

שימוש במתיל ג'סמונאט לעידוד יצירת הצבע האדום בפירות תפוח

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

2006

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, וכן חומצה סליצילית (SA) קשורים למנגנוני ההגנה של הצמח. בעבודה זו בחנו את השפעת החומרים מתיל ג'סמונאט (MJ) וחומצה סליצילית על תהליכי יצירת הצבע בזנים אדומים של תפוח. עצים משני זנים שונים, 'טופרד' ו'פינק ליידי', טופלו בריכוזים שונים של MJ או SA כחודש לפני הקטיף. לאחר מכן עקבנו אחרי תהליכי יצירת הצבע בקליפות הפרי. בחלק מהטיפולים התקבלה עליה מתונה ברמת הצבע ובכמות האנטוציאנינים בקליפה. אולם בשנה זו, בניגוד לשנים קודמות, הבדלים אלו לא היו בולטים. שנת 2006 הייתה "שנת צבע" בתפוח - שנה חריגה מאוד ויוצאת דופן לטובה ברמות הצבע האדום בפירות התפוח מכל הזנים בארץ. בשנה שכזו מסלול יצירת הצבע בקליפה הוא פעיל מאוד, ונראה שבתנאי ניסוי השדה שבוצע לא ניתן היה לעורר יצירת צבע משמעותית נוספת.

מבוא

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 באזורי 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. באחרונה פורסמו מספר עבודות המציעות שימוש בחומצה ג'סמונית ובנגזרת שלה מתיל ג'סמונאט (Methyl Jasmonate, MJ) 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. גם אחסון של התפוחים במקרר במשך כ-3 חודשים לא גרם להתרככות מהירה של הפירות. בשנת 2005 התקבלה עליה מתונה ברמת הצבע בזנים 'טופרד' וב'פינק ליידי' בעקבות הטיפולים.

החומצה הג'סמונית פועלת ביחד עם סיגנאליים נוספים הקשורים לתגובת הצמח לתנאי עקה, ובעיקר עם אתילן ועם חומצה סליצילית (Salicylic Acid). שרשרת העברת הסיגנאל של כל אחד מהורמונים אלה אינה עצמאית, אלא קימת מערכת של אינטראקציות בין הסיגנאליים השונים, המביאה לתגובה ספציפית בכל אחד מתנאי העקה הנוצרים, ליצירת תגובת ההגנה הנדרשת של הצמח. בשנה זו בחנו בנוסף לטיפולים ב-MJ, בחינה ראשונית את השפעת טיפולים בחומצה סליצילית (Salicylic Acid, SA) על יצירת הצבע האדום בקליפה.

מטרת הניסוי: בחינה של טיפולי ריסוס ב-MJ וכן של חומצה סליצילית לשיפור הצבע האדום בזני תפוח שונים בתנאי הארץ.

פירוט הניסויים והתוצאות

ניסוי השדה בשנת 2006 היה מוגבל בהיקפו בגלל מלחמת לבנון השנייה. חלקות התפוח שיועדו לניסוי היו צמודות לגבול הצפון (בחוות מתתיהו ובקיבוץ ברעם) ולא ניתן היה להגיע אליהם באופן רציף במהלך חלק ניכר מתקופת הניסוי.

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 הקטיף המתוכנן. הניסוי נעשה ב-5 חזרות בנות עץ בודד בזנים 'טופרד' ו'פינק ליידי'.

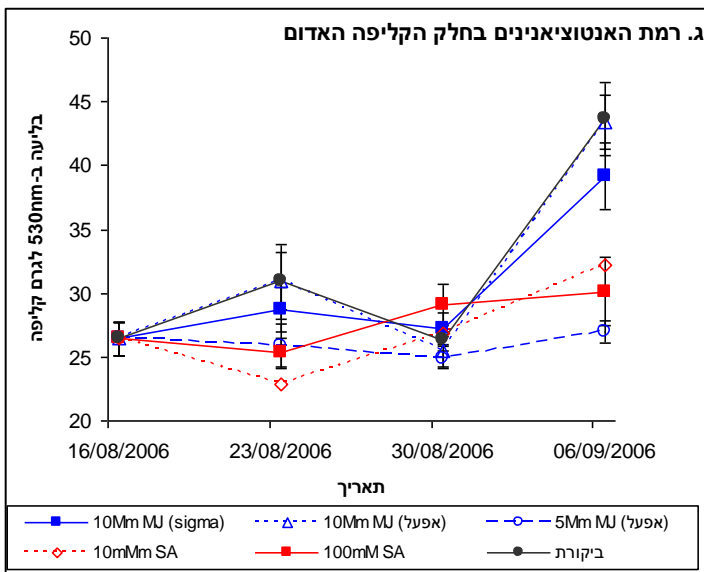
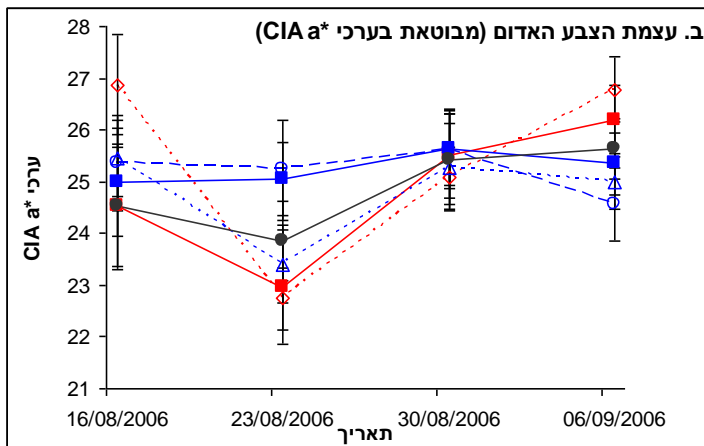
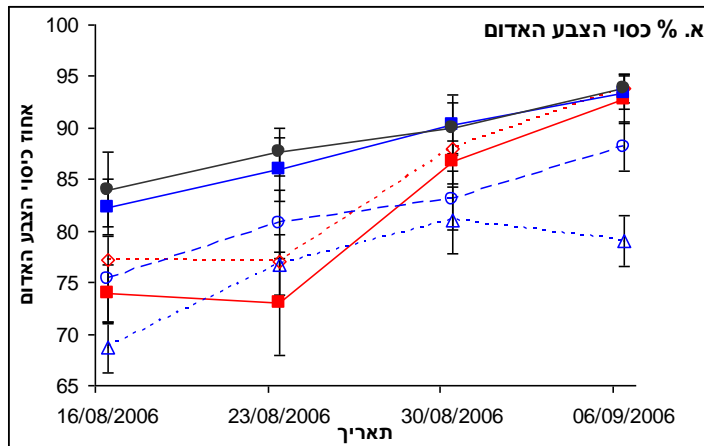
דוגמאות פרי (שישה פירות מייצגים מכל עץ - שלושה במפנה דרומי ושלושה במפנה צפוני) נלקחו למעבדה כל כשבוע ממועד הריסוס ועד הקטיף. בעת הקטיף (דרגת עמילן של כ-5) נאספו דוגמאות נוספות של פירות לבדיקה במעבדה. במעבדה הוערך אחוז הכיסוי של הצבע האדום ונבחנו איכות הצבע ועצמתו (בנקודות האדומה ביותר בכל פרי) בעזרת מכשיר למדידת צבע מסוג Color Guide של חברת Gardner BYK. נמדדו גם משקל התפוחים, אחוז הסוכר ומידת הקושי של הפרי. 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).

אחסון פירות 'פינק ליידי' מקטיף שנת 2005 נעשה במשך למעלה מ-5 חודשים בקירור. הניסוי בוצע ב-4 חזרות בנות עץ בודד מטיפול ב-MJ 10mM ומעצים לא מטופלים (ביקורת). בכל חזרה נלקחו 50 פירות לטיפול שנדגמו בעת הקטיף, בעלי גודל אופייני ודומה. הפירות הועברו מיידית לאחסון במעבדה לקירור. איכות הפירות נבדקה ביום הקטיף וכן לאחר כ-5 חודשי קירור. ניבחנו צבע הפרי לאחר האחסון, ומדדי קטיף שונים כגון קשיות הפרי, רמות החומצה והסוכר.

אפיון רמות הצבע האדום בפירות הזן 'טופרד':

בזן 'טופרד' התקבלו השנה רמות צבע גבוהות מאוד, במרבית המטעים בצפון הארץ. "שנת צבע" זו נובעת, כנראה ממשטר הטמפרטורות הנוח יחסית, והעדר חמסינים בולטים במהלך הבשלת הפירות. רמות הצבע של הפרי בביקורת 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 הקטיף 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



איור 1: השפעת טיפולי ריסוס ב-MJ או ב-SA על יצירת הצבע האדום בתפוחי הזן 'טופרד'. (א) כסוי הצבע האדום, (ב) עצמת הצבע האדום כפי נמדדה בערכי CIA a*, (ג) בנקודה האדומה ביותר (ג) ועל כמות

מסוימת ביצירת הצבע, אולם קרוב לקטיף 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 הקטיף בין עצים מטופלים ועצי הביקורת. גם בחינה של רמות האנטוציאנינים בקליפת הפרי (איור 1, ג') מציגה תוצאות דומות בהן לא ניכר הבדל בולט בין הטיפולים השונים והביקורת, והשונויות 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.

אפיון רמות הצבע בזן 'פינק ליידי':

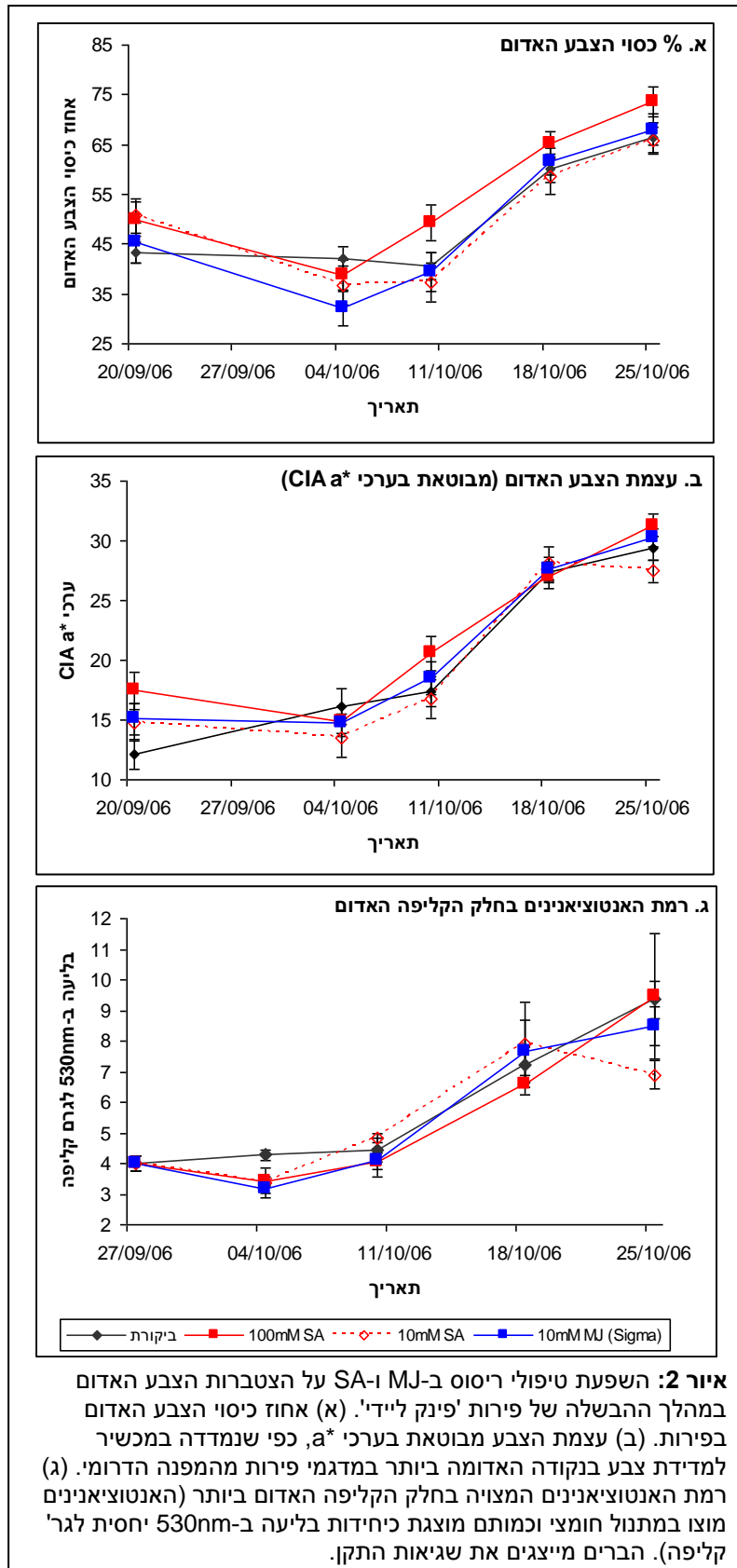
הזן 'פינק ליידי' מבשיל כחודש וחצי מאוחר יותר מהזן 'טופרד'. אבל, גם בזן זה היו רמות הצבע השנה גבוהות מאוד וחריגות. לפירות הזן 'פינק ליידי' יש בדרך כלל לחי ורדרדה, ומכן שמו של

הזן. אולם, בשנת 2006 היה כסוי 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').

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 הקטיפ 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. גם בשנה זו לא גרמו הטיפולים ב-MJ או ב-SA לנשירת פרי מוקדמת לפני הקטיפ. אחוז הסוכר המסיס בפירות המטופלים ירד, מדד המצביע על איחור בהבשלת הפירות. בחלק



מהטיפולים בזן 'פינק ליידי' התקבלה ירידה מסוימת במוצקות הפרי (המצביעה דווקא על הבשלה מוקדמת של הפרי) (טבלה 1).

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

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

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.

מסקנות והשלכותיהן על המשך ביצוע המחקר

שנת 2006 הייתה שנה חריגה מאוד ויוצאת דופן לטובה ברמות הצבע האדום בפירות התפוח מכל הזנים ברחבי הארץ. הפירות שהתקבלו בשני הזנים שנבחנו בניסוי היו אדומים מאוד, במרבית היקפם, שלא בהתאם לרמות הצבע המאפיינות אותם בשנים אחרות. בפירות הזן 'טופ רד' כמעט ולא ניתן היה להבחין בשיפור הצבע בעקבות הטיפולים לעומת פירות הביקורת. בזן 'פינק לידי' הביאו הטיפולים לשיפור מועט בלבד ברמות הצבע. תוצאות אלה שונות מאוד מהתוצאות שהתקבלו בעקבות הטיפולים ב-MJ בשנת 2004, שהביאו לשיפור ניכר מאוד ברמות הצבע בשני הזנים. לחומרים MJ ו-SA תפקידים מרכזיים 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 לשפר את התהליך רק במעט. ב"שנת צבע" שכזו טיפול לאינדוקציה של יצירת

צבע נוספת אינו דרוש מהבחינה החקלאית. יש לבחון האם ניתן יהיה לזהות שנה שכזו, במועד מוקדם בהבשלת הפירות כדי להעריך מראש את הצורך בטיפולים לעידוד הצבע. בנוסף, נראה שיש להתרכז דווקא בניסויים בתנאים לא אופטימאליים (בחלקות המגודלות באיזורים נמוכים יותר, בהן הטמפרטורות בזמן ההבשלה גבוהות יותר). אנו מצפים שדווקא בחלקות אלה יהיו לטיפולים ב-MJ וב-SA השפעה גדולה יותר.

תהליכי יצירת הצבע קשורים גם בתהליכי ההבשלה של הפרי. חומרי הצמיחה אין כנראה השפעה ניכרת על הבשלת הפירות. כמו בשנת 2004, גם בשנת 2006 הטיפולים לא הביאו להבשלה מוקדמת או לירידה באיכויות הפרי. להיפך, יתכן שהטיפול ב-MJ (ואולי גם ב-SA) מעכב מעט את ההבשלה של הפרי על העץ.

ההבדלים הקטנים מאוד ברמות הצבע בניסוי של שנה זו מחייבים המשך בחינה של טיפולים אלה. בהמשך המחקר, בכוונתנו להמשיך ולבחון את הטיפול המיטבי ב-MJ וכן טיפולים ב-SA מבחינת (1) ריכוז החומר המרוסס, (2) מועד הריסוס המיטבי, (3) אפיון רמת ותקופת ההשראה של יצירת הצבע בעקבות הטיפול, ו-(4) השפעות הטיפול על יכולת האחסון של הפרי. אנו מאמינים שניסויים אלה יאפשרו לפתח כלי הורטיקולטורי יעיל לעידוד יצירת הצבע.

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