

2021, דצמבר

פיתוח תכשיר המבוסס על גישה של שילוב מנגנוני פעולה לשיפור מוצקות אפרסק/נקטרינה מוקדמים

שותפים: אמנון ליכטר, בטינה קוכאנק וחיה פרידמן

תקציר

פירות אפרסק של זנים מוקדמים בדרך כלל מתרככים מהר לאחר הקטיף ותופעה זו גורמת לנזק לחקלאי והן בגלל התרככות הפרי במטע והן לאחר הקטיף. מטרת המחקר הייתה לבחון השפעתם של חומרים שונים שניתנים במהלך התפתחות הפרי על הקטנת קצב ההתרככות: הפוליאמין פוטרכין שאמור להקטין את רמת האתילן, חומצה אצטיל סליצילית שאמורה להקטין את קצב הנשימה, ג'יברלין שיכול לגרום לתגובות שונות ברמת דפנות התאים, סידן שאמור לחזק קשרים בין תאיים וחומצה פרולית התורמת לחיזוק דופן התא. פירות האפרסק אינם אחידים בגיל הפיזיולוגי בקטיף, וחוסר האחידות מתבטא במדד של רמת הכלורופיל שנמדד על ידי מדד ה IAD של הפרי. בשנת המחקר הראשונה לא נמצא מתאם בין ה IAD של הפרי בזמן הקטיף לבין המוצקות או רמת האתילן, אך לאחר מספר ימי חיי מדף מתקבל מתאם מעריכי בין מדד ה IAD לבין מוצקות או האתילן. לעומת זאת בשנת המחקר השנייה אושר הקיום של מתאם ליניארי בין מדד ה-IAD למוצקות ביום הקטיף אך לא לאחר חיי מדף בגלל התרככות מואצת. טיפולים בפוטרכין לפני הקטיף בוצעו בשנת המחקר הראשונה על הזנים 'עודד' ו'סוולינג' ובשנת המחקר השנייה על הזן 'עודד' אך לא השפיעו על ייצור אתילן בפירות הקטופים מקבוצות IAD שונות. היו השפעות מתונות של פוטרכין על המוצקות בקטיף הראשון בשנה הנוכחית אך לא בקטיף השני והשלישי. בזן 'סוולינג' (בשנה הראשונה) היו השפעות מתונות גם על המוצקות וגם על ייצור אתילן. טיפולי פוטרכין בטבילה בשני הזנים לא היו יעילים כלל. טיפולים בג'יברלין בזן 'עודד' (GA3 75-150 ח"מ כשבוע עד שבועיים לפני הקטיף) הגבירו באופן מתון את מוצקות הפרי אך החקלאים חוששים ליישם את הטיפול בגלל פגיעה ביבול בשנה העוקבת. גם טיפול בטבילה בג'יברלין לאחר הקטיף בזן 'סוולינג' לא שיפר את המוצקות. סידן ניתן בשנה הראשונה בשני ריסוסים של סידן כלוריד (4%) אך גרם לנזק לעלווה והתכשיר סידן 'שלא' שניתן בשנה השנייה ב-3 מועדים לא השפיע באופן עקבי על מוצקות הפרי. חומצה אצטיל סליצילית יושמה 3 פעמים במהלך התפתחות הפרי או כטיפול בודד לפני הקטיף או בשילוב עם פוטרכין אך בסיכום כל הבדיקות לא נמצאו השפעות חיוביות של הטיפולים. גם חומצה פרולית בשני ריסוסים מוקדמים ב'עודד' לא תרמה באופן משמעותי למוצקות הפרי. לעומת חוסר ההצלחה של הטיפולים בחומרים המתוארים למעלה, טיפול באווירה דלת חמצן לאחר הקטיף למשך 22 ש' עיכב באופן משמעותי את ההתרככות של הזן 'סוולינג' בשני קטיפים ויש בסיס מדעי מוצק לבחון את הטיפול באופן מסחרי באופן שישפר מאד את איכות האפרסקים מהירי ההבשלה עבור הצרכנים.

מבוא, רקע מדעי קצר ומטרות המחקר לתקופת הדו"ח:

זנים מוקדמים של נקטרינה ואפרסק מאוד מבוקשים וערכם הכלכלי גבוה במיוחד, אך אחת הבעיות של חלק גדול מהזנים המוקדמים היא התרככות מהירה (fast melting cultivars), אשר לעיתים מתרחשת תוך יומיים שלושה מהשלב המתאים לקטיף. ההתרככות המהירה גורמת לאבדן פרי הן במטע והן לאחר הקטיף, והחקלאים בדילמה תמידית בין להמתין עד שהפרי יגיע לגודל הפודה מחירים טובים (מעל קוטר של 65 מ"מ) לבין למהר לקטוף על מנת שלא להפסיד יבול בעקבות התרככות. קצב ההבשלה של הפירות על העץ אינו אחיד ובמטע מסחרי יש פירות משלבים פיסולוגיים שונים. לכן כדי למנוע את ההתרככות, חקלאים נאלצים לקטוף את הפרי בין פעמיים לשלוש בשבוע, פעולה המגדילה באופן ניכר את ההוצאות. כמו כן, ההתרככות המהירה מקשה על שיווק הפרי לאחר הקטיף. למרות כל אמצעי הזהירות הננקטים כיום על ידי החקלאים, הפסד היבול המשוער בזנים אלו מגיע לכ-30% מהתוצרת כאשר לפחות 10% מהתוצרת הולכת לאיבוד כבר במטע. בשתי שנות המחקר עבדנו על הזנים "עודד" ו"סוולינג". "עודד" הוא זן מקדים ו"סוולינג" מגיע כחודש אחריו. שני הזנים הללו הם מהירי התרככות.

הנחת העבודה הייתה כי ניתן לפתח תכשירים המבוססים על מספר מנגנוני פעולה המעורבים בתהליך התרככות הדופן, על מנת לקבל תוצאה סינרגיסטית על עיכוב התרככות הפרי. על כן, מטרת העבודה הייתה לבחון את החומרים הבאים: פוליאמינים, סידן, וחומצה סליצילית, שעבורם הודגם כי הם בעלי יכולת עיכוב של ההתרככות באפרסק. השפעת חומרים ממשפחת הפניל-פרופונאידים או תערובת שלהם לא נבחנה עדיין, אך היה בסיס לכך שגם חומרים כמו חומצה פרולית הנקשרת לדופן התא עשויה לעכב את ההתרככות. הנחת עבודה שנייה היא כי יישום של התכשירים במהלך שלבי ההתפתחות של הפרי עשוי להניב תוצאות חדשניות. על כן המטרה השנייה הייתה לקבוע מהו השלב ההתפתחותי המתאים ליישום של כל אחד מהחומרים הללו. המדדים העיקריים שנבחנו בשתי שנות הפרויקט היו קביעת רמת הכלורופיל באמצעות אינדקס DA של הפרי כמדד לגיל הפיסולוגי, וקביעת רמת המוצקות של הפרי. רמות האתילן נבחנו כדי להבין את אופן הפעולה של החומרים השונים. בשנה הראשונה של הפרויקט התרכזנו בעיקר בפורצין משום שהיה סיכוי שחברת תפזול השותפה לפרויקט, תרצה לפתח תכשיר המבוסס על פורצין. לפי דיווח של חברת תפזול, פורצין לא שיפר את מוצקות הפרי של הקטיף המוקדם בשני הזנים, אבל שיפר את המוצקות של הקטיף המאוחר והתוצאה בלטה בעיקר עבור הזן "סוולינג". כדי להבין את מנגנון הפעולה נבחנה ההשפעה של פורצין על קצב ייצור האתילן. בהתאמה לתוצאות ההשפעה על המוצקות, ממצאנו הראו שטיפולי הפורצין הקטינו אך במעט את קצב ייצור האתילן בזן "עודד" בקטיפים המוקדמים, והיו בעלי השפעה חזקה יותר בזן "סוולינג".

בשנה הראשונה של הפרויקט גם ביססנו את פרוטוקול הבדיקה כדי לאפשר מעקב אחרי תהליך ההתרככות של כל פרי. ג'יברלין הגביר את מוצקות הפרי כאשר רוסס שבוע-שבועיים לפני הקטיף, אך ריכוזי הסידן הכלורי שנסו היו גבוהים מדי (ראה דו"ח שנה ראשונה). בשנה הראשונה גם ניסינו נגזרות שונות של חומצה סליצילית בטיפולים לאחר הקטיף ומצאנו שאצטיל סליצילית מתאים יותר לטיפול בגלל טוקסיות נמוכה יותר עבור אותו ריכוז מולרי.

מטרת המחקר בשנה האחרונה הייתה לבחון את השפעת החומרים אצטיל סליצילית, פוטרכין, חומצה פרולית וסידן, שניתנו בזמנים שונים של התפתחות הפרי, על מוצקות הפרי.

שיטות

הניסוי על הזן עודד התבצע במטע מנטיעת 2010 נטוע במרווחים של 3 מ' בין העצים ו-5 מ' בין השורות בכפר אחים. הניסוי תוכנן במבנה של 5 חזרות באקראי על 5 שורות סמוכות עם הפרדה של עץ בופר בין עץ החזרה לבין עץ הטיפול בכל שורה. פריחה מליאה הוגדרה ל-7.2.21. הטיפולים כללו:

1. ביקורת ללא טיפול
2. תכשיר שלאל סידן (CHELAL Omnical, BMS Micronutrients) 15 מ"ל ל-10 ליטר תרסיס ב-3 יישומים עוקבים. (150 מ"ל לדונם)
3. חומצה אצטיל סליצילית (סיגמה) 0.036% ב-3 יישומים עוקבים (2 mM)
4. חומצה אצטיל סליצילית – יישום במועד האחרון
5. חומצה פרולית (סיגמה) 0.097% ב-2 מועדי היישום הראשונים (5 mM)
6. פוטרכין (סיגמה) 0.026% ביישום 3 ימים לפני קטיף ראשון (3 mM)
7. פוטרכין כמו בטיפול 6 וחומצה אצטיל סליצילית כמו בטיפול 3.

לכל התכשירים הוסף משטח טריטון 0.05%.

חומצה אצטיל סליצילית הומסה באתנול ביחס של 5 מ"ל לגר' והנפח הושלם עם מים.

חומצה פרולית הומסה באתנול ביחס 10 מ"ל לגר' והנפח הושלם עם מים

מועדי הטיפול: 29.3.21 – 50 יום משיא מפריחה בקוטר פרי של כ-30 מ"מ (לקראת תום תקופת התקשות הגלעין). נפח הריסוס לעץ היה כ-4 ליטר. 16.4.21 - 65 יום משיא פריחה בקוטר פרי של כ-45 מ"מ (לאחר התקשות הגלעין) בנפח של כ-4.5 ליטר לעץ. 2.5.21 בשלב הגדילה המואץ וב-6.5.21 (3 ימים לפני קטיף), נפח התרסיס כנ"ל.

מועדי הקטיף היו: 9.5.21, 16.5.21, 20.5.21 (הקטיף המסחרי החל ב-7.5.21).

בקטיף הראשון והשני נדגמו רק פירות בגודל ובצבע מתאים לסטנדרט המסחרי ולא כלל פירות שלא בסטנדרט מסחרי. עבור כל הקטיפים הפירות הרכים הוסרו מהעץ ונשקלו בנפרד. בקטיף השלישי כל הפירות הוסרו מהעץ ולכן הקטיף כלל גם פירות ירוקים ורכים שנספרו ונשקלו בנפרד.

הפירות הובאו למעבדה, כל פרי המוצק למגע, נמדד לאינדקס DA והונח בקרטון עם כיסים מסומנים מ-1-25 כך שזהותו נשמרה עד לבדיקה הסופית (הפירות הרכים למגע הוצאו ונשקלו בנפרד ומנינם הוסף לפירות הרכים שנקטפו מהעץ). מוצקות נמדדה על ידי הסרת הקליפה ומדידת כוח החדירה ל-5% מקוטר הפרי על ידי פרוב של 5 מ"מ (Stable Microsystems) משני צידי הפרי. המוצקות במועד הקטיף נמדדה על 23 פירות לטיפול, אלא אם כן היו חסרים פירות במדגם. המוצקות לאחר 3 ימים נמדדה על 10 פירות לחזרה או 50 פירות לטיפול. בקטיף הראשון 36-50 פירות, בקטיף השני 47-50

פירות ובקטיף השלישי 46-50 פירות לטיפול. DA נמדד על ידי DA meter (Turoni, Italy) משני צידי הפרי.

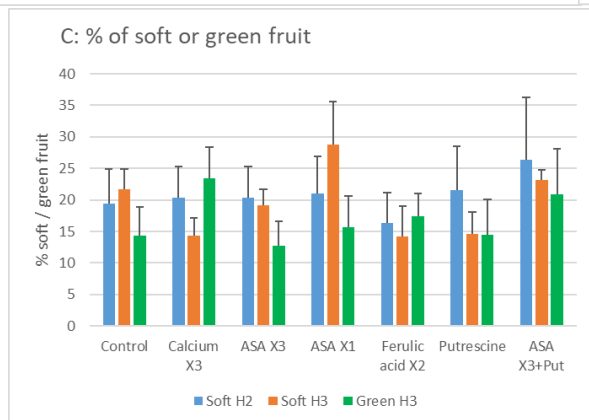
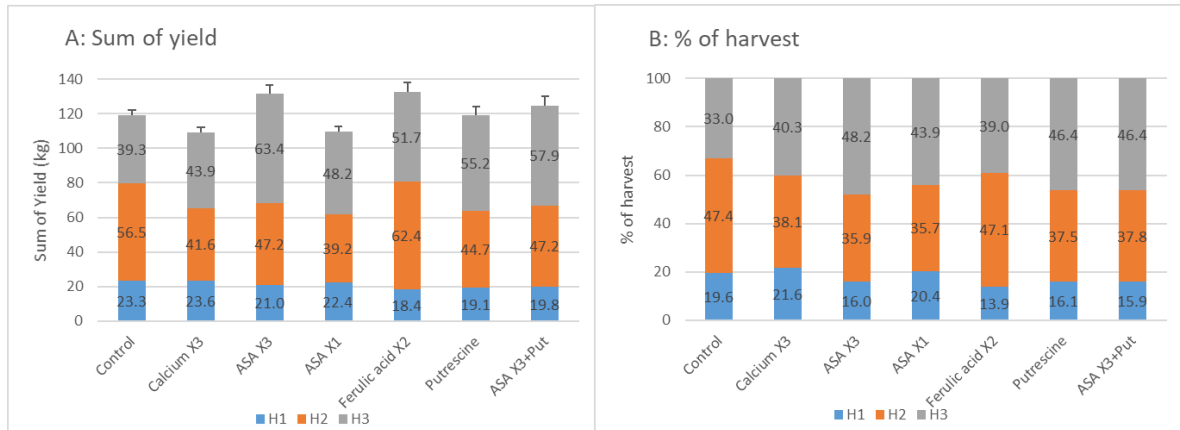
אתילן ופחמן דו-חמצני נמדדו ב-5 חזרות של פרי אחד לחזרה במיכלים שנסגרו למשך כ-2-4 ש'. הפירות לבדיקות היו ב-ערכי DA של 1.2.

הניסויים על הזן "סוולינג" בוצעו על פרי שנרכש ממשק כהן במושב ערוגות בשני מועדים: 27.6.21 (140 ק"ג) ו-11.7.21 (84 ק"ג). לפני הטיפול, הפרי נשטף ויובש עם נייר מגבת להסרת הפלומה. טיפול MCP-1 היה במיכל של 200 ליטר בריכוז 2 ח"מ למשך 20 ש' ב-20 מ"צ. טיפול באווירת חנקן היה במיכל של 200 ליטר שנשטף בחנקן עד לרמה של פחות מ-1% חמצן. הפרי נסגר למשך 20 ש' ב-20 מ"צ. טבילה בג'ברלין הייתה בריכוז של 500 ח"מ, פוטרצין בריכוז של 3 mM ב-3.5 pH. חומצה פרולית הוכנה בריכוז 8 mM והטבילות היו למשך 5 דקות בשק רשת.

הניסוי השני כלל כ-600 פירות כאשר פירות עם ערכי DA גבוהים מ-1.6 או נמוכים מ-1 נפסלו בשלב המיון (בערך כ-10% מכל קבוצה) דגימות זמן 0 נערכו על 40 פירות. הדגימות לאחר אחסון של 3 ימים כללו כ-83 ו-90 פירות של הטיפול והביקורת בהתאמה.

תוצאות

בהתאמה למטרת המחקר בוצעו טיפולים במטע "עודד" שכללו חומרים בעלי פוטנציאל השפעה על תהליך הנשימה (חומצה אצטיל סליצילית), קצב ייצור אתילן (פוטרצין) ועל מבנה דפנות התאים (חומצה פרולית וסידן). הריסוסים בוצעו במשטר המפורט בשיטות החל מתום שלב התקשות הגלעין ועד למועד הקטיף המסחרי בתחילת מאי. כצפוי על העצים היו מגוון של מצבי התפתחות ולכן נערכו 2 קטיפים סלקטיביים וקטיף שלישי שכלל גם פירות לא בשלים ורכים (שעל פי רוב אינם משווקים). יש לציין שהיו הבדלים ניכרים ביבול בין החזרות בכמות הפרי על כל עץ, אך הנתונים המצטברים של משקלי הקטיפים השונים בחלוקה לטיפולים (איור 1A) אינם מלמדים על השפעות משמעותיות על היבול הכללי (שיכול היה להתבטא בתוספת משקל לכל פרי). הקטיף הראשון כלל כ-20% מהפרי ורק עבור טיפולי החומצה הפרולית אחוז הפרי לעץ בקטיף הראשון היה כ-14%. בקטיף השני הביקורת וטיפול החומצה הפרולית היוו 47% מהיבול לעומת הטיפולים בפוטרצין וחומצה אצטיל סליצילית שהראו פחיתה של 10-12 באחוז היבול (איור 1B). חוץ מאשר טיפולי הביקורת, מרבית היבול בכל הטיפולים התקבלה בקטיף ה-3 מה שמצביע על אפשרות של דחייה בהבשלה על העץ. כמות הפירות הרכים הייתה זניחה בקטיף הראשון ואילו בקטיף השני שנערך שבוע לאחר הקטיף הראשון היא הגיעה לכ-20% והיתה דומה בכל הטיפולים (איור 1C). הימנעות מאחוז גבוה של פירות רכים שכללה אפיון ראשוני על העץ ושני במעבדה, אפשרית כמובן על ידי ציפוף מועדי הקטיף. אחוז הפירות רכים בקטיף השלישי היה גבוה יותר בטיפול הבודד בחומצה אצטיל סליצילית, והיה הנמוך ביותר עבור הטיפולים של חומצה פרולית, פוטרצין וסידן אך ההבדלים ביניהם לבין טיפול הביקורת לא היו דרמטיים. אחוז הפירות הלא בשלים בקטיף השלישי עמד על כ-15% (משקלי) בביקורת וקרוב ל-25% בטיפול הסידן.



איור 1: השפעת טיפולים במטע על נתוני יבול ב-3 קטיפים של הזן עוודד. ASA – חומצה אצטיל סליצילית, PUT – קיצור של פוטרצין.

A- המשקל המצטבר של פרי מ-3 קטיפים עוקבים של הזן "עוודד". קווי השגיאה מייצגים את סטיות התקן של ממוצע חמש החזרות של כל הפרי של 3 הקטיפים לכל עץ.
 B – חלוקת כמות הפרי עבור עץ בין הקטיפים באחוזים על בסיס סכום משקל הפירות עבור כל עץ מחולק בכמות הכללית המצטברת מכל הקטיפים של כל עץ. חישוב האחוז מבטא את ממוצע החזרות עבור כל טיפול.

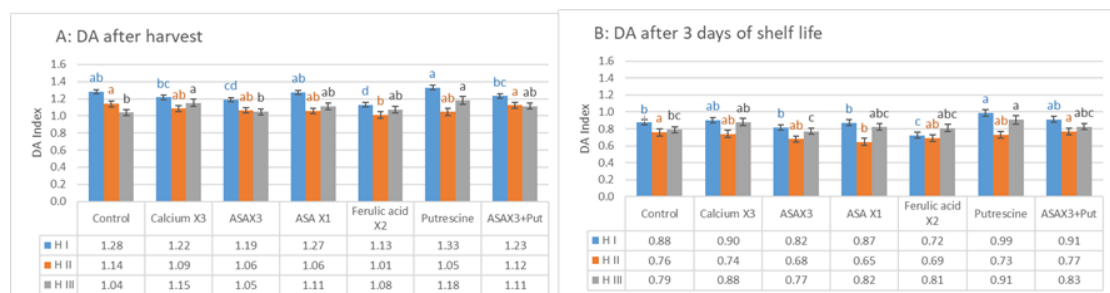
C – אחוז הפרי הרך בקטיפי השני והשלישי ואחוז הפרי הירוק והקטן (לא בשל) בקטיפי ה-3. בקטיפי ההראשון אחוז הפרי הרך היה זניח ובשני הקטיפים הראשונים לא נקטפו פירות לא בשלים. בקטיפי השלישי נקטפו כל הפירות שנותרו על העץ. קווי השגיאה מייצגים את סטיות התקן בין החזרות. לא היו הבדלים מובהקים בין הטיפולים על פי מבחן Tukey.

מדד ה-IAD או ה-DA מייצג את רמות הכלורופיל ובכך גם את מצב ההבשלה של האפרסקים ונמצא במתאם טוב עם מוצקות הפרי. כל הפירות שנקטפו נבדקו לאינדקס ה-DA ביום הקטיפי ולאחר 3 ימים בחיי מדף. אינדקס ה-DA בקטיפי הראשון היה גבוה יותר בהשוואה לקטיפי השני והשלישי והיה גבוה יותר בטיפול הפוטרצין בהשוואה לטיפול הסיידן, החומצה האצטיל סליצילית והחומצה הפרולית (איור 2A). בקטיפי השני אינדקס ה-DA היה גבוה יותר בטיפול הביקורת וטיפול הפוטרצין+חומצה אצטיל סליצילית בהשוואה לטיפול בחומצה הפרולית. בקטיפי השלישי אינדקס ה-DA היה גבוה יותר בטיפול הפוטרצין וטיפול הסיידן בהשוואה לטיפול בחומצה אצטיל סליצילית ולביקורת. לאחר חיי מדף הייתה ירידה צפויה באינדקס ה-DA עם ערך גבוה יותר בטיפול הפוטרצין ונמוך יותר בטיפול החומצה הפרולית בקטיפי הראשון (איור 2B).

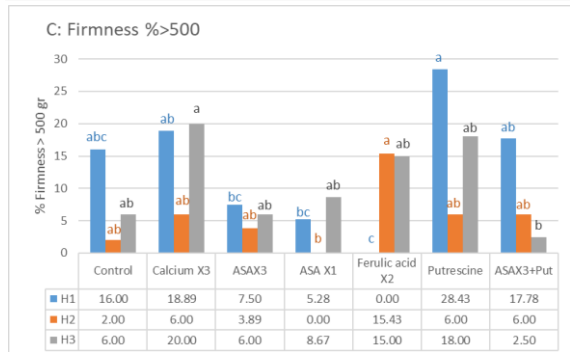
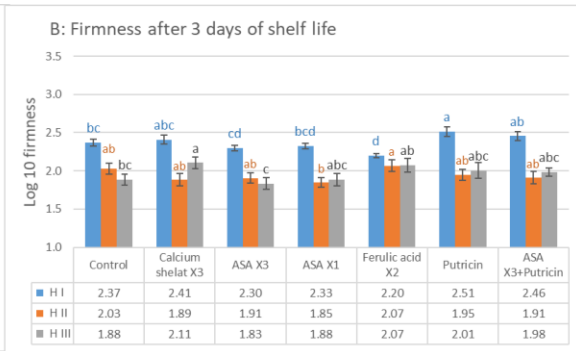
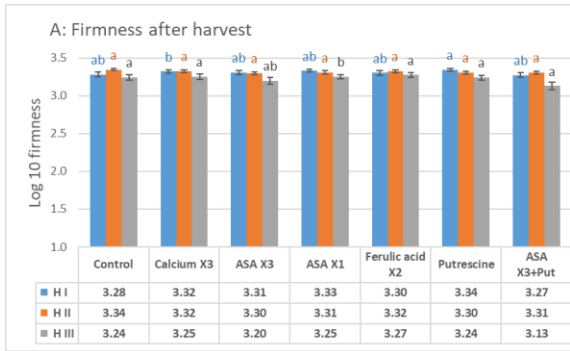
המטרה העיקרית של המחקר הייתה להבין האם הטיפולים משפיעים על מוצקות הפרי. בהשוואה בין בין מוצקות הפרי בקטיפי שאמורה להיות מעל 3000 גר' לעומת המוצקות לאחר חיי מדף שצפויה להיות נמוכה בסדר גודל, מתבקש לערוך טרנספורמציה לוגריטמית על מנת להשוות בין מועדי הבדיקה. (גם השונות הגבוהה ברמת המוצקות בין הפירות השונים עבור אותו עץ אילצו אותנו לבצע את הטרנספורמציה המתמטית). המוצקות ההתחלתית בקטיפי הראשון הייתה גבוהה יותר בטיפול

הפוטרכיין אך מובהקת רק ביחס לטיפול הסידן (איור 3A). בקטיף השני לא היו הבדלים במוצקות בין הטיפולים ואילו בקטיף השלישי המוצקות הנמוכה יותר נרשמה בטיפול הבודד בחומצה אצטיל סליצילית. לאחר חיי מדף בקטיף הראשון בלטה השפעה חיובית של פוטרכיין לעומת השפעה שלילית של חומצה פרולית (איור 3B). בקטיף השני המגמה התהפכה כאשר לטיפול חומצה פרולית הייתה מוצקות גבוהה יותר שהייתה שונה במובהק רק מהטיפול הבודד בחומצה אצטיל סליצילית. בקטיף השלישי הייתה השפעה מובהקת של סידן בהשוואה לביקורת ושאר הטיפולים לא נבדלו מהביקורת. אופן חישוב אחר של התוצאות יכול להיות על פי התפלגות אחוז הפירות המוצקים לאחר חיי מדף. ההגדרה של מהו פרי מוצק אינה חד ערכית והערך שנבחר, מוצקות מעל 500 גר' הוא נמוך מהאופטימום אבל נגזר מכמות הפרי המוצק שהייתה זמינה (לאחר שלושה ימי חיי מדף נותר מעט פרי במוצקות מעל 1000 גר'). על פי תוצאות הקטיף הראשון לחומצה אצטיל סליצילית ולחומצה פרולית הייתה השפעה שלילית ולפוטרכיין השפעה חיובית, גם אם לא מובהקת (איור 3C). בקטיף השני היו הרבה פחות פירות מוצקים ויותר פירות מוצקים בטיפול החומצה הפרולית. בקטיף השלישי אחוז הפירות המוצקים היה גבוה יותר בטיפול הסידן והפוטרכיין. בהסתכלות כוללת לאף טיפול לא הייתה השפעה דרמטית על מוצקות הפרי עם מגמה של הקטנת המוצקות על ידי חומצה אצטיל סליצילית והגברת המוצקות על ידי פוטרכיין.

בהשוואה של המתאם בין המוצקות לאינדקס ה-DA במועד הקטיף השני בחלוקה בין הטיפולים מתקבלות מגמות מובהקות לכל הטיפולים עם הבדלים בשיפוע המגמה (איור 4A). אפשר לציין את טיפול החומצה האצטיל סליצילית X3 כבעל השיפוע החזק ביותר ולאחריו טיפול החומצה הפרולית. השיפוע המתון יותר התקבל בביקורת, בטיפול הפוטרכיין ובטיפול החומצה האצטיל סליצילית הבודד. תוצאות אלו מרמזות על כך שהן לטיפול החומצה האצטיל סליצילית X3 והן לחומצה הפרולית השפעה שונה על פירות ב DA התחלתי שונה. דהיינו האפקט של החומרים הללו היה גבוה יותר בפירות עם DA גבוה. נראה שעבור DA נמוך כל הטיפולים הראו מוצקות נמוכה מזו של הביקורת. לעומת זאת, בהשוואה בין ערכי DA בזמן 0 למוצקות לאחר חיי מדף לא היה מתאם מובהק במרבית הטיפולים (איור 4B).



איור 2: השפעת טיפולים במטע על מדד DA ב-3 קטיפים עוקבים של הזן "עוודד". ASA – חומצה אצטיל סליצילית, PUT – קיצור של פוטרכיין. A – מדד ה-DA לאחר הקטיף. B – מדד ה-DA לאחר 3 ימים בחיי מדף. אותיות שונות מעל העמודות מייצגות הבדלים מובהקים בין הטיפולים על פי מבחן Tukey. הערכים של כל קטיף עברו ניתוח נפרד ומיוצגים על ידי צבעים שונים של האותיות.

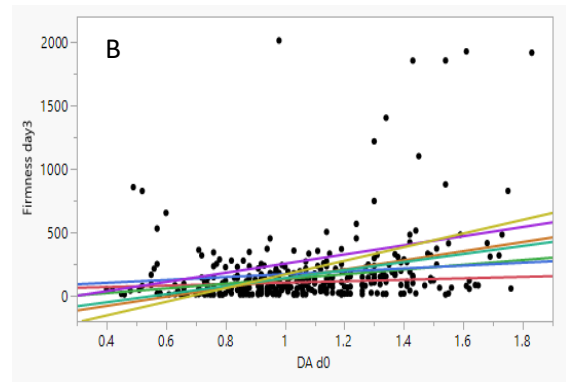
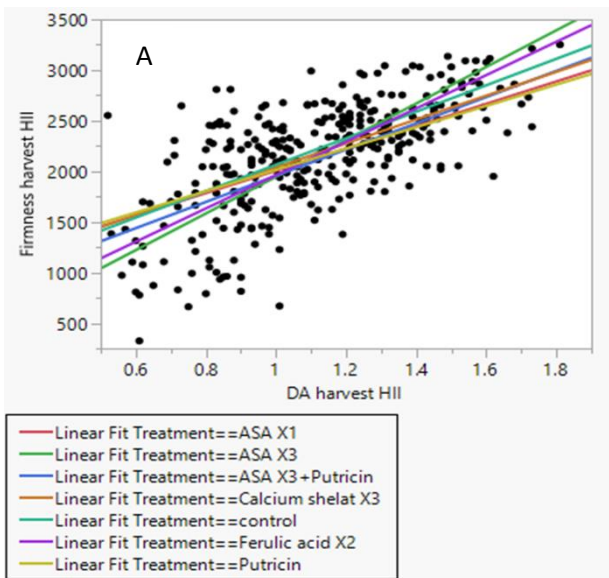


איור 3: השפעת טיפולים במטע על מוצקות הזן עודד ב-3 קטיפים עוקבים. ASA – חומצה אצטיל סליצילית, PUT – קיצור של פוטרצין.

A – מוצקות האפרסקים במועד הקטיפים. הערכים בפנל A ו-B בגרם-מוצקות עברו טרנספורמציה לוגריטמית. ערך מעל ל-3 (1000 גר') מצוין פירות קשים.

B – מוצקות האפרסקים לאחר 3 ימים בחיי מדף.

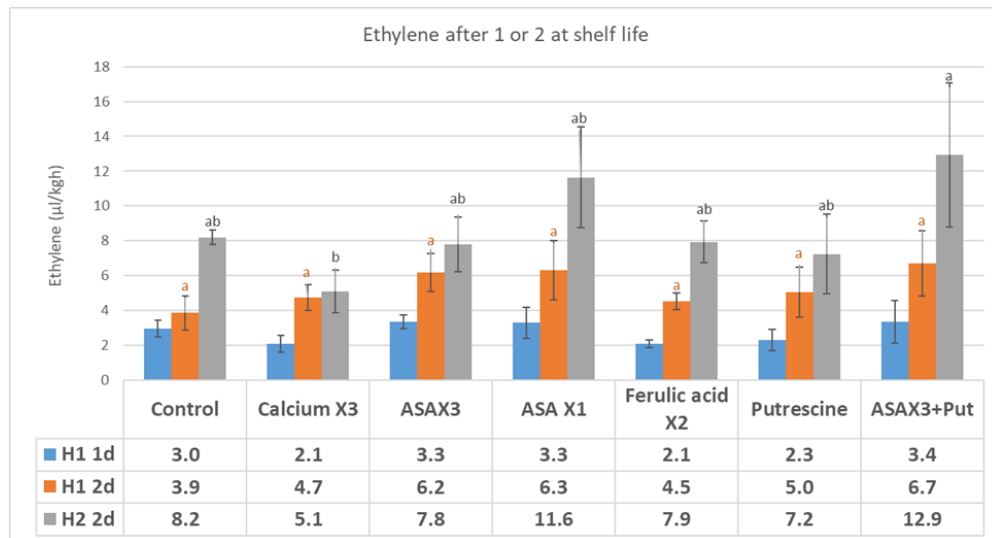
C – אחוז הפירות שהייתה להם מוצקות גבוהה מ-500 גרם לאחר 3 ימי חיי מדף. ותיות שונות מעל העמודות מייצגות הבדלים מובהקים בין הטיפולים על פי מבחן Tukey. הערכים של כל קטיפי עברו ניתוח נפרד ומיוצגים על ידי צבעים שונים של האותיות. קווי השגיאה מייצגים את סטיות התקן בין החזרות (n=5).



איור 4: המתאם בין המוצקות לאינדקס ה-DA במועד הקטיפ (A) או לאחר חיי מדף (B) בטיפולים השונים בקטיפי השני של הזן עודד. כל נקודה מייצגת פרי אחד שנמדד לערכי DA ומוצקות. קווי המגמה של כל טיפול מוצגים בצבעים שונים וכולם הציגו מובהקות בפנל A ולא בפנל B.

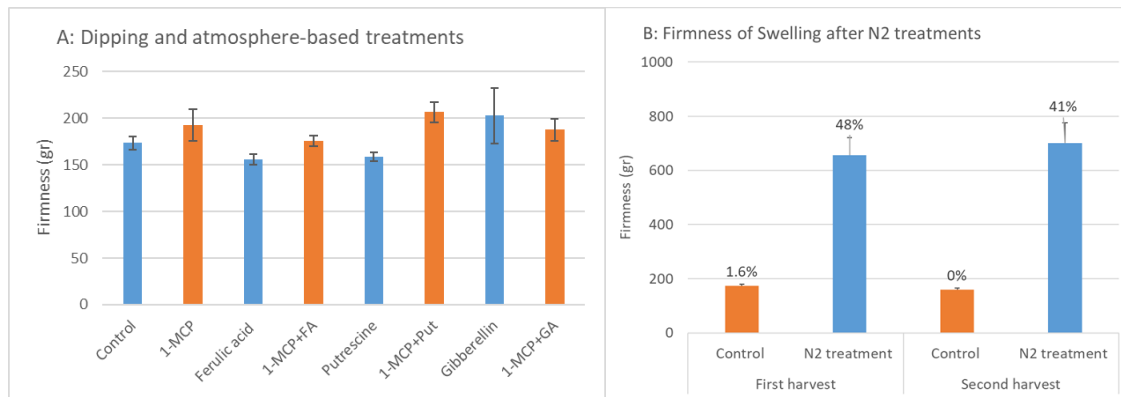
השפעת הטיפולים על רמת האתילן נמדדה בקטיפ הראשון לאחר יום או יומיים בחיי מדף או בקטיפ השני לאחר יומיים בחיי מדף על פרי ברמת DA זהה (איור 5). בקטיפ הראשון לא היו הבדלים בין הטיפולים ובקטיפ השני רמת האתילן הגבוהה ביותר נמדדה בטיפול המשולב של החומצה האצטיל סליצילית והפוטרצין והרמה הנמוכה ביותר בטיפול הסיידן. בדיקות נשימה התבצעו במקביל וגם שם אין

השפעות קיצוניות של הטיפול. פרי מהקטיף השני אוסון למשך שבועיים בקירור (0 מ"צ) ונבדק למוצקות לאחר האחסון. הפירות התרככו מאד במהלך האחסון ללא השפעות משמעותיות של הטיפולים על מוצקות הפרי (תוצאות לא מוצגות).



איור 5: השפעת טיפולים במטע על רמות האתילן בזן "עודד". בקטיף הראשון המדידות בוצעו יום או יומיים בחיי מדף. בקטיף השני המדידות בוצעו לאחר יומיים בחיי מדף. קווי שגיאה מייצגים סטיות תקן בין החזרות. אותיות שונות בסדרות של יומיים בחיי מדף מייצגות הבדלים מובהקים בין הטיפולים, הערכים של כל קטיף עברו ניתוח נפרד ומיוצגים על ידי צבעים שונים של האותיות.

בעקבות אי הצלחת הטיפולים במטע למתן באופן משמעותי ועקבי את התרככות הפרי הוחלט לבדוק השפעת טיפולים לאחר הקטיף שכללו טיפולי טבילה של חומצה פרולית, פוטרצין או ג'יברלין בשילוב עם טיפולי אווירה של 1-MCP או אוירה דלת חמצן (חנקן). טיפול ה-1-MCP נמצא יעיל בחלקו לפי מספר פרסומים בעוד שהטיפול בחנקן הוכח כיעיל כבר לפני 30 שנה על זנים אחרים (Lurie and Pesis, 1992) ובעקבותיו (Bonghi et al., 1999). הטיפולים נערכו על פרי מהזן "סוולינג" ממושב ערוגות. על פי התוצאות המוצגות באיור 6A טיפולי הטבילה לא השפיעו על מוצקות הפרי, הטיפולים עם 1-MCP הגבירו במעט את המוצקות אבל לא באופן המצדיק את היישום. לעומת זאת, הטיפול באווירה דלת חמצן מנע באופן משמעותי מאד את ההתרככות הן ברמת ערכי ההתרככות והן בהתפלגות הפרי המוצק כאשר קרוב למחצית הפרי הייתה במוצקות טובה לאחר 3 ימים בחיי מדף לעומת 1.6% בביקורת (איור 6B). בניסוי חוזר לאחר שבועיים על פרי בשל יותר מאותו מטע הודגמה תוצאה דומה ברמת ערכי המוצקות כאשר 41% מהפרי היה במוצקות גבוהה -500 גר' לעומת 0% בביקורת. תוצאות אלו מוכיחות כי יש היתכנות גבוהה למניעת התרככות אפרסקים לאחר הקטיף בשיטה שלא כוללת יישום כימיקלים. היבטים שונים של תוצאות מחקר זה (טעם, הרכב נדיפים, נשימה, אתילן, מדד ה-DA, הרכב חומצות וסוכרים נחקרו ופורסמו בנפרד).



איור 6: השפעת טיפולי טבילה ואווירה על מוצקות אפרסקים מהזן "סוולינג" לאחר 3 ימים בחיי מדף. A – המוצקות של אפרסקים מהזן "סוולינג" שנטבלו בתכשירים שונים ועברו טיפול ב-2 מ"מ MCP-1 למשך 22 שעות. קווי השגיאה מייצגים שגיאות תקן. B – המוצקות של אפרסקים מהזן "סוולינג" שעברו טיפול באווירת חנקן (<99%>) למשך 22 שעות. התוצאות הם של שני קטיפים עוקבים בהפרש של שבועיים. הקטיפ הראשון חופף לתוצאות המוצקות בפנל A. המספרים באחוזים הם של אחוז הפירות במוצקות מעל 500 גר'. קווי השגיאה מייצגים שגיאות תקן.

דין

קטיפ האפרסק הוא קטיפ סלקטיבי משום שלא כל הפירות על העץ הם במצב התפתחותי דומה. הקטיפ מתבצע על ידי החקלאי באופן די שרירותי ("על פי העין"), וכתוצאה מכך באותו קטיפ מתקבל פיזור של פירות בשלבים שונים של הבשלה. בזן "עודד" המקדים להבשיל מתקבלים ערכי DA מ-1 או פחות ועד ל-1.8. הפירות מתחת ל DA של 1 בדרך כלל רכים ופירות מעל ערכי DA של 1.8 קשים למגע וערכיהם מעל 2500 גר' (איור 3A). למרות ההבדלים הללו בערכי ה DA הפירות המוצקים בקטיפ מתרככים מהר מאוד ותוך שלושה ימים של חיי מדף מרבית הפירות רכים (איור 3A) (Lurie et al. 2013; Weksler et al 2012).

מטרת המחקר הייתה להתמודד עם הבעיה הזו ולנסות לעכב את קצב ההתרככות. הכיוון העיקרי בשנה הראשונה היה ריסוס בפוטריצין (בין 1 ל-3 מילימולר) סמוך למועד הקטיפ. התוצאות של המחקר המקדים ושל השנה הראשונה לא היו חד משמעיות: היו פעמים שהפוטריצין אכן דחה את ההתרככות, אך בניסויים אחרים לא הצלחנו לחזור על התוצאות. למרות זאת, חברת תפזול שהייתה שותפה לתכנית תכננה לפתח מוצר על סמך תוצאות התפזול אך לבסוף חזרה בה בטענה שלא קיים דו"ח רעילות של החומר והעלות לפיתוח התכשיר תהייה גבוהה מדי. בניסוי המוצג כאן שוב בחנו את האפקט של פוטריצין לבדו ובצירוף עם חומצה אצטיל סליצילית. גם בניסוי הנוכחי לא התקבלו תוצאות משמעותיות וריכוז של 3 מילימולר פוטריצין כשלושה ימים לפני הקטיפ לא הקטין את כמות הפירות הרכים על העץ. הטיפול הגביר מעט את מוצקות הפרי לאחר שלושה ימים בקטיפ הראשון, וגם שיפר את ה-DA הממוצע, אך האפקט לא מצדיק בחינת יישום מסחרי (איור 3). בקטיפ השני והשלישי האפקט החיובי כמעט ונעלם. כאשר נבחנה המוצקות של פירות מהקטיפ השני עם DA שונה לא היה יתרון לפוטריצין על פני הביקורת עבור הפירות בשלבים השונים של הבשלה (פירות עם DA שונה). דהיינו, לאפקט של פוטריצין לא הייתה העדפה לפירות משלבים שונים של הבשלה. גם בשילוב של הפוטריצין עם

החומצה האצטיל סליצילית לא התקבל אפקט אדטיבי או סינרגסטי כפי שציפנו. דהיינו שילוב של דיכוי הנשימה כשישה ימים לפני הקטיף יחד עם דיכוי האתילן כשלושה ימים לפני הקטיף לא התבטא כלל בעיכוב קצב ייצור האתילן או בקצב הנשימה ובמקביל לא תרם לעיכוב ההתרככות.

בשנה הקודמת טיפול לאחר הקטיף בחומצה אצטיל סליצילית גרם לעיכוב ההתרככות יחסית לטיפול הביקורת לכן בשנה הנוכחית ניסינו שני טיפולים של חומצה אצטיל סליצילית, האחד כטיפול בודד שישה ימים לפני הקטיף והשני במתכונת של שלושה טיפולים במהלך התפתחות הפרי. הרציונל לשלושת הטיפולים התבסס על ממצאים קודמים שבהם בתפוח מזן "אנה" בשלב של אחרי התקשות הגלעינים יש פיק נשימה ואתילן שכנראה מוביל לגדילה המהירה ולהתחלת ההבשלה בזן זה (Singh et al 2017). לא ברור אם מצב דומה קיים גם באפרסק, אבל בהיותו שייך למשפחת הורדניים, הועלתה ההשערה שעייכוב נשימה בשלבים מוקדמים תעכב את תהליך ההבשלה. ריסוס אחד בחומצה אצטיל סליצילית כשישה ימים לפני הקטיף הגדיל את מספר הפירות הרכים על העץ בקטיף השלישית הקטין את ה-DA הממוצע של הקטיף השני וגרם להקטנת המוצקות של הפרי בקטיף זה. לעומת זאת שלושה ריסוסים בחומצה אצטיל סליצילית נראו גם ברמת ה-DA וגם ברמת המוצקות דומה מאוד לטיפול הביקורת ובקטיף השני אולי שיפרו את המוצקות של הפירות בעלי ה-DA הגבוה (איור 3). אם התוצאות נכונות יתכן ולחומצה אצטיל סליצילית פעילות שונה בזמנים שונים של התפתחות הפרי.

גישה אחרת שנוסתה היא על ידי ריסוס בסידן שנוסתה כבר בעבר בהצלחה במספר ניסויים עם אפרסקים מזנים שונים. בשנה קודמת השתמשנו בשני ריסוסי סידן כלורי 4% שגרם לנזק עלווה ולא ניתן היה ללמוד על ההשפעה על הפרי. לכן בשנה הנוכחית השתמשנו בתכשיר שלא המכיל סידן שבניסויים מסוימים הצליח להקטין רקבונות בפלפל (כרמית זיו, מידע אישי). ריסוס בתכשיר הסידן עיכב במידה מתונה את ההתרככות של הפירות מהקטיף השלישי, אך לא השפיע על ה-DA. לתכשיר הסידן עשויה להיות השפעה סלקטיבית על תהליך ההבשלה במניעת התרככות דרך קישור פולימרים של פקטין, אבל לא במניעה של פירוק הכלורופיל.

לחומצה פרולית תרומה גדולה לחוזקו של דופן התא (Kumar and Pruthi 2014). בניסוי הנוכחי בדקנו את ההיפותיזה שריסוס בחומצה פרולית ישפר את מוצקות הדופן ויקטין את קצב התרככות האפרסק. יחד עם זאת מהסתכלות על מכלול התוצאות לא הוכח כי לחומצה פרולית באופן שבו יושמה יש השפעות המצדיקות המשך מחקר, לא כל שכן יישום. הסיבות יכולות להיות מגוונות, חדירות, מועד יישום או יתכן כי אין באמת יתרון לתוספת חומצה פרולית למניעת התרככות של ציפת האפרסק.

לאור התוצאות הלא מרשימות של טיפולי המטע או הטיפולים בטבילה לאחר הקטיף הוחלט לחזור ולבדוק השפעת טיפולים לאחר הקטיף ב-1-MCP ובאווירה דלת חמצן בשילוב עם הטבילה בחומצה פרולית ופוטריצין. הטיפול ב-1-MCP הודגם בעבר כבעל יעילות חלקית במניעת התרככות אפרסקים (Liguori et al., 2004) והטיפול באווירה דלת חמצן הוכח כיעיל במניעת התרככות אפרסקים (Lurie and Pesis, 1992) אך לא התפתח ממנו יישום מסחרי. התוצאות שהתקבלו הראו השפעה מתונה מאד של טיפול ה-1-MCP והשפעה מרשימה מאד של טיפול האווירה דלת החמצן (איור 6) כאשר לאחר 3 ימים בחיי מדף למעלה מ-40% מהפרי היו עדיין במוצקות סבירה בעוד שבביקורת היו מעט מאד פירות מוצקים. מנגנון הפעולה המוצע של הטיפול הוא יצירת אווירה אנארובית זמנית המעכבת את האנזימים

המעורבים בהתרככות. המחקר בכיוון זה נמשך על מנת להבטיח שלא יהיו השפעות שליליות על טעם הפרי, נושא שלא נחקר בעבר.

ספרות מצוטטת

Bonghi, C., Ramina, B., Ruperti, R., Viridin, P. and Tonutti, P. (1999). Peach fruit ripening and quality in relation to picking time, and hypoxic and high CO₂ short-term postharvest treatments. *Post. Biol. Technol.* 16, 213-222 .

Kumar, N., Pruthi, V. (2014) Potential applications of ferulic acid from natural sources. *Biotechnol. Rep.* 4, 86-93.

Lurie, S., Friedman, H., Weksler, A., Dagar, A. and Zerbini, P. E. (2013). Maturity assessment at harvest and prediction of softening in an early and late season melting peach. *Post. Biol. Technol.* 76: 10–16.

Lurie, S. and Pesis, E. (1992). Effects of acetaldehyde and anaerobiosis as postharvest treatments on the quality of peaches and nectarines. *Post. Biol. Technol.* 1: 317-326.

Singh, V., Weksler, A. and Friedman, H. (2017). Different preclimacteric events in apple cultivars with modified ripening physiology. *Front. Plant Sci.* 8:1502

Weksler, A., Lurie, S., Rot, I., Voet, H. and Friedman, H. (2012). Non-destructive spectral measurement for evaluation of rate of softening in peaches. *Hanotea* 66: 16-19.