פרויקט השבחה, 'שלי', רשום במועצה לזכויות מטפחים. כחלק מהפרויקט רשמנו 7 זנים חדשים: הזנים 'נועה', 'אגם', 'עומר' 'טלי' ו'אורלי' נרשמו במועצה לזכויות מטפחים בשנים 2013 ו-2014. בשנת 2018 הסתיים תהליך הרישום של שני זנים נוספים – הזן 'טנגו' והזן 'דוד המלך' ('King David'). זכויות כל הזנים נרשמו גם במדינות אירופה, וחלקם נרשמו או נמצאים בשלבי רישום גם במדינות נוספות (ארה"ב, אוסטרליה, פרו, ברזיל, דרום אפריקה).

פירוט התכונות העיקריות של זני הפרויקט שנרשמו במהלך תקופת המימון מוצגת להלן (הזן 'שלי' שנרשם בישראל לפני תקופת המימון לא נכלל בתיאור זה):

'נועה': תוצר הכלאה חופשית של הזן 'שלי'. זהו זן צבעוני מאוד. הפרי הבשל מוצק ומרשים בשילוב צבעי אדום כתום ומעט ירוק. האיכות החיצונית והפנימית מצוינת. הפרי גדול יחסית (810-480 גר') וצורתו מאורכת ומעט כלייתית, בצורתו הוא דומה לזן האפיל 'קייט'. עונת ההבשלה שלו בבקעת כנרות היא מעט אחרי אמצע העונה (אמצע עד סוף אוגוסט). במכון וולקני ובנגב המערבי הוא מבשיל בספטמבר ואפילו בתחילת אוקטובר. למרות היותו פרי קגדול,

הבשלת הפרי מאוד אחידה. על כן, משווקים באירופה מתעניינים בזן זה לא רק כפרי טעים ואיכותי אלא דווקא לשימוש כמוצר לפרי חתוך – "Fresh cut".

'אגם': תוצר הכלאה חופשית של הזן 'שלי'. זהו זן מקדים של התחלת העונה, הפרי יפה מאוד, בעל צורה דמוי לב משולש אסימטרי, צבע הפרי אדום-סגול עז, הפרי מצטיין בטעם עשיר עם מתיקות מיוחדת ומרקם "חמאתי". הוא נוטה להיות קטן באיזורים חמים; באיזור בקעת כנרת הוא מגיע לגדלים של כ-320-300 גר'. במכון וולקני הוא גדול יותר של 420-350 גר'. בבחינה אצל מגדל בגוש רביד-לוטם (בערך בגובה פני הים) היו גם פירות אגם בגודל של 500 גר' ויותר. במבחני איכות וטעם שנעשו על ידי חברות מסחריות בבריטניה ובאוסטרליה זכה 'אגם' לצינונים גבוהים במיוחד.

'עומר': זן מנגו שבורר במסגרת פרוייקט ההשבחה מחלקת הזריעים במכון וולקני. הוא רשום כזריע שנוצר מפירות הזן 'זילט' בהכלאה חופשית אם כי תוצאות מולקולריות לא מאששות הורים אלה. זהו זן של אמצע העונה (סוף יולי - אוגוסט), צבעוני ויפה מאד. בדרך כלל כל הקליפה מכוסה בצבע סגול שהופך עם ההבשלה לאדום זוהר. צורת הפרי ביצתית והטעם עדין, מתוק ולעיתים מזכיר טעם אננס. הפרי בשרני וקצת מיצי. גודל הפרי אחיד מאוד בסביבות כ-450 גר'. הקליפה עבה יחסית ועמידה לתהליך האריזה והמשלוח. כיום נטועים מזן זה כ-2,500 דונם במשקים שונים בצפון הארץ.

'טלי': 'טלי' הינו תוצר הכלאה חופשית של הזן 'מאיה'. זהו זן מקדים המבשיל באופן טבעי באמצע יולי. צורתו דמוי לב מלא, צבעו כתום אדום מרשים ביופיו, איכות הפנים טובה מאד והטעם מיצי חמוץ מתוק עם ארומה נעימה, משקלו 470 גר', העץ פורה. במשקים בארץ נטועים כמה מאות דונמים של 'טלי'.

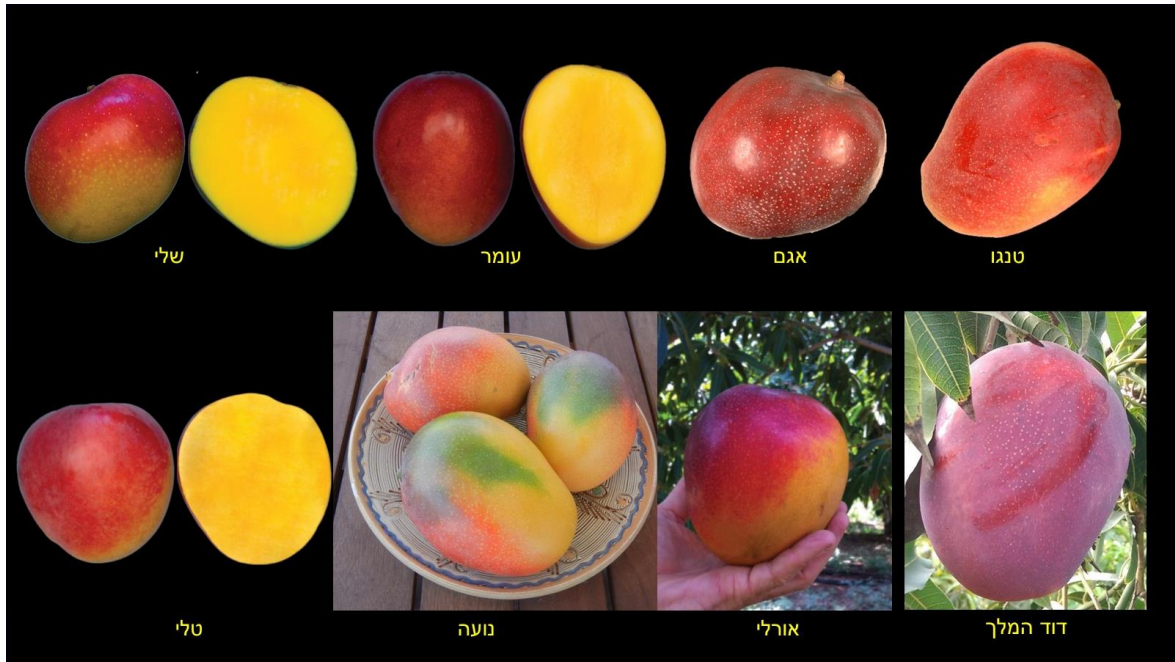
'אורלי': זן מנגו מקדים של התחלת העונה בתחילת ואמצע יולי, הפרי יפה בעל צורה כדורית דמוי 'שלי' עם כתפיים ליד העוקץ בצבע כתום צהוב ואדום זוהר. הטעם חמוץ מתוק מיצי-בשרני עשיר. כיום נטועים כמאה דונם והזן מומלץ לנטיעה מסחרית.

'טנגו': זן צבעוני, חמצמץ ובעל צורה יחודית: הפרי מאורך ומעוקל עם פיטם מחודד. זהו זן ותיק שזוהה בשנות ה-90 אך לא שווק מסחרית (Lavi et al., 1997b). מגדלים רבים בבקעת כנרת טוענים שהינו קטן מדי, בגודל 340-320 גר' אולם בתנאי מכון וולקני או הנגב המערבי הוא בגודל מתאים של כ-420-400 גר'. בגלל טעמו ומראהו היחודיים וטעמו החמצמץ מגלות בו עניין חברות בינלאומיות לגידול ולשיווק מנגו.

הזן 'דוד המלך' ('King David', BD-88/31): תוצר הכלאה של טומי אטקינס שנכלא ברשת עם הזן קיט. צורת הפרי ביצתית מוארכת ומשקלו הממוצע הוא כ-550 גרם. צבע הקליפה אדום, לעתים מעט סגול זוהר מכסה את מרבית הקליפה; לעתים נשארת לחי כתומה-צהובה.

המרקם בשרני, טוב וללא סיבים. זהו זן אפיל יחסית שמבשיל בספטמבר בבקעת כנרת ובאוקטובר במכון וולקני ובנגב המערבי. הזן כבר ניטע במטעים בארץ בהיקף של מאות דונמים.

תמונה 1: זני המנגו תוצרי פרויקט ההשבחה שנרשמו במועצה לזכויות מטפחים ובמדינות בעולם



בחינה ומסחור של זני המנגו הישראליים בעולם

כפרויקט השבחה עסקי, הושקעו בפרויקט מאמצים רבים למסחור הזנים בחו"ל. נעשו נסיונות לעניין גורמים בין-לאומיים לבחון ולגדל את הזנים הישראליים, תוך הקפדה שאלו לא ייתחרו עם הפרי המגיע מישראל – מבחינת תקופת היצוא וארצות היצוא. נחתמו מספר הסכמים לבחינה של הזנים (הסכמי MTA) והסכמים למסחורם במספר ארצות:

בחינה ומסחור בדרום אפריקה: הזן 'שלי' נבחן בדרום אפריקה כבר מספר שנים ונמצא מתאים לתנאייהם בהתאם, חלה נטיעה מסחרית של הזן והיום נטועים קרוב ל-200,000 עצי 'שלי' בדרום אפריקה (בהיקף של כ-2850 דונמים). בנוסף נחתם הסכם עם אותה חברה להרחיב את מטעי ה'שלי' שבאחריותה גם למספר מדינות נוספות בחלקה הדרומי של אפריקה. בשנת 2016 נחתם הסכם בחינה ומסחור של חמישה זני מנגו אחרים ('עומר', 'נועה', 'טלי', 'אורלי' ו'אגם') בדרום אפריקה עם חברה דרום אפריקאית נוספת. החומר הורכב ונבחן באתרי החברה.

הסכם בחינה ומסחור בפרו: ביוני 2016 נחתם הסכם עם חברה בפרו לבחינה ולמסחור של 5 זני מנגו ('שלי', 'עומר', 'נועה', 'טלי', 'אורלי') בפרו. מכיוון שחברה זו הינה בבעלות של חברת שיווק פירות גדולה באירופה, אנו רואים בהסכם זה פוטנציאל להרחבת השיווק (והמסחור) של הזנים

הישראלים בעולם. בשנת 2017 הועברה כמות גבוהה של חומר הריבוי (קרוב ל-50,000 מקלות רכב) לפרו. בשנת 2018 הועברו עשרות אלפי מקלות נוספים. הורכבו עשרות אלפי עצים שנטעו במטע קרנטינה מיוחד בהיקף של כמה מאות דונמים. המטע ישמש לבחינת הזנים לבדיקת ישום של טיפולים הורטיקולטוריים (כמו למשל השראת פריחה) ויהווה מקור לריבוי וחומר ולהפצה למגדלים. יבול מסחרי משמעותי צפוי במהלך שנת 2020. בשנת 2019 הוסף להסכם הבחינה זן שישי – 'אגם' ומאות מקלות רכב מזן זה הועברו לפרו.

בחינה ומסחור בברזיל: בספטמבר 2010 נחתם הסכם עם חברה בברזיל להעברת חומר צימחי לבחינת הזן 'שלי'. בשנת 2013, הורחב ההסכם לבחינה של הזנים 'עומר', 'אגם', 'נועה' ו'טנגו'. מכיוון שבברזיל ניתן לשווק מנגו בכל חודשי השנה, בנספח להסכם הודגש שהשיווק יוגבל למועדים בהם לא תהיה תחרות עם הפרי הישראלי (בין יולי לאוקטובר). בסוף 2014 הועבר החומר לבחינה בברזיל. הוא עבר קרנטינה ורובה. כיום קיימים כ-50 דונם של עצי הזנים הישראליים שכבר מניבים בברזיל. עם חתימה על הסכם המסחור ישמשו עצים אלה להדגמה לחברות ברזילאיות שיצטרפו להסכם וכחומר ריבוי להרכבה לנטיעה.

בחינה ומסחור באוסטרליה: בספטמבר 2011 נחתם הסכם להעברת חומר צימחי עם חברה באוסטרליה, לבחינת הזנים 'שלי', 'אגם', 'נועה' ו'טנגו'. מקלות הרכב הועברו לאוסטרליה, ונבחנו בתנאי הסגר. בשחרור החומר מההסגר הוא הועבר לשתלנים לריבוי והרכבה וניטע במספר חלקות לבחינה מסחרית ברחבי צפון אוסטרליה. פירות ראשונים בחלק מהזנים התקבלו בתחילת שנת 2016 ואיכותם נבחנה בשנים 2017-2018. במהלך שנת 2018 נחתם הסכם למסחור הזנים האלה באוסטרליה.

מקומות אחרים: בנוסף לאתרים אלה, קיבלנו בקשות להתקשרות ולבחינה של זני מנגו ישראליים במקומות נוספים בעולם – במכז ובדרום אמריקה, במזרח אסיה, ובאפריקה. אנו במגע עם חלק מחברות אלה אולם הם עדיין לא התממשו לכדי הסכמי בחינה או מסחור מסודרים.

פיתוח כלים לשיפור ויעול ההשבחה

אפיון פנוטיפי ומולקולרי של אוסף הזנים והקווים המעניינים במכון וולקני: אחת המטרות של הפרויקט היתה לשפר וליעל את תוכנית ההשבחה. אולם במנגו לא היה כמעט מידע מסודר, פנוטיפי או גנוטיפי על הזנים השונים והקווים הנבחרים או על תורשתיות התכונות הנדרשות. בשלב ראשון נעשה בשנים 2013-2014 אפיון פנוטיפי של פירות בשלים מכל אוסף הזנים והטיפוסים המעניינים שזוהו בפרויקט במהלך השנים (כ-70 זנים מרחבי העולם ועוד כ-90 זנים, קווים מצטיינים ומעניינים תוצרי פרויקט ההשבחה הישראלי לאורך השנים). אנליזה נוספת לאוסף ולמעניינים נעשתה גם בשנת 2016. ככלל, האפיון הפנוטיפי נעשה בפרמטרים דומים לפרמטרים של בחינת פירות העצים הזריעים והמורכבים בהשבחה. צבע הפרי אופייני ברמה המורפולוגית

(עוצמת צבע ירוק \ צהוב \ כתום \ אדום \ סגול ומידת כיסוי באחוזים מהקליפה), משקל הפירות, צורתם, אחוז הסוכר והערכות על איכותם (רמות הסיביות, הטעם, הריח, המרקם, פגעים פנימיים וחיצוניים) סוכמו. האפיון הפנוטיפי הורחב, באפיון מעמיק יותר של הצבע של הפירות במסגרת פרויקט אחר של קרן המדען הראשי (פרויקט מדען מספר 20-10-0106 בנושא אפיון תכונות צבע הקליפה והסיביות במנגו ופיתוח סמנים מולקולריים לזיהויים המוקדם, דוח לשנת 2017) המידע שנאגר משמש כמאגר פנוטיפי מקיף של הזנים השונים. מידע זה משולב עם המידע המצטבר שנאסף לאורך השנים על קווי הזרעים והקווים המעניינים במעבדה.

במסגרת שיתוף פעולה עם דר' עמיר שרמן ודר' רון אופיר ממכון וולקני הופק DNA מכל הזנים באוסף והטיפוסים המעניינים בחלקת המצטיינים (סה"כ כ-190 טיפוסים). השונות הגנטית ביניהם אופיינה באמצעות 480 סמני SNP (single nucleotide polymorphism), שונות בבסיסים בודדים ברצף ה-DNA) שזוהו מהשוואת טרנסקריפטומים של הזנים 'קייט' ו'טומי אטקינס'. השונות הגנטית אפשרה בניית עץ פילוגנטי של אוסף המנגו (Sherman et al., 2015). בניית התוצאות התברר שהאוסף מתחלק באופן ברור לזנים אסיאתיים ולזנים "מערביים" ושעיקר הטיפוסים המעניינים שאנו מזהים כל שנה הינם טיפוסים "מערביים". משתמע מכך שלמרות שעיקר הפרויקט התבסס על האבקה חופשית במטע, הסלקציה של בחירת הזרעים פסלה את רוב הזנים עם "דם" אסיאתי, ובחרה בעיקר טיפוסים שלשני הוריהם מאפיינים "מערביים". נובע מכך, שלא נוצלה מספיק השונות הגנטית באוסף ולא הוכנסו כמעט תכונות המאפיינות את הזנים האסיאתיים. ממצאים אלה דווחו בהרחבה גם על ידי דר' עמיר שרמן בדוח המסכם לפרויקט מספר 203-0859. פיתוח כלים לזיהוי הורים וליצירת אוכלוסיות זרעים ידועות: האפיון הגנוטיפי שנעשה נתן בידינו מספר כלים מולקולריים לעבודת ההשבחה:

1. למרות שההשבחה נעשתה ברובה בהאבקה חופשית בה רק ההורה הנקבי ("האם") מזוהה, הכלי שנוצר איפשר לנסות ולזהות או לפחות להציע את זהות שני ההורים. כלי זה הציע הורים פוטנציאליים לחלק ניכר מהטיפוסים המעניינים שזוהו לאורך עשרות שנים. בנוסף הוא איפשר לזהות טעויות שחלו בעבר לגבי זהות ההורים. כך למשל, התגלתה טעות לגבי זהות ההורים של הזן 'שלי'. בעת ההשבחה צוין שזוהי הכלאה בין 'טומי אטקינס' (כהורה נקבי) ו'קייט' (כהורה זכרי) (Lavi et al., 1997a). אולם תוצאות האנליזה המולקולרית שללו את האפשרות ש'קייט' הוא ההורה הזכרי והציעו את 'קנט' כהורה הזכרי הפוטנציאלי הטוב ביותר.
2. במסגרת הפרויקט ניסינו ליצור טיפוס הכלאה עצמית של 'שלי'. בשימוש בסמנים ערכנו אפיון מולקולרי של עשרות זרעים שמקורם בפירות מעצי 'שלי' מעצים באוסף הזנים. אולם התגלה שכולם תוצרי האבקה זרה. כדי לזהות טיפוס האבקה עצמית נלקחו מאות זרעים של 'שלי' ממרכז חלקת solid block של 'שלי' במטע רמת מגשימים (הפירות נלקחו מהעצים המרכזיים

- בחלקה; כ-150 מטר מכל כיוון היו רק עצי 'שלי'. למרות המרחק מזנים אחרים, בבחינה המולקולרית נמצאו רק כ-20% מהזרעים כתוצרי הפריה עצמית. מכיוון שלא נצפתה ירידה ביבול של העצים במרכז החלקה, נראה שקיים מנגנון "אי התאם" מאוחר, שאינו מונע את החנטה העצמית, אך מביא להעדפה של התפחות פירות תוצרי האבקה זרה. תוצאות אלו תומכות בעבודות קודמות שהציעו מודל זה (Dag et al., 1998` Degani et al., 1997).
3. אוכלוסית הזרעים תוצרי 'שלי' יכולה להוות מקור גנטי עשיר. במסגרת הפרויקט ובשיתוף עם עמיר שרמן ורון אופיר (בפרויקט 203-0859), נעשה אפיון גנוטיפי של כל זרעי 'שלי' מהאוכלוסיה מרמת מגשימים באמצעות 16 או 96 סמנים, וזוהו ההורים הפוטנציאליים מתוך כל אחד מהזנים המסחריים שגודלו בסביבה (הזנים 'ק'יט', 'ק'נט', 'טומי אטקינס', 'מ'איה', 'עומר', בנוסף להכלאה עצמית של 'שלי'). בעקבות הזיהוי, מגודלים כל הזרעים בחלקה מיוחדת. מבנה האוכלוסיה כולל הכלאה עצמית ('שלי' X 'שלי') כן הכלאות חוזרות להורים ('שלי' X 'טומי אטקינס' ו'שלי' X 'ק'נט'), וכן הכלאות לזנים אחרים ('ק'יט', 'עומר' ומ'איה') ולכן יש לו פוטנציאל לזיהוי של אתרים האחוזים לתכונות איכות של הפרי. פירות הזרעים מאופיינים פנוטיפית (ראו לעיל) ונבחנו להתפצלות של תכונות איכות בפרי. במסגרת פרויקט נוסף ערכנו ל-480 מהזרעים אפיון גנוטיפי באמצעות כ-5000 סמנים. אנו מקווים שהשילוב של אפיון פנוטיפי וגנוטיפי מעמיק באוכלוסיה יאפשר למפות מספר תכונות איכות של מנגו. לאחרונה השתמשנו גם באוכלוסית הזרעים צאצאי 'שלי' X 'טומי אטקינס', כאוכלוסית עזר שעזרה בריצוף טיוטת גנום המנגו (רצף הגנום המנגו זמין כבר עכשיו לקבוצות המחקר שלנו, לפני פרסומו).
4. בקנה מידה קטן, התחלנו לבצע הכלאות מכוונות ולזהות את זהות ההורים בשלב הנבט הצעיר באמצעות סמנים. בכוונתנו להרחיב גישה זו ולהתמקד בהכלאות מכוונות וזיהוי צאצאים מתאימים בהמשך הפרויקט

דין

פרויקט השבחת המנגו הישראלי הניב במהלך השנים מספר זנים איכותיים. הזנים 'עומר' ו'שלי' מהם נטעו כבר כאלפיים דונם ויותר מכל אחד, הינם זנים של אמצע העונה ו'שלי' הינו אפילו אפיל. שלושה מהזנים שנרשמו, 'טלי', 'אורלי', ו-'אגם', הינם זנים מוקדמים. הזן 'נועה' (ניטע גם הוא בהיקף של כמה מאות דונמים) שבתחילה נחשב לזן אפיל יחסית, נקטף בשנים האחרונות בבקעת כנרת מעט אחרי אמצע העונה, באמצע חודש אוגוסט ובתחילת חודש ספטמבר. גם הזן 'דוד המלך' האפיל יותר, המניב עם תחילת עונתו של הזן המתחרה העיקרי 'ק'יט', כבר נטוע הוא

בהיקפים נרחבים ברחבי הארץ. ביחד הם יוצרים סוללה של זנים איכותיים המתפרשת על כל העונה.

נראה שלפחות להרכב הזנים בארץ, יש להתמקד בזנים חדשים שמבשילים בשולי העונה – זנים נוספים שהינם מבכירים מאוד ואיכותיים, וזנים אפילים מאוד. במסגרת הקווים שנבחנו כעצים מורכבים יש לא מעט קווים מוקדמים מאוד או אפילים מאוד. גם בין הטיפוסים שעברו לבחינה בחלקות החצי מסחריות יש זנים אפילים ומוקדמים. בשיתוף עם מופ"ם איזורים אנו בוחנים הרחבת העונה עם זנים הקווים בכירים בערבה, ואם זנים וקוים אפילים זני אמצע העונה בנגב המערבי. למרות הדברים, אנחנו ממשיכים לבחון עוד זנים איכותיים לכל העונה ולהציע אותם למגדלים.

הסלקציה בפרויקט היתה מבוססת על השבחה שאינה מכוונת לקבלת תכונות בודדות ספציפיות, והתבססה בעיקרה על הכלאות חופשיות בחלקות האוסף המגוונות. אכן, גישה זו הצליחה ליצור סוללה שלמה של זנים איכותיים המתפרסים לאורך עונה רחבה. בשלב ההשבחה הנוכחי, אנו מציעים להתמקד יותר בהכלאות מכוונות. המשך המחקר הבסיסי במעבדתנו ובקבוצות מחקר אחרות בעולם יאפשר זיהוי התורשתיות של תכונות איכות ופיתוח סמנים מולקולריים האחוזים להן. בשנים הקרובות אנו מתכוונים לעשות סלקציה הולכת וגדלה של הזרעים כבר בשלב הנבט הצעיר לפני נטיעתו במטע.

סוללת הזנים שפותחה מאפשרת שיווק פרי איכותי לאורך עונה חדשה (מיולי עד אוקטובר). כדי לחדש יש צורך להביא זנים אחרים באופיים או להשביח לכיוונים אחרים. ההשבחה התמקדה בזנים עם מופע וטעם "מערבי", בדומה לזנים הפלורידניים: זנים גדולים, צבעוניים ובעלי טעם וארומה עדינים, ללא טעמים וארומות חזקים. יתכן שצריך לכוון חלק מההשבחה לזנים בעלי מופע ייחודי (בצורה ובצבע, קצת כמו הזן 'טנגו' או כמו הזנים הצהובים הממותגים 'נאם-דוק-מאי' התאילנדי ו'אטאלפו' המקסיקאי), או בעלי טעם וארומה נעימים ומיוחדים. לכן לשם כך יש צורך לשנות את הקריטריונים לסלקציה ולחפש גם טיפוסים אחרים לחלוטין מאלו שהוגדרו במטרות הפרויקט.

אפיון מולקולרי של תוצרי הפרויקט לאורך השנים הצביע על כך שהסלקציה לאחר ההאבקה החופשית בחרה בעיקר טיפוסים ששני הוריהם מערביים – טיפוסים פלורידניים או תוצרי ההשבחה המקומית. כלומר, לא נוצלה בהשבחה כל השונות הגנטית והסלקציה של בחירת הזרעים פסלה את רוב הזנים עם "דם" אסיאתי. מכיוון שהזנים האסיאתיים הם ברובם קטנים, צהובים/ירוקים, מתוקים מאוד וארומתיים מאוד, ובעלי חיי מדף קצרים, צפוי שסלקציה של הכלאות מדור ראשון ישלבו תכונות מעניינות אבל גם תכונות שאינן מתאימות לפרי ישראלי ולכן הטיפוסים נפסלו. כדי להתקדם בכיוון טעמים וארומות מזרחיים, לא מספיק לבצע הכלאות חד דוריות וסלקציה. יש לעבור

להכלאות דו- ורב-דוריות להכנסת תכונות איכות חדשות לזנים, לברור טיפוסים שמשלבים מספר תכונות מעניינות אבל תכונות אחרות שפוסות אותם ולשלב אותם שוב ושוב בהכלאות חוזרות עד לקבלת תוצרים ייחודיים חדשים. ברור שמשימה זו הופכת את תהליך ההשבחה לארוך הרבה יותר, ושידרשו מאמצים חוזרים למצוא פתרונות לקיצור משמעותי של היבטיליות בזריעים.

כיוון אחר הוא השבחה לפרי "תעשייתי" איכותי. המנגו (בדומה למילון, פאפיה ואבטיח) הינו פרי מאוד לא נוח לאכילה. קשה לקלף אותו או לחתוך אותו בהתחשב בזרע הגדול שבתוכו, והוא מתוק ודביק מאוד. לכן, המנגו מתאים מאוד לשיווק כפרי מוכן חתוך ("Fresh cut"). ברשתות באירופה, אחוזים ניכרים מפרי המנגו כבר נמכרים ברשתות בקופסאות של פרי קטוף. כבר היום יש עניין ביבוא 'נועה' לאירופה כפרי שיועד לחיתוך, אולם עדיין המחיר של פרי לתעשייה אינו משתווה למחירי פרמיום. השבחה לפרי, תעשייתי" מחייבת התמקדות בתכונות אחרות לגמרי מאלו בהם התמקדנו עד היום. צבע קליפת הפרי שהיה אחד הקריטריונים המרכזיים אינו חשוב כלל משום שהקליפה מקולפת והצרכן אינו רואה אותה. המרקם חייב להיות בשרני ואיכותו (כפלחים או קוביות), וחייב להישמר לטווח מספק של שיווק וחי' מדף לאחר החיתוך והאריזה. מיציות מן הסתם אינה רלוונטית. מן הצד השני, החיתוך דורש עבודה רבה ויש בו פחיתים ניכרים. לכן, יש יתרון לפירות גדולים הרבה יותר מהפרי המשווק היום עבור ענף ה-"Fresh cut". ההבשלה האחידה של הפרי ועובי הקליפה שיאפשר קילוף ממוכן נוח הינם תכונות חשובות וקריטיות.

בגלל אופיו של הפרויקט, והשנים הארוכות הנדרשות מביצוע הכלאה לקבלת הפירות ואיפיונם בשלבי הסלקציה השונים, התוצאות משינוי הגישה בפרויקט יופיעו עוד שנים ארוכות. בינתיים, ניתן יהיה לבחון מחדש את כל הטיפוסים המעניינים שנאספו לאורך השנים ואת הזריעים המגודלים כבר היום גם לכיווני ההשבחה החדשים שהצענו.

כפרויקט עסקי, בשנות המחקר השקענו מאמצים גדולים ליצירת שיתופי פעולה עסקיים לבחינה ומסחור של זני המנגו הישראליים עם חברות בינלאומיות. התקדמות זו נעשית עם שיתוף גורמים בענף ותוך הקפדה על שמירת האינטרסים של החקלאי הישראלי. ההתקדמות בהסכמי הבחינה והמסחור הבינלאומיים מצביעה על הפוטנציאל הכלכלי הקיים בזני המנגו הישראלי, ועל היכולת העתידית של הפרויקט להגיע לעצמאות כלכלית מכספי תמלוגים (בשנים הקרובות!) שיאפשרו את המשך פרויקט ההשבחה.

רשימת ספרות מצוטטת

- Dag A, Eisenstein D, Gazit S, El-Batsri R, Degani C (1998) Effect of pollenizer distance and selective fruitlet abscission on outcrossing rate and yield in Tommy Atkins' mango. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 123 (4):618-622
- Degani C, Yutko O, El-Batsri R, Gazit S (1997) Outcrossing rate in adjacent 'Maya' and 'Tommy Atkins' mango blocks. Sci. Hort. 70 (1):25-30

- Lavi U, Kaufman D, Sharon D, Gazit S, Tomer E (1997a) `Shelly': A New Mango Cultivar. HortScience 32 (1):138.
- Lavi, U., Sharon, D., Kaufman, D., Gazit, S. and Tomer, E. (1997b). `Tango': A New Mango Cultivar. HortScience, 32, 137.
- Sharabi-Schwager M, Rubinstein M, Ish shalom M, Eshed R , Rozen. A, Sherman A, Cohen Y, Ophir R.(2016). Experimental Pipeline for SNP and SSR Discovery and Genotyping Analysis of Mango (*Mangifera indica* L.). Vol 6, Iss 16. DOI: 10.21769/BioProtoc.1910.
- Sherman, A., Rubinstein, M., Eshed, R., Benita, M., Ish-Shalom, M., Sharabi-Schwager, M., Rozen, A., Saada, D., Cohen, Y. and Ophir, R. (2015). Mango (*Mangifera indica* L.) germplasm diversity based on single nucleotide polymorphisms derived from the transcriptome. BMC Plant Biol. 15: 277.

רשימה מלאה של הפרסומים המדעיים שנבעו מהמחקר עצמו בתקופת הדוח
פרסום הרצאות וימי עיון (הפצת המידע נעשית בנוסף, בחלקות בדיקה בשיתוף עם גורמים מרכזיים בענף):
השבחת מנגו בישראל – שיטות, הישגים ואתגרים. קורס בסיסי למגדלי מנגו וליצי'י, קיבוץ לביא, 12/17.
השבחת עצי פרי בישראל – השבחת המנגו כדוגמא. השתלמות למורים בנושא רביה, נוער שוחר מדע במכון וולקני, 1/18.
The Israeli mango Industry, International Mango Festival at Fairchild Tropical Botanical Gardens, Miami, Florida, USA. 7/18.
The mango Industry in Israel and the Israeli Breeding Program. MASHAV international course to Cameroonian's delegates on mango cultivation in tropical regions (La culture de la mangue aux régions tropiques), Volcani Center, 9/18.

פרסומים בכתב בתקופת הדו"ח:

שבעה זנים נרשמו במועצה לזכויות מטפחים (שני זנים בשנה האחרונה).
'טנגו' זן מנגו חדש. מספר רישום 3564 (2018).
'דוד המלך' זן מנגו חדש מספר רישום 3565 (2018).
תומר, א., כהן, י. (2017) זני מנגו בישראל. אקלום זני מנגו והשבחתם.