

## דו"ח מסכם לתכנית מחקר מספר 20-01-0139

שנת המחקר: 3 מתוך 3 שנים

### פיתוח פרוטוקולים ליצירת פירות מנגו איכותיים מחוץ לעונה

### Development of protocols for out-of-season high quality mangoes

מוגש לקרן המדען הראשי במשרד החקלאות.

ע"י

יובל כהן	המכון למדעי הצמח, מינהל המחקר החקלאי, מרכז וולקני
דפנה הררי	מו"פ ערבה תיכונה וצפונית
ורד יריחמוביץ	המכון למדעי הצמח, מינהל המחקר החקלאי, מרכז וולקני
מזל איש שלום	המכון למדעי הצמח, מינהל המחקר החקלאי, מרכז וולקני
שי צעדי	המכון למדעי הצמח, מינהל המחקר החקלאי, מרכז וולקני
*שחם מגדיש	המכון למדעי הצמח, מינהל המחקר החקלאי, מרכז וולקני
*אבינאש צ'אנדרה ראי	המכון למדעי הצמח, מינהל המחקר החקלאי, מרכז וולקני,
*טוביה סטרייקר	מו"פ ערבה תיכונה וצפונית
*דודי קדוש	מו"פ ערבה תיכונה וצפונית
*שלומי וקרט	מו"פ ערבה תיכונה וצפונית
*סטודנטים וטכנאים השותפים למחקר	

Yuval Cohen, Dept. of Fruit Tree Sciences, ARO, Volcani Center P.O.B. 6

Bet-Dagan 50250. Email: [vhyuvalc@volcani.agri.gov.li](mailto:vhyuvalc@volcani.agri.gov.li)

Dafna Harari, Central and Northern Arava Research and Development

Center. EMAIL: [dafnahr@arava.co.il](mailto:dafnahr@arava.co.il)

Vered Irihimovitch, Dept. of Fruit Tree Sciences, ARO, Volcani Center P.O.B.

6 Bet-Dagan 50250. Email: [veredi@volcani.agri.gov.li](mailto:veredi@volcani.agri.gov.li)

Mazal Ish Shalom, Dept. of Fruit Tree Sciences, ARO, Volcani Center P.O.B.

6 Bet-Dagan 50250. E-mail: [mazali@volcani.agri.gov.il](mailto:mazali@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](mailto:shayt@volcani.agri.gov.il)

Shacham Megidish, Dept. of Fruit Tree Sciences, ARO, Volcani Center P.O.B.

6 Bet-Dagan 50250. E-mail: [shmsh789@gmail.com](mailto:shmsh789@gmail.com)


Tovia Strijker, Central and Northern Arava Research and Development

Center. EMAIL: [tovia@arava.co.il](mailto:tovia@arava.co.il)

הצהרת החוקר הראשי:

הממצאים בדו"ח זה הינם תוצאות ניסויים.

הניסויים אינם מהווים המלצות לחקלאים.

חתימת החוקר 

תאריך: 02/01/2023

## תקציר

**הצגת הבעיה:** עונת ההבשלה הטבעית של המנגו בארץ הינה בין יולי לאוקטובר. בערבה התיכונה מבשילים הפירות הראשונים במהלך יוני. פיתוח כלים להכוונת הפריחה במטעי הארץ, ובמיוחד באזור הערבה, שיביאו לקבלת פרי טרי ואיכותי מחוץ לעונה (בחורף או באביב) יאפשרו הרחבה של שיווק המנגו למרבית עונות השנה ויתרמו לרווחיות הענף. באזורי הגידול הטרופיים שוררות טמפ' גבוהות לאורך כל השנה, המביאות להתמיינות לא יעילה לפריחה. כדי להתגבר על הבעיה ולשפר את היבולים פותחו פרוטוקולים יישומיים להפרכת עצים המשמשים במרבית האזורים הטרופיים. פיתוח ושימוש בפרוטוקולים כאלה יכול לאפשר השראת פריחה יעילה והתפתחות פרי איכותי מחוץ לעונה גם בתנאי הערבה בארץ.

**מטרת המחקר:** מטרתו של המחקר המוצע היא לפתח פרוטוקולים להשראת פריחה ולהתפתחות פרי במנגו בעונות שונות ועל ידי כך להרחיב את עונת השיווק של פרי טרי ואיכותי לאורך מרבית השנה.

**שיטות העבודה:** במהלך העבודה נבחנו פרוטוקולים להשראת פריחה בעצי מנגו בעונות שונות על ידי יצירת תנאי עקה על ידי הצמאה או טיפולים במרסן הצימוח קולטר, שמביאים להפסקת הצימוח. הניסויים נעשו בחלקת מטע בחוות זהר בעין תמר ובחממה מבוקרת אקלים בחוות יאיר שבחצבה. לאחר הטיפול נבחנו מועד וקצב יצירת התפרחות בעצים. ההתמיינות לפריחה נבחנה גם על ידי אנליזה היסטולוגית ומולקולרית מדוגמאות פקעים ועלים שנאספו כל 3-4 שבועות. עם הפריחה נבחנו השראת הפריחה והחנטה בשלושה משטרי טמפרטורת מינימום שונים. נבחנו איכויות האבקה והפרח, ורמות החנטה ומועד הקטיפה.

**תוצאות המחקר העיקריות:** טיפולי קולטר להשראת פריחה בקיץ אפשרו השראת פריחה במהלך חודש דצמבר וינואר, כחודש עד חודשיים לפני מועד הפריחה הרגיל. טמפרטורות המינימום בחודשי החורף השפיעו על מועד וקצב הופעת התפרחות. טמפרטורת מינימום גבוהה מעכבת התפתחות תפרחות. אולם תפרחות מוקדמות שמושרות מטיפול קולטר רגישות פחות לטמפרטורת המינימום הגבוהה. זנים שונים רגישים במידה שונה להשראת הפריחה בקולטר ופורחים ביעילות שונה בתנאים חמים. טמפרטורות גבוהות בזמן ההתמיינות פוגעות בפריחה. העלאת טמפרטורות המקסימום לאחר הפריחה מביאה להתפתחות מהירה ולהקדמת הקטיפה.

**מסקנות והמלצות לגבי יישום התוצאות:** השראת פריחה, התפתחות והבשלת פירות מחוץ לעונה דורשת להתערב במחזור הטבעי של העץ, לעיתים בניגוד לסיגנלים הסביבתיים

הטבעיים וההתפתחותיים. ההתמודדות עם חום גבוה בעת השראת הפריחה, וקור בעת הפריחה והחנטה מהווים אתגר להצלחת הפרויקט. הפריחה יעילה בחורף ביחד עם השפעות החימום מראות שגישת המחקר אפשרית. אולם, נדרש עדיין מחקר נוסף כדי לפתח פרוטוקול יעיל ומסחרי. ההצלחה תביא לשיווק פרי טרי ואיכותי גם בחודשי האביב (ואולי גם בחודשי החורף). להבנת המורכבות של המערכת נדרש גם נדבך נוסף של מחקר בסיסי יותר בו תילמד השראת הפריחה והשפעת תנאי הסביבה על התהליך ועל הפריה והתפתחות הפרי.

### **רשימת הפרסומים וההרצאות שנבעו מביצוע המחקר הנוכחי**

עדיין לא פורסמו ממצאים מעבודה זו בכתב.

המידע הוצג בהרצאות למגדלים במספר הרצאות בערבה התיכונה והצפונית ובמפגשים עם מגדלים:

- ענף המנגו בערבה - בחינת זנים המתאימים לערבה והרחבת העונה על ידי טיפולים הורטיקולטוריים, מפגש עם מגדלי מנגו בערבה, חצבה, 24/10/17.
- פיתוח פרוטוקולים ליצירת פרי מנגו איכותי ומוקדם בערבה, מפגש מנגו בערבה לסיכום עונת 20-21, 17/08/21.
- מגדיש, ש., הררי, ד., סטריקר, ט., ראי, א.צ., קדוש, ד., וקרט, ש., צעידי, ש., איש שלום, מ., יריחמוביץ, ו., כהן, י. השראת פריחה וחנטה יעילה במנגו ליצירת פרי איכותי מחוץ לעונה. כנס מדעי החקלאות בישראל. אוניברסיטת בר אילן, אוקטובר 2022.

### **תוכן עניינים**

2.....	תקציר
3.....	רשימת הפרסומים וההרצאות שנבעו מביצוע המחקר הנוכחי
3.....	תוכן עניינים
4.....	מבוא
5.....	מטרות המחקר
5.....	פירוט הניסויים העיקריים
7.....	תוצאות
7.....	א. השראת פריחה בחלקת 'שלי' ותיקה בתחנת זוהר
	ב. ניסויי הפרחה בחממה מבוקרת אקלים ובחינת השפעת טמפרטורת המינימום היומית על הפריחה ועל החנטה
	ג. השפעת טיפולי קולטר בקיץ וכיסוי ביריעות פוליאיתילן בעת הפריחה על השראת הפריחה בזני מנגו שונים בחוות זוהר
12.....	

- ד. השפעת הטיפול בקולטר בקיץ להשראת פריחה וכיסוי ביריעות פוליאיתילן בחורף על נתוני קטיף ואיכות פרי בחמישה זני מנגו.....15
- דיון.....17
- רשימת ספרות מצוטטת.....18

## מבוא

המנגו הוא אחד מענפי המטע החשובים בארץ. הוא נטוע על כ-25,000 דונם המרוכזים בעיקר בבקעת כנרות. היבול השנתי הממוצע הינו כ-60,000 טון בשנה וכשליש ממנו מיועד ליצוא. בעבר היה המנגו נטוע בהיקפים גדולים בערבה, בשרון ובנגב המערבי, אולם ב-20 השנים האחרונות התמקד הגידול בעמקים הצפוניים. ההצלחה הכלכלית של ענף המנגו מביאה בשנים האחרונות לנטיעות מסיביות ולהתעניינות מחודשת בגידול מנגו גם בערבה, בבקעת הירדן ובנגב המערבי. למרות הפוטנציאל הטמון בהרחבת הגידול לאזורים אלה, היום נטועים בכל אחד מהם רק כמה מאות דונמים של מנגו. במטרה להרחיב את העונה פותחו בפרויקט ההשבחה הישראלי מגוון זני מנגו וקווים איכותיים, חלקם מאוחרים או מוקדמים שמאפשרים את הרחבת העונה (כהן וחוב' 2013; סעדה וחוב' 2015). בשנים האחרונות, הוקמו חלקות לבחינת זני איכות חדשים, תוצרי פרויקט ההשבחה הישראלי – זנים מוקדמים בערבה ובבקעת הירדן וזנים אפילים בנגב המערבי, והפוטנציאל שלהם נבחן בשנים האחרונות עם כניסתם לניבה. אולם, גידול הזנים המוקדמים בערבה יאפשר להקדים את העונה רק בשבועות בודדים. עונת ההבשלה של המנגו בארץ הינה בין יולי לאוקטובר. בערבה מתקבלת בחלק מהזנים הבשלה כבר במהלך יוני. התחרות מביאה לקטיפים מוקדמים של פרי לא איכותי. קטיפים אלה מתחילים כבר במהלך מאי ויוני בערבה ובמהלך יוני ותחילת יולי בבקעת כנרות. חלק ניכר מהפרי המוקדם נקטף מוקדם מדי, מובחל ואינו איכותי. פיתוח כלים להכוונת פריחה במטעי הארץ, שיביאו לקבלת פרי טרי מחוץ לעונה (בחורף או באביב) יאפשרו הרחבה של שיווק המנגו למרבית עונות השנה ויתרמו לרווחיות הענף.

באזורי הגידול הטרופיים שוררות טמפ' גבוהות לאורך כל השנה, המביאות להתמיינות לא יעילה לפריחה, שיכולה להתרחש במועדים שונים בשנה ובמקרים רבים העץ אינו פורח באופן סדיר כל שנה (Remiraz et al., 2010, 2016). באזורים סובטרופיים כמו בישראל, בהם יש עונות ברורות במהלך השנה, מכתבים אלה עונתיות בפריחה. תנאי החורף הקר מביאים להפסקת הצימוח בסתיו ולהשראת פריחה חזקה באביב. הפירות מתפתחים ומבשילים בחודשי הקיץ. הבלבול מתרחש כמעט רק לאחר הקטיף.

עצירת הצימוח והתבגרותו היא תנאי הכרחי להתמיינות לפריחה (Davenport, 2009). כדי להתגבר על בעיית ההתמיינות לפריחה ולשפר את היבולים והרווחיות של המטעים באזורים הטרופיים פותחו פרוטוקולים יישומיים להפרחת עצים (לדוגמא: Guevara et al., 2012;

Nakagawa et al., 2012; Upreti et al., 2013; Whiley et al., 1989; Burondkar et al., 2013). טיפולי הפרחה במנגו משמשים בשנים האחרונות להקדמת פריחה וקבלת יבול מחוץ לעונה גם באזורי אקלים נוספים בעולם (Ramiraz and Davenport, 2010). מצב קיצוני לשימוש בטיפולים אלה הוא פיתוח ענף מנגו בחממות ביפן (חלקן אפילו באזור הצפוני הממוזג מאוד של יפן), שמאפשר יצור ושווק מנגו מקומי ואיכותי מאוד לאורך מרבית חודשי השנה. פרוטוקול ההפרחה המקובל כיום בעצי מנגו הגדלים במזג אוויר טרופי כולל: (1) סנכרון הצימוח הווגטטיבי ע"י קיטום קצוות הענפים בעץ כולו (אם צריך). (2) עצירת הצימוח הווגטטיבי על ידי יישום מווסת הצימוח כחודש לאחר מכן, כאשר יש התחלה של צימוח חדש ממקום הקיטום. במקומות מתאימים בהם מי הגשמים מוגבלים וניתן לשלוט בהשקיה, השראת הצימוח יכולה להיעשות על ידי הצמאה. (3) ריסוסים חוזרים בחנקת אשלגן 3-4 חודשים לאחר מכן. הפריחה לפי פרוטוקול זה מתפתחת 5-6 חודשים ממועד הקיטום וכחודש מהריסוס הראשון בחנקת אשלגן. באזורים בהם שוררת טמפ' נמוכה יותר, לפחות בחלק מהיום (למשל בלילה), תהליך ההפרחה הינו קל יותר וידרוש טיפול מתון יותר. בניסויים מקדימים לאורך כשלוש שנים לפני תחילת הפרויקט, הצלחנו לקבל פריחה יעילה של מנגו בחוות זהר בעין תמר בחודשים נובמבר ודצמבר, אולם הפירות שהתקבלו היו מרביתם מנווני עובר, וקטנים מדי לשיווק מסחרי.

### **מטרות המחקר**

מטרות המחקר כפי שהוגדרו בהצעה הינן פיתוח פרוטוקול יעיל להפרחה של מנגו בעונות שונות בשנה, לחנטה יעילה ולהתפתחות תקינה של הפרי שתביא לקבלת פרי מנגו איכותי מחוץ לעונת ההבשלה הטבעית ולאורך תקופה ארוכה. הצלחת התוכנית יכולה לאפשר הרחבת העונה של מנגו איכותי לשיווק בישראל (ואולי גם לשווקי היצוא).

המטרות הספציפיות הנגזרות מכך הן:

1. ללמוד את הטיפולים והתנאים הנדרשים להשראה לפריחה בעונות שונות ובזני מנגו שונים בערבה.
2. לאפיין את ההשפעות של טמפרטורות נמוכות על החנטה והתפתחות הפרי. לאפיין את המועדים בפריחה, חנטה והתפתחות הפרי הרגישים לטמפרטורה ואת הטמפרטורה המינימאלית המאפשרת התפתחות פרי יעילה.
3. פיתוח פרוטוקול יישומי וכלכלי שיאפשר השראת פריחה והתפתחות פרי ראוי לשיווק של מנגו איכותי לאורך עונות החורף והאביב.

### **פירוט הניסויים העיקריים**

ניסויים להשראת פריחה סתוית/חורפית על ידי הצמאה ולאן מרסני צימוח בקיץ בניסויים מקדימים לפני תחילת הפרויקט, מצאנו שטיפולי הפרחה קיציים היו יעילים והביאו להקדמה של כחודשיים בפריחה (במהלך סוף נובמבר-דצמבר). בשנים 2018-2021 נעשו

מספר ניסויים להשראת הפריחה באמצעות טיפולים בקולטר או טיפולי הצמאה. בנוסף, נבחנו טיפולי חימום פסיבי (כיסוי בפוליאיתילן להעלאת טמפרטורת המקסימום, או חימום אקטיבי בחממה) (לשמירה על טמפרטורת מינימום גבוהה). הניסויים נעשו בחלקות הבאות:

חלקת עצי 'שלי' בוגרים (כ-20 עצים מהזן 'שלי' מנטיעת 2006), חלקת זני מנגו (שכוללת כ-60 עצים מ-5 זנים שונים ('טלי', 'אורלי', 'אגם', 'שלי', 'וטומי אטקינס') בחוות זוהר בעין תמר. בחלקת הזנים הצעירה נבחן בחלק מהשנים כיסוי של עצים במנהרה עבירה בכיסוי פוליאיתילן. בנוסף נעשו ניסויים ב-65 עצי 'שלי' צעירים שהורכבו בסוף 2017 ומגודלים בעציצים של כ-100 ל" בחממה מבוקרת אקלים בחוות יאיר בחצבה. בחממה זו שלושה מפתחים שניתן לחממם באופן עצמאי. הטיפולים השונים שכל עונה מפורטים בטבלה 1.

טבלה 1: מכלול ניסויי השדה שבוצעו במסגרת הפרויקט להשראת פריחה והקדמת התפתחות הפירות.

עונה	חלקת ניסוי	טיפולים להשראת פריחה	טיפולי חימום להעלאת טמפרטורת המינימום/מקסימום
2018/19	עצי 'שלי' בוגרים בעין תמר	הצמאה במשך שבועיים ב-1/6, טיפול בקולטר (8 מ"ל לעץ) ב-15/6 או טיפול משולב	
	חלקת זנים צעירים בעין תמר	הצמאה במשך שבועיים ב-1/6, טיפול בקולטר (5 מ"ל לעץ) ב-15/6 או טיפול משולב	
2019/20	עצי 'שלי' בוגרים בעין תמר	הצמאה במשך שבועיים 1-18/7, או טיפול בקולטר (8 מ"ל לעץ בעצים הבוגרים) ב-18/7	
	עצי 'שלי' צעירים בעציצים בחממה בחצבה	הצמאה במשך שבועיים 1-18/7, או טיפול בקולטר (2.5 מ"ל לעץ)	חלוקה לשלושה מפתחים. חימום כל אחד לשמירה על טמפרטורת מינימום של 12 או 15 מעלות או ללא חימום.
2020/21	חלקת זנים צעירים בעין תמר	הגמעה בקולטר (5 מ"ל לעץ) בתחילת אוגוסט	כיסוי חלק מהעצים המטופלים בקולטר ביריעת פוליאיתילן עם תחילת הפריחה להעלאת טמפ' המקסימום
	עצי 'שלי' צעירים בעציצים בחממה בחצבה	הצמאה במשך שבועיים ב-5/8, או טיפול בקולטר (2.5 מ"ל לעץ)	חלוקה לשלושה מפתחים. חימום כל אחד לשמירה על טמפרטורת מינימום של 15 או 20 מעלות או ללא חימום
2021/22	חלקת זנים צעירים בעין תמר	הגמעה בקולטר (6 מ"ל לעץ) בתחילת ספטמבר	כיסוי חלק מהעצים המטופלים בקולטר ביריעת פוליאיתילן עם תחילת הפריחה להעלאת טמפ' המקסימום
	עצי 'שלי' צעירים בעציצים בחממה בחצבה	או טיפול בקולטר ב-19/8, ב-19/9 או ב-19/10	חלוקה לשלושה מפתחים. חימום כל אחד לשמירה על טמפרטורת מינימום של 15 או 20 מעלות או ללא חימום, ב-19/1/22, כ-4 שבועות מתחילת הפריחה

בכל הניסויים, לאחר כ-6 שבועות כל העצים (פרט לעצי הביקורת) רוססו במספר ריסוסים חוזרים (כל שבועיים עד הופעת הפרחים הראשונים) באשלגן חנקתי 4% ע"ג העלווה. אפיון הפריחה נעשה על ידי ספירה וסימון של כל התפרחות החדשות שמופיעות כל שבוע בכל אחד מהעצים (בהיותן בגודל של כ-4 ס"מ). בנוסף, נדגמו פקעים קודקודיים לבחינה היסטולוגית שלהם, וכן נשמרו פקעים ועלים שהוקפאו בחנקן נוזלי לבחינה מולקולרית של

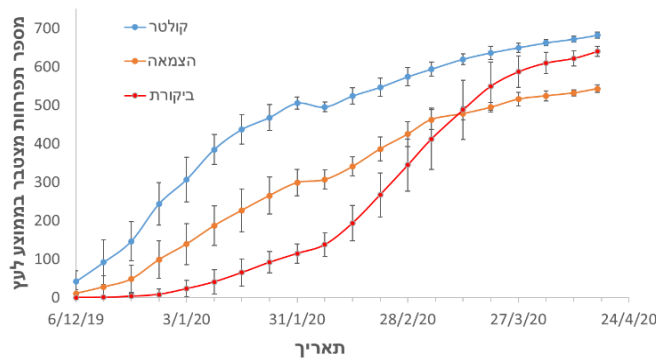
ביטוי גנים המבקרים את האינדוקציה לפריחה (כל 3-4 שבועות). נאספו דוגמאות של פרחים לאפיון צמיחת נחשוני האבקה בעמודי העלי. בעת הקטיף נרשם לכל פרי, מועד התפרחת שממנו התפתח. הפרי נשקל ונבחן האם הזרע בו תקין.

**תוצאות**

**א. השראת פריחה בחלקת 'שלי' ותיקה בתחנת זוהר**

ביוני 2018 נעשו ניסיונות להשראה פריחה מוקדמת ביוני על ידי הצמאה או הגמעה בקולטר. הטיפולים המוקדמים לא הביאו להשראת פריחה בקיץ, שכן למרות הטיפול המשיכו להתפתח קומות צימוח וגטטיבי. ניראה שהצימוח הווגטטיבי שנוצר אחרי ההשראה "ביטל" את השפעת הטיפולים ולא התקבלה השראה לפריחה גם בחודשי הסתיו. בנוסף, הטיפולים לא הקדימו באופן משמעותי את הפריחה החורפית/אביבית יחסית לפריחה של עצים לא מטופלים. בכל הזנים הפריחה החלה באמצע ינואר והגל העיקרי היה באמצע פברואר. במרבית הזנים לא היו הבדלים משמעותיים בפריחה בעצי הביקורת ובעצי הטיפולים.

בעונת 2019/20 נבחנה השראת הפריחה על ידי הצמאה או הגמעה בקולטר באמצע יולי.



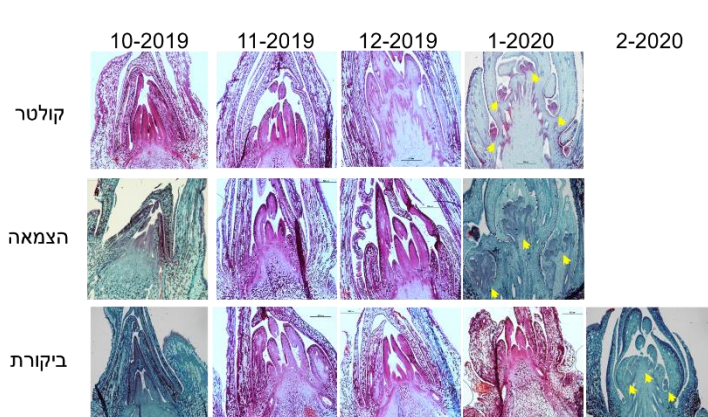
בתחילת דצמבר 2019, החלה פריחה מוקדמת בעצים שטופלו בקולטר. כל התפרחות המופיעות כל שבוע סומנו לפי מועד הפריחה. נתוני הפריחה בעצים מתוארים באיור 1. הטיפול בקולטר הביא להקדמת מועד הפריחה בלמעלה מחודש. גם ההצמאה הקדימה את הפריחה אך הקדמת הפריחה בעקבות

**איור 1: השראת פריחה בעצי 'שלי' בחורף 2019-20 בחוות זהר בעין תמר באמצעות טיפול בקולטר או הצמאה במהלך יולי 2019.** בכל שבוע נספרו מספר התפרחות החדשות שיצאו. מוצגים מספרי התפרחות המצטבר בממוצע לעץ עד לסוף הפריחה ב-15 לאפריל 2020. הקווים מציינים את שגיאות התקן.

הצמאה הייתה יעילה פחות מזו שהתקבלה מטיפול בקולטר. התמיינות הפקעים הקודקודיים

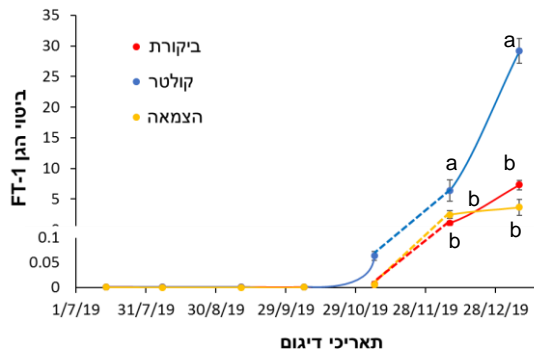


**איור 2: השפעת טיפולי הצמאה וקולטר על התפתחות הפקעים הקודקודיים ומעבר מצימוח וגטטיבי לפריחה ולחנטה בעצי הביקורת ובעצים המטופלים בעקבות הגמעה בקולטר או הצמאה.** מוצגים תמונות מייצגות של פקעים קודקודיים כל כחודש מהטיפול ועד לפריחה ולחנטה. א- ביקורת, ב- הצמאה, ג-קולטר.



**איור 3:** אנליזה היסטולוגית של התפתחות תפרחות בפקעי פריחה בהשראת טיפולים בקולטר או על ידי הצמאה בעין תמר. ראשי החץ בצהוב מצביעים על ניצני תפרחות המתפתחים בתוך הפקע. התמיינות לתפרחות בולטת כבר בחודש ינואר בפקעים של העצים המטופלים בקולטר ובהצמאה ובפקעי הביקורת רק בחודש פברואר.

תועדה ואופיינה מבחינה מורפולוגית לאורך התקופה ממתן הטיפולים ועד החנטה (איור 2). בעצי הביקורת פקעי הפריחה הופיעו בסוף חודש ינואר כאשר בעצים המטופלים בהגמעה בקולטר ובהצמאה החלה הפריחה מוקדם יותר, לקראת סוף חודש דצמבר. שלושה עצים לטיפול הוגדרו כעצי דגימה, מהם נלקחו פקעים

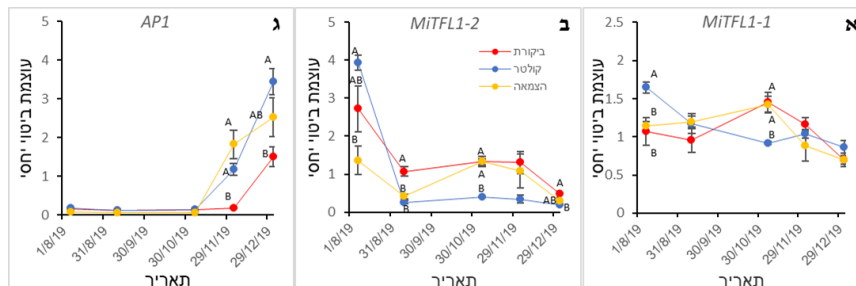


**איור 4:** השפעת טיפול בקולטר והצמאה בקיץ על דפוס הביטוי של הגן FT-1 בעלים. רמת הביטוי של הגן החל מהטיפול ועד לפריחה נעשה באנליזת real Time PCR בשלוש חזרות ביולוגיות של עלים משלושה עצים שונים (בהשוואה לגן מנרמל). אותיות שונות מייצגות מובהקות במבחן Tukey – Kramer HSD ( $P < 0.05$ ) בין הטיפולים בכל נקודת זמן.

קודקודים לאנליזה היסטולוגית ועלים לאנליזה מולקולרית. באיור 3 מוצגת אנליזה היסטולוגית של פקעים טרמינאליים. בעוד שההתמיינות לתפרחות בולטת כבר בחודש ינואר בפקעים של העצים המטופלים בקולטר ובעצים המוצמאים. לעומתם, בפקעי הביקורת ניצני התפרחות מופיעים בפקע רק בחודש פברואר.

בנוסף, בחנו את ההשראה לפריחה על ידי בחינת רמת הביטוי של הגן *MiFT-1*

המהווה פלוריגן – זהו הגן שביטויו בעלים משרה את התמיינות הפקעים הרפרודוקטיביים. רמת הביטוי של *MiFT-1* בעלים החלה לעלות בטיפול הקולטר כבר בתחילת נובמבר ועלתה



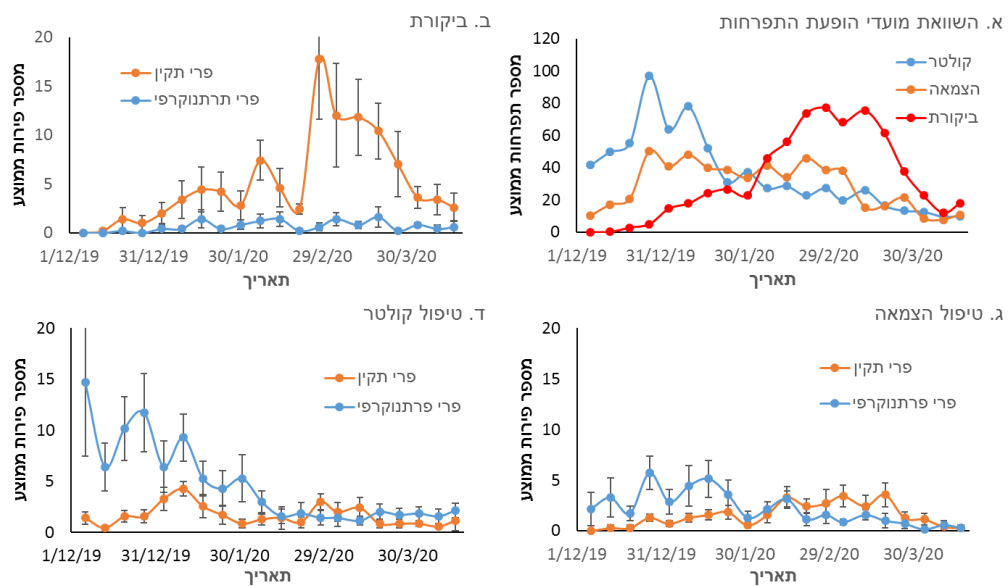
**איור 5:** השפעת טיפולים בקולטר או בהצמאה על דגם הביטוי העונתי של הגנים *MiTFL1*, *MiTFL2* ו-*MiAP1* בפקעים אמריים. א. *MiTFL1*, ב. *MiTFL2*, ג. *MiAP1*. כל נקודה מייצגת ממוצע  $\pm$  שגיאת תקן של 3 חזרות ביולוגיות (דוגמאות מעצים שונים), ובכל אחת מהן שלוש חזרות טכניות. אותיות שונות מייצגות מובהקות בשונות בין הטיפולים בכל נקודת זמן ונבדק במבחן Tukey – Kramer HSD ( $P < 0.05$ ).

לערכים גבוהים מאוד במהלך ינואר, שמסביר את האינדוקציה של הפקעים לפריחה רמת הביטוי של *MiFT-1* בפקעים הייתה



נמוכה לאורך כל העונה בכל הטיפולים (תוצאות לא מוצגות). הטיפולים בפקעים גרמו לירידה מוקדמת יותר ברמת הביטוי של *MitFL1-1* לקראת הפריחה (המעכב את ההתמיינות לפריחה בפקע) (איור 5, א'). גן הומוולוגי שכנראה אינו קשור ישיבות לפריחה, *MitFL1-2*, הראה על דפוס ביטוי מעורב בהשפעת הטיפול (איור 5, ב'). במקביל לעליה ברמת הביטוי של *MitFL1-1* חלה עם ההתמיינות לפריחה עליה גם ברמת הביטוי של *MiAP1*, שהייתה מוקדמת יותר בעצים המטופלים (איור 5, ג').

הקטיף בחלקה בוצע מוקדם ובמועד אחד, עוד לפני הבשלת הפירות. מספר הפירות הממוצע שהתקבלו לעץ, מאופיינים לפי מועד הופעת התפרחת מתוארים ב-איור 6. הפירות נחתכו ונבחן האם הזרע תקין או שהפרי פרתנוקרפי (מנוון זרע). בטיפול הקולטר היה מספר גבוה של פירות שהתפתחו מתפרחות מוקדמות, כאלו שיצאו בחודשי דצמבר וינואר. אולם, מרבית הפירות האלה התבררו כפירות פרתנוקרפיים. מרבית הפירות בעצי הביקורת הופיעו מתפרחות מאוחרות, שיצאו בחודשי פברואר ומרץ. בטיפול ההצמאה שבו השראת הפריחה הייתה חלשה יחסית בהשוואה לטיפול הקולטר, נמשכה הפריחה על פני עונה ארוכה יותר, אבל גם כאן, מרבית הפירות שהתפתחו על התפרחות המוקדמות היו פרתנוקרפיים. במהלך כל תקופת הפריחה, העצים בתחנת זהר נראו שופעים בחרקים מאביקים (חיפושיות, זבובים ודבורים) וברור שאלו לא היו גורם מגביל של ההפריה.



**איור 6: השפעת טיפולי קולטר והצמאה על קצב יציאת התפרחות ועל רמת הפרתנוקרפיה של הפירות.**  
 א. מספר התפרחות החדשות שהופיעו בכל מועד דיגום; ב-ד. מספר הפירות התקינים (בכתום) והפרתנוקרפיים (בכחול) שנותרו על העץ בטיפולים השונים בקטיף לפי מועד הפריחה (השבוע בו יצאו התפרחות). ב. ביקורת, ג. הצמאה, ד. קולטר. הקווים מייצגים את שגיאת התקן.

**ב. ניסויי הפרחה בחממה מבוקרת אקלים ובחינת השפעת טמפרטורת המינימום**

**היומית על הפריחה ועל החנטה**

בניסויים מקדימים לפני תחילת הפרויקט, מצאנו שטיפולי הפרחה קיציים היו יעילים והביאו להקדמה של כחודשיים בפריחה (במהלך סוף נובמבר-דצמבר). אולם בגלל תנאי חורף קרים

שבאו מיד אחריהם, לא התקבלה חנטה יעילה והפירות שהתקבלו בפריחה המוקדמת היו כמעט כולם מנווני זרע וקטנים. לצורך בחינה של השפעת הטמפרטורה ומועד השפעתה על התנוונת הזרעים, ולפיתוח פרוטוקול הפריחה וגידול פרי איכותי יעיל, נדרשים תנאים מבוקרים. בעזרת תקציב מקרן יק"א, שודרגה חממת מחקר (בגודל 330 מ<sup>2</sup>) בתחנת יאיר במו"פ ערבה תיכונה וצפונית, לצורך עריכת ניסויי הפריחה בעצים במצע מנותק. החממה חולקה לשלושה מפתחים כשבכל אחד מהם אפשר לבקר את טמפרטורת המינימום בלילה על ידי סגירת



איור 7: התפתחות תפרחות בעצים מטופלים בקולטר לעומת עצים מוצמאים או עצי ביקורת. צילום מייצג של עצי שלושת הטיפולים ב- 2/2/20

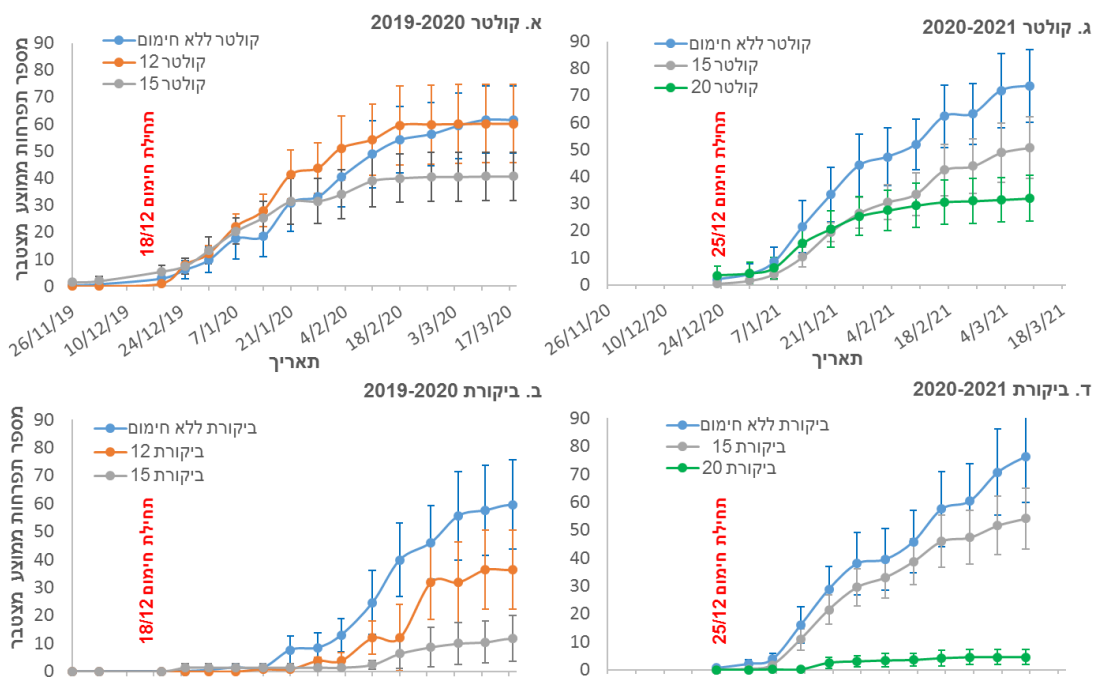
וילונות ומסך טרמי עליון וגם על ידי חימום.

בעונת 2019-20, טיפול הקולטר הביא להקדמה של הפריחה בחודש וחצי – חודשים, אך טיפול הצמאה לא היה יעיל בהקדמת הפריחה (איור 7).

התקבלה גם פריחה משמעותית מוקדם, בנובמבר ודצמבר (איור 8, א- ב). בעונת 2020-21, הייתה הפריחה

מאוחרת בכלל, וההקדמה בפריחה שהתקבלה הייתה מועטה, ועמדה על כשבוע עד שבועיים (איור 8, ג-ד). למרות טיפולי הצמאה, שבעונת 2020-21 היו משמעותיים יותר, לא התקבלה השפעה ניכרת להצמאה על הקדמת התפרחות (תוצאות לא מוצגות). הסיבה לכך יכולה לנבוע מכך שהעצים שבעציצים גדלו במצע טוף והיכולת לנתר את אחוז הרטיבות בעזרת חיישני קרקע הייתה מוגבלת. מבנה מצע הטוף מלא בנקוביות שמאפשר ניקוז מעולה (מוליכות הידראולית גבוהה) אך יכול להחזיק גם כמויות מים משמעותיות. במצע הטוף חיישן מדידת הלחות נמצא בין חללי אויר או חללים מלאים מים ולכן יתכן שמדידת תכולת המים בקרקע לא שיקפה את מצב המים כפי ששורשי הצמח רואים.

המנגו ידוע כרגיש לטמפרטורות נמוכות בזמן הפריחה (בגלל תקלות באיברים הרפרודוקטיביים של הפרח או בגלל בעיות בחנטה). כדי לבחון את הנושא חולקה החממה, לאחר הופעת התפרחות הראשונות בטיפול הקולטר, לשלושה מפתחים ובהם נשמרה טמפרטורת מינימום שונה – אחד המפתחים לא חומם ואילו בשני האחרים הופעל מערך החימום לשמירה על טמפרטורת מינימום של 12 או 15 מעלות (בעונת 2019-20) ו-15 ו-20 מעלות (בעונת 2020-21). בשתי העונות, בתא הלא מחומם ירדו הטמפרטורות בחלק מהמים ל-8 מעלות ופחות. בשני המפתחים המחוממים נשמרו הטמפרטורות המינימום בהתאם לטמפרטורות שנקבעו (אם כי בעונת 2020/21 לא תמיד הצלחנו לשמור על טמפרטורה של 20 מעלות). השפעת טמפרטורות המינימום על הופעת התפרחות בשתי העונות בעצים שטופלו בקולטר מול עצי הביקורת מוצגת באיור 8. בעונת 2019-20, בעצים שהושראה בהם הפריחה בקולטר בששת השבועות הראשונים מתחילת החימום, לא הייתה לטמפרטורה

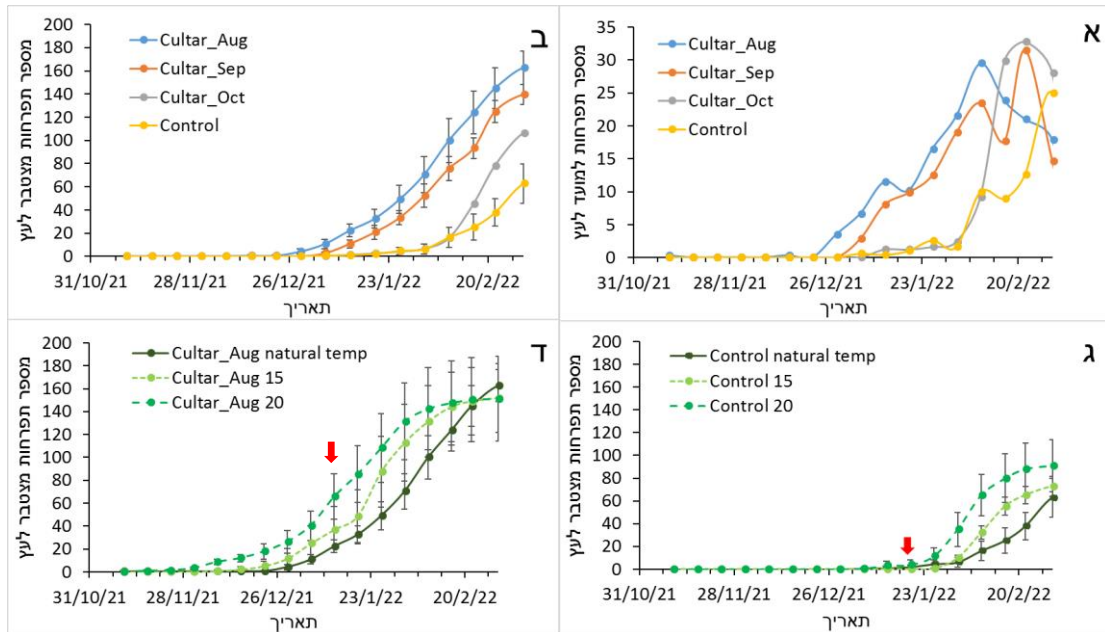


**איור 8: השפעת שילוב של טיפולי קולטר להשראת פריחה בקיץ ושינוי טמפרטורת המינימום בחורף על קצב הופעת התפרחות בחממה מבוקרת אקלים בחצבה.** מוצגים מספר התפרחות המצטבר שהופיעו על העצים במהלך כל עונת הפריחה. א' - ביקורת ו-ב' - עצים מטופלים בקולטר בעונת 2019-20. ג' - ביקורת ו-ד' - עצים מטופלים בקולטר בעונת 2020-21. בחורף, החל ממועד יציאת התפרחות המוקדמות טמפרטורת המינימום נשמרה על  $12^{\circ}\text{C}$  (כתום), על  $15^{\circ}\text{C}$  (אפור), או על  $20^{\circ}\text{C}$  (ירוק) באמצעות חימום גמלוני נפרדים בחממה. עצים בגמלוני שלא חוממו בחורף מסומנים בכחול. מועד הפעלת חימום לילה להעלאת טמפרטורת המינימום מסומן באדום. כל נקודה מייצגת ממוצע מצטבר  $\pm$  שגיאת תקן ( $n=7$ ).

השפעה משמעותית על קצב הופעת התפרחות. בהמשך הניסוי החלו להיווצר פחות תפרחות חדשות בעצים שחוממו לטמפרטורת מינימום גבוהה. לעומת זאת, בעצי הביקורת, שבתאים המחוממים, החימום הביא לדחייה בהופעת התפרחות הראשונות (בנוסף לפער הקיים בין העצים המטופלים בקולטר לבין עצי הביקורת) ואף למניעתה. בעונת 2019-20 טמפרטורת מינימום של 12 מעלות הביאה לפריחה באיחור של כ-3 שבועות ובטמפרטורת מינימום של 15 מעלות לאיחור של כ-5 שבועות. בנוסף, באפריל, בסוף הפריחה פרצו בעצי הביקורת ללא חימום כ-60 תפרחות בממוצע לעץ, בטמפרטורת מינימום של 12 מעלות כ-36 תפרחות ובטמפרטורת מינימום של 15 מעלות יצאו רק כ-12 תפרחות בממוצע לעץ (איור 8, ב). התוצאות שהתקבלו בעונת 2020-21 היו דומות. בעצים המטופלים בקולטר הפריחה הייתה חזקה יותר בטמפרטורות נמוכות וללא חימום לילי. בטמפרטורות מינימום גבוהות של 15 ו-20 מעלות, חלה פריחה ראשונה מוקדמת, אך הפריחה המאוחרת התעכבה (איור 8, ג). כמו בעונה הקודמת, בטיפול הביקורת, החימום פגע מאוד ביציאת התפרחות, וכשטמפרטורות המינימום היו כ-20 מעלות - כמעט ולא הופיעו תפרחות (איור 8, ד).

בעונת 2021/22 כלל הניסוי בחינה של שני גורמים: (א) מועד הטיפול בקולטר, ו-(ב) השפעת טמפרטורות מינימום שונות. טיפולי הגמעה בקולטר ניתנו באמצע חודש אוגוסט, ספטמבר או אוקטובר. למועד הטיפול הייתה השפעה חזקה על הקדמת הפריחה. ככל שמועד הטיפול היה מוקדם יותר, הפריחה התחילה במועד מוקדם יותר, אולם במועדי טיפול מאוחרים הייתה

הקדמת הפריחה קצרה יחסית (איור 9, א-ב). שיא הפריחה היה ב-9/2 לאחר הגמעה באוגוסט וב-22/2 לאחר הגמעה בספטמבר או באוקטובר. לעומת זאת, בטיפול הביקורת גם בתחילת



**איור 9:** השפעת מועד טיפולי הגמעה בקולטר וחימום בלילה לאחר הפריחה על קצב יציאת תפרחות הזן 'שלי'. עצים טופלו להשראת פריחה ב-19/8, 19/9 ו-19/10 או הושארו ללא טיפול (ביקורת). מוצגים מספר שיצאו בכל תאריך (א) ומספר התפרחות המצטבר (ב). – עצים מטופלים בקולטר בעונת 2019-20. בתאריך 19/1 כחודש וחצי לאחר הופעת התפרחות הראשונות, ועם תחילת הפריחה בטיפול הביקורת טמפרטורת המינימום נשמרה על 15°C ועל 20°C באמצעות חימום גמלונים נפרדים בחממה או הושארו ללא חימום. מוצגים מספר התפרחות המצטבר בעצי הביקורת (ג) ובעצים שטופלו בקולטר באמצע אוגוסט (ד). חץ אדום – מועד הפעלת חימום לילה להעלאת טמפרטורת המינימום. כל נקודה מייצגת ממוצע מצטבר ± שגיאת תקן (n=4).

מרץ עדיין לא הגיע שיא הפריחה (איור 9, א).

בשנת 2021/21 הייתה לטמפרטורת המינימום השפעה מעכבת על התמיינות התפרחות. בעונת 2021/22, הפעלנו את החימום רק כחודש וחצי לאחר הופעת התפרחות בטיפול הקולטר המוקדם, ועם הופעתן של תפרחות ראשונות בטיפול הביקורת. בתנאים אלה נמצא שחימום זירז את קצב יציאת התפרחות גם בעצי הביקורת וגם בעצים המטופלים (איור 9, ג-ד). יש לציין שמבנה החממה ופתיחתה לרוח רק מצד אחד השפיע גם על טמפרטורות המקסימום בחממה בשעות היום, שהיו חמות יותר בתאים המחוממים (תוצאות לא מוצגות).

### ג. השפעת טיפולי קולטר בקיץ וכיסוי ביריעות פוליאיתילן בעת הפריחה על השראת

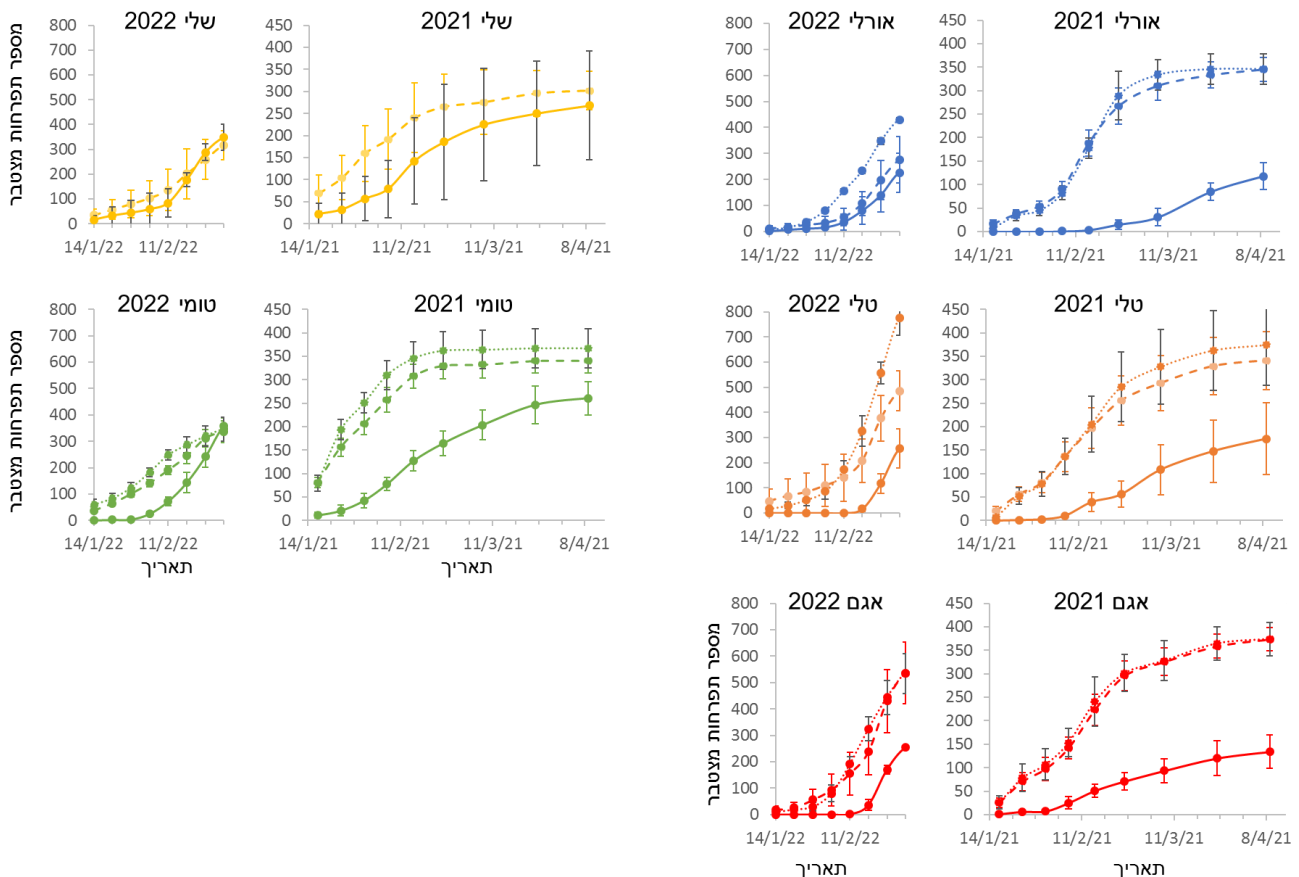
#### הפריחה בזני מנגו שונים בחוות זוהר

בעונות 2020/21 ו-2021/22 נבחנה בחוות זוהר השפעת טיפול בקולטר בקיץ על השראת פריחה מוקדמת באביב בחמישה זני מנגו שונים. תוצאות הניסוי מפורטות באיור 10 ובאיור 11. זנים שונים נכנסו לפריחה טבעית (טיפול הביקורת) במועדים שונים וברמה שונה. בעונת 2020/21 הזנים 'טומי אטקינס' ו'שלי' החלו בפריחה ראשונים, כבר בחודש ינואר, הפריחה בזנים 'אגם' ו'טלי' הופיעה בפברואר ואילו הזן 'אורלי' כמעט ולא פרח ללא טיפולי קולטר. בכל הזנים טיפולי הקולטר הביאו להקדמה משמעותית של 4-6 שבועות בפריחה, ועליה של מספר התפרחות הכללי שהתפתחו בעץ. בחלק מהזנים נוצרו מספר כפול של תפרחות, ובזן 'אורלי'



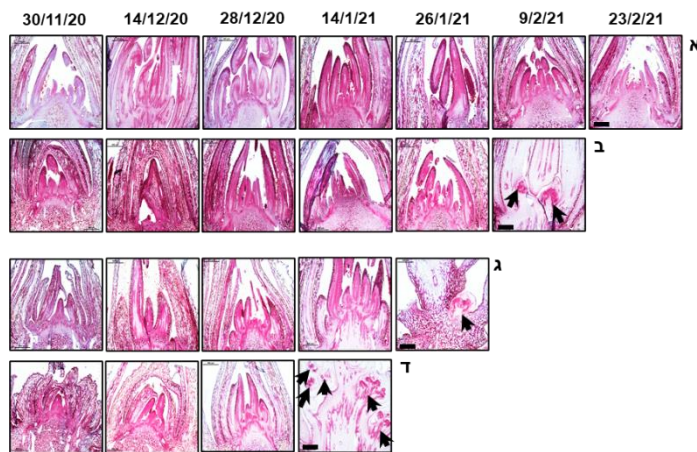
איור 10: השפעת טיפול בקולטר על פריחת זני מנגו שונים בחוות זוהר באביב 2021. מוצגים זוגות עצים מייצגים שטופלו בקולטר לעומת עצי ביקורת לא מטופלים. העצים צולמו ב- 4/3/21.

שלא פרח כמעט כלל באופן טבעי, נוצרו כמעט 300 תפרחות לעץ בהשפעת הקולטר. בעונת 2021/22 העצים היו גדולים יותר ולכן מספר התפרחות היה גדול משמעותית, אך התנהגות הזנים הייתה דומה, כשהזנים 'אורלי' 'אגם' ו'טלי' מאחרים בפריחה הטבעית, אך טיפולי הקולטר מקדימים בהם את הפריחה (איור 11).



איור 11: השפעת טיפול בקולטר בקיץ על פריחת זני מנגו שונים בחוות זוהר באביב בעונות 2020/21 ו-2021/22 (עד תחילת מרץ). קצב הצטברות התפרחות בטיפול הביקורת (קווים מלאים), בעקבות טיפול בקולטר (קווים מקווקים), ובעקבות טיפול בקולטר ועם הפריחה כיסוי במנורת פלואתילן (קווים מנוקדים). בכל נקודה מוצג הממוצע ± ושגיאת תקן של לפחות 3 חזרות.

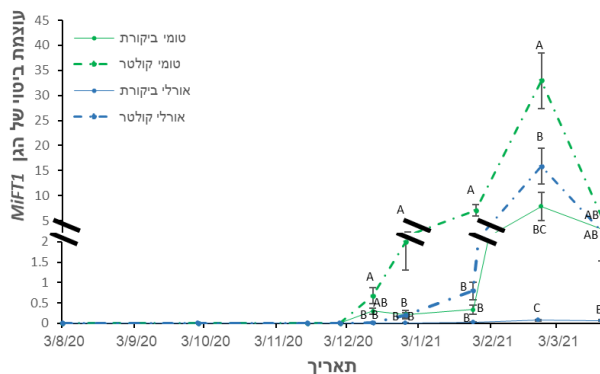
בשנים הקודמות הופיעו פירות פרתנוקרפיים רבים במועדי הפריחה הקודמת. בשנה זו המטע היה פעיל מאוד בחרקים מאביקים טבעיים לאורך כל תקופת הפריחה. ניסינו לשפר את החנטה באמצעות חימום פסיבי, על ידי כליאת העצים במנהרת פלסטיק. טמפרטורות המינימום לא הושפעו מטיפול זה אולם במהלך היום היו הטמפרטורות במנהרה גבוהות באופן משמעותי. לטיפול זה לא הייתה השפעה ניכרת על יציאת התפרחות. בחלק מהזנים, כיסוי של העצים במנהרת פוליאיתילן הביאה להקדמה מסוימת בפריחה, בעיקר בזנים שנטו לפרוח מאוחר.



**איור 12: אנליזה היסטולוגית של התפתחות תפרחות במריסטמות קודקודיות בהשראת טיפולים בקולטר או בביקורת בזנים 'אורלי' ו'טומי אטקינס' בעין תמר בעונת 2020/21. א-ביקורת זן 'אורלי'. ב- קולטר זן 'אורלי'. ג- ביקורת זן 'טומי אטקינס'. ד- קולטר זן 'טומי אטקינס'. חיצים שחורים מסמנים התפתחות מריסטמה של תפרחת. סמן הגודל מציין 500µm.**

במהלך החודשים נובמבר 2020 –פברואר 2021 דגמנו את המריסטמות מ- 2 הזנים הקיצוניים מבחינת מועד ועוצמת הפריחה שלהם: 'טומי אטקינס' ו'אורלי' (איור 12). באנליזה היסטולוגית נמצאה הלימה עם מועדי תיעוד הופעת התפרחות: בעצי הביקורת בזן 'טומי אטקינס' שפרחו מוקדם ובעוצמה גבוהה, זיהינו התחלת התפתחות תפרחות -26/1/21

ואילו בעצים המטופלים בקולטר, כשבועיים מוקדם יותר ב-14/1/21 (איור 12, ג-ד). מנגד, במריסטמות הקודקודיות של עצי הביקורת מהזן 'אורלי', לא הודגמו כלל התפתחות תפרחות (נבחנו 3 חזרות מכל מועד דיגום). לעומת זאת, בטיפול הקולטר ניתן היה לראות התפתחות תפרחות בשלב מאוחר, יחסית לטיפול בעצי 'טומי אטקינס', רק בתחילת פברואר (איור 12, א-ב).



**איור 13: השוואת דפוסי הביטוי של הגן MiFT1-1 בעצים מטופלים בקולטר ובעצי ביקורת לא מטופלים בזנים 'אורלי' ו'טומי אטקינס'. כל נקודה מייצגת ממוצע ± שגיאת תקן של 3 חזרות ביולוגיות. אותיות מייצגות מובהקות בשונות בין הטיפולים בכל נקודת זמן ונבדק במבחן Tukey - Kramer HSD (P<0.05).**

במקביל לאנליזה ההיסטולוגית נבחן גם דפוס הביטוי של הגן *MiFT1* בעלים של עצי הזנים 'אורלי' ו-'טומי אטקינס' (איור 13). בחודשים אוגוסט עד נובמבר נמצאה רמת ביטוי נמוכה של הגן. בעצי הביקורת בזן 'טומי אטקינס' העלייה בביטוי *MiFT1* התרחשה בחודש ינואר בעוד שבטיפול הקולטר העלייה החלה בחודש דצמבר. העלייה בביטוי נמשכה בשני הטיפולים עד לסוף פברואר שם היא הגיעה לשיא, לאחר מכן חלה ירידה בביטוי

הגן במהלך חודש מרץ. בזן 'אורלי' בעצי הביקורת רמת הביטוי של הגן *MiFT1* סה"כ הייתה נמוכה מאוד. בטיפול הביקורת, היא נשארה נמוכה גם בחודשים ינואר – מרץ. לעומתם, טיפול הקולטר גרם לעלייה בביטוי הגן בחודש ינואר לשיא בחודש פברואר שלאחריו, ובמהלך חודש מרץ, חלה ירידה בביטוי.

#### ד. השפעת הטיפול בקולטר בקיץ להשראת פריחה וכיסוי ביריעות פוליאיתילן בחורף על נתוני קטיף ואיכות פרי בחמישה זני מנגו

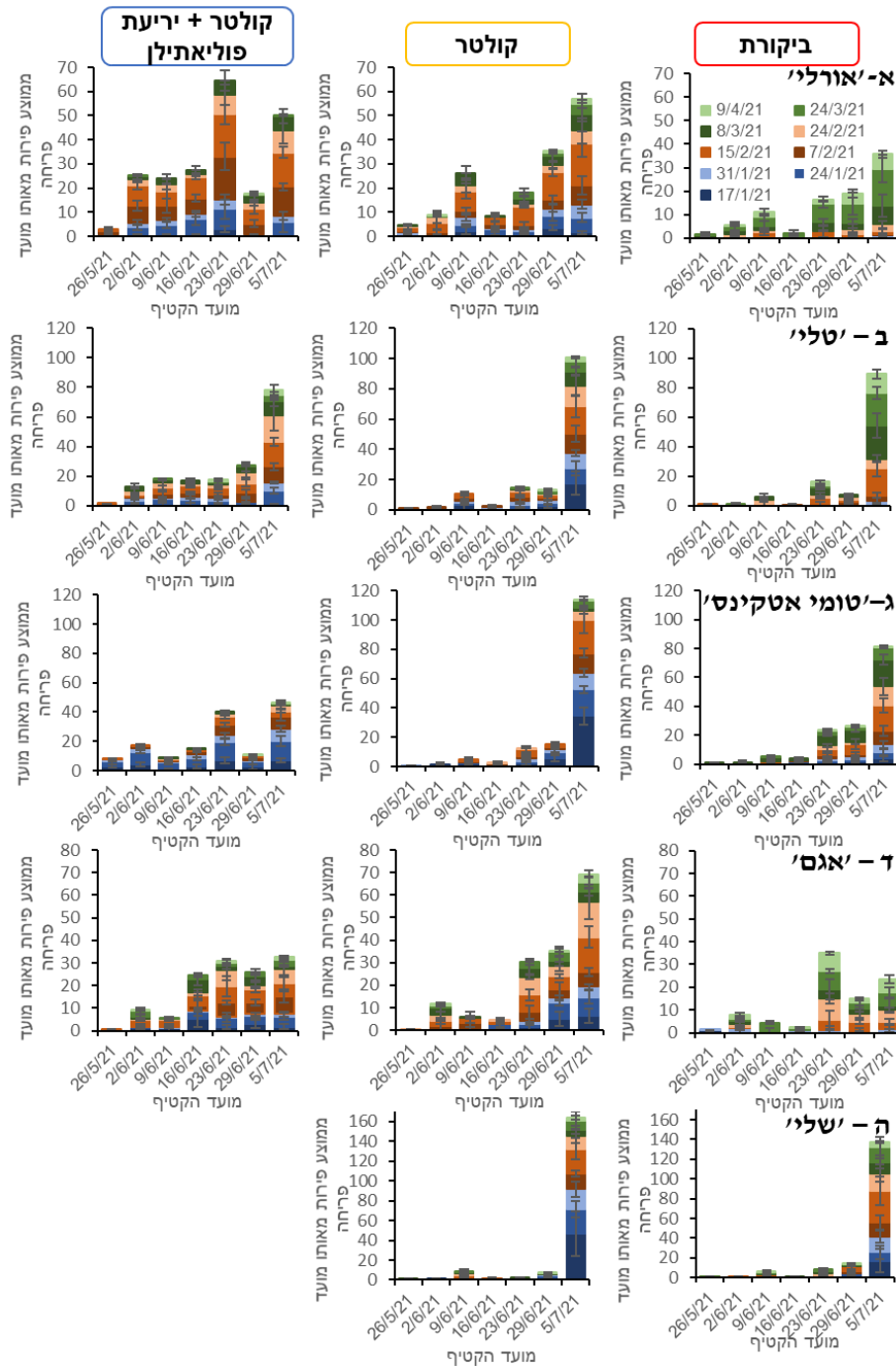
בעונת 2020/21 ביצענו שישה קטיפים סלקטיביים שבועיים בהתאם למדדי הקטיף. הפרי היה עדיין בוסר, אבל מוכן לקטיף מבחינת המדדים לפרי שמיועד להבחלה, בהתאם למקובל אצל חקלאי הערבה. לכל פרי שנקטף נרשם המועד בו פרצה התפרחת שלו. בחלק מהזנים הפירות של הטיפול המשולב (קולטר בקיץ וכיסוי ביריעת פוליאיתילן) בלטו בין הפירות שנקטפו בקטיפים הראשונים (איור 14). בארבעת הזנים בהם נבחן כיסוי ביריעות פוליאיתילן, שהביא לתוספת של טמפרטורות חמות במהלך שעות היום, שתרמו להקדמת מועד הקטיף על ידי קצב התפתחות מהיר יותר של החנטים והפירות. בזן 'אורלי', הטיפול המשולב גרם להקדמת ההבשלה, לקטיף מוקדם ולקבלת כמות הפרי הגדולה ביותר, אך גם בטיפול הקולטר הייתה הקדמה בקטיף. במרבית הזנים, בביקורת נקטפו בעיקר פירות מאוחרים וסה"כ היבול היה נמוך יותר. בזן 'שלי' הקטיף היה מאוחר מאוד. עד למועד הקטיף האחרון, שהיה קטיף מאסף, מרבית הפירות, הן בעצים המטופלים והן בעצי הביקורת, לא הגיעו לנתוני קטיף מספיק טובים (איור 14). באיור 14 מתוארת גם התפלגות מועד יציאת התפרחות בכל קטיף, בכל זן וטיפול. בביקורת במרבית הזנים, הפירות התפתחו מתפרחות שהתפתחו בפברואר כאשר מרבית הפירות התקבלו מתפרחות שהתפתחו בחודשים מרץ ואפריל. זאת, לעומת הפירות בעצים שטופלו בקולטר בשילוב ו/או ללא יריעת פוליאיתילן, שהתפתחו מהתפרחות המוקדמות שהגיו בינואר ובפברואר ורק מיעוטם מתפרחות שהופיעו בחודש מרץ. טבלה 2 מציגה את נתוני היבול לעץ – מספר הפירות שהתקבלו בכלל הקטיפים ומשקלם. במרבית הזנים, אך לא בכלם, הביאו הטיפול להשראת פריחה בקולטר והטיפול המשולב לעליה במספר הפירות ובמשקלם בקטיף.

טבלה 2: השפעת טיפולי השראת פריחה בקיץ ושילוב עם כיסוי ביריעת פלסטיק במהלך הפריחה והחנטה על מספר הפירות ומשקלם לעץ בכלל הקטיפים. מוצגים הנתונים הממוצעים לעץ ± שגיאת התקן.

	משקל פרי לעץ			מספר פירות לעץ			
	קולטר וכיסוי ביריעה	קולטר	ביקורת	קולטר וכיסוי ביריעה	קולטר	ביקורת	
אגם	40.6±7.1	50.0±3	36.8±11	167±25	215±9	143±44	
אורלי	81.1±11.0	65.1±4.9	41.9±10.3	255±13	209±29	124±26	
טלי	62.6±3.9	49.3±10.0	51.8±8.9	237±26	215±62	189±40	
טומי±	54.1±10.3	45.7±6.4	63.6±8.9	171±29	177±28	197±28	
שלי		50.0±5.6	51.5±10.3		217±15	195±58	

הקטיפים היו סלקטיביים ובוצעו בהתאם למדדי הקטיף. מנתוני המשקל, TSS, מוצקות, צבע הציפה וצבע הקליפה לא זיהינו הבדלים בין השפעת הטיפול ו/או מועד התפתחות התפרחות ואיכות הפרי במועד הקטיף. כמו כן, לא נמצא הבדל במשקל הפרי בין הטיפולים השונים באותו

זן.



**איור 14: השפעת השראת פריחה או השפעת פריחה וכיסוי ביריעות פוליאתילן על מועד הקטיף בהתאם למועד הופעת התפרחות עליהן התפתחו הפירות. התפלגות הפירות בכל קטיף מוצגת לפי מועד התפרחת עליה התפתח כל פרי. פירות מתפרחות מוקדמות מוצגים בגווני כחול, פירות מתפרחות אמצע העונה ב גווני חום, ופירות מתפרחות מאוחרות בגווני ירוק (מועד הפריחה מפורט במקרא בגרף העליון מימין). א-אורלי, ב-שלי, ג-טומי אטקינס, ד. 'אגס', ה. 'שלי' (ללא קולטר+ יריעת פוליאתילן).**



## דין

**מועדים וטיפולים להשראת פריחה:** השראת פריחה, התפתחות והבשלת פירות מחוץ לעונה נעשית בניגוד לסיגנלים הסביבתיים הטבעיים וההתפתחותיים (ההתמיינות של הפקעים, החנטה והתפתחות הפירות) ודורשת להתערב במחזור הטבעי של העץ. בניסויים השונים לאורך השנים למדנו להשרות פריחה יעילה באמצעות טיפולי קולטר או הצמאה במהלך הקיץ. טיפולי השראת הפריחה בקולטר היו יעילים בעצים הבוגרים וגם בעצים בעציצים, אך בעוד שבתחנת זוהר בעין תמר בעצים בוגרים הצלחנו להביא להשראה יעילה, בניסויים בחצבה בעציצים גדולים לא היו טיפולי ההצמאה יעילים. יתכן שנדרשים תנאי עקה קשים וארוכים עוד יותר כדי להביא להשראת פריחה. אולם, בגלל מערכת השורשים המוגבלת בעציץ חששנו לבצע טיפול קיצוני כזה של מניעת השקיה. יתכן שהשימוש במצע טוף, המלא נקבים בעציצים לעומת הקרקע החולית במטע גרם לעקת יובש נמוכה מדי.

**השפעת טמפרטורת המינימום על התפתחות התפרחות:** השוואת התוצאות בחצבה בין שתי עונות המחקר מצביעות על הבדלים בהשראת הפריחה. בעונת 2019-20 חודשי החורף היו קרים יחסית לעומת חודשי החורף שבעונת 2020-21, שהייתה חמה יותר. יתכן שלממשק הטמפרטורות הייתה השפעה מעכבת על ההתמיינות לפריחה. השפעה זו התבטאה בפריחה מאוחרת יותר ב-2020-21 וביעילות נמוכה יותר של טיפולי הקולטר.

ידוע שתנאי הקור בחורף פוגעים בעצי המנגו. תנאי הקור חשובים להתמיינות לפריחה, אולם הם פוגעים באיכות הפרח ובחנטה (Ramirez and Devenport 2009, 2016; Dag et al., 2000). כדי לבדוק את השפעות טמפרטורות המינימום על התהליכים הפעלונו שלושה משטרי חימום שונים. זיהינו הבדלים בהתנהגות עצים מטופלים ועצי ביקורת בטמפרטורת המינימום השונות. עצי הקולטר, בהם כנראה כבר עברו הפקעים התמיינות לפריחה, המשיכו לפרוח בשבועות של החימום. אולם, גם בעצים אלה נפגעה ההתמיינות של התפרחות המאוחרות יותר. לעומתם, עצי הביקורת שעדיין לא סיימו להתמייין הושפעו באופן חזק מהטמפרטורה, ודווקא הטמפרטורות הגבוהות (שמעודדות חימום) עיכבו את יציאת התפרחות.

התוצאות מעין תמר מעונת 2019-20 מצביעות על כך שבתנאים קרים של תחילת העונה נפגעת החנטה של העצים ושבבתפרחות המוקדמות עיקר הפירות המתקבלים הינם פרתנוקרפיים. בשנת 2021/22 שהייתה חמה יותר, הפירות לא סבלו מהתופעה. השפעת הגמעה בקולטר הקדימה במקצת הזנים את הקטיפ, ובשילוב עם כיסוי במנהרת פוליאיתילן התקבלה הקדמה משמעותית.

הגישה בפרויקט מנסה לאזן בין התנאים האינדוקטיביים הדרושים להתמיינות והתנאים הדרושים לפריחה, חנטה והתפתחות פירות. גישה זו דורשת איזונים עדינים והבנה יסודית יותר של התהליכים המתרחשים ברמה הפיזיולוגית והמולקולרית. נדרשים תנאי קור כדי לעודד את הפריחה המוקדמת, אולם תנאים אלו יכולים לפגוע בהתפתחות תקינה של הפרחים, בפעילות הדבורים ובהאבקה. מנגד, תנאי חום במהלך הפריחה מעודדים את התפתחות

הפירות אך יכולים לפגוע בהתמיינות תפרחות מאוחרות. במגוון הניסויים שבצענו עד היום הצלחנו להשרות פריחה מוקדמת במספר שבועות. אולם, לא הצלחנו להשרות פריחה סתוית מוקדמת שתאפשר חנטה לפני ירידת הטמפרטורות בנובמבר. בנוסף, בעיות החנטה בפריחה החורפית והתפתחות הפירות האיטית בתנאי קור בחורף מנעה הקדמה משמעותית יותר של הקטיף. המחקר התקדם לכמה כיוונים – להקדמת הקטיף בשטח פתוח – בעין תמר, באתר בו הטמפרטורות גבוהות יחסית, על ידי כיסוי העצים במנהרות פוליאיתילן, ולפיתוח מערכת יעילה בחממות מחוממות, בניסויים בחממה מבוקרת בחצבה. למרות ההתקדמות במחקר ובהבנת הבעייתיות, עדיין אין בידינו פרוטוקולים יעילים ואמינים להפצה למגדלים. אנו מקווים שהמשך המחקר יאפשר להתקדם במציאת התנאים האופטימאליים להפריחה ולהתפתחות הפרי, אשר יאפשרו פיתוח פרוטוקולים מסחריים יעילים ואמינים להשראת פריחה מוקדמת והקדמת ההנבה בשטח פתוח ובחממות בערבה.

**השראת פריחה בזני מנגו שונים:** מצאנו שונות גדולה בין הזנים ברמת הפריחה שלהם בתנאי חום וברמת ההשראה של טיפולי קולטר על הפריחה המוקדמת ועל כלל התפרחות. תוצאות אלו חזרו בשתי עונות בעין תמר. תוצאות אלה תואמות עבודות אחרות שהראו רגישות שונה של זנים הן לטמפרטורות המינימום והן לטמפרטורות המקסימום המעודדות או מעכבות את הפריחה. מצאנו שבתנאי הערבה הצפונית יש זנים הזקוקים למנות קור גבוהות לפריחה וטיפולים בקולטר יכולים לתת מענה לפריחה במקרים של חורף חם. בעתיד יש לקחת גורמים אלה בחשבון בבחינת הזנים המתאימים לגידול בערבה.

**פיתוח מודל לאפיון השפעת הטמפרטורה והזן על פריחה טבעית ועל השראת פריחה מחוץ לעונה:** התוצאות שהתקבלו בעבודה זו מצביעות על השפעת הטמפרטורה לאורך העונה על השראת הפריחה. השפעה זו ניכרת גם בחודשי הקיץ (בהם לא תמיד הצלחנו להשרות פריחה), וגם במהלך חודשי הסתיו. למועד ההתקררות המשמעותי בסתיו בערבה השפעה מרכזית על מועד הפריחה, כפי שבולט בהשוואת מועדי הפריחה בשנים השונות. המשך השימוש במתקנים מבוקרי טמפרטורה, ביחד עם סקרים ואיסוף נתונים רב שנתיים על השפעת הטמפרטורות על הפריחה במטעים שונים, יאפשר לפתח מודל אקלימי שיוכל לבא את מועד ויעילות הפריחה בהתאם להשפעת הטמפרטורה בחודשים שקדמו. מודל זה צריך להתחשב כמבון גם בהבדלים שמצאנו בין הזנים לרגישות הפריחה והשראתה.

#### **רשימת ספרות מצוטטת**

- 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.
- Burondkar, M.M., Rajan, S., Upreti, K.K., Reddy, Y.T.N., Singh, V.K., Sabale, S.N., Naik, M.M., Nigade, P.M. and Saxena, P. 2013. Advancing Alphonso mango harvest

- season in lateritic rocky soils of Konkan region through manipulation in time of paclobutrazol application. *J. Applied Hortic.* 15, 178-182.
- Clonan, M., McConchie, C., Hall, M., Hearnden, M., Olesen, T., and Sarkhosh, A. (2021). Effects of ambient temperatures on floral initiation in Australian mango (*Mangifera indica* L.) selections. *Sci. Hortic.* 276, 109767.
- Davenport, T.L. 2009. Reproductive physiology, in :The mango, Litz R.E. (Ed.). CAB Int., Wallingford, U.K.
- Dag, A., Eisenstein, D. and Gazit, S. (2000). Effect of temperature regime on pollen and the effective pollination of 'Kent' mango in Israel. *Sci. Hortic.* 86, 1-11.
- Guevara, E., Jiménez, V.M. and Bangerth, F.K. 2012. Response of Endogenous Hormone Concentrations to Two Floral Inductive Treatments, viz. KNO<sub>3</sub> and PBZ, in Mango cv. 'Tommy Atkins' Growing Under Tropical Conditions. *Tropical plant biology* 5, 253-260.
- Hedhly, A. 2011. Sensitivity of flowering plant gametophytes to temperature fluctuations. *Environ Exp Bot* 74, 9-16.
- Nakagawa, M., Honsho, C., Kanzaki, S., Shimizu, K. and Utsunomiya, N. 2012. Isolation and expression analysis of *FLOWERING LOCUS T*-like and gibberellin metabolism genes in biennial-bearing mango trees. *Sci. Hortic.* 139, 108-117.
- Ramirez, F. and Davenport, T.L. 2010. Mango (*Mangifera indica* L.) flowering physiology. *Sci. Hortic.* 126, 65-72.
- Ramírez, F. and Davenport, T. L. 2016. Mango (*Mangifera indica* L.) pollination: A review. *Sci. Hortic.* 203, 158-168.
- Upreti, K.K., Reddy, Y.T.N., Prasad, S. S., Bindu, G.V., Jayaram, H.L. and Rajan, S. 2013. Hormonal changes in response to paclobutrazol induced early flowering in mango cv. Totapuri. *Sci. Hortic.* 150, 414-418.
- Whiley, A.W., Rasmussen, T.S., Saranath, J.B. and Wolstenholme, B.N. 1989. Effect of temperature on growth, dry matter production and starch accumulation in ten mango (*Mangifera indica* L.) cultivars. *J. Hort. Sci.* 64, 753-65.