

דוח מסכם לתוכנית מחקר מס' 203-0633-08
שימוש במתיל ג'סמונאט לעידוד יצירת הצבע האדום בפירות תפוח

Use of Methyl Jasmonate for color induction in apple fruits

מוגש לקרן המדען הראשי במשרד החקלאות ולשולחן פירות במועצה הצמחית

שמות החוקרים:

יובל כהן	המחלקה למדעי עצי פרי, מכון וולקני
רפי שטרן	מו"פ צפון
רות בן אריה	המעבדה לקירור
רעיה קורצ'ינסקי	המחלקה למדעי עצי פרי, מכון וולקני
משה עגיב	מו"פ צפון

Yuval Cohen, Department of Fruit-Tree Sciences, ARO, Bet-Dagan 50250.

E-mail: vyuvalc@volcani.agri.gov.il

Raffi Stern, MOP Zafon, P.O. Box 831 Kiryat Shmona, 11016.

Email: raffi@migal.org.il

Ruth Ben-Arie, Fruit Storage Research Laboratory, Kiryat Shmona, 10200 Israel

Email: fruitlab@netvision.net.il

Raia Korchinsky, Department of Fruit-Tree Sciences, ARO, Bet-Dagan 50250.

Moshe Agiv, MOP Zafon. P.O. Box 831 Kiryat Shmona, 11016.

יוני 2009

הממצאים בדו"ח זה הינם תוצאות ניסויים.

הניסויים אינם מהווים המלצות למגדלים.

חתימת החוקר הראשי:

תקציר:

בתפוחים מזנים שונים, לצבע הקליפה האדום חשיבות מכרעת למחיר הפרי בשווקים. במטעי הארץ, מרבית היבול אינו מממש את פוטנציאל הצבע שלו. הצבע האדום נוצר מהצטברות אנטוציאנינים בתאי הקליפה. אנטוציאנינים מופיעים בתפוחים ובפירות אחרים כחלק מתהליך ההבשלה וגם כתוצאה מעקות או פגיעת פתוגנים. החומצה הג'סמונית ונגזרותיה, קשורה למנגנוני ההגנה של הצמח. בעבודה זו בחנו את השפעת החומר מתיל ג'סמונאט (MJ) על תהליכי יצירת הצבע בזנים אדומים של תפוח. עצים מזנים שונים, טופלו במועדים שונים ב-MJ כחודש עד חודשיים לפני הקטיף. לאחר מכן עקבנו אחרי תהליכי יצירת הצבע בקליפות הפרי. במרבית הטיפולים התקבלה עליה מתונה ברמת הצבע ובכמות האנטוציאנינים בקליפה אולם הבדלים אלו היו מתונים יחסית. השפעת MJ נבחנה גם על צבע הקליפה של תפוחי 'זהוב'. בהשפעת הטיפול, צבע הפרי נטה להיות יותר צהבהב ופחות ירוק. בתפוח 'פינק לידי', חומר הצמיחה הביא לעיכוב מסוים בהבשלה. הוא לא גרם לנשירה משמעותית של פירות, ולא פגע ביכולת האחסון של הפרי בקירור. במרבית המקרים שנבחנו, בתנאי ניסוי השדה בארץ, טיפולים ב-MJ מעודדים יצירת צבע אדום והורדת רמת הצבע הירוק בקליפת פרי התפוח. אולם, השפעה זו הינה מתונה ואינה חזקה מספיק להצדיק טיפולים מסחריים בגישה זו במטעים בארץ.

התפוח הינו עץ המותאם לגידול בתנאים ממוזגים. למרבית זני התפוח המסחריים, ישראל מהווה את גבול התפוצה הדרומי, וגידולם בארץ מוגבל לאזורים קרירים יותר, בעיקר בגליל ובגולן. גם באזורים אלה התפוחים אינם גדלים בתנאים האופטימאליים. בתפוחים מזנים שונים, כמו 'דלישס אדום', 'יונתן', זני ה'גאלה' והזן 'פינק ליידי', לצבע הקליפה האדום חשיבות מכרעת למחיר הפרי בשווקים. מאמצים ומחקרים רבים הושקעו בעולם וגם בארץ בניסיונות לשפר את רמות הצבע בתפוח. אלו הופנו לפתוח זנים וואריאנטים צבעוניים יותר, לטיפולים הורטיקולטוריים, לטיפולים בחומרי צמיחה שיעודדו את יצירת הצבע האדום, ולאפיון מולקולארי של תהליכי יצירת הצבע. למרות עבודות אלו, רמות הצבע האדום בקליפה עדיין מהוות בעיה שיווקית באיזורי גידול רבים בעולם. במטעי הארץ, מרבית הפירות אינם מממשים את פוטנציאל הצבע שלהם.

הצבע האדום נוצר מהצטברות אנטוציאנינים בתאי הקליפה. אנטוציאנינים מופיעים בתפוחים ובפירות אחרים כחלק מתהליך ההבשלה. שנים רבות ידוע שתנאי עקה שונים או פגיעת פתוגנים מעודדים את יצירת האנטוציאנינים ברקמות צמחיות רבות ליצירת הצבע האדום. החומצה הג'סמונית מהווה חלק ממנגנוני ההגנה וההתמודדות של הצמח עם פתוגנים, מזיקים ועקות. בשנים האחרונות פורסמו מספר עבודות המציעות שימוש בחומצה ג'סמונית ובנגזרת שלה מתיל ג'סמונאט (Methyl Jasmonate, MJ) וכן בחומצה סליצילית לעידוד יצירת הצבע בפירות.

בשנת 2004 בחנו בניסוי ראשוני את השפעתו של ההורמון MJ על רמת הצבע בפירות הזן 'טופרד' ובפירות 'פינק ליידי' בגליל העליון. בעקבות טיפול כחודש לפני הקטיף הייתה עליה ניכרת ברמות הצבע בשני הזנים. עליה זו באה לידי ביטוי הן בעין בלתי מזוינת מספר ימים לפני הקטיף, הן בבדיקות פרי שבוצעו לאחר הקטיף במעבדה, והן בריכוז האנטוציאנינים באיזור האדום של הקליפה. העלייה ברמת הצבע לא הייתה מלווה בהבשלת יתר של הפירות, ואולי אף הביאה לדחייה מסוימת בהבשלה, שהתבטאה בעליה בקושי הפרי ולעיתים גם לירידה בקצב פירוק העמילן.

בזן 'תפוח זהוב' ישנה בעיה אופיינית אחרת של צבע הקליפה: אחוז ניכר מהפירות, במיוחד במטעים בגולן, נשאר ירוק ולא מקבל עם ההבשלה את הגוון הזהוב האופייני. פרט לעידוד יצירת האנטוציאנינים, ל-MJ השפעות נוספות על צבע הפרי. החומר מעלה את רמת הביטוי של האנזים Chlorophyllase, אנזים מפתח בפירוק הכלורופיל. טיפולים ב-MJ מביאים לירידה ברמות הכלורופיל ובמיוחד ברמתו של כלורופיל a, בנוסף, ההורמון מעודד יצירת β -carotene. העובדה שהשפעות אלו נצפו גם לאחר טיפולים בקליפות זן התפוח 'זהוב' מצביעים על האפשרות לשיפור הצבע הזהוב (ולהורדת הגוון הירוק) בתפוחים אלה ע"י טיפולים ב-MJ.

מטרת הניסוי: בחינה של טיפולי ריסוס ב-MJ לשיפור צבע הקליפה בזני תפוח שונים בתנאי הארץ.

פירוט הניסויים והתוצאות

בשנים 2006-8 נבחנו טיפולים ב-MJ על תפוחים ממספר זנים אדומים, ועל תפוחי הזן 'זהוב' המבשילים בצבע ירוק-צהבהב. בשנים קודמות נבחנו השפעותיהם של ריכוזי MJ שונים על צבע הפרי. במחקר זה התמקדנו גבוה של חומר הצמיחה (10mM) שנמצא בשנים הקודמות כיעיל. בכל הטיפולים הוסף משטח 0.025% Triton X100.

א. אפיון רמות הצבע במעבדה

נלקחו מדגמי פרי למעבדה במהלך ההבשלה, כל כשבוע-שבועיים ממועד הריסוס ועד הקטיפ. בעת הקטיפ (דרגת עמילן של כ-5) נאספו דוגמאות נוספות של פירות לבדיקה במעבדה. בניסויים שבוצעו על ענפים בודדים, הובאו בקטיפ כל הפירות למעבדה לבדיקת איכות הפרי. במעבדה הוערכו אחוז הכיסוי של הצבע האדום ועצמתו (בהערכה ויזואלית). בנוסף נמדדה איכות הצבע (בנקודות האדומה ביותר בכל פרי) בעזרת מכשיר למדידת צבע מסוג Color Guide של חברת Gardner BYK. דוגמאות של קליפה (דסקיות בקוטר של כ-1.2 ס"מ מ-3 תפוחים מייצגים) מהאזורים האדומים ביותר בפרי, הוקפאו בחנקן נוזלי. הפיגמנטים האנטוציאנינים מוצו מקליפת הפרי בעזרת מתנול חומצי, ורמתם נקבעה באמצעות בליעתם בספקטורופוטומטר (באורך גל של 530nm). כמו כן נבחנו מדדי פרי נוספים - משקל התפוחים, אחוז הסוכר ומידת המוצקות (קושי) של הפרי.

ב. בחינה של מינונים ותכשירים המבוססים על MJ או על חומצה סליצילית

בשנת 2006 נבחנו טיפולים ב-MJ על תפוחים משני זנים שונים של תפוח אדום המבשילים במועדים שונים: 'טופרד' (בחוות מתתיהו) ו-'פינק ליידי' (במטע קיבוץ ברעם). בזן 'טופרד' נבחנו 3 טיפולי ריסוס במתיל ג'סמונאט: 10 mM (בתוספת משטח 0.025% Triton x100), וכן ריסוסים ב-5 mM ו-10 mM בפורמולציה מיוחדת (שנעשתה על ידי חברת אפעל), מול ביקורת לא מרוססת. בנוסף, נבחן טפול בריסוס של חומצה סליצילית בריכוזים של 10mM או 100mM (בתוספת משטח 0.025% Triton x100). הריסוס ניתן כ-4 שבועות לפני מועד הקטיפ המתוכנן. הניסוי נעשה ב-5 חזרות בנות עץ בודד בזנים 'טופרד' ו-'פינק ליידי'.

דוגמאות פרי (שישה פירות מייצגים מכל עץ - שלושה במפנה דרומי ושלושה במפנה צפוני) נלקחו למעבדה כל כשבוע ממועד הריסוס ועד הקטיפ. בעת הקטיפ (דרגת עמילן של כ-5) נאספו דוגמאות נוספות של פירות לבדיקה במעבדה. במעבדה הוערך אחוז הכיסוי של הצבע האדום ונבחנו איכות הצבע ועצמתו (בנקודות האדומה ביותר בכל פרי). נמדדו גם משקל התפוחים, אחוז הסוכר ומידת הקושי של הפרי. הפיגמנטים האנטוציאנינים מוצו מקליפת הפרי בעזרת מתנול חומצי, ורמתם נקבעה באמצעות בליעתם בספקטורופוטומטר (באורך גל של 530nm).

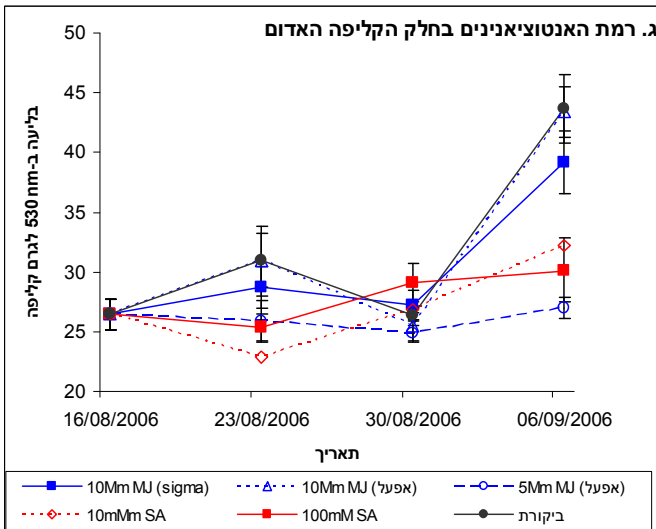
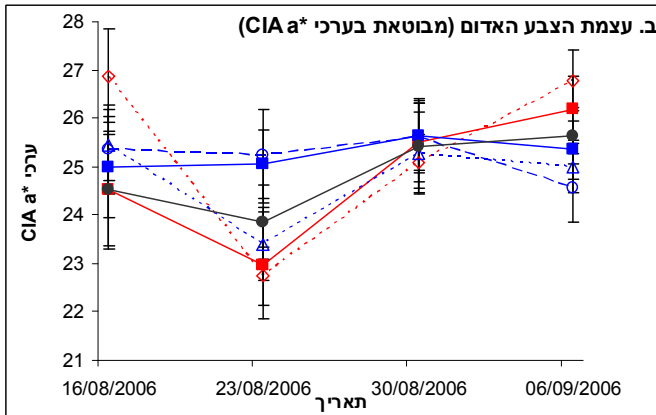
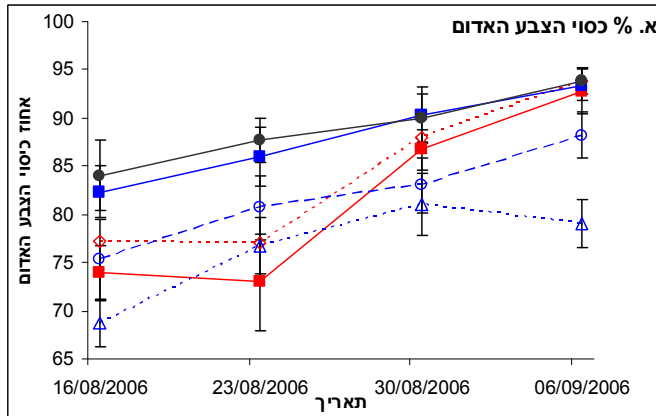
ניסויים בזן 'טופ רד': בניסויים שבוצעו בשנת 2006 התקבלו רמות צבע גבוהות מאוד, כמו במרבית המטעים בצפון הארץ באותה שנה. "שנת צבע" זו נובעת, כנראה ממשטר הטמפרטורות הנוח יחסית, והעדר חמסינים בולטים במהלך הבשלת הפירות. רמות הצבע של פירות הביקורת בזן 'טופ רד' היו כל כך גבוהות שגם ללא טיפול בחומרי צמיחה היתה כמעט כל קליפת הפרי אדומה (ממוצע של למעלה מ-90% משטח הקליפה של הפירות היה בצבע אדום בעת הקטיפ בפירות

הביקורת, איור 1, א', טיפול הביקורת). גם עוצמת הצבע האדום היתה חזקה מעצמות הצבע הטיפוסיות לזן בשנים אחרות.

טיפול הריסוס לא הביאו לעליה משמעותית ברמת הצבע. אחוז הכיסוי של הצבע האדום ועצמתו (המבוטאת בערכי a^*) במהלך הבשלת הפירות מתוארת באיור 1.

הטיפול ב-MJ הביא אולי להקדמה מסוימת ביצירת הצבע, אולם קרוב לקטיפ ההבדלים בין הטיפולים לביקורת לא היו בולטים לעין. הטיפול ב-SA שיפר במידה מסוימת את רמת הצבע, אולם גם בו לא נראו הבדלים משמעותיים בעת הקטיפ בין עצים מטופלים ועצי הביקורת. גם בחינה של רמות האנטוציאנים בקליפת הפרי (איור 1, ג') מציגה תוצאות דומות בהן לא ניכר הבדל בולט בין הטיפולים השונים והביקורת, והשונות בין החזרות בניסוי הייתה דומה לשונות שהתקבלה בין הטיפולים.

תוצאות אלה שונות מאוד מהתוצאות שהתקבלו בשנת 2004 ובמידה מסוימת גם בשנת 2005, בהן ניתן היה לזהות בקלות את הפירות האדומים יותר מהעצים המטופלים בחומר הצמיחה.



איור 1: השפעת טיפולי ריסוס ב-MJ או ב-SA על יצירת הצבע האדום בתפוחי הזן 'טופרד'. (א) כיסוי הצבע האדום, (ב) עצמת הצבע האדום כפי נמדדה בערכי a^* CIE, בנקודה האדומה ביותר (ג) ועל כמות האנטוציאנים בקליפה במדגמי פירות שנלקחו במהלך הבשלת הפירות מהמפנה הדרומי של עצי 'טופרד' מטופלים בחוות מתתיהו. (האנטוציאנים מוצו במתנול חומצי וכמותם מוצגת כיחידות בליעה ב-530nm יחסית לגר' קליפה). הברים מייצגים את שגיאות התקן.

ניסוי בזן 'פינק ליידי': הזן 'פינק
 ליידי' מבשיל כחודש וחצי מאוחר יותר מהזן 'טופרד'. לפירות הזן 'פינק ליידי' יש בדרך כלל לחי ורדרדה, ומכן שמו של הזן. אולם, בשנת 2006 היה כיסוי רב של צבע אדום חזק בקליפה. גם בזן 'פינק ליידי' הטיפולים ב-MJ וב-SA הביאו רק לשיפור קל ברמות הצבע. איור 2 מתאר את התפתחות הצבע בתפוחי 'פינק ליידי' במהלך שנת 2006. השיפור ברמות הצבע התבטא בעליה באחוזי הכיסוי של הפרי (איור 2, א') וגם בעליה בעצמתו של הצבע האדום (איור 2, ב'), אולם לא היה בולט במיצויים של הפיגמנטים האנטוציאניניים מחלקי הקליפה האדומים ביותר (איור 2, ג').

ג. כיוול מועד טיפולים ב-MJ

על רמות הצבע האדום:

בשנת 2007 התמקדנו בניסיון לכייל את מועד הטיפול המיטבי ב-MJ יחסית לקטיפ. מתוצאות ניסויים קודמים הערכנו שכ-4 שבועות לפני הקטיפ יהיה המועד המועדף.

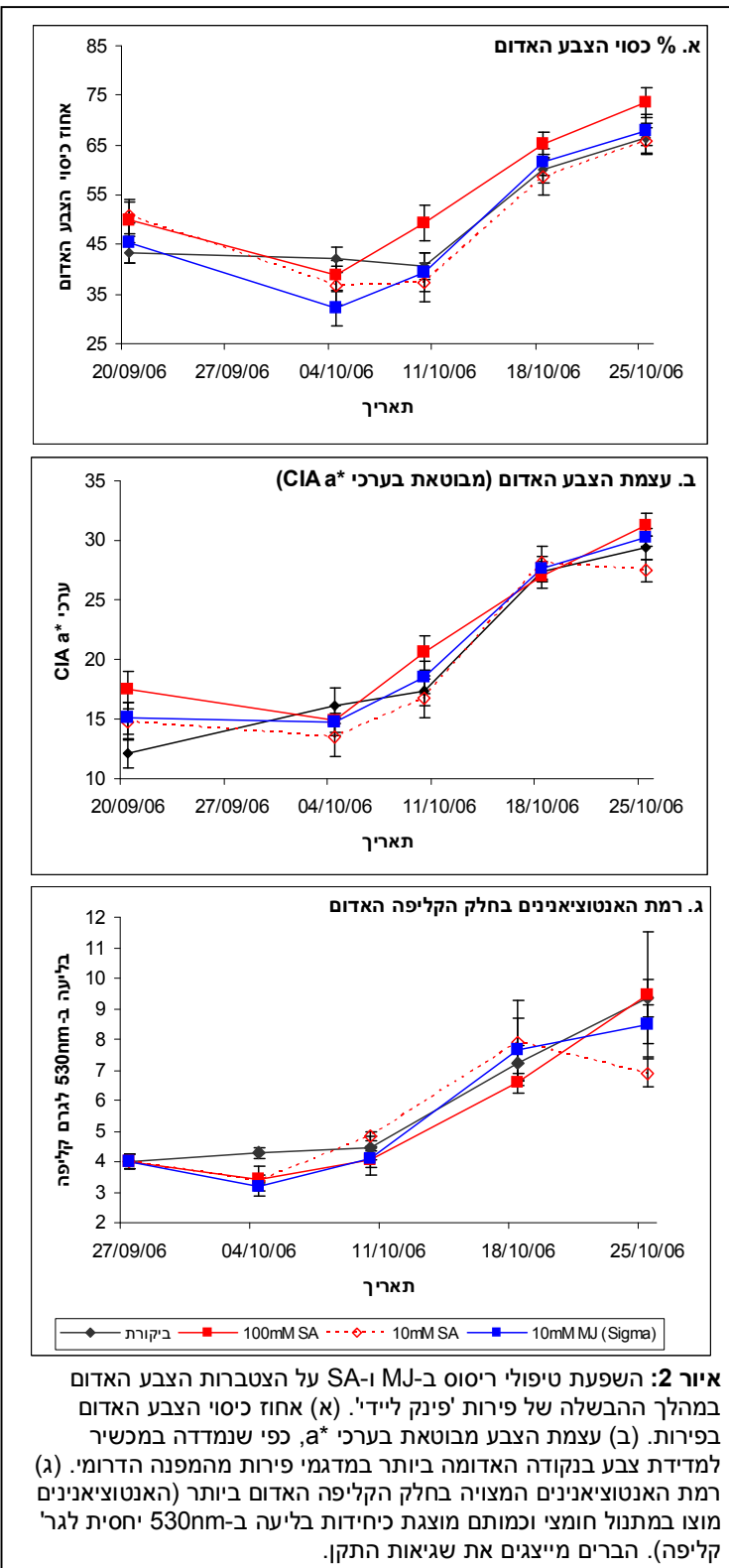
א. השפעת מועד הטיפולים ב-MJ

על רמות הצבע בתפוחי הזן

'טופרד': נעשה ניסיון לכיוול מועד

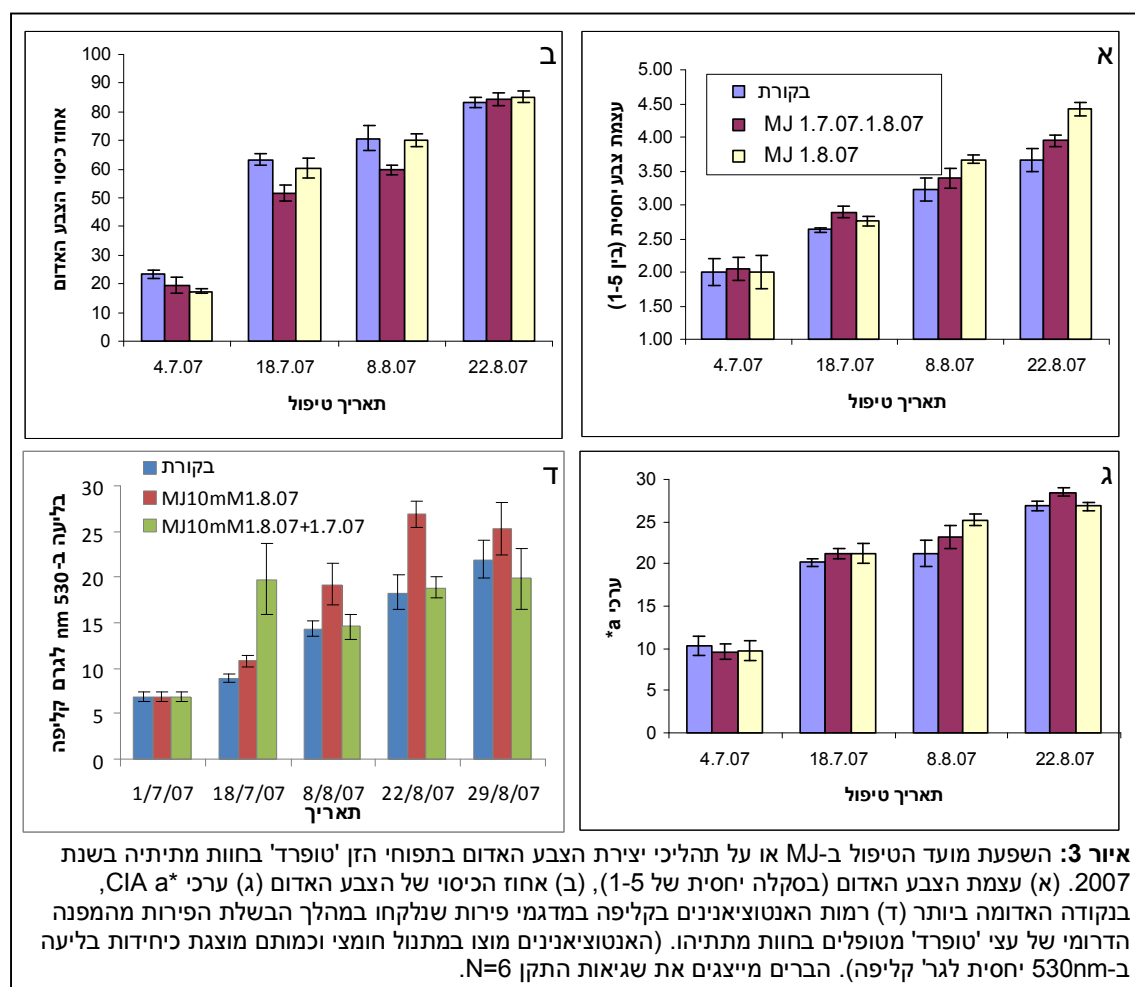
הטיפול בשני ניסיונות:

1. טיפול בעצים שלמים (במטע חוות מתתיהו), בשש חזרות בנות עץ בודד. הטיפולים: (1) 10mM MJ ב-1/8/07; (2) טיפול כפול ב-MJ ב-1/7/07 וב-1/8/07; (3) ביקורת לא מטופלת.

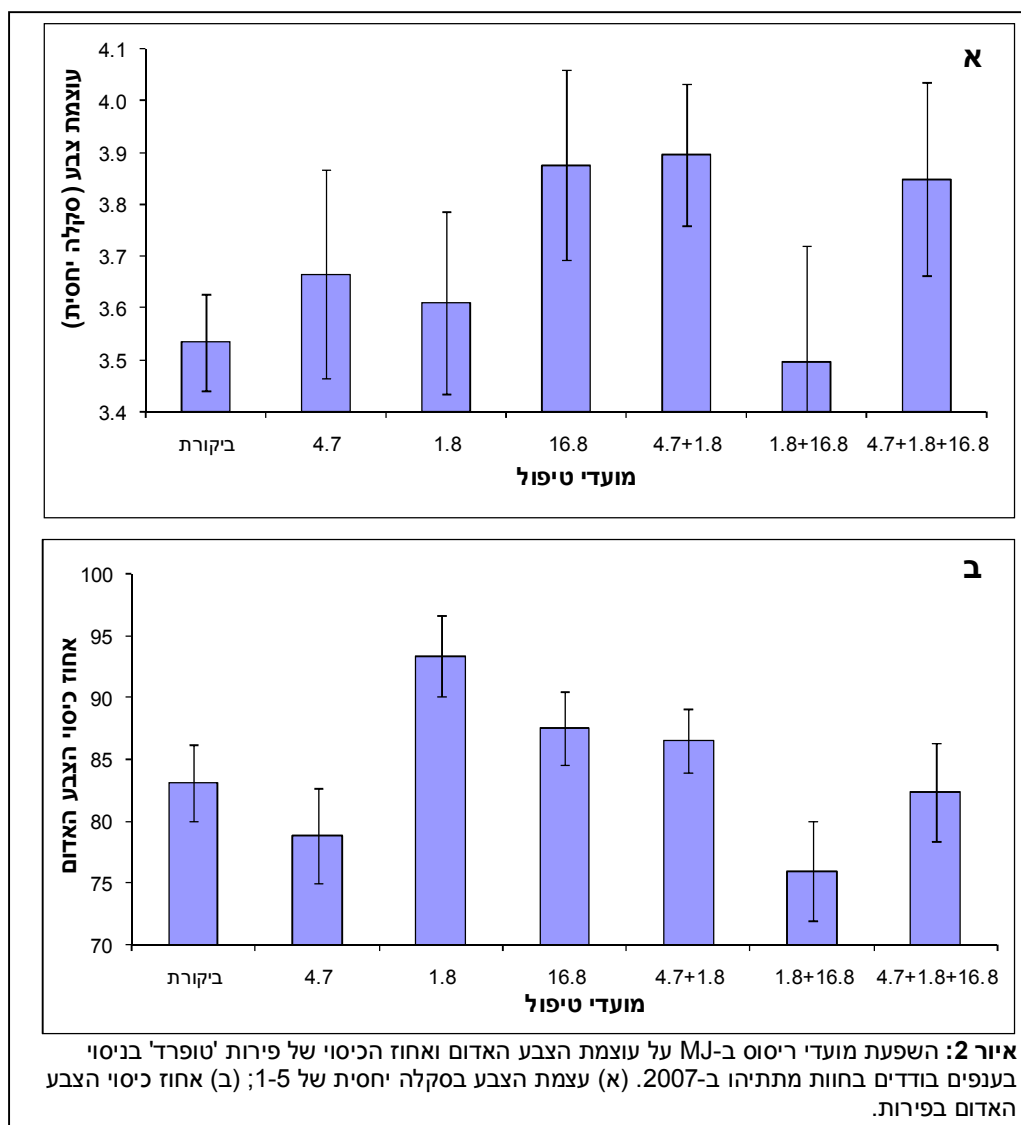


2. ניסוי ברמת ענפים בודדים בחוות מתתיהו. הטיפול בוצע על ידי ריסוס ענפים בודדים (בתוספת משטח 0.025% Triton x100). מבנה הניסוי: 10 חזרות בנות 10 ענפים - ענף אחד לכל טיפול לעץ. כל עץ הווה בלוק עליו נבחנו כל הטיפולים. בכל טיפול רוסס ענף עם לפחות 10 פירות. הטיפולים שנבחנו היו: (1) ביקורת לא מטופלת; (2) ריסוס חודשיים לפני קטיף (4/7/07); (3) חודש לפני הקטיף (1/8/07); (4) שבועיים לפני קטיף (16/8/07) ושילובים של שניים או שלושה מהטיפולים האלו (4) 1/8/07+4/7/07; (5) 16/8/07+1/8/07; (7) 16/8/07+1/8/07+4/7/07; (8) ביקורת לא מטופלת.

טיפול הריסוס הביאו לעליה מועטה בלבד ברמת הצבע. שיפור זה הובחן בכל הפרמטרים של הפרי. טיפולים חוזרים הביאו לשיפור מעט חזק יותר (איור 3).

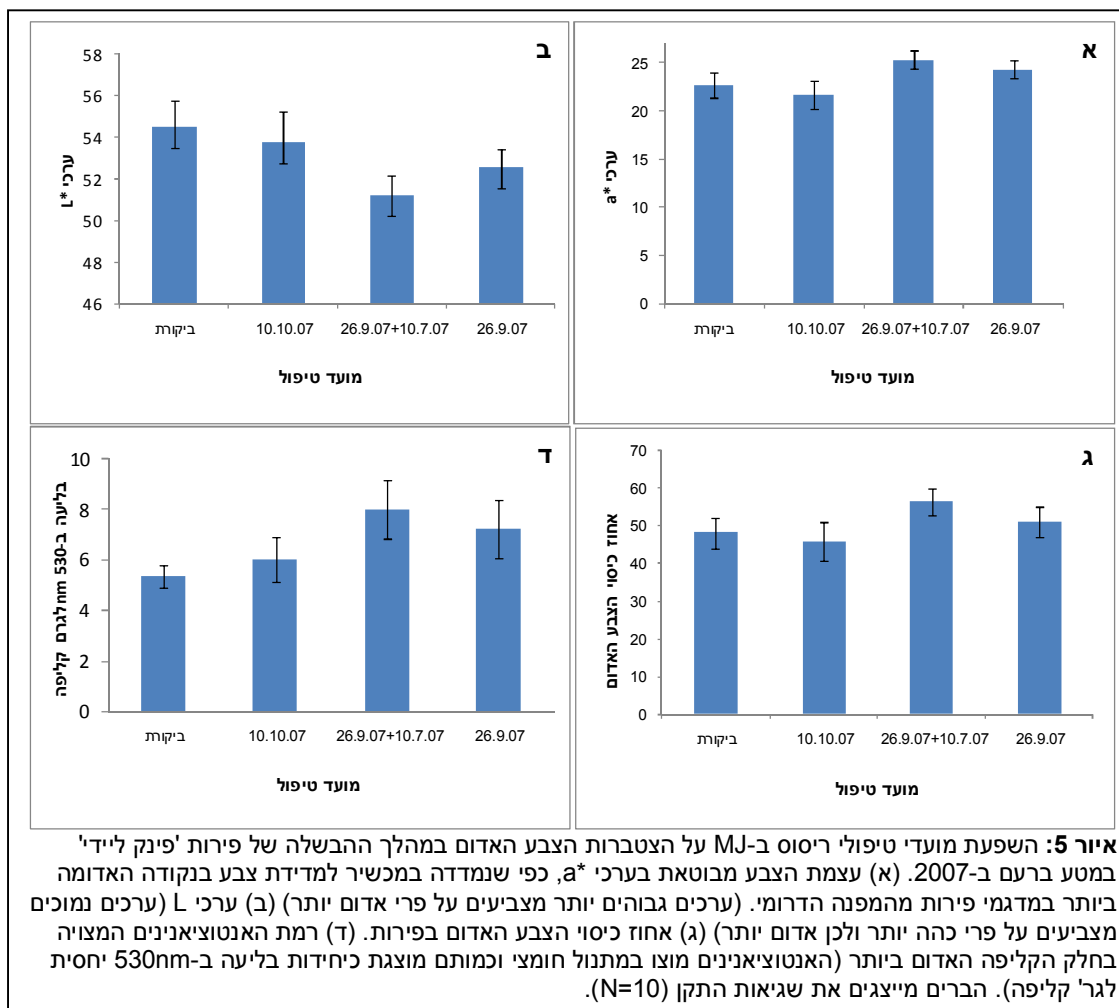


תוצאות דומות התקבלו בניסוי דומה במטע אורטל (תוצאות לא מוצגות). בניסוי בענפים בודדים בחוות מתתיהו התקבלה ככלל עליה מועטת ברמת הצבע בפירות הטיפולים השונים (איור 4). אולם, מצאנו שונות גדולה בין הטיפולים בעצי הניסוי השונים. נראה כי השפעת מיקומו של כל ענף על העץ (מבחינת מפנה, גובה וחשיפה של הפירות לשמש) השפיעה על צבע הפירות. תוצאות הניסוי לא היו ברורות מספיק כדי להסיק מסקנות לגבי משמעות הטיפולים החוזרים על עידוד נוסף ביצירת הצבע.



ב. בחינת השפעת טיפולים ב-MJ על תפוחי 'פינק לייד': בתפוחי 'פינק לייד' בוצע ניסוי לבחינת השפעת מועד הטיפול MJ ברמה של ענפים בודדים. נבחן ריכוז אחד של MJ 10 mM, אך במועדים שונים: (1) חודש לפני קטיף צפוי (26/9/07); (2) שבועיים לפני קטיף צפוי (10/10/07); (3) שילוב שני המועדים (26/9/07+10/10/07); (4) ביקורת לא מטופלת. הניסוי נעשה ב-10 חזרות, עץ אחד לחזרה. כל עץ הווה בלוק עליו נבחנו כל הטיפולים. בכל טיפול רוסס ענף עם לפחות 10 פירות.

גם בזן 'פינק ליידי' הטיפולים ב-MJ הביאו רק לשיפור קל ברמות הצבע. איור 5 מתאר את השפעת הטיפולים ב-MJ על צבע הפרי בקטיפ. השיפור ברמות הצבע התבטא בעליה באחוזי הכיסוי של הפרי (איור 5, ג') וגם בעליה בעצמתו של הצבע האדום (איור 5, א' ב'), והיה בולט במיצויים של הפיגמנטים האנטוציאניניים מחלקי הקליפה האדומים ביותר (איור 5, ד').



ד. בחינת השפעות תנאי הסביבה וטיפולים ב-MJ על יצירת הצבע בפירות דלישס אדום

התוצאות בניסיונות השה בשנים 2006-7 הצביעו על עידוד מסוים ביצירת הצבע האדום בעיקבות טיפולים בחומר הצמיחה MJ. אולם, במרבית המיקרים היתה השפעת הטיפול מועטה יחסית. לעומת זאת, בשנים 2004-5 היו לטיפולים דומים השפעות משמעותיות. אחת ההשערות היתה שבשנים 2006-7 היו תנאי אקלים טובים שהביאו למימוש צבע גבוה. יתכן שבתנאים אלה בהם יצירת האנטוציאנינים גבוהה, השפעת ההורמון מעטה יותר. ניסינו לבחון את השפעות הטיפולים בתפוחים מואריאנטים שונים של 'דלישס אדום' המבשילים בתנאי טמפרטורה שונים.

ניסוי שדה בואריאנטים שונים של 'סטרקנינג' בחוות בצפון הארץ

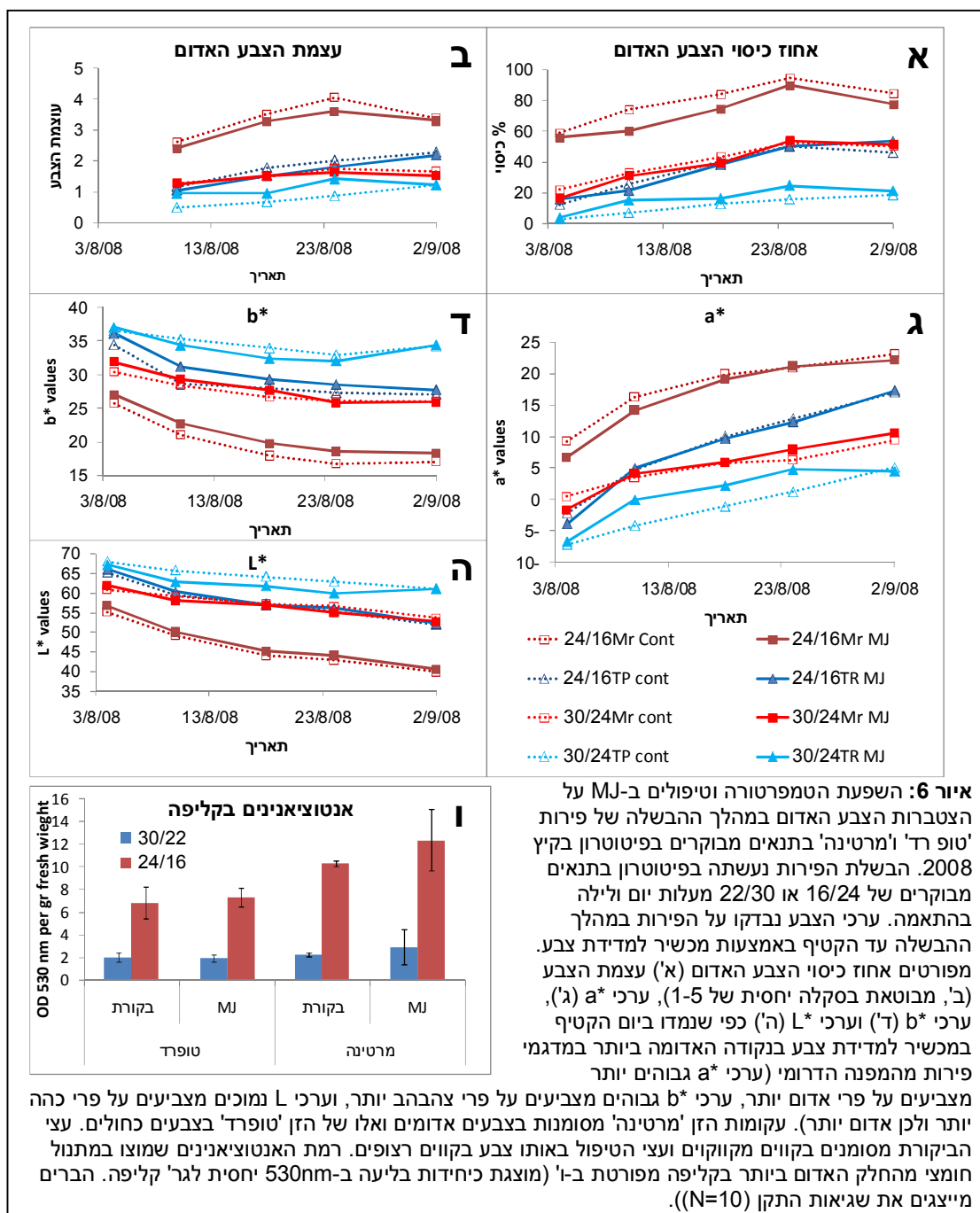
במטע חוות מתיתיהו מוקמו בסטיו 2007 22 עצי 'סקארלט ספר' ו-29 עצי 'רד ציפ' (שני ואריאנטים של 'דלישס אדום') שגודלו בעציצים בני 15 ליטר. לאחר הפריחה במהלך אפריל 2008 במרבית העצים חנטו פרחים ויש בין 10-30 פירות לעץ. העצים חולקו באופן שווה (לפי עצים ופירות מכל זן) והועברו בחודש יוני ל-3 חוות בצפון (חוות מתיתיהו, חוות פיקמן, וחוות המטעים - 7 עצי 'סקארלט ספר' ו-9 עצי 'רד ציפ' לכל חווה. בחוות מתיתיהו "נאכלו" כל הפירות.

למרות שמצב הפירות לא היה אידיאלי בעיקר בחוות המטעים בה חלק מהפירות נפגעו ממכות שמש, סומנו כחודש לפני כקטיף המתוכנן הפירות וטופלו בשני טיפולים –פירות ביקורת ופירות מטופלים ב-MJ 10mM (בתוספת 0.05% טריטון 100X).. הטיפול נעשה על ידי טבילה של הפרי בכלי המכיל את חומר הצמיחה. הפירות טופלו ב-MJ ב-28.7.08. בקטיף הועברו כל הפירות לפי זן/עץ/טיפול וחווה לבדיקה במעבדה בבית דגן. השפעת מיקום החווה על צבע הפירות היתה מאוד בולטת. לעומת זאת לא התקבלו הבדלים משמעותיים ברמות הצבע בעקבות הטיפולים בחומרים.

א. ניסוי בפיטוטרון בתנאי טמפרטורה מבוקרים

נבחנה השפעת הטמפרטורה על יעילות הטיפול ב-MJ - בתנאים טמפרטורה חמים (30/22 מעלות) המעכבים יצירת צבע ובתנאים ממוזגים יותר (24/16) המעודדים יצירת צבע רב. חודש לפני קטיף מתוכנן (30/7/08) הועברו עצים משני ואריאנטים של 'דלישס אדום' מבית הרשת אל שני חדרים מבוקרי טמפרטורה בפיטוטרון: 'טופרד' (12 עצים) שרמת הצבע שלו הינה נמוכה יחסית, ו'מרטינה' (11 עצים), שהינה ואריאנט ("מוטציה" של 'טופרד') בעל רמות צבע חזקות מאוד. בתאריך 3/8/08 טופלו מחצית הפירות על כל עץ ב-MJ 10mM בתוספת 0.05% טריטון 100X, בטבילה. הטיפול נעשה על ידי טבילה של כל פרי בחומר הצמיחה. נערכה הערכת הצבע ומדידתו באמצעות מכשיר למדידת צבע כל כשבוע ימים עד לקטיף, וכן מוצו האנטוציאנינים בנקודה האדומה ביותר של הפרי ונמדד ריכוזם. התוצאות מוצגות באיור 6.

בניסוי זה בלטו השפעת הוואריאנט והשפעת תנאי הטמפרטורה על תהליכי יצירת הצבע. בכל אחת משתי הטמפרטורות היו פירות הזן 'מרטינה' אדומים יותר. בשני הוואריאנטים היתה רמת הצבע גבוהה במידה ניכרת בחדר הטמפרטורות הממוזגות (24/16), ומעט צבע נוצר בחדר החם יותר (30/22 מעלות). למרות זאת, לא התגלו הבדלים ניכרים ברמות הצבע בעקבות הטיפולים -MJ.



ה. השפעת חומרי הצמיחה על הבשלת הפירות

אחד הטיפולים המקובלים לעידוד יצירת הצבע הוא אתילן (למשל על ידי ריסוס באתרל). האתילן מהווה חלק ממנגנוני ההגנה של הצמח להתמודדות עם עקות ופתוגנים, אולם הוא מהווה גורם מרכזי גם לתהליכי ההבשלה של הפרי. טיפולים באתרל על פירות לפני הקטיפה מביאים לעליה בצבע אולם גם לנשירת פרי רבה, הבשלה מהירה, וירידה בחיי המדף ובאיכות הפרי. בניסוי משנת 2004 מצאנו שהטיפול ב-MJ לא זירז ובמידה מסוימת אפילו עיכב את ההבשלה של הפירות. נמצא שהטיפולים ב-

MJ לא גרמו לנשירת פרי מוקדמת לפני הקטיף. אחוז הסוכר המסיס בפירות המטופלים ירד, מדד המצביע על איחור בהבשלת הפירות. בחלק מהטיפולים בזן 'פינק לידי' התקבלה ירידה מסוימת במוצקות הפרי (המצביעה דווקא על הבשלה מוקדמת של הפרי) (טבלה 1).

מוצקות פרי		אחוז סוכר מסיס		טיפול
'טופרד'	פינק לידי'	'טופרד'	פינק לידי'	
17.90 (± 0.84)	21.70 (± 0.19)	10.90 (± 0.46)	13.30 (± 0.54)	10mM SA
17.80 (± 0.60)	19.70 (± 0.86)	10.44 (± 0.31)	13.74 (± 0.54)	100mM SA
16.40 (± 0.19)	19.3 (± 0.58)	10.92 (± 0.08)	13.78 (± 0.52)	10mM MJ (Sigma)
17.50 (± 0.74)		10.26 (± 0.42)		10mM MJ (אפעל)
17.40 (± 0.75)		11.24 (± 0.44)		5mM MJ (אפעל)
17.80 (± 0.86)	22.30 (± 0.20)	12.80 (± 0.90)	14.44 (± 0.48)	ביקורת

טבלה 1: השפעת הטיפולים ב-MJ או ב-SA על מוצקות הפרי ועל רמת הסוכר בפירות תפוח מהזן 'טופרד' והזן 'פינק לידי' בשנת 2006 ביום הקטיף (בתאריך 6.9.06 ו-25.10.06 בהתאמה)

ו. השפעות הטיפולים על יכולת האחסון של הפרי

בעקבות ההבדלים הנמוכים מאוד שהתקבלו בין פירות הטיפולים השונים ופירות הביקורת לא נבדקה היכולת לאחסן את התפוחים המטופלים מהניסוי בשנת 2006 בחדרי קירור. בחינה מדגמית של תפוחים שנשמרו בקור לא הצביעה על התמוטטות הפירות או על ופגימה באיכותם יחסית לפירות לא מטופלים. תוצאות אלה דומות לתוצאות שהתקבלו בניסיון אחסון של תפוחי הזן 'פינק לידי' שטופלו ב-10mM MJ בשנת 2005. בשנה זו נדגמו 50 פירות לחזרה מעצים מרוססים ומעצי ביקורת, ב-4 חזרות הוכנסו לקירור למשך כ-5 חודשים במעבדה לקירור בקרית שמונה. עם הוצאת התפוחים לא נמצאה פגיעה באיכותם של הפירות המטופלים לעומת פירות הביקורת.

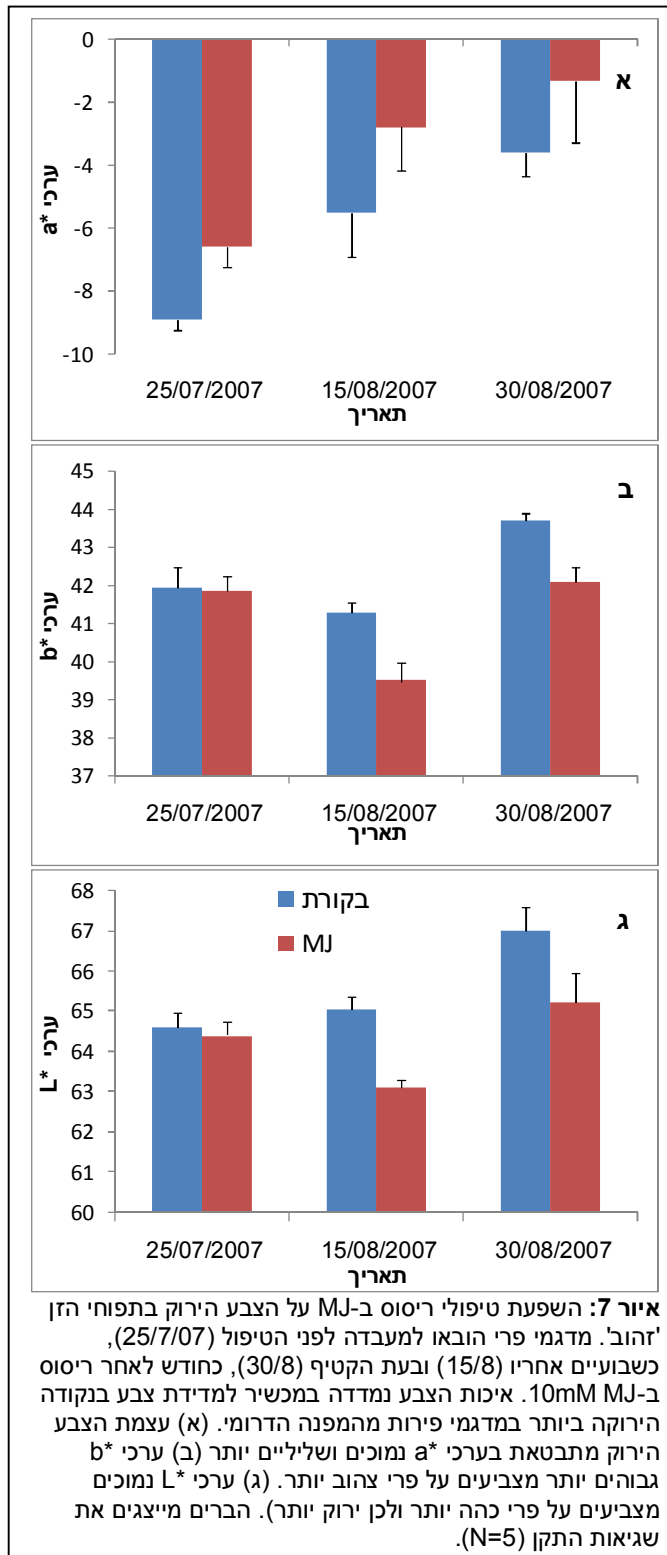
ז. השפעת טיפולים ב-MJ על רמות הצבע הצהוב ועל העלמות הצבע הירוק בזן 'זהוב'

MJ ידוע לא רק כמעודד יצירת אנטוציאנינים, אלא גם כמפעיל את האנזים chlorophyllase, המביא לפרוק של הכלורופיל. בחנו את השפעת MJ בחלקה בגולן שבחלק מהשנים נוטה לפרי ירוק מדי. בניסוי שנעשה ברמה של תצפית, נבחן טיפול בודד ב-10mM MJ שרוססו כחודש לפני הקטיף (ב-1/8/07). הניסוי נעשה ב-5 חזרות בנות עץ בודד. אולם, בקטיף לא זוהתה בחלקת הניסוי בעיה של פירות בצבע ירוק מדי, ורמת התופעה הכללית בתפוחי הזן 'זהוב' בארץ הייתה באותה שנה נמוכה. בהערכה כללית של הפירות (שכאמור, לא נטו להיות ירוקים) לא התקבל שיפור ניכר בצבע הצהוב של הפרי. יחד עם זאת תוצאות המעבדה מצביעות על ירידה מסוימת ברמת הצבע הירוק של הפרי (התקבלו ערכי a^* פחות שליליים, וערכי L^* יותר גבוהים) ונטייה לפרי צהוב יותר (שמתבטא כערכי b^* גבוהים יותר) בעקבות הטיפול (איור 7).

מסקנות והשלכותיהן על המשך ביצוע המחקר

חלק משנות המחקר (במיוחד בשנים 2006-7 היו שנים חריגות ויוצאות דופן לטובה ברמות הצבע האדום בפירות התפוח מכל הזנים ברחבי הארץ. הפירות שהתקבלו בזנים האדומים שנבחנו בניסוי היו אדומים מאוד, במרבית היקפם, שלא בהתאם לרמות הצבע המאפיינות אותם בשנים אחרות. בפירות שני הזנים ניתן היה להבחין רק בשיפור מועט ברמת הצבע בעקבות הטיפולים לעומת פירות הביקורת. תוצאות אלה שונות מאוד מהתוצאות שהתקבלו בעקבות הטיפולים ב-MJ בשנת 2004, שהביאו לשיפור ניכר מאוד ברמות הצבע בשני הזנים. בדומה לכך, בזן 'זהוב' לא התקבלה תופעה של פרי "ירוק מדי", אך נראה שהטיפול כן הפחית, במידה מסוימת את רמת הצבע הירוק בקליפה.

לחומצה הג'סמונית ונגזרותיה (החומר MJ) תפקיד מרכזי במנגנוני ההגנה של הצמח מפני תנאי עקה ופתוגנים. כחלק מפעילותם, הם מעוררים את מסלול הסינתזה של האנטוציאנינים (וכן של פוליפנולים אחרים המשמשים בהגנה מפני מזיקים ופתוגנים). לכן, לחומרים אלה פוטנציאל לעידוד יצירת הצבע דווקא כאשר תנאי הסביבה (בעיקר



טמפרטורה נמוכה) אינם אופטימאליים, על ידי הדמיה של "תנאי עקה". אולם, כאשר תנאי הסביבה מעודדים יצירת צבע, ומסלול הביוסנתזה של האנטוציאנינים פעיל, חומרים אלה יכולים כנראה לשפר את התהליך רק במעט. "שנת צבע" שכזו טיפול לאינדוקציה של יצירת צבע נוספת אינו דרוש

מהבחינה החקלאית. גם בניסיון לבחון את השפעת ההורמון דווקא בניסויים בתנאים לא אופטימאליים (בחלקות המגודלות באיזורים נמוכים יותר בהן הטמפרטורות בזמן ההבשלה גבוהות יותר ובעצים בודדים בתנאי טמפרטורה מבוקרים בפיטוטרון), לא מצאנו אינדוקציה משמעותית שתצדיק שימוש מסחרי בגישה זו.

פירוט מלא של הפרסומים המדעיים

פרסומים בכתב:

עבודה זו עדיין לא פורסמה בכתב

פרסומים בעל פה:

קבלת צבע אדום בתפוח, הכנס הרביעי של תחום נשירים במו"פ צפון, ראש פינה, 31.1.06

הנחיות למילוי סיכום עם שאלות מנחות

נא לענות על כל השאלות, בקצרה ולעניין, ב 3- עד 4 שורות מכסימום לכל שאלה (לא תובא בחשבון חריגה מגבולות המסגרת המודפסת).

שיתוף הפעולה שלך יסייע לתהליך ההערכה של תוצאות המחקר.

הערה: נא לציין הפנייה לדו"ח אם נכללו בו נקודות נוספות לאלה שבסיכום.

1. מטרות המחקר לתקופת הדו"ח תוך התייחסות לתוכנית העבודה
בחינה של השפעות חומרי הצמיחה MJ על יצירת הצבע האדום בתפוחים מהזנים שונים' ועל העלמות הצבע הירוק ב'זהוב'
2. עיקרי הניסויים והתוצאות שהושגו בתקופה אליה מתייחס הדו"ח
ניסוי שדה לבחינת השפעת החומרים. נבדקו כיסוי הצבע האדום, עוצמתו, איכות הצבע (בשיטה של $CIE L^*a^*b^*$ ורמות האנטוציאנינים בחלק הקליפה האדום במהלך ההבשלה. ניסויים בתנאים לא אופטימליים בעצים במכלים או בתנאי טמפרטורה מבוקרים בפיטוטון. נמצאה רק עליה מועטה מאוד בעצמת הצבע של הפירות המטופלים יחסית לפירות הביקורת. החומר לא פגע ברמת הנשירה של הפרי או ביכולת האחסון שלו.
3. המסקנות המדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו
במרבית הניסויים שביצענו, הטיפול בחומר הצמיחה הביא לעליה מתונה בלבד ברמות הצבע האדום.
4. הבעיות שנותרו לפתרון ו/או השינויים שחלו במהלך העבודה (טכנולוגיים, שיווקיים ואחרים); התייחסות המשך המחקר לגביהן
הטיפול ב-MJ מעודד במידה מתונה את יצירת הצבע, אולם במרבית הניסויים שביצענו הוא לא הביא לאינדוקציה משמעותית. לכן, לדעתנו אין טעם להמשיך בגישה זו לפיתוח פרוטוקול מסחרי.
5. האם הוחל כבר בהפצת הידע שנוצר בתקופת הדו"ח – יש לפרט: פרסומים - כמקובל בביבליוגרפיה, פטנטים - יש לציין מס' פטנט, הרצאות וימי עיון - יש לפרט מקום ותאריך.
<u>פרסומים בכתב:</u> עבודה זו עדיין לא פורסמה בכתב
<u>פרסומים בעל פה:</u> קבלת צבע אדום בתפוח, הכנס הרביעי של תחום נשירים במו"פ צפון, ראש פינה, 31.1.06
<u>פרסום הדו"ח</u>
אני ממליץ לפרסם את הדו"ח ללא הגבלה (בספריות ובאינטרנט)