



ד"ר אמנון בוסתן סער אלבר



ד"ר סמדר הרפז

# השפעת חומצה אבציסית על תהליך הבשלת פרי המ'ג'הול'

סער אלבר, סמדר הרפז-סעד / המכון למדעי הצמח, הפקולטה לחקלאות רחובות (saar.elbar@mail.huji.ac.il)  
אמנון בוסתן / המרכז לחקלאות מדברית, מפעלי רמת נגב בע"מ  
אמנון ליכטר / המחלקה לחקר תוצרת חקלאית, מינהל המחקר החקלאי  
אהרון הפמן, תימאה איגנת, זאב שמילוביץ' / המכון להנדסה חקלאית, מינהל המחקר החקלאי  
רחלי בן-צבי / צמח ניסיונות



צילום: סער אלבר

האחידות בזמני ההבשלה בין הפירות באשכול. יידרש מחקר נוסף כדי לפתח פרוטוקול יישום מיטבי.

## מבוא ותאור הבעיה

כאמור, התמר כיום הוא ענף המטע הרווחי ביותר בארץ והזן 'מג'הול' הוא המוביל עם כ-75% מסך הייצור (1). גידול המ'ג'הול מתרכז בעיקר בבקעת הירדן ובערבה מכיוון שתנאי האקלים באזורים אלה, הכוללים טמפרטורה גבוהה ואוויר יבש, מיטיב בים מאד עם התפתחות הפרי, הבשלתו והתייבשותו. מטעי 'מג'הול' מסחריים נטועים גם בעמקים צפוניים יותר, בהם תנאי האקלים מאפשרים הבשלת פרי עד לשלב הבוחל, אך תהליך ההתייבשות (צמל) מוגבל בגין לחות גבוהה יחסית. ההבשלה בתמר אינה אחידה, לא במטע, לא בעץ ולא באשכול הבודד (2). אי לכך מתבצע גידול סלקטיבי בכמה סבבים, שמאריך את תקופת הגידול ומייקר אותו מאד. אחת הגישות לפתרון בעיות אלו כוללת לימוד המנגנון המבקר את תהליך הבשלת הפרי בתמר. בהבשלת פירות נהוג לסווג את התהליך כקלימקטרי או לא-קלימקטרי (3). בהבשלה קלימקטרית שיא הייצור של ההורמון הצמחי אתילן, המלווה בעלייה דרמטית בקצב נשימת



## תקציר

תמר הוא מענפי המטע הרווחיים ביותר בישראל בעשור האחרון, ועם זאת הינו עתיר עבודה ומשלב מיכון לעבודה בגובה. מכיוון שמועד הבשלת הפרי על האשכול אינו אחיד, נהוג לבצע גידול סלקטיבי ולחזור אל כל אשכול מספר פעמים, נתון המייקר מאד את הגידול ומלווה באובדן יבול. המחקר הנוכחי התמקד בלימוד המנגנון המבקר את הבשלת הפרי בתמר 'מג'הול', כאשר הנחת היסוד הייתה שלהורמון הצמחי חומצה אבציסית (ABA) תפקיד מרכזי בבקרת תהליך ההבשלה. נמצא ש-ABA מופיע בצפיפה בשבוע ה-17 לאחר ההאבקה, מועד בו מתחילים תהליכי הבשלה דו-גמתי שיוני צבע הקליפה, ירידה בתכולת המים וצבירת סוכרים בצפיפה. מנוקדה זו עולה רמת ה-ABA בעקביות עד הגידול. יישום חיצוני של ABA זירז את שיוני צבע הקליפה מירוק לצהוב, כמו גם את קצב עליית הסוכרים המסיסים (בריקס) בצפיפת הפרי, בהשוואה לביקורת. מהתוצאות מסתמן כי טיפול ABA עשוי לאפשר את זירוז תהליך הבשלת הפרי ב'מג'הול' ומיתון חוסר

בתמונה למעלה: אשכול 'מג'הול' בשלבי הבשלה

## שיטות וחומרים

הניסויים נערכו בעונות 2017 ו-2018 בשתי חלקות מסחריות, אחת במטע קיבוץ גרופית שבערבה והשנייה בחלקה הני סיונית של מו"פ רמת נגב. כלל הניסויים והתצפיות המוצגים נערכו על עצי תמר מזן 'מג'הול' מתרבויות רקמה, בני 6, בשנת הגידול השנייה, כך שכל האשכולות היו נגישים ולא נדרשו לגדיד כלי גובה.

■ **מעקב התפתחותי:** בשני אתרי הניסוי בשתי שנות הניסוי בוצע מעקב שבועי אחר התפתחות הפרי ממועד ההאבקה הרשמי הראשון לעונה ועד הגדיד (איורים 1, 2). המעקב נערך בתבנית של בלוקים באקראי. בכל חלקה סומונו שישה עצים, כל עץ היווה בלוק ובכל בלוק סומונו ארבע תפרחות, מהן נדגמו סנסים (עמודי תפרחת), חנטים ופירות. לאחר דילול מסחרי כמקובל ומאוחר יותר דילול טבעי ('נשירת יוני') נשא כל אשכול כ-200 פירות. בכל ביקור בכל מטע נדגמו פירות מייצגים לצורך אפיון. בכל מועד צולמו הפירות, נמדד משקלם הטרי והיבש, חושבה תכולת המים בציפה ובזרע ונמדדה רמת הסוכר (ברי קס) בציפת הפרי. משבוע 12 לאחר האבקה ועד הגדיד נבדק ריכוז ABA אנדוגני (טבעי) בציפה. כימות ABA בוצע באמצעות מיצוי ואנליזת LC-MS, בעבודה משותפת עם ד"ר מירה כרמלי וייסברג ופליקס שעיה ביחידה לזיהוי והפרדת חומרים, מינהל המחקר החקלאי.

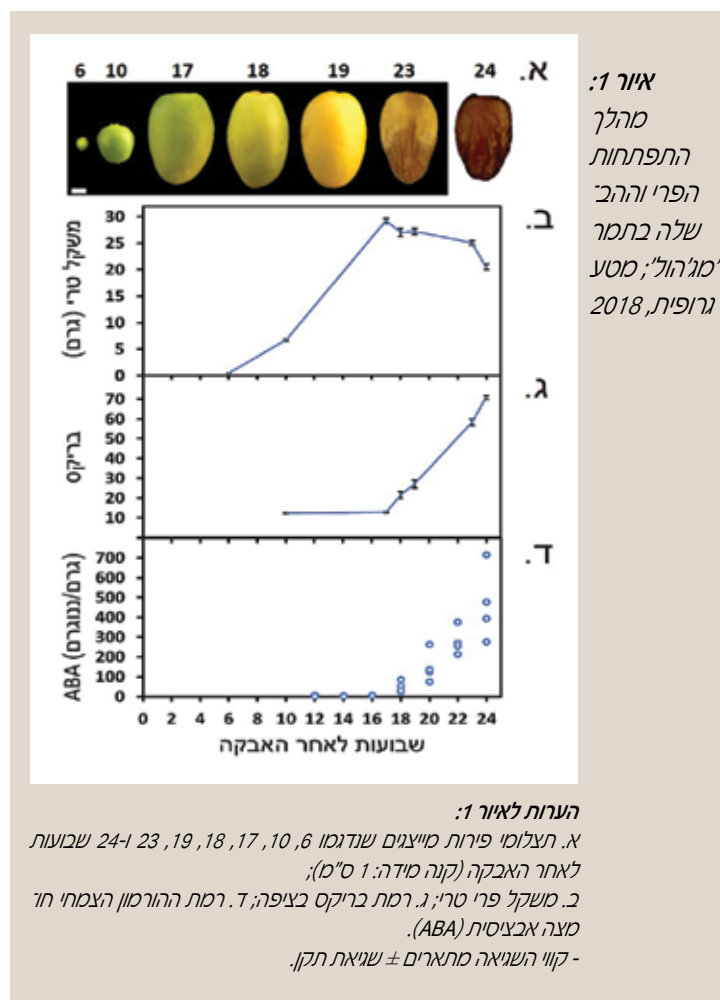
■ **צביעת רקמות הובלה:** לאורך התפתחות הפרי וההבשלה בחלקת הניסוי בגרופית, בוצע מעקב אחר כניסה של תמיסת צבע מסיס במים, הנקרא 'Sfranin-O', מהסנסן אל הפרי. מדי שבועיים נדגמו מעצי המעקב סנסים נושאי פרי ובסיסם נטבל בתמיסת הצבע למשך ארבע שעות - עד שהצבע הגיע לקצה הסנסן. חתכי אורך ורוחב של פירות ייצוגיים צולמו באמצעות מיקרוסקופ בינוקולר (איור 2).

■ **טיפול ABA חיצוני (פרוסון):** הניסויים בוצעו בגרופית ב-2017 (איור 3) וב-2018 (איורים 4, 5). הניסוי בגרופית בוצע בתבנית בלוקים באקראי. סומונו שישה עצים, אשכול בודד בכל עץ היווה בלוק ובכל בלוק בוצעו שלושה טיפולים (שלושה עד חמישה סנסים לטיפול, מיומום 18 פי רות לטיפול). במועד הטיפול בגרופית נטבלו הסנסים למשך כ-20 שניות בתמיסה.

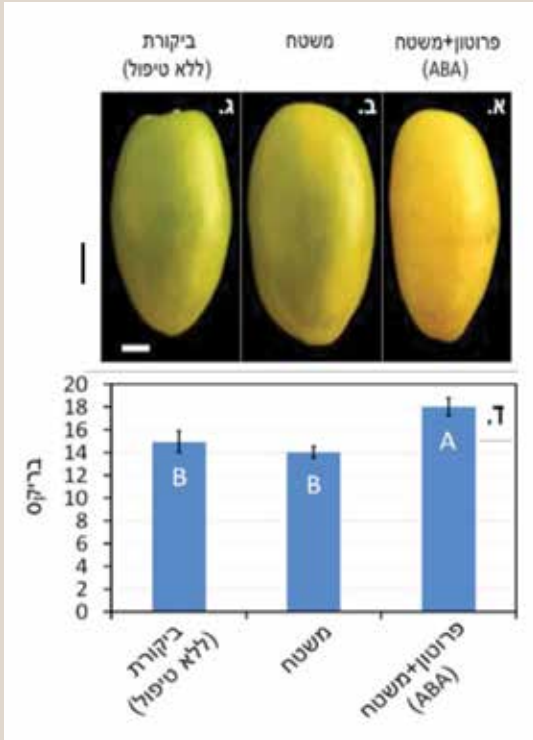
הניסוי ברמת נגב ב-2018 נערך כאמור גם הוא בתבנית של בלוקים באקראי. סומונו שישה עצים, כל עץ היווה בלוק, בכל בלוק סומונו שלושה אשכולות מאותו מועד האבקה. כל אשכול טופל בריסוס עד נגר, סך הכל כארבעה ריסוסים עוקבים לכל טיפול במהלך עשרה ימים. בשני הניסויים בשתי החלקות נקבע מועד הטיפול לפי מדדי התפתחות הפרי: בניסוי גרופית בשבוע 16 מהאבקה וב-2018 נגב בשבוע 18) מתצפית במעקב ההתפתחותי (פרי ירוק שכמעט הגיע לשיא גודלו).

הפרי, מאיץ את תהליך ההבשלה הכולל (בהתאם למיון) שניוני צבע, צבירת סוכרים, פירוק חומצות, התפוגגות העפיצות וצבירת חומרי טעם וארומה. בהבשלה לא-קלימקטרית תפקיד האתילן בשלב הבשלת הפרי שולי יחסית (5), ולפי מחקרים חדשים נמצא כי במקרים רבים ההורמון הצמחי חומצה אבי ציסית (ABA) תופס מקום מרכזי בבקרת ההבשלה (למשל בתות שדה, אוכמניות וגפן) (4-6).

בתמר טרם נקבע האם הפרי קלימקטרי או לא-קלימקטרי וישנן עדויות לכאן ולכאן (7, 8). מטרת המחקר הנוכחי היא להניח תשתית לפיתוח כלים למיתון השונות בהבשלת הפרי בתמר, אולי אף לטיפול בפרי לאחר הגדיד באופן שיאפשר חיסכון משמעותי בגדיד, יקטין פחת ויעלה את איכות מוצרי התמר המשווקים. במחקר זה התחלנו לאפיין את מהלך התפתחות הפרי בתמר 'מג'הול' בדגש על הסנכרון בין השינויים בריכוז ABA להתקדמות תהליך ההבשלה. כן נבחנו האפשרות להשפיע על תהליכים אלה באמצעות יישום ABA חיצוני.



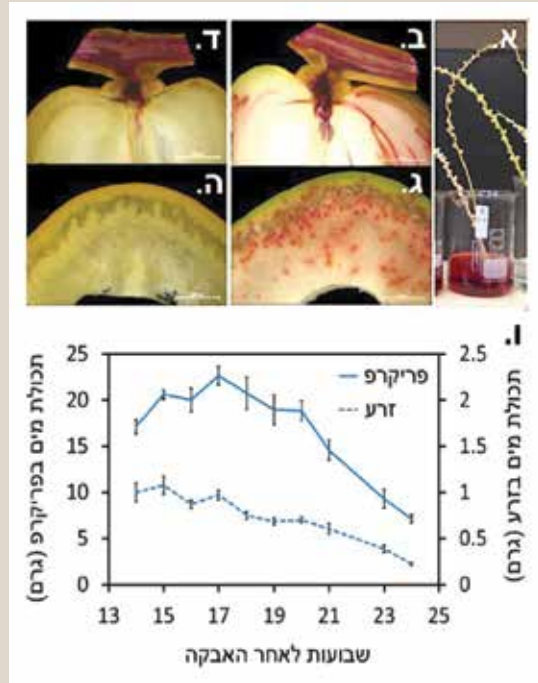
**איור 3:** יישום ABA מזרז הבשלה לפני הקטיף בפירות תמר 'מג'הול'; מטע גרופית, 2017



**הערות לאיור 3:**

- פירות מייצגים שעברו טיפול ABA + משטח;
- טיפול משטח בלבד;
- ביקורת ללא טיפול (קנה מידה: 1 ס"מ);
- רמת הבריסק בפירות ייצוגיים מכל טיפול.

**איור 2:** מעקב אחר תכולת המים בפרי וזרע בתמר 'מג'הול' במהלך ההתפתחות; מטע גרופית, 2018



**הערות לאיור 2:**

- תצלום סנסונים נושאי פרחים טבולים בתמיסת צבע;
- חתך אורך במקטע הכולל סנסן, גביע ופרי בשבוע 18 לאחר האבקה;
- חתך רוחב בפרי בשבוע 18 לאחר האבקה (צלום ביוקולר);
- חתך אורך במקטע הכולל סנסן, גביע ופרי בשבוע 22 לאחר האבקה (ביוקולר);
- חתך רוחב בפרי שדוגם בשבוע 22 לאחר האבקה (ביוקולר); (קנה מידה: 0.5 ס"מ);
- השתנות תכולת המים בפרי וזרע במהלך התפתחות הפרי; - קווי השגיאה מתארים ± שגיאת תקן.

עלת בטכנולוגיית אינפרא-אדום קרוב, NIR, שפותחה במכון להנדסה חקלאית, מינהל המחקר החקלאי (9).

### תוצאות ודין

■ מעקב אחר התפתחות והבשלה של פרי 'מג'הול': הבשלת הפרי היא תהליך מורכב ומתוזמן מבחינה פיסיולוגית, ביוכימית, אנטומית ומורפולוגית. על מנת לזהות את הגורמים המבקרים את הבשלת פרי התמר בוצע מעקב אחר מספר רב של מדדים במהלך ההתפתחות הטבעית של הפרי, משלב האבקה ועד תחילת הגידול. המעקב התבצע בשתי שנים עוקבות, 2017 (מי' דע לא מוצג) ו-2018 (איורים 1, 2). בשתי השנים הפרי בגרופית היה ירוק, רמת הבריסק קבועה (כ-12%) וריכוז ה-ABA האנדוגני היה נמוך מאד עד שבוע 17-18 ממועד האבקה (איור 1). בש' בוע 17 הגיע משקל הפרי הטרי לערכי שיא של 29 ג' ומאותה נקודה ואילך החל איבוד משקל הדרגתי (איור 2). בשבוע 24

### להלן הטיפולים בשני הניסויים, גרופית (טבילה) ורמת נגב (ריסוס):

- טיפול שכלל פרוטון (ABA) + משטח: פירות טופלו ב-ABA (פרוטון<sup>™</sup> בריכוז 6 ג'/ליטר, Valent BioSciences) בשילוב עם משטח (טריטון<sup>™</sup> X-100 בריכוז 0.1%, סיגמא אלדריוץ').
- טיפול שכלל משטח בלבד: פירות טופלו במשטח בלבד, טריטון<sup>™</sup> X-100 בריכוז 0.1% (סיגמא אלדריוץ').
- ביקורת: פירות ללא כל טיפול.

בניסויי הטבילה בגרופית צולמו פירות מייצגים ונמדדה רמת הבריסק (כמתואר לעיל). בניסוי הריסוס ברמת נגב צולמו האשכולות כשבוע לאחר היישום הראשון, וכעבור שבוע שבו עות מויון הפירות מכל אשכול מיון ראשוני לפי בשלות נראית לעין (בוסר בוגר צהוב, בוחל חלקי ובוהל מלא); לאחר מכן מויון הפירות הצהובים לפי רמת בריסק באמצעות מכונת מיון הפרי

מהאבקה, במועד הגדיד, הגיע משקל הפרי לערך של 20.5 ג'. למעשה, השבוע ה-17 לאחר האבקה בגרופית היו קריטי ומתרחשים בו מספר שינויים מרכזיים בהתפתחות הפרי:

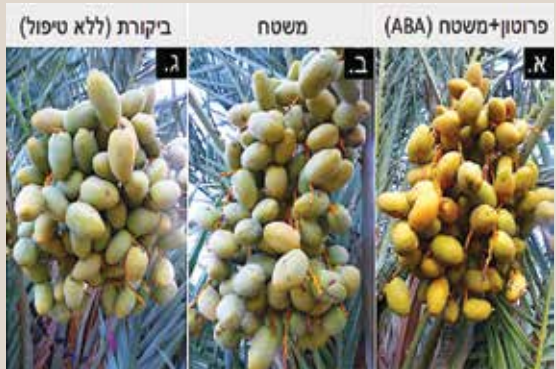
1. שינוי צבע קליפת הפרי מירוק לצהוב (איור 1א);
2. התחלת עלייה בערך הבריקס בציפת הפרי, שמגיעה בשיאה לכדי 70% במועד הגדיד (איור 1ג);
3. התחלת עלייה הדרגתית וקבועה בריכוז ה-ABA, המגיעה לשיאה לקראת הגדיד עם 465 ננוגרם/ג' בפרי הבשל (איור 1ד). תוצאות אלו מציעות כי קיים סנכרון בין מספר תהליכי הבשלה לבין שינויים ברמת ABA במהלך התפתחות פרי ה'מג'הול'. הני תונים נאספו ותועדו במעקב אחר התפתחות והבשלה של פרי 'מג'הול' בגרופית בעונת 2018.

■ **זירוז הבשלה לפני קטיף באמצעות טיפול ABA:** בניסיון לזרז את תהליך ההבשלה בתמר 'מג'הול' נבדקה ההשפעה של שני ההורמונים הצמחיים המזוהים ביותר עם בקרת ההבשלה בפירות, אתילן ו-ABA. בעוד שיישום אתילן חיצוני (אתרל®) לא הניב תוצאות חיוביות מובהקות (לא מוצגות), יישום ABA חיצוני זירז את תהליך ההבשלה בהשוואה לבי קורת ללא כל טיפול ולביקורת שטופלה במשטח בלבד (טריטון 100-X). בעונת 2017, במסע גרופית, טופלו סנסנים נושאי פרי בשבוע 166 לאחר האבקה (פרי ירוק לקראת שיא משקלו הטרי) באמצעות טבילה בתמיסות הטיפול. כשבוע לאחר מכן נדגמו אלה וצולמו.

לאחר היישום הראו הפירות שטופלו ב-ABA התחלה של שינוי צבע מירוק לצהוב, בעוד שפירות שני טיפולי הביקורת נותרו ירוקים (איור 3). בהתאמה, גם רמת הבריקס שנמדדה בפירות שטופלו ב-ABA הייתה גבוהה באופן מובהק מזו של פירות הבי קורת (איור 3). יש לסייג ולומר, שטיפול הטבילה ב-ABA אמנם זירז את תהליך ההבשלה מוקדם מהמועד הטבעי, אך לאחר כשבוע השתוו אליהם פירות הביקורת.

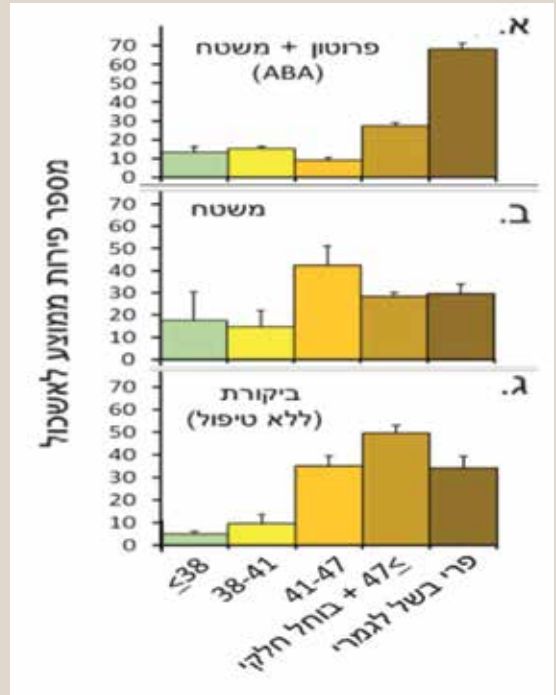
ניסויים אלה הציעו כי יישום ABA חיצוני כפי שבוצע מסוגל לזרז הבשלה, אך השפעה ארוכת טווח ומעשית יותר מצריכה שיפור משמעותי של שיטת היישום.

בעונה העוקבת, 2018, טופלו אשכולות שלמים בחלקת המו"פ ברמת נגב באמצעות ריסוסים חוזרים. שלושה ימים לאחר הריסוס הראשון, אשכולות שטופלו ב-ABA + משטח שינו את צבעם מירוק לצהוב, בעוד שאשכולות הביקורת נותרו ירוקים. מגמה זו התחזקה בתום שבוע (איור 4) ויותר מכך; האשכולות שטופלו ב-ABA ניכרו גם באחידות רבה יותר בהבשלה כשישה שבועות לאחר מכן, בעת הגדיד והמיון (איור 5). שיעור הפרי הבשל היה גבוה באופן ניכר באשכולות שטו פלו ב-ABA בהשוואה לאשכולות הביקורת. מתוצאות ניסויים אלה עולה, ש-ABA היו גורם דומיננטי בבקרת ההבשלה של פרי ה'מג'הול'. יש לציין שלהורמון זה תפקיד חשוב בתגובה



**איור 4:** יישום מתמי שך של מזרח הבשלה על ABA אשכולות 'מג'הול'; מו"פ רמת נגב, 2018

**הערות לאיור 4:**  
- אשכולות נושאי פרי טופלו בשבועות 18-19 לאחר האבקה (פרי ירוק, לקראת הגעה לשיא משקלו הטרי) באמצעות ארבעה ריסוסים חוזרים; כשבוע לאחר תחילת הטיפול צולמו אשכולות מייצגים לפי הטיפולים: א - ABA + משטח; ב - משטח טריטון בלבד; ג - ביקורת ללא כל טיפול.



**איור 5:** התפלגות הפירות לפי בשלות ורמת בריקס בתום ניסוי ריסוס אשכולות ABA; מו"פ רמת נגב, 2018

**הערות לאיור 5:**  
- הטיפולים מתוארים באיור 4;  
- הגדיד נערך כשבעה שבועות מתחילת הטיפול, כאשר הפירות מכל אשכול מיון בהליך דו-שלבי: שלב ראשון לפי רמת בשלות חיצונית (ב' סר בוגר, בוחל חלקי ובוהל מלא) ובשלב שני מיון פרי בוסר באמצעות מערכת מיון NIR לפי רמת הסוכר (בריקס): <38, 38-41, 41-47, >47; 47%;  
- באיור מוצגת התפלגות הפירות באשכולות מיון המיונים גם יחד: א - אלה שטופלו ב-ABA + משטח; ב - אלה שטופלו במשטח בלבד; ג - ביקורת.  
- קווי השגיאה מייצגים ± שגיאות תקן.

2. ברנשטיין צ. (2004): 'התמר'. מועצת הפירות וארגון מגדלי התמרים בישראל.
3. Cherian S., Figueroa C.R., Nair H. (2014): Movers and shakers in the regulation of fruit ripening: A cross-dissection of climacteric versus non-climacteric fruit. *J. Exp. Bot* 65: 4705-4722.
4. Oh H.D., Yu D.J., Chung S.W., Chea S., Lee H.J. (2018): Abscisic acid stimulates anthocyanin accumulation in 'Jersey' highbush blueberry fruits during ripening. *Food Chem* 244: 403-407.
5. Pilati S., Bagagli G., Sonogo P., Moretto M., Brazzale D., Castorina G., Simoni L., Tonelli C., Guella G., Engelen K., Galbiati M., Moser C. (2017): Abscisic acid is a major regulator of grape berry ripening onset: new insights into ABA signaling network. *Front. Plant Sci* 8: 1-16.
6. Jia H.F., Chai Y.M., Li C.L., Lu D., Luo J.J., Qin L., Shen Y.Y. (2011): Abscisic Acid plays an important role in the regulation of strawberry fruit ripening. *Plant Physiol* 157: 188-199.
7. Abbas M.F., Ibrahim M.A. (1996): The role of ethylene in the regulation of fruit ripening in the Hillawi date palm *Phoenix dactylifera* L.J. *Sci. Food Agric* 72: 306-308.
8. Rouhani I., Bassiri A. (1976): Changes in the physical and chemical characteristics of Shahani dates during development and maturity. *J. Hortic. Sci* 51: 489-494.
9. Ben-Zvi R., Ignat T., Alchanatis V., Hoffman A., Borochov-Neori H., Immerman A., Schmilovitch Z. (2017): New post-harvest approach for high quality fresh 'Medjool' date. *Postharvest Biol. Technol* 124: 35-44. ■

לאותות סביבתיים (יובש או מליחות), כמו גם בתגובה לאותות התפתחותיים. יידרש מחקר נוסף כדי לקבוע מה הקשר בין הבשלת הזרע וסיום התפתחותו לבין תחילת ייצור ABA בציפה והתקדמות תהליך ההבשלה על כל שלביו.

## סיכום

בתמר 'מג'הול' קיימת חשיבות מכרעת לתנאי האקלים לקבלת פרי איכותי הפודה תמורה גבוהה. מעבר לכך, חוסר אחידות בתזמון ההבשלה של הפירות באשכול מהווה בעיה חקלאית וכלכלית חמורה בגידול זה. תוצאות עבודה זו מצביעות על ההתאמה הרבה בין העלייה הטבעית בריכוז ABA בציפה לבין התקדמות תהליכי הבשלת הפרי ב'מג'הול'. בטיפול ABA חיצוני על העץ (ריסוס וטבילה) לפני ששינויים אלה החלו להתרחש הביא להקדמה ניכרת בהופעת סימני הבשלה מובהקים (שינויי צבע ועלייה בבריסקס) בהשוואה לפירות הביקור רת. הביקורת. ריסוסים נוספים הביאו להקדמה מסוימת ולאחידות רבה יותר בין הפירות באשכול בהשוואה לביקורת. עם זאת, נדרש מאמץ נוסף לעיצוב ובחינת פרוטוקול מעשי ליישום ABA ב'מג'הול'. מעבר לכך, על מנת להמשיך ולאפיין את תפקיד ה-ABA בהבשלת פרי התמר, נאספו דוגמאות רבות שישמשו להמשך לימוד המנגנון המעורב בייצור וחישת הורמון בפרי זה.

## תודות

תודות מקרב לב לקובי טובול ונמרוד בן-חור מגרופית, שהודות להם התאפשר ביצוע הניסויים במסעי התמרים בקיבוץ; תודה לאיציק דוד ממו"פ רמת נגב; תודות לעמית פחימה, סער לווינקרן, יוחאי מיטל, ענת עידן מולכנדוב, היוט אשגרה מולקונדוב, אלכס ברסקי, ידיד בן-שימול - חברי המעבדה בעבר ובהווה, על העמדת הניסויים בשתי העונות ותרומתם במהלך המחקר; תודה מיוחדת נתונה לארז בן-נון מחב' 'אגריקה כ.צ.ט', עבור הפרוטוקול לניסויי המטע. - מחקר זה התבצע במימון קרן המדען הראשי של משרד החקלאות, תכנית מס' 12-01-0023.

## רשימת ספרות

1. האוסלר ד. (2017): 'ענף התמרים'. החטיבה למחקר, כלכלה ואסטרטגיה, משרד החקלאות.

## ביקורת משתלות

המחלקה לביקורת זרעים ושיתלים מפקחת על פי הוראות חוק הזרעים על משתלות של מינים המופיעים ברשימת הפיקוח. הפיקוח כולל נקיון ממחלות ומזיקים ועמידה במדדי איכות. משתלה העומדת בתנאי הפיקוח מקבלת היתר למכירת שיתלים בארץ, כמו כן מונפקות תעודות בריאות ליצוא. שתל המעוניין להקים משתלה כדי לשווק או לייצא שיתלים חייב לפנות לאיש הקשר האזורי. הגידולים שבפיקוח כוללים הדורים, גפן, נשירים, סובטרופיים, ורדים ותות שדה.

השירותים הניתנים בתשלום כוללים הנפקת רשיונות למשתלות חדשות, חידוש רשיונות למשתלות קיימות (טופס בקשה מקוון לרישום / חידוש רשיון לאחזקת משתלה); פיקוח על טיב השתיל בנושאי איכות ובריאות; עריכת סקרים לוידוא נקיון המשתלות (נמסור דות, מחלות וירוס ועוד); אישור תוצרת המשתלה למכירה בארץ; הנפקת תעודות בריאות למכירה בחו"ל; ניתן לקבל מידע בנושא משתלות מאושרות וכן שרות לביור תלונות קונים. זכרו: איכות ואמינות השתיל מהווים בסיס ליצירת מטע בריא והשגת יכול מיטבי.



# עלונו הנוטע

ALON HANOTEVA مجلة البستاني

בטאון ארגון מגדלי הפירות בישראל

74 שנים  
כ"ה

