

דוח סיכום לתכנית המדען הראשי של משרד החקלאות מס' 2020 21-01-0035 - פיתוח טכנולוגיות אגרוטכניות לשיפור צבע הפרי בזני תפוח אדומים, לשיפור כושר התחרות מול פרי מיובא

Development of agrotechnological methods to improve color in red apple cultivars in order to cope with import fruits

חוקר ראשי: עומר קראין, מז"פ צפון: omerc@migal.org.il - omer.crane@mail.huji.ac.il
חוקרת משנית: מיכל אורן-שמיר. מנהל המחקר החקלאי
חוקר משני: שרוליק דורון, מז"פ צפון
חוקרת משנית: יעל גרינבלט, שה"מ
טכנאים: אילת שר שלום וסולימאן פארחת
תלמידת מחקר: ריטה מונדאר

01/05/2022

בארץ נקטפים מדי שנה כ- 110 אלף טון תפוחים בממוצע. עקב גידול האוכלוסייה ושינוי במדיניות משרד החקלאות בשנים האחרונות, קיים יבוא תפוחים לארץ מאירופה, ארה"ב ומעט מדרום אמריקה. בשנים האחרונות יש ירידה משמעותית ברווחיות התפוח הישראלי, בעיקר בשל תחרות מול הפרי המיובא. חלק מהזנים מפסידים או קרובים לנקודת האיזון, כך שמדובר במשבר קיומי. בישראל מגדלים מספר זנים צבעוניים-אדומים, ביניהם זני 'גאלה', זני 'סטרקינג' והזן 'קריפס פינק' (פינק לידל) המהווה את עיקר הפרי המיובא. מניחות מעמיק של הגורמים לירידה ברווחיות על בסיס נתונים רב-שנתיים, נמצא כי כ- 33% מכלל הפרי הנקטף בזנים הצבעוניים מאופיין בצבע נחות. פרי זה, הפודה מחיר נמוך באופן משמעותי, מתקשה להחזיר את עלות הגידול, האחסון והמיון, ומהווה נטל כלכלי על רווחיות המטע. הערכה כלכלית מצביעה על כך שהקטנת אחוז הפרי עם צבע נחות מסך הפרי המשווק תשפר משמעותית את רווחיות הזנים הצבעוניים. כחלק מהתמודדות עם משבר ענף התפוח, גובשה תכנית פעולה שבמסגרתה יפותחו שיטות עיצוב למטעים קיימים, שימצו את פוטנציאל האיכות ויאפשרו שימוש במיכון לחסכון בכ"א. המחקר הנוכחי עוסק בהשפעת הסבת המטע הקיים למטע בעל נוף צר, בו רוב הפרי חשוף לאור, על צבע ואיכות הפרי בזנים אדומים. מאחר ובשנים קודמות נמצא כי הצרה חורפית היא טעות בחן המחקר בשנתיים האחרונות הצרה הדרגתית על ידי הסרת ענפי שלד והחלפתם בענפים צעירים או הצרה קיצית. נבחנה הסרה של 2 – 6 ענפים לעץ והשפעת הסרה זו על היבול והצבע. במקביל נבחנו מספר טיפולים לעיכוך הצימוח והסרת צימוחים ירוקים בניהם ריסוס במעכבי ביוסינטזה של גיברלין וגיוזומים קיציים. בנוסף נעשה מעקב אחר צבירת האנטוציאנינים במהלך ההבשלה בזנים השונים. כמו כן נעשה ניסוי של קירור הפרי בקריפס פינק וריסוס במגנזיום וציטוקינים לשיפור הצבע בקטיפ. סיכום הממצאים מצביע על כך שבזמן ההבשלה רגישות הזמן קריפס פינק לסוכר נמוכה ובהתאם מתקשה הזן לצבור צבע בתנאי הצללה. זאת בניגוד לזן טופ רד. בשל כך טיפול בציטוקינים המגביר את סיגנל הסוכר תורם לצבירת הצבע כפי שנמצא בטיפול בטידיאזרון ו BA בתוספת מתיל גיסמונט. בבחינה של טיפולי ההצרה השונים נמצא כי ניקוי ארובה חורפי והצרה קיצית במהלך יוני ושימוש בריגאליס לעיכוך צימוח בשנה העוקבת הינו הטיפול המיטבי הן להצרת המטע והן לקבלת יבול פרי איכותי הגבוה ביותר. טיפול זה ייבחן בהיקף חצי מסחרי בשנים הקרובות.

1	מבוא:
2	שיטות:
3	תוצאות:
3	טיפול לשיפור צבע ומעקב אחר פיגמנטים ומדדי הבשלה:
7	הסבת מטעים קיימים:
7	תוצאות סטרקינג (טופ רד)
10	קריפס פינק (פינק לידי)
11	דיון:
11	צבירת הצבע בשני הזנים:
13	הבדלי צבע בקטיפ בעיצובים השונים ובטיפולים השונים:
14	רשימת ספרות:

מבוא:

בארץ נקטפים מדי שנה כ- 110 אלף טון תפוחים בממוצע. עקב גידול האוכלוסייה ושינוי במדיניות משרד החקלאות בשנים האחרונות, קיים יבוא תפוחים לארץ מאירופה, ארה"ב ומעט מדרום אמריקה. בשנים האחרונות יש ירידה משמעותית ברווחיות התפוח הישראלי, בעיקר בשל תחרות מול הפרי המיובא. חלק מהזנים מפסידים או קרובים לנקודת האיזון, כך שמדובר במשבר קיומי. בישראל מגדלים מספר זנים צבעוניים-אדומים, ביניהם זני 'גאלה', זני 'סטרקינג' והזן 'קריפס פינק' (פינק לידי) המהווה את עיקר הפרי המיובא. מניתוח מעמיק של הגורמים לירידה ברווחיות על בסיס נתונים רב-שנתיים, נמצא כי כ- 33% מכלל הפרי הנקטף בזנים הצבעוניים מאופיין בצבע נחות. פרי זה, הפודה מחיר נמוך באופן משמעותי, מתקשה להחזיר את עלות הגידול, האחסון והמיון, ומהווה נטל כלכלי על רווחיות המטע. הערכה כלכלית מצביעה על כך שהקטנת אחוז הפרי עם צבע נחות מסך הפרי המשווק תשפר משמעותית את רווחיות הזנים הצבעוניים. מטעי התפוח בישראל מעוצבים בשיטת ה Sollux (שמוט). בשיטת עיצוב זו נטועים כ- 100-166 עצים לדונם כאשר העץ מעוצב כציר הנושא ענפי שלד מהם מתפצלים ענפי משנה הנושאים את הפרי. שיטות עיצוב זו נבחרה מאחר והיא מאפשרת קבלת נוף רחב המונע פגיעה של מכות שמש. יחד עם זאת בשיטת עיצוב זו ישנה הצללה על הפרי הפנימי אשר מתקשה לקבל צבע בהבשלה. בנוסף מקשה שיטת עיצוב זו על שימוש בבמות קטיפ. כחלק מהתמודדות עם משבר ענף התפוח, גובשה תכנית פעולה שבמסגרתה יוסבו מטעים קיימים למטעים צרים, שימצו את פוטנציאל האיכות ויאפשרו שימוש במיכון לחסכון בכ"א. תוצאות 2018 (במימון שולחן מגדלים) ו- 2019 הראו שהסבת מטעים על ידי גיזום חורפי לרוחב הרצוי היא בעייתית. בעוד שבפינק לידי הנושא פירות על צימוח חד שנתי גדילת הענפים מתונה ולכן הצרה חורפית עשויה להצליח בזן סטרקינג הצרה זו הובילה לצימוח נמרץ של הענפים ולהצללה שפגעה באיכות הפרי ביחס לשורות בהן לא נעשתה הצרה חורפית. בשנה האחרונה בחנו שיטת הצרה אחרת. שיטה זו מבוססת על הסרת ענפי שלד והחלפתם בענפים חדשים ודקים שיאפשרו נשיאת פרי קרוב לגזע. הסרת הענפים היא הדרגתית ובהתאם הסבת המטע לוקחת מספר שנים. במהלך 2020 ו- 2021 בחנו הסרה של 2, 4 או 6 ענפים בכל שנה על מנת לבחון מתי נראית פגיעה ביבול. בנוסף בחנו טיפול הצרה קיצית, טיפולי ריסון הצימוח ובחינה של חומרים לשיפור צבע בזן פינק לידי.

מטרת המחקר: שיפור רמת הצבע בזנים אדומים על ידי חשיפה לאור. מטרות פרטניות: 1. פיתוח פרוטוקול הסבת מטע קיים למטע צר לצורך שיפור חשיפת הפרי לאור, וטיפול יעיל בצימוח המופיע בתגובה לגיזום; 2. פיתוח פרוטוקול כיסוי ברשת צל להפחתת מכות שמש בפרי הקטוף. הדוח הנוכחי מסכם 4 שנות ניסוי כאשר הניסוי החל כבר ב- 2018 במימון שולחן התפוח. יש לציין כי שנת 2020 הייתה חריגה מאוד בחום הקיצי וחודש ספטמבר התאפיין בגל חום קיצוני שפגע מאוד הן באיכות התפוחים והן בצבירת הצבע.

הצרה משקית לרוחב נוף של 90 ס"מ מכל צד של העץ על ידי מכונת גיזום נעשתה במספר משקים ושיטה זו נבחנה על ידנו במשך שנתיים. נמצא כי בזן סטרקינג חלה ירידה הן ביבול והן ברמת הצבע בחלקות בהן נעשתה הצרה חורפית. תוצאות דומות אם כי פחות חד משמעיות התקבלו גם בזן קריפס פינק (פינק ליד). בנוסף נבחנה השיטה בחלקות גדולות על ידי משק קדמת צבי בליווי שרוליק דורון. נמצא כי בדומה לממצאי המחקר גם בבחינת החלקות המשקיות בזן סטרקינג נראתה פגיעה הן ביבול והן בצבע בחלקות בהן נעשה גיזום מכונה חורפי להצרה (טבלה 1). יש לציין כי בחלקות אלו לא נעשה ניקוי ארובה כפי שנעשה במחקר ולכן חלקות אלו לא הגיעו למיצוי פוטנציאל הצבע כפי שהתקבל במחקר. בזנים זהוב וגרני (שאינם חלק מהמחקר הנוכחי) התקבלו תוצאות טובות יותר ונראה כי הצרת מכונה אפשרית בזנים אלו. הזן קריפס פינק לא נבחן במסגרת המשקית.

בשתי שנות המחקר האחרונות בחנו כאמור הצרה הדרגתית על ידי סילוק ענפים והשארת גדם ממנו יתפתחו ענפים מחליפים נושאי פרי (תמונה 1). שיטת הסבה זו תאפשר הסבת העץ לעיצוב Tall Spindle הנהוג במקומות רבים בעולם. הסבה נעשתה בשלוש חלקות קריפס פינק ושתי חלקות סטרקינג (טבלה 2). הסרת הענפים נבחנת כהצרה איטית (הסרת 2 ענפים בשנה) או כהצרה בינונית (הסרת 4 ענפים בשנה). באלרום העצים גדולים ביחס לחלקות האחרות ולכן הוסרו יותר ענפים בכל טיפול (4 במקום 2 בהצרה איטית ו 6 במקום 4 בהצרה בינונית). הסרת הענפים נעשתה באותם עצים במשך 2 שנים כך שבעצים בהם נעשתה הצרה בינונית הוסרו 8 ענפים בשנתיים. בקריפס פינק צומצמו הטיפולים ב 2021. במקביל המשכנו לבחון במשק מרום גולן את ההצרה החורפית כאשר שורות שעברו הצרה בשנה הראשונה עברו גיזום חורפי נוסף בחורף 2020 ובחורף 2021 לרוחב של 80 ס"מ מכל צד. בכל החלקות נעשה ניקוי ארובה חורפי לשיפור חדירת האור (תמונה 1). בנוסף בחנו טיפולי גיזום קיצו וטיפול ריגאליס (Prohexadione-Ca) של חברת אגריקה כצט לעצירת צימוח (טבלה 2). הטיפולים השתנו בין הזנים בהתאם לממצאי השנה הראשונה לניסוי. בקריפס פינק הצרה קיצית נעשתה ל 70 ס"מ בכל הטיפולים בטעות. בעקבות ממצאי השנים הקודמות בחנו צינור התנדפותי בזן קריפס פינק במשק עין זיוון. צינור נעשה על ידי התזה כאשר הטמפר' עלתה על 33°C . בשנה זו בחנו את השיטה לאורך כל השנה החל ממאי. ניסוי נוסף לשיפור צבע פינק לידי נעשה בשיתוף עם המעבדה לאחסון במיגל ודר' שאול נשיץ. הניסוי נעשה במרום גולן כאשר טיפולים שונים נתנו לעצים בהתאם לממצאי השנתיים הראשונות לניסוי (פירוט הניסוי בהמשך). נתוני קטיף הכוללים התפלגות גדלים, מכות שמש וצבע נבדקו בבית האריזה בראשית בהתאם לנהוג במסחר. נתוני קרינה (PAR) נאספו בעזרת המכשיר Calibration Sun 316-SQ של חברת אופג'י. צבע תפוחים בניסוי הצבע נבדק במיצוי אתנולי במעבדה. מעקב אחר מדדי הבשלה נעשה במעבדה לאחסון כאשר נבדקו מדדי קשיות, אינדקס עמילן ובריקס.

טבלה 1: נתוני יבול וצבע במודלים שנעשו במשק קדמת צבי בחלקת מחפי בצפון הגולן. יבול (טבלה ימנית) וצבע (טבלה שמאלית) בזנים סטארקינג, זהוב וגרני סמיט בשנים 2018, 2019 ו 2020 בחלקות משק קדמת צבי בשטחי מחפי בצפון הגולן בהן נעשתה הצרה חורפית ובחלקות בהן הגיזום היה ידני. הגיזום הידני לא כלל ניקוי ארובה. החלקות נקטפו מסחרית כתת משק כאשר גודל כל חלקה 5 דונם. נתונים נאספו על ידי שחף פבזנר ושרוליק דורון. יבול מוצג כטון לדונם ואחוז צבע בקטיף מייצג אחוז פרי בצבע 4+5 (שתי רמות הצבע הגבוהות על פי דירוג בית האריזה) בזן סטרקינג בלבד. צבע הפרי ב 2020 שנפגע בגלל החום מודגש בצהוב.

זן	חלקה	יבול (טון לדונם)				אחוז צבע בקטיף		
		2018	2019	2020	ממוצע 2018-20	2018	2019	2020
סטארקינג	מכונה	8.7	4.6	7.2	6.8	60.3	74.5	40.5
סטארקינג	ידני	10	5.0	9.4	8.1	67.9	71.3	51
זהוב	מכונה	7.1	4.2	5.9	5.7			
זהוב	ידני	7.5	3.6	6.9	6.0			
סמיט	מכונה	8.7	10.6	4.4	7.9			
סמיט	ידני	8.1	7.0	4.6	6.6			

טבלה 2: טיפולי חלקות ההסבה השונות ב 2020 ו 2021. הניסוי נערך במתכונת של בלוקים באקראי (3 בלוקים לכל טיפול). כל בלוק כלל 5 עצים כאשר נתונים נאספו מ 2 עצים מרכזיים. נתונים נאספו מ 6 חזרות לכל טיפול (עץ לחזרה). מיקום החלקות השונות וטיפול הניסוי מצוינים בטבלה.

מס' טיפול	זן	מטע	טיפול	עיצוב	גיוזם	ריסוסי עצירת צימוח
1	סטרקינג (טופ רד)	מרום גולן (אבנר) אלרום	ביקורת	סולקס		ריסוס משולב בריגאליס : 50 גרם לדונם בתחילת פריחה. 100 גרם לדונם בנשירת עלי כותרת. 100 גרם לדונם 15 יום מאוחר יותר. ריסוס רביעי 50 גרם לדונם 20 יום אחרי ריסוס שלישי.
2	סטרקינג (טופ רד)	מרום גולן (אבנר) אלרום	הצרה קיצית	סולקס	גיוזם שדירה קיצי לרוחב 70 ס"מ אמצע יוני	ריסוס משולב בריגאליס : 50 גרם לדונם בתחילת פריחה. 100 גרם לדונם בנשירת עלי כותרת. 100 גרם לדונם 15 יום מאוחר יותר. ריסוס רביעי 50 גרם לדונם 20 יום אחרי ריסוס שלישי.
3	סטרקינג (טופ רד)	מרום גולן (אבנר) אלרום	הצרה איטית	סולקס	גיוזם חרפי 412 ענפים	ריסוס משולב בריגאליס : 50 גרם לדונם בתחילת פריחה. 100 גרם לדונם בנשירת עלי כותרת. 100 גרם לדונם 15 יום מאוחר יותר. ריסוס רביעי 50 גרם לדונם 20 יום אחרי ריסוס שלישי.
4	סטרקינג (טופ רד)	מרום גולן (אבנר) אלרום	הצרה איטית	סולקס	גיוזם חרפי 412 ענפים גיוזם קיצי לרוחב 1.1 מטר תחילת אוגוסט	ללא ריגאליס
5	סטרקינג (טופ רד)	מרום גולן (אבנר) אלרום	הצרה בינונית	סולקס	גיוזם חורפי של 614 ענפים	ריסוס משולב בריגאליס : 50 גרם לדונם בתחילת פריחה. 100 גרם לדונם בנשירת עלי כותרת. 100 גרם לדונם 15 יום מאוחר יותר. ריסוס רביעי 50 גרם לדונם 20 יום אחרי ריסוס שלישי.
6	סטרקינג (טופ רד)	מרום גולן (אבנר) אלרום	הצרה בינונית	סולקס	גיוזם חורפי של 614 ענפים גיוזם קיצי לרוחב 1.1 מטר תחילת אוגוסט	ריסוס משולב בריגאליס : 50 גרם לדונם בתחילת פריחה. 100 גרם לדונם בנשירת עלי כותרת. 100 גרם לדונם 15 יום מאוחר יותר. ריסוס רביעי 50 גרם לדונם 20 יום אחרי ריסוס שלישי.

מס' טיפול	זן	מטע	טיפול	עיצוב	גיוזם	ריסוסי עצירת צימוח
1	סטרקינג (טופ רד)	מרום גולן (אבנר) שורה צרה	ביקורת ללא טיפול	הצרה חורפית	גיוזם חורפי לרוחב 80	

מס' טיפול	זן	מטע	טיפול	עיצוב	גיוזם	ריסוסי עצירת צימוח
1	קריפס פינק (פינק לידי)	אלרום מרום גולן מנרה	ביקורת	סולקס		ריגאליס כפול : 200 גרם לדונם בנשירת עלי כותרת. 100 גרם לדונם אחרי 30 יום
2	קריפס פינק (פינק לידי)	אלרום מרום גולן מנרה	הצרה קיצית		גיוזם שדירה קיצי גיוזם שדירה קיצי לרוחב 70 יוני	ריגאליס כפול : 200 גרם לדונם בנשירת עלי כותרת. 100 גרם לדונם אחרי 30 יום
3	קריפס פינק (פינק לידי)	אלרום מרום גולן מנרה	הצרה איטית	סולקס	גיוזם חרפי 2 ענפים גיוזם שדירה קיצי לרוחב 70 יוני	ריגאליס כפול : 200 גרם לדונם בנשירת עלי כותרת. 100 גרם לדונם אחרי 30 יום
4	קריפס פינק (פינק לידי)	אלרום מרום גולן מנרה	הצרה בינונית	סולקס	גיוזם חורפי של 4 ענפים	ריגאליס כפול : 200 גרם לדונם בנשירת עלי כותרת. 100 גרם לדונם אחרי 30 יום
5	קריפס פינק (פינק לידי)	אלרום מרום גולן מנרה	הצרה בינונית	סולקס	גיוזם חורפי של 4 ענפים גיוזם שדירה קיצי לרוחב 70 יוני	ריגאליס כפול : 200 גרם לדונם בנשירת עלי כותרת. 100 גרם לדונם אחרי 30 יום

תמונה 1: גיוזם בחלקות. ימין למעלה – עץ במרום גולן ללא ניקוי ארובה. שני מימין – עץ במרום גולן לאחר ניקוי ארובה. שלישי מימין – עץ ביקורת מהזן סטרקינג באלרום ללא הסרת ענפים. שמאלי – עץ מהזן סטרקינג לאחר הסרת 2 ענפים באלרום	
---	--

תוצאות:

טיפולים לשיפור צבע ומעקב אחר פיגמנטים ומדדי הבשלה:

במהלך שנות המחקר נעשה מעקב מפורט אחר מדדי הבשלה (קשיות, בריקס ואינדקס עמילן) והצטברות אנטוציאנינים בקליפת התפוח. מעקבים נעשו באזורים שונים ובעיצובים שונים כפי שמפורט בדוחות קודמים. מתאם בין מדדי ההבשלה השונים לבין רמת האנטוציאנינים נעשה מכלל הנתונים שנאספו החל מחודש לפני הקטיף ועד לקטיף עצמו (טבלה 3). נמצא כי קיים מתאם שלילי מובהק בין הקשיות לריכוז האנטוציאנינים בקליפה בשני הזנים הנבחנו. בנוסף נמצא מתאם חיובי מובהק בין אינדקס העמילן לריכוז האנטוציאנינים בשני הזנים כאשר בזן קריפס פינק מתאם זה חזק במיוחד (Pearson $r = 0.8$). מתאם בין אחוז הסוכר (בריקס) לבין ריכוז האנטוציאנינים נראה בסטרקינג בלבד. מתאם זה היה הגבוה ביותר בזן זה.

טבלה 3: מתאם פרסון בין מדדי ההבשלה השונים כפי שנאספו במהלך שנות המחקר לבין ריכוז האנטוציאנינים בקליפת הפרי. מדדי הבשלה נאספו אחת לשבוע כאשר נבחרו מדדים החל מחודש לפני הקטיף ועד למועד הקטיף המסחרי. מדדי קשיות (ליברה כוח) ועמילן (אינדקס עמילן) נבדקו במעבדה כמקובל (Li and yuan, 2008). הקושיות נבדקה במד לחץ על סטנד בראש הגדול 11 מ"מ. בדיקת אנטוציאנינים כללית נעשתה במיצוי אתנולי 80%. קליפה קולפה מ 4 צדדים מכל תפוח ו 2 דסקיות הוכנו מכל רצועת קילוף. מיצוי נעשה ב 65°C למשך שתיים ואנטוציאנינים נבדקו על ידי קריאה באורך גל של 520 ננומטר. מבחן סטטיסטי ובדיקת ערכי P נעשה בתכנת Excel.

זן	גורמי מתאם	מבחן פרסון	P Value
קריפס פינק	בריקס לאנטוציאנינים	0.3	0.023547
קריפס פינק	קשיות לאנטוציאנינים	-0.5	6.67E-06
קריפס פינק	עמילן לאנטוציאנינים	0.8	1.34E-14
סטרקינג (טופ רד)	בריקס לאנטוציאנינים	0.6	1.31E-05
סטרקינג (טופ רד)	קשיות לאנטוציאנינים	-0.5	0.000296
סטרקינג (טופ רד)	עמילן לאנטוציאנינים	0.5	0.000651

בנוסף נבדק מתאם בין מדדי ההבשלה השונים (טבלה 4). מתאם זה נבדק על מדדי פרי שנבדקו ב 2021 בלבד. נמצא כצפוי מתאם שלילי בין קשיות לאינדקס העמילן כך שכלל שמתקדמת ההבשלה יורדת רמת העמילן בפרי (עליה באנדקס) ויורדת רמת הקשיות. מתאם חיובי נמצא בין רמת הבריקס לאינדקס העמילן כאשר פירוק העמילן מוביל לעליה בבריקס. יחד עם זאת נמצאו הבדלים בין הזנים כאשר מתאם בין עמילן לבריקס בפינק עמד על 0.8 ואילו בסטרקינג על 0.6 בלבד. נראה על כן כי בקריפס פינק מקור הסוכר העיקרי בהבשלת הפרי הוא העמילן הנצבר במהלך התפתחות הפרי ואילו בסטרקינג יתכן כי במקביל לפירוק העמילן מקור הסוכר לפרי הוא גם בעץ עצמו.

טבלה 4: מתאם פרסון בין מדדי ההבשלה השונים כפי שנאספו במהלך 2021. מדדי הבשלה נאספו אחת לשבוע כאשר בכל שבוע נאספו כ 72 פירות מכלל טיפולי ההסבה כפי שפורט לעיל. נבחרו מדדים החל מחודש לפני הקטיף ועד למועד הקטיף המסחרי. מבחן סטטיסטי נעשה כמתואר בטבלה 3.

זן	גורמי מתאם	מבחן פרסון	P Value
קריפס פינק	קשיות לעמילן	-0.6	1.41462E-36
קריפס פינק	בריקס לעמילן	0.8	6.2768E-72
סטרקינג (טופ רד)	קשיות לעמילן	-0.5	2.38856E-23
סטרקינג (טופ רד)	בריקס לעמילן	0.6	8.27273E-39

כפי שדווח בדוחות קודמים נמצא כי ריכוז האנטוציאנינים בפרי החיצוני החשוף לשמש גבוה פי 1.5 ביחס לפרי הפנימי בשני הזנים. במקביל נמצא כי רמת הקרינה לה חשוף הפרי החיצוני גבוהה בפי 2.3 ו 2.5 בזן טופ רד ובזן קריפס פינק בהתאמה (טבלה 5). יחד עם זאת מתאם חיובי בין רמת הקרינה לה חשוף הפרי לבין רמת האנטוציאנינים בקטיף נמצא רק בזן קריפס פינק ולא בזן טופ רד (טבלה 5). בחלוקה לאזורים בעץ (פנימי או חיצוני) בזן קריפס פינק נמצא מתאם חיובי ($R^2 > 0.5$) הן בפירות פנימיים והן בחיצוניים. בטופ רד מאידך נמצא מתאם חיובי בפירות פנימיים בלבד ($R^2 = 0.5$) אך לא בפירות חיצוניים (נתונים לא מובאים).

טבלה 5: סיכום נתוני השוואה בין פירות חיצוניים לפנימיים בזנים טופ רד וקריפס פינק ובחינת מתאם בין קרינה לצבע. הטבלה מייצגת את כלל הנתונים שנאספו בשנות המחקר. מתאם וערך R^2 חושבו בתכנת Excel מנתוני ריכוז האנטוציאנינים בקטיף כפי שמתואר בטבלה 3 ומסה"כ הקרינה שנמדדה בעצים לאורך עונת הגידול.

יחס	זן	ריכוז אנטוציאנינים	עצמת תאורה
יחס בין פירות פנימיים לחיצוניים	טופ רד	1.48	2.3
יחס בין פירות פנימיים לחיצוניים	קריפס פינק	1.45	2.5
מתאם	זן	משוואת הקו הישר	R^2
מתאם בין ריכוז אנטוציאנינים לקרינה	טופ רד	$y = 0.11x + 5.8$	0.26
מתאם בין ריכוז אנטוציאנינים לקרינה	קריפס פינק	$y = 0.0001x + 0.8$	0.635

דגם ביטוי גנים במסלול ביוסינטזה של אנטוציאנינים נבדק בניסויים השונים הן בזן קריפס פינק בפירות חיצוניים ופנימיים והן בזן טופ רד בפירות פנימיים בלבד. בזן קריפס פינק (טבלה 6) נמצא מתאם מובהק בין ריכוז האנטוציאנינים בקטיפ לבין דגם ביטוי הגנים MdPAL, MdCHS, MdMYB10 בפירות חיצוניים ופנימיים ובין ריכוז האנטוציאנינים לבין דגם ביטוי הגן MdUGFT בפירות פנימיים בלבד. דגם ביטוי הגנים השונים השתנה לאורך תקופת ההבשלה כאשר על פי רוב דגם ביטויים עלה לקראת הקטיפ (פירוט בדוחות השנים הקודמות). בזן טופ רד לא נמצא מתאם מובהק בין דגם ביטוי הגנים השונים לריכוז האנטוציאנינים (טבלה 6). מעקב אחר דגם ביטוי גנים אלה בזן טופ רד נעשה רק לקראת הבשלה (החל מחודש לפני קטיפ) ויתכן כי דגם ביטוי הגנים משתנה לפני כן.

טבלה 6: מתאם פירסון בין ביטוי הגנים המעורבים במסלול ביוסינטזה של אנטוציאנינים לבין ריכוז האנטוציאנינים בקטיפ. ביטוי הגנים היחסי נבדק במכשיר quantitative real-time RT-PCR. רצף הפריימרים לגנים MdCHS, MdMYB10 ואקטין כגן ביקורת הוא כפי שפורסם בעבודתו של (Ben-yehudah et al. 2016). רצף הפריימרים לגנים MdPAL ו-MdUGFT תוכננו באתר ה-NCBI על פי רצפים הומולוגים מתפוח לגנים האמורים. ממוצעים ושגיאות תקן חושבו מ-3 חזרות (עץ לחזרה), מכל עץ נאספו 5 תפוחים מענפים חיצוניים או מענפים פנימיים בזן קריפס פינק ומענפים פנימיים בלבד בזן טופ רד. מבחן פרסון חושב כמתואר בטבלה 3. $p < 0.05$ *

בפירות פנימיים	MdMYB10	MdCHS	MdPAL	MdUGFT
קורלציה בין דגם ביטוי הגן לרמת אנטוציאנינים בקטיפ בזן קריפס פינק בענפים חיצוניים	0.7*	0.8*	0.6*	0.3
קורלציה בין דגם ביטוי הגן לרמת אנטוציאנינים בקטיפ בזן קריפס פינק בענפים פנימיים	0.8*	0.9*	0.5*	0.5*
קורלציה בין דגם ביטוי הגן לרמת אנטוציאנינים בקטיפ בזן טופ רד בענפים פנימיים	0.08	0.43	0.36	0.3

בדוחות השנתיים הראשונות בחנו את הרכב הפנולים והאנטוציאנינים בקליפת הזנים טופ רד וקריפס פינק. נמצא כי הפנולים העיקריים בשני הזנים הם Quercetin1, Quercetin3, Quercetin5 ו-Quercetin7. האנטוציאנין העיקרי בקליפת הפרי בשני הזנים הוא Cyanidin 3-galactoside (דוח שנה ראשונה – סטרקינג טופ רד ודוח שנה שנייה – קריפס פינק). בזמן ההבשלה נראו הבדלים ברמת האנטוציאנינים בין הטיפולים השונים (ראה דוחות קודמים) אבל לא נמצאו הבדלים ברמת הפנולים.

כפי שדווח בדוח שנה שנייה מצאנו כי בזן קריפס פינק טמפ' גבוהות בספטמבר מובילות לירידה בצבע בקטיפ. זאת במקביל לירידה בדגם ביטוי הגן MdUGFT (דוח שנה 2). בכל שנות המחקר בחנו חומרים שונים לשיפור רמת הצבע בקטיפ הזן קריפס פינק. בין החומרים שנבדקו בחנו מגנזיום בריכוזים שונים, ציטוקינים שונים וחומרים מסחריים כגון בלאש (מתיל ג'יסמונאט). בשנת הניסוי הראשונה נראה שיפור ברמת הצבע בטיפול המגנזיום. בשנת הניסוי השנייה נראה שיפור בצבע בטיפול ציטוקינין BA כפול ובטיפול ציטוקינין BA בשילוב עם מגנזיום (דוח שנה ראשונה ושנייה). בשנת המחקר האחרונה חזרנו על הטיפולים המיטביים כאשר בנוסף בחנו 2 אסטרטגיות נוספות לשיפור צבע. טיפול בחומצה אסקורבית בספטמבר להתמודדות עם נזקי חמצון וצינון התנדפות. מניית תוצאות השנים הקודמות עלתה השערת המחקר לפיה הפגיעה בצבע כתוצאה מטמפ' גבוהות בספטמבר מקורה בעליה ברמת הרדיקאלים החופשיים בקליפת הפרי והסטת מסלול הפנילפרנאידים ליצירת פלבנואידים מנגזרת Quercetin במקום אנטוציאנינים. על מנת ולנסות למתן את רמת הרדיקאלים החופשיים (גם לפני בחינה מעמיקה של השערה זו שתעשה בשנים הבאות) טיפלנו בעץ בחומצה אסקורבית הידועה כנוגדת חמצון. טיפול נעשה בחומצה אסקורבית נקיה תוצרת סיגמא בתוספת שטח. בנוסף בחנו צינון התנדפות לקירור הפרי. בשנת המחקר הנוכחית בחנו צינון התנדפותי במשך כל השנה במטע עין זיוון. זאת על מנת לבחון את יעילות השיטה. מעל העצים הוצבה מערכת צינון של חברת נטפים. לאחרונה פותח ע"י חברת נטפים ממטירון חדשני בשם Pulsar,

המאפשר לעבוד במערכת זו בספיקות נמוכות ומערכת הובלה (צנרת) מצומצמת. במערכת כזו ניתן לקבוע באמצעות מחשב השקיה פשוט בתכנון מראש ולפי טמפי' את מועדי ההמטרה במהלך היום ולאורך תקופת הגידול. מערכת הצינון החלה לפעול במאי על מנת לקרר את הפרי למניעת סדקים בשלב זה. איכות מי ההשקיה במטע נמוכה ורמת המלחים גבוהה. בשל כך נראו נזקים לעלים שהלכו והצטברו עד לשריפת העלים ונשירתם (תמונה 2). בנוסף כתוצאה מנשירת העלים המוקדמת עלה אחוז הסדקים בטיפול ועמד על 20% לעומת 4% בלבד בביקורת (תוצאות לא מובאות). נזקים דומים לעלים דווחו גם בניסויים במנגו. נראה על כן כי יש להשתמש במערכת בזהירות. בשנה הנוכחית נפעיל את המערכת במהלך חודש ספטמבר בלבד.



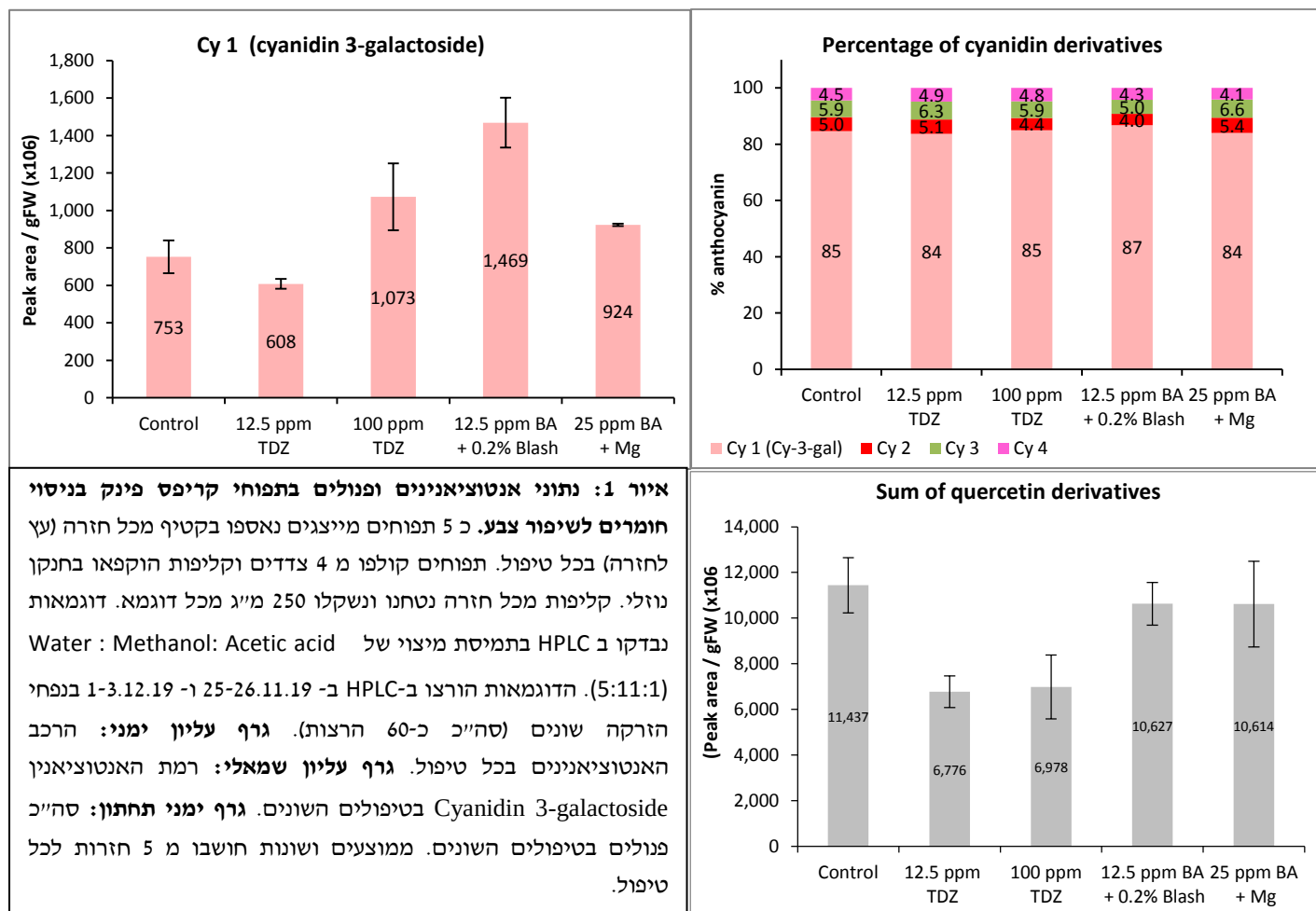
תמונה 2: עצי קריפס פינק בעין זיוון לפני הקטיף. משמאל עצים שצוננו במהלך השנה ושנשרו בהם העלים. מימין עצי הביקורת.

בחינת טיפולים לשיפור צבע בזן קריפס פינק נעשתה במטע מרום גולן. עצים אחידים סומנו טופלו בתכשירים הראשוניים כחודש לפני קטיף וכשבועיים לפני קטיף בטיפול כפול או כשבועיים לפני קטיף בלבד בטיפול יחיד (טבלה 7). טיפול בחומצה אסקורבית ניתן בשלושה מועדים: ראשון לספטמבר, 15 לספטמבר ותחילת אוקטובר. במועד הקטיף נלקחו דגימות לפירות מייצגים מכל עץ ונשלחו למיון בבית האריזה בראשית (טבלה 7). נמצא כי אחוז הפרי ברמת צבע C4 (רמת הצבע הגבוהה ביותר) היה בטיפול ה TDZ בריכוז של 100 חלקי מיליון. טיפול זה נבדל במובהק מהביקורת. טיפול ה BA שניתן בשני מועדים ב 10 לאוקטובר וב 20 לאוקטובר בשילוב עם בלאש שניתן ב 27 לאוקטובר היה השני בטיבו אך טיפול זה לא נבדל במובהק מהביקורת. יש לציין כי בטיפול זה רמת קשיות הפרי הייתה הגבוהה ביותר (תוצאות לא מובאות). טיפול החומצה האסקורבית לא נבדל מהביקורת. בבדיקת רמת העמילן בקטיף לא נראו הבדלים בין הטיפולים ורמת העמילן עמדה על אינדקס 9. גבוה מהרצוי. השפעת הציטוקנין על צבע הפרי אינה ברורה. אחת מהשערות המחקר הייתה כי ריסוס בציטוקנין משפר את קיבוע הפחמן בעלים ובכך עולה זמינות הסוכר בפרי המהווה סיגנל לביוסינטזה של ציטוקינים. בהתאם בדקנו בעזרת מכשיר ליקור את קצב קיבוע הפחמן כשבוע לאחר יישום הציטוקנין בעלים. לא נראו הבדלים בין הטיפולים השונים הן ברמת קצב קיבוע הפחמן ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) והן במוליכות הפיוניות (נתונים לא מובאים).

טבלה 7: אחוז פרי ברמת צבע C4 ו אחוז פרי גדול מ 70 מ"מ בניסוי בחינת חומרים לשיפור צבע בזן קריפס פינק במרום גולן: במועד הקטיף נקטפו מדגמים של 50 פירות לעץ מעצי המבחן ונשלחו למיון במערך המיון בראשית. מיון לצבע נעשה בצילום של אחוז כיסוי הפרי. פרי ברמת צבע C4 הוא האדום ביותר ופודה את המחיר הגבוה ביותר. גודל פרי מוין במערך המיון בהתאם לקוטר (פרי הפודה את המחיר המיטבי הוא פרי הגדול מ 70 מ"מ) ממוצעים ושוונות חושבו בתכנת JMP מ 3 חזרות לטיפול (2 עצים - 100 פירות לחזרה).

טיפול		אחוז פרי בצבע C4		אחוז פרי גדול מ 70 מ"מ	
Control		25	B	A	30
2XBA 12.5ppm		28	B	A	50
Ascorbic acid 0.025%		28	B	A	16
BA 25ppm + MgSO4		29	AB	A	29
Thidiazuron 12.5ppm		31	AB	A	30
Thidiazuron 50ppm		37	AB	A	26
2XBA 12.5ppm + blush		48	AB	A	39
Thidiazuron 100ppm		56	A	A	35

בחינת הרכב אנטוציאנינים ופנולים בטיפולים השונים נעשתה במעבדה של דר' מיכל שמיר בטיפולים השונים. נבחנו טיפולי ה BA עם בלאש ומגנזיום וטיפול TDZ בריכוז של 12.5 ו 100 חלקי מיליון. בדומה לשנים קודמות נמצא כי האנטוציאנין העיקרי הוא Cyanidin 3-galactoside (איור 1). בבדיקה של רמת ה Cyanidin 3-galactoside נראה כי רמתו היא הגבוהה ביותר בטיפול ה BA בתוספת בלאש. בבדיקה של רמת הפנולים נמצא כי אין הבדל בין נגזרות ה quercetin בביקורת ובטיפול ה BA השונים אך חלה ירידה מובהקת ברמתם בטיפול ה TDZ (איור 1).



הסבת מטעים קיימים:

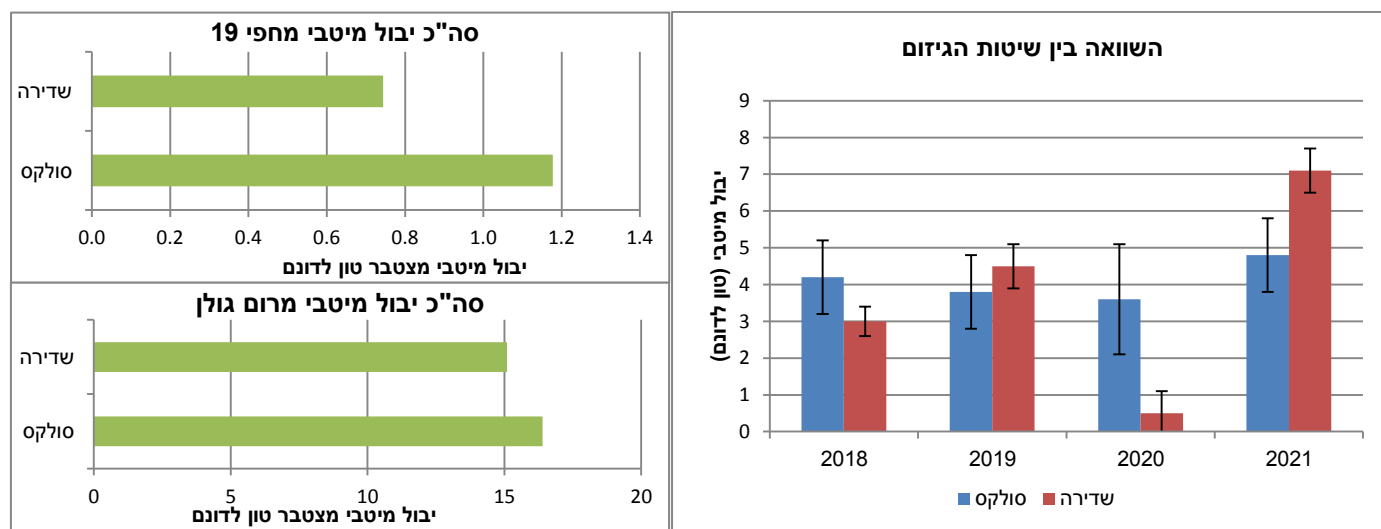
תוצאות סטרקינג (טופ רד)

כאמור בשתי השנים האחרונות נבחנות שיטות ההצרה השונות במטע אלרום ומטע מרום גולן (אבנר) כפי שמפורט בפרק השיטות. מעקב הבשלה נעשה במטע אלרום לאורך העונה ובקטיפ נקטף כל עץ בנפרד ונשלח למערך המיון המדגמי של בית האריזה בראשית. בהשוואת מדדי הבשלה בין השיטות (טבלה 8) נמצאו הבדלים מובהקים אך קטנים כאשר רמת הקשיות הנמוכה ביותר נראתה בטיפול ההצרה הקיצית במקביל לרמת העמילן הגבוהה ביותר. נתונים אלו מצביעים על הקדמה בהבשלה של טיפול זה אם כי רמת הבשלת הפרי הייתה טובה בקטיפ גם בטיפול המתקדם ביותר.

טבלה 8: מדדי הבשלה בקטיפ באלרום. מדדי הבשלה נאספו כמתואר בטבלה 3. ממוצעים ושונות חושבו בתכנת JMP.

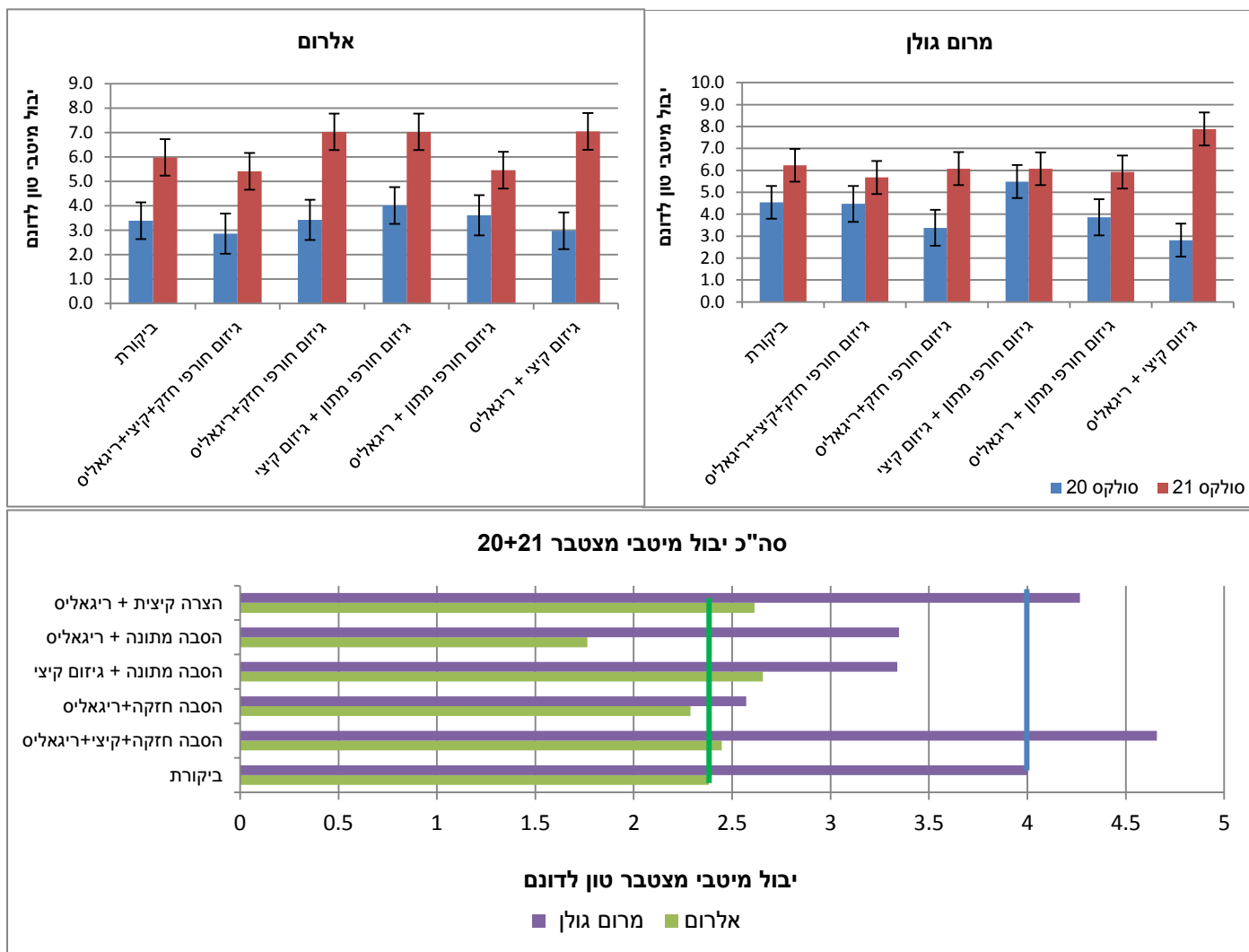
טיפול		קשיות (ליברה)		בריקס		עמילן	
הצרה קיצית		16.3	B	11.5	AB	6.9	A
הסבה איטית		16.9	AB	10.7	B	5.5	BC
הסבה איטית + גיזום קיצי		18.0	A	11.0	AB	5.8	ABC
הסבה בינונית + גיזום קיצי		16.7	B	10.9	AB	6.0	ABC
ביקורת		17.4	AB	11.7	A	5.3	C
הסבה בינונית		17.2	AB	11.0	AB	6.5	AB

במרום גולן נעשה מעקב במשך כל שנות המחקר אחר שיטות ההצרה השונות הכוללות סילוק ענפים בסולקס, הצרה חורפית והצרה קיצית. ב 4 שנות המחקר נעשתה השוואה בין עיצוב הסולקס בו הוסרו צימוחים פנימיים ליצירת ארובה ולא הוסרו ענפי שלד לבין עיצוב השדירה בו נגזמו ענפים לרוחב 80 ס"מ מכל צד בחורף (איור 2). בטיפול זה לא נגזמו ענפים פנימיים. מחיר התפוח מושפע מהצבע ומגודלו בקטיף כאשר הגודל המועדף הוא בין 70 ל 80 מ"מ. על מנת לנרמל את השפעת הגיזום על איכות התפוח חושב היבול המיטבי כטון לדונם בכל שנה. נלקחו לחישוב רק תפוחים שסווגו בצבע 4 ו 5 ושגודלם הוא בין 70 ל 80 מ"מ. חושב ממוצע היבול של תפוחים אלו בכל טיפול והוכפל במספר העצים לדונם בחלקה. נראו הבדלים בין השנים כאשר ב 2018 ו 2020 היבול המיטבי בטיפול הסולקס היה גבוה ביחס לשדירה ואילו ב 2019 ו 2021 היבול המיטבי היה גבוה בטיפול השדירה. בבחינה של יבול מיטבי מצטבר (איור 2) נראה כי במרום גולן קיים יתרון לעיצוב הסולקס ושה"כ היבול המיטבי המצטבר עמד על 16.4 טון לעומת 15.1 טון בגיזום השדירה החורפית. בבחינה של נתוני היבול המצטבר ממטע מחפי שנבדק ב 2019 בלבד נראתה מגמה דומה כאשר יבול מיטבי בעיצוב הסולקס היה גבוה בפי 1.7 ביחס להצרה החורפית.



איור 2: יבול מיטבי ב 4 שנות המחקר במרום גולן ויבול מיטבי מצטבר. מימין יבול מיטבי בכל שנת מחקר בהשוואה בין עיצוב הסולקס להצרה הקיצית. יבול מיטבי חושב ממשקל הפרי שגודלו בין 70 ל 80 מ"מ (גודל מיטבי בסטרקינג) ורמת הצבע שלו 4 ו 5 (רמת צבע מרבית). פרי זה פודה את המחיר הגבוה ביותר. חישוב נעשה עבור כל עץ והוכפל במספר העצים לדונם. ממוצעים ושגיאות תקן חושבו בתכנת JMP. משמאל יבול מיטבי מצטבר במטע מחפי (2019 בלבד) ומטע מרום גולן (יבול 2018 + 2019 + 2020 + 2021).

בבחינה של היבול המיטבי בשיטות ההצרה השונות (איור 3) נמצאו הבדלים בין השנים הן באלרום והן במרום גולן. במרום גולן נראה כי ההצרה הקיצית פגעה ביבול המיטבי בשנת היישום הראשונה 2020 אך היבול המיטבי היה הגבוה ביותר בטיפול זה ב 2021. באלרום מאידך לא נמצאו הבדלים מובהקים ביבול המיטבי ביחס לביקורת באף אחת משיטות הגיזום. בבחינה של יבול מצטבר בשתי שנות המבחן נראה כי היבול המיטבי גבוה במרום גולן בכל הטיפולים ביחס לאלרום. יש לזכור כי מטע מרום גולן מכוסה ברשת. בנוסף נמצא כי במרום גולן יבול מיטבי מצטבר הן בטיפול ההצרה הקיצית והן בטיפול ההסבה החורפית החזק בשילוב עם ריגאליס גבוה ביחס לביקורת. באלרום נמצא כי הן טיפול ההצרה הקיצית והן טיפול ההסבה המתונה בשילוב עם גיזום קיצי טובים מהביקורת.



איור 3: יבול מיטבי ב 2 שנות המחקר במרום גולן ואלרום ויבול מיטבי מצטבר בשיטות ההצרה השונות לעיצוב הסולקס. מימין יבול מיטבי בכל שנה בנפרד במרום גולן. משמאל יבול מיטבי בכל שנה בנפרד באלרום. למטה יבול מיטבי מצטבר בשתי שנות המחקר במרום גולן (סגול) ובאלרום (ירוק). יבול מיטבי, ממוצעים ושונות חושבו כמתואר באיור 2.

מטרת הניסוי הייתה שיפור צבע הפרי בקטיף. יחד עם זאת אחת ממטרות המשנה של ענף התפוח היו הצרת המטע על מנת לאפשר הכנסת במות קטיף למטע. בעוד שבהצרה החורפית התקבלו צימוחים חזקים בעיקר בשנת ה Off והעץ חזר לגודלו בהצרה הקיצית נשאר העץ צר גם בשנה העוקבת (תמונה 3). נראה על כן כי שיטת הצרה זו טובה ומתאימה לתפוח סטרקינג. יש לציין כי אחוז מכות השמש לא נבדל בין הטיפולים השונים ועמד על 1% באלרום ו 0.5% במרום גולן (נתונים לא מובאים).



תמונה 3: עצי הגבול בהצרה הקיצית בחלקת אבנר. מימין צילום של עץ גבול ולאחריו עצי הביקורת. משמאל מבט מרוחק יותר. ניתן לראות את הפרי החשוף בהצרה הקיצית.

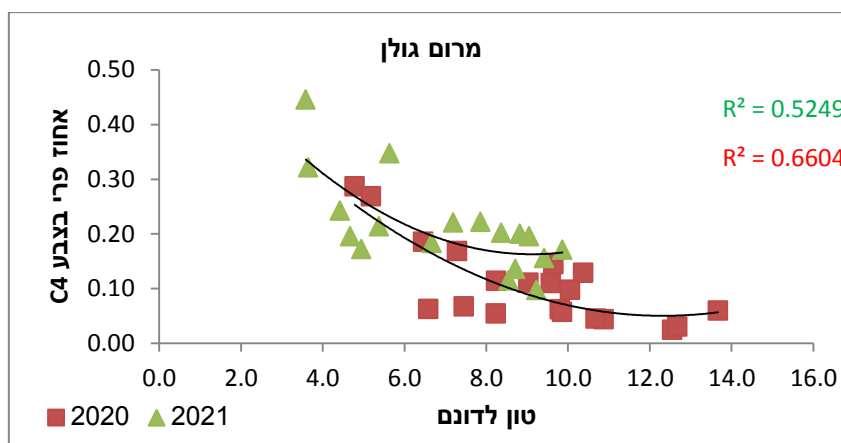
קריפס פינק (פינק לידי)

כאמור כפי שצוין לעיל בשתי השנים האחרונות נבחנות שיטות ההצרה השונות במטע אלרום, מטע מרום גולן ומטע מנרה כפי שמפורט בפרק השיטות. מעקב הבשלה נעשה במטע אלרום לאורך העונה ובקטיף נקטף כל עץ בנפרד בכל טיפול בכל חלקה ונשלח למערך המיון המדגמי של בית האריזה בראשית. בהשוואת מדדי הבשלה בין הטיפולים (טבלה 9) לא נמצאו הבדלים מובהקים ברמת הקשיות בין שיטות ההצרה השונות. הבדלים ברמת העמילן והבריקס היו מובהקים אבל קטנים כאשר הן בהצרה הקיצית והן בהצרה האיטית רמות העמילן היו הנמוכות ביותר. ההצרה הקיצית נבדלה במובהק מהביקורת. רמת אינדקס עמילן נמוכה מצביעה על הבשלה מאוחרת.

טבלה 9: מדדי הבשלה בקטיף הזן קריפס פינק באלרום. מדדי הבשלה נאספו כמתואר בטבלה 3. ממוצעים ושונות חושבו בתכנת JMP.

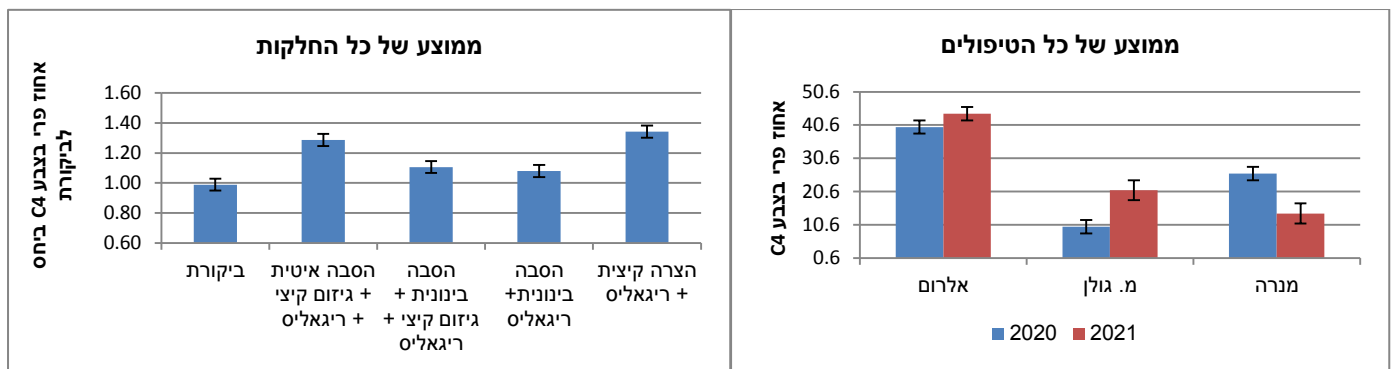
טיפול	קשיות (ליברה)	בריקס	אינדקס עמילן
הצרה קיצית	16.0 A	15.2 AB	6.4 B
הצרה איטית	16.4 A	14.6 B	6.5 AB
הצרה בינונית	16.9 A	15.3 AB	7.3 AB
ביקורת	16.9 A	15.6 A	7.8 A
הצרה בינונית ללא גיזום קיצי	16.9 A	15.6 A	7.4 AB

כפי שדווח בעבר חלה ירידה באחוז הפרי הצבעוני ככל שרמת היבול עולה (דורון וחובריו 2014). מניתוח כלל הנתונים בעבודה זו נמצא מתאם שלילי מובהק ($R^2 > 0.5$) בשתי השנים הנבחנות כך שאחוז הפרי ברמת הצבע הגבוהה C4 יורד עם העלייה ביבול (איור 4). יחד עם זאת נראתה שונות בין השנים כאשר ב 2020 אחוז הפרי בצבע 4 מיבול של 6 טון ומעלה עמד על 10% בממוצע ואילו ב 2021 שהייתה שנה פחות חמה אחוז הפרי בצבע 4 מיבול זה ומעלה עמד על 20%.



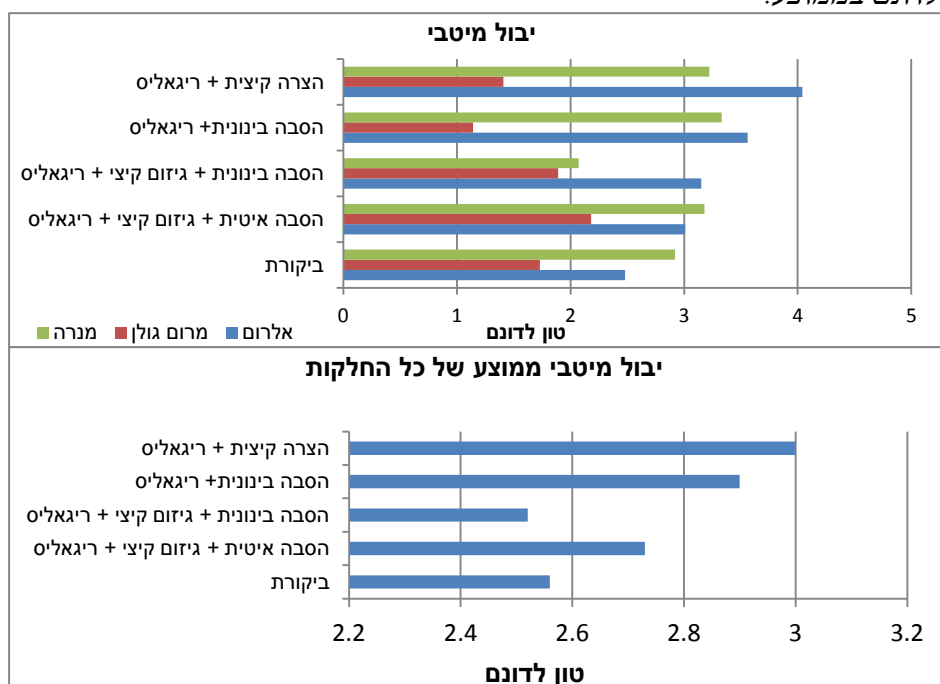
איור 4: מתאם פולינומי בין היבול (כטון לדונם) לבין אחוז הפרי ברמת צבע C4. נתונים נאספו מכלל הטיפולים בשלושת המטעים הנבחים. כל שנה נבחנה בנפרד.

בבחינה של אחוז פרי בצבע C4 בכלל הטיפולים בכל חלקה הן ב 2020 והן ב 2021 נראו הבדלים מובהקים בין החלקות (איור 5). נמצא כי באלרום מתקבל הצבע הטוב ביותר ולא נראו הבדלים בין השנים השונות. מאידך הן במרום גולן והן במנרה רמת הצבע נמוכה יותר כאשר במרום גולן אחוז הפרי ברמת צבע 4 היה נמוך ב 2020 וגבוה ב 2021 ואילו במנרה התוצאה הפוכה. על מנת לנרמל את החלקות השונות ואת השנים חושב אחוז הפרי ברמת צבע 4 בכל טיפול ביחס לממוצע הביקורת בכל חלקה ושנה. נמצא כי אחוז הפרי ברמת צבע 4 היה הגבוה ביותר ביחס לביקורת בכלל החלקות ובשתי השנים בטיפול ההצרה הקיצית וההסבה האיטית הכוללת גם גיזום קיצי וטיפול בריגאליס (איור 5).



איור 5: אחוז הפרי ברמת צבע 4 בחלקות השונות בשתי שנות הניסוי ואחוז הפרי ברמת צבע 4 ביחס לביקורת בכלל החלקות והשנים. מימין - ממוצע של אחוז הפרי ברמת צבע 4 בכלל הטיפולים בכל חלקה ובכל שנה. משמאל - אחוז הפרי בצבע 4 ביחס לביקורת. בכל טיפול בכל חלקה ובכל שנה חולק אחוז הפרי בצבע 4 בכל חזרה בממוצע הביקורת. כך שערך הביקורת 1. ערכים גדולים מ 1 מייצגים עליה באחוז הפרי ברמת צבע 4 ביחס לביקורת.

בבחינה של יבול מיטבי מצטבר ב 2 שנות המבחן (אחוז פרי גדול מ 70 מ"מ ברמת צבע C4) נמצא כי הן באלרום והן במנרה הטיפולים הטובים ביותר היו טיפול ההצרה הקיצית וטיפול ההסבה הבינונית (איור 6). מאידך במרום גולן הטיפול הטוב ביותר היה טיפול ההסבה האיטית הכולל גיזום קיצי ואילו טיפולי ההצרה הקיצית וההסבה הבינונית פגעו ביבול המיטבי ביחס לביקורת. בבחינה של ממוצע כלל החלקות והשנים נמצא כי טיפול ההצרה הקיצית הוביל ליבול המיטבי הגבוה ביותר של כ 3 טון לדונם בממוצע.



איור 6: יבול מיטבי מצטבר בטיפולים השונים. יבול מיטבי מצטבר חושב כאחוז הפרי הגדול מ 70 בכל טיפול שרמת הצבע שלו היא C4. זהו הפרי הפודה את המחיר הגבוה ביותר. גרף עליון מייצג יבול מיטבי מצטבר בכל חלקה בנפרד. גרף תחתון מייצג ממוצע של יבול מיטבי מצטבר מכלל החלקות.

דיון:

צבירת הצבע בשני הזנים:

לצבעו של התפוח יש משמעות רבה כאשר הוא מוצע לשיווק ותפוחים בעלי נראות וצבע מיטביים, מושכים מטבעם את הצרכן (Ritenour and Khemira 2007). לפיכך, לחקלאים יש אינטרס ברור לשווק תפוחים אדומים ויפים, שיתומחרו במחירים גבוהים. צבעו של התפוח נובע משילוב בין תרכובות שונות בקליפתו כאשר אנטוציאנינים הם התורמים העיקריים

לגוון האדום בפרי. בעבודה הנוכחית נמצא כי בשני הזנים קריפס פינק וסטריקניג האנטוציאנין העיקרי הוא 3-cyaniding-galactoside (idaen) וזאת בהתאם לידוע מהספרות (Jancaster and Dougall., 1992). בתפוח ישנם שני שלבים המאופיינים בהצטברות אנטוציאנינים: בראשית התפתחות הפרי ובשלב מאוחר יותר בסמיכות להבשלה (Ritenour and Khemira 2007). הגורמים המשפיעים על התפתחות הצבע בתפוח במהלך ההבשלה נחלקים לגורמים ביוטיים וגורמים אביוטיים. בין הגורמים הביוטיים ניתן למנות זמינות סוכרים כאשר במינים רבים ובניהם התפוח עליה בריכוז הסוכר המסיס בשלב ההבשלה מובילה לעליה בביוסנטזה של אנטוציאנין (Chang et al., 2003). בסטריקניג בזן טופ רד נמצא מתאם חיובי ($R^2 > 0.5$) בין הבריקס לרמת האנטוציאנינים. מתאם חיובי נמצא גם בין אינדקס העמילן לאנטוציאנינים ומתאם שלילי מובהק נמצא בין רמת האנטוציאנינים לקושיות. בזן קריפס פינק מאידך נמצא מתאם חיובי מובהק בין אינדקס העמילן לצבע אך לא בין רמת הבריקס לצבע. מאחר וכפי שדווח בעבר רק לאחר שהחל תהליך פירוק עמילן וזמינות הסוכרים המסיסים עולה מתחילה צבירת האנטוציאנינים בפרי (Espley et al., 2007; Ewa et al. 2006; Shafiq et al., 2014) יתכן כי בזן קריפס פינק פירוק העמילן מהווה את הסינגל לצבירת צבע במנותק מהשפעתו על רמת הבריקס בפרי. בזן טופ רד המתאם בין רמת הבריקס לאינדקס העמילן במבחן פרסון עמד על 0.6 ואילו בקריפס פינק על 0.8. נתון זה מצביע על האפשרות כי מקור הסוכר להבשלה בקריפס פינק הוא בעיקר העמילן הנצבר בפרי ואילו בטופ רד מגיע במקביל להבשלה גם סוכר מהעלים. אפשרות נוספת היא כי קיימת שונות ברגישות לסוכר במנגנון הביוסנטזה של האנטוציאנין בין הזנים השונים כך שעליה קלה בבריקס בטופ רד תוביל לצבירת צבע ואילו בקריפס פינק יש צורך ברמות סוכר גבוהות יותר להשריית ביוסנטזה של אנטוציאנין. הדיווח בספרות לפיו קיים מתאם בין מספר העלים לצבע וכי מתאם זה משתנה בין הזנים (Ritenour and Khemira 2007) תומך בהשערה כי קיים מתאם שונה בין סוכר לצבע בזנים השונים. בזן קריפס פינק נמצא מתאם בין דגם ביטוי הגנים במסלול הביוסנטזה של האנטוציאנינים לבין רמת האנטוציאנינים בקליפה. מתאם דומה לא נראה בזן טופ רד. זאת בניגוד לממצא לפיו חלה עליה בדגם ביטוי הגן MdUGT במקביל לצבירת הצבע בזן טופ רד (Ben-yehudah et al. 2016). יתכן והדיגום שנעשה בזן טופ רד היה מאוחר ודגם ביטוי הגנים מתחיל בשלב מוקדם יותר ביחס לדיגומים שנעשו. בשנים קודמות מצאנו מתאם שלילי בין טמפ' ספטמבר לצבע הזן קריפס פינק כאשר נראה כי התחממות בחודש זה (כחודש וחצי לפני קטיף) הובילה לירידה בדגם ביטוי הגן UFGT שהינו הגן האחרון במסלול הביוסנטזה של האנטוציאנין (Taiz and Zeiger, 2002). בשנה הנוכחית ביצענו ניסוי לצינון התנדפות. לצערנו טיפול זה לא צלח בשל איכות המים המהווה מגבלה בטיפול צינון התנדפותי במי ההשקיה. ניסוי זה יימשך בשנה הקרובה במימון ענף התפוח. יש לציין כי כפי שדווח בעבר (Ben-yehudah et al. 2016; Cheng et al. 2003; Ritenour and Khemira 2017; Takos et al. 2007) ונמצא גם בעבודה הנוכחית חייב הזן קריפס פינק בחשיפה טובה לשמש על מנת למצות את פוטנציאל הצבע. בזן טופ רד נמצא מתאם חיובי בין קרינה לצבע רק בתפוחים המוצלים ונראה כי כפי שדווח בעבר (שניידר וחובריה 2013) ונמצא גם בעבודה זו רמת הקרינה לה זקוק הזן נמוכה כך שאין בעיה להתפתחות הצבע בזן זה גם תחת רשתות. למעשה רמת הצבע במטע המכוסה הייתה גבוהה ביחס לרמת הצבע במטע החשוף ונראה כי הזן טופ רד מושפע יותר מטמפ' חיצונית מאשר מהצללה נמוכה.

בבחינת טיפולים שונים לשיפור הצבע בקריפס פינק נמצא כי טיפול בציטוקינין (BA) בשני יישומים נוסף של בלאש (מתיל ג'יסמונט) וטיפול ב TDZ בריכוז של 100 חלקי מיליון הובילו לשיפור בצבע מבלי לקדם הבשלה כפי שנמדד באינדקס העמילן. מעורבות ציטוקינין בביוסנטזה של אנטוציאנינים דווחה בעבר בארבידופסיס ונמצא כי ציטוקינין משמש כמטווח של סינגל הסוכרוז כך שהשפעתו היא במורד הזרם לעליה בסוכר המסיס (Kumar Das et al., 2012; Jaakola, 2013). בתפוח נמצא כי תוספת ציטוקינין כ BA או TDZ הובילה לשינוי ברמת האנטוציאנינים בתרבות רקמה בעקומת אופטימום כך שריכוזים גבוהים הובילו לעיכוב בצבירת האנטוציאנינים בעוד שריכוז אופטימלי הוביל לעליה ברמת האנטוציאנינים במקביל לעליה בדגם ביטוי גנים במסלול הביוסנטזה (Wang et al., 2018; Ji et al., 2014). שילוב הממצאים מרמז כי

יישום ציטוקינן לאחר תחילת פירוק העמילן ועליה בסוכר המסיס בקריפס פינק יוביל לשיפור ברמת הצבע דרך שפעול גנים במסלול האנטוציאנינים. ב 2019 נמצא כי יישום ריסוס במגנזיום בריכוז של 0.2% תרם אף הוא לצבע זאת בהתאם לעבודה שנעשתה בעבר במעבדה של דר' מיכל שמיר שמצאה כי מגנזיום הוביל לירידה ברמת פירוק האנטוציאנין בתגובה לחום בפרחים ובתרבות תאי ענבים (Shaked-Sachray et al., 2001; Sinilal et al., 2010; Nissim-levi et al., 2007). תוצאה זו לא חזרה ב 2021. בבדיקת קצב קיבוע הפחמן בעלים לא נראו הבדלים בין הטיפולים השונים וזאת בניגוד להשערה כי השפעת הציטוקינן היא דרך שיפור רמת קיבוע הפחמן וזמינות הסוכר לפרי. כריכת הממצאים מרמזת כי רגישות הזן קריפס פינק לסוכר נמוכה ביחס לטופ רד. יתכן כי בשל ההבשלה המאוחרת כאשר רמת הקרינה נמוכה זמינות הסוכר מהעלים בזמן הבשלת הזן קריפס פינק נמוכה ובהתאם מקור הסוכר העיקרי לקליפת הפרי הוא פירוק העמילן. יתכן על כן כי טיפולי ציטוקינן גורמים להגברת סיגנל הסוכר ולצבירת צבע גם ברמות פירוק עמילן נמוכות יחסית. בשנה הקרובה נבחן את טיפולי הציטוקינן ברמה חצי מסחרית.

הבדלי צבע בקטיפ בעיצובים השונים ובטיפולים השונים:

מרחק הנטיעה בין העצים משפיע על אופי הענפים נושאי הפרי ושיטת העיצוב הצירי. בהתאם ניתן להבחין בין עיצוב: "Solaxe" שמוט המאופיין בענפים ארוכים ושמוטים המתפצלים לענפי משנה נושאי פרי לבין עיצוב "Spindle" המאופיין בענפים שמוטים אך קצרים ללא ענפי משנה הנושאים מספר פירות (Musacchi and Green, 2017). עיצוב ה "Spindle" מאפשר הכנסת מיכון כגון במות קטיפ למטע המייעל את עבודת המטע ומוזיל עלויות (Sazo and Robinson, 2015). כאמור מטרת העבודה העיקרית הייתה . **פיתוח פרוטוקול הסבת מטע למטע צר לצורך שיפור חשיפת הפרי לאור וטיפול בצימוח הבא כתגובה לגיזום**. בהתאם הנחת העבודה הייתה כי הצרת המטע תוביל לשיפור בחשיפת הפרי לאור ולשיפור ברמת הצבע בקטיפ. בנוסף הצרה זו תאפשר הכנסת במות קטיפ לחיסכון בכוח אדם ושיפור איכות הפרי. במהלך 2018 ו 2019 הגיעו לביקור והדרכה 3 חוקרים בעלי שם עולמי: טרנס רובינסון ומריו סוזה ממדינת ניו יורק ואלברטו דוריאני מאיטליה. שלושת החוקרים הצביעו על הבעיה שבהסבת מטעים לשדירה והעלו חששות מפגיעה בפוריות והתמודדות קשה עם הצימוח החדש. שלושת החוקרים ציינו כי בהקפדה על שיטת השמוט ניתן להגיע לתוצאות טובות באיכות הפרי מבלי לפגוע בפוריות. ככלל נמצא כי באזורי העץ בהם רמת ההארה נמוכה מ 30% מעצמת ההארה החיצונית איכות הפרי ופוריות הפקעים נמוכה. בנוסף נמצא כי חדירת אור אפקטיבי דרך העלווה היא למטר אחד (Robinson et al., 1991). מאחר ובעיצוב השמוט "Solaxe" רוחב הנוף עולה על מטר איכות הפרי הפנימי נפגעת. בהתאם עיצוב בשיטה זו מחייב סילוק הפרי והצימוח הפנימי ליצירת ארובה המחדירה אור מפוזר לחובו של העץ (Lauri et al., 2002; Lauri & Lespinasse, 1997). במחקר הנוכחי נעשתה השוואה בין עיצוב שמוט משופר בו הקפדנו על ניקוי ארובה ושמירה על פרי ב 70 הס"מ החיצוניים לבין הסבת מטע לשדירה צרה. מסיכום כלל השנים נראה כי הן בסטרקינג והן בקריפס פינק **הסבת המטע למטע שדירה צרה הוא טעות** אם כי בקריפס פינק מסקנה זו אינה חד משמעית. בזן טופ רד יש לציין כי לאורך זמן הושג איזון ובסיום 4 שנות מחקר אחוז הפרי המיטבי בגיזום החורפי לא נפל בהרבה מעיצוב הסולקס. במסגרת תכנית הפעולה החדשה פעלנו להסבת המטעים בשנתיים האחרונות למחקר על ידי הסרת ענפי שלד מרכזיים והחלפתם בעפים צעירים או בהצרה קיצית. מסיכום הממצאים נראה כי הטיפול הטוב ביותר היה הצרה קיצית של המטע בשני הזנים. הצרה זו נעשתה ביוני לפני היום הקצר בשנה כאשר במהלך החורף סולק הצימוח הפנימי ליצירת ארובה. ההצרה הקיצית פגעה ביבול המיטבי בשנה הראשונה בסטרקינג אך הובילה לשיפור ביבול האיכותי בשנה השנייה. הצרה קיצית לוותה ביישום התכשיר ריגאליס המעכב ביוסינתזה של ג'יברלין בציטוזול וזמן מחצית החיים שלו עומד על 14 יום בלבד (Rademacher, 2016). תכשיר זה מאפשר לשימוש בתפוח וניתן במועד נשירת עלי הכותרת בשנה העוקבת לגיזום. יש לציין כי גם הסבת ענפים מדורגת הן חזקה והן בינונית תרמה לשיפור היבול האיכותי בשני הזנים. הסבות אלו נעשות במטעים רבים ואכן מובילות לשיפור באיכות הצבע ובנגישות המטע לקטיפ. יחד עם זאת ממצאי המחקר הנוכחי מראים כי טיפול ההסבה הקיצית גם בתשלום על יבול בשנה הראשונה הוא הטוב ביותר לשיפור איכות הפרי במטעי הטופ רד והקריפס פינק. בשנה הקרובה נתחיל בניסוי גדול בהיקף חצי מסחרי על מנת לבחון את תוצאות המחקר.

דורון שרוליק, שר-שלום אילת, רדל גלית, בר-סיני נורית (2014) השפעת עומס יבול על צבע ב'קריפס פינק', ורמת הסדקויות בפיטם. דו"ח ניסויים מו"פ צפון: <http://www.mop-zafon.org.il/he/library-page>
 שניידר דורון, כפיר שלומי, שר-שלום אילת, דורון שרוליק, גרינבלט יעל, ינאי איל, קוניאל גבי, פריחודוקו ז'ניה (2013) שיפור איכות פרי בתפוח ע"י בית רשת. דו"ח ניסויים מו"פ צפון: <http://www.mop-zafon.org.il/he/library-page>

- Ben-Yehudah, G., Korchinsky, R., Redel, G., Ovadya, R., Oren-Shamir, M., & Cohen, Y.** (2005). Colour accumulation patterns and the anthocyanin biosynthetic pathway in 'Red Delicious' apple
- Chang, Y. J., Chung, M. Y., Tseng, M. N., Chu, C. C., & Shü, Z. H.** (2003). Developmental stages affect characteristics of wax apple fruit skin discs cultured with sucrose—with special reference to color. *Scientia horticulturae*, 98(4), 397-407.
- Espley, R. V., Hellens, R. P., Putterill, J., Stevenson, D. E., Kuttly-Amma, S., & Allan, A. C.** (2007). Red colouration in apple fruit is due to the activity of the MYB transcription factor, MdMYB10. *The Plant Journal*, 49(3), 414-427.
- Ewa, B., Honda, C., Bessho, H. and Kondo, S.,** (2006). Expression Analysis of Anthocyanin Biosynthetic Genes in Apple Skin : Effect of UV-B and Temperature. *Plant Science* 170: 571–578.
- Jaakola, L.** (2013). New insights into the regulation of anthocyanin biosynthesis in fruits. *Trends in plant science*, 18(9), 477-483.
- Ji, X. H., Wang, Y. T., Zhang, R., Wu, S. J., An, M. M., Li, M., & Chen, X. S.** (2015). Effect of auxin, cytokinin and nitrogen on anthocyanin biosynthesis in callus cultures of red-fleshed apple (*Malus sieversii* f. *niedzwetzkyana*). *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, 120(1), 325-337.
- Lauri, P. É., Térouanne, E., & Lespinasse, J. M.** (1997). Relationship between the early development of apple fruiting branches and the regularity of bearing—an approach to the strategies of various cultivars. *Journal of Horticultural Science*, 72(4), 519-530.
- Lauri, P. E., Willaume, M., Larrive, G., & Lespinasse, J. M.** (2002, August). The concept of centrifugal training in apple aimed at optimizing the relationship between growth and fruiting. In *XXVI International Horticultural Congress: Key Processes in the Growth and Cropping of Deciduous Fruit and Nut Trees* 636 (pp. 35-42).
- Musacchi, F. & Greene, D.** (2017). Innovations in apple tree cultivation to manage crop load and ripening. <http://dx.doi.org/10.19103/AS.2016.0017.11>© Burleigh Dodds Science Publishing Limited.
- Nissim-Levi, A., Ovadia, R., Forer, I., & Oren-Shamir, M.** (2007). Increased anthocyanin accumulation in ornamental plants due to magnesium treatment. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 82(3), 481-487.
- Rademacher, W.** (2018). Chemical regulators of gibberellin status and their application in plant production. *Annual Plant Reviews online*, 359-403.
- Ritenour, M., & Khemira, H.** (2007). Red color development of apple: a literature review. *Washington State University, Tree Fruit Research and Extension Center*.
- Robinson, T. L., Lakso, A. N., & Ren, Z.** (1991). Modifying apple tree canopies for improved production efficiency. *HortScience*, 26(8), 1005-1012.
- Sazo, M.M., & Robinson, T.L.** (2015). Measuring and Extending the Benefits of Orchard Mechanization in High Density Orchards in Western NY. *NEW YORK FRUIT QUARTERLY . VOLUME 23 . NUMBER 2*
- Shafiq, M., Singh, Z., & Khan, A. S.** (2014). Pre-harvest ethephon application and training systems affect colour development, accumulation of flavonoids and fruit quality of Cripps pink'apple. *Australian Journal of Crop Science*, 8(12), 1579.
- Sinilal, B., Ovadia, R., Nissim-Levi, A., Perl, A., Carmeli-Weissberg, M., & Oren-Shamir, M.** (2011). Increased accumulation and decreased catabolism of anthocyanins in red grape cell suspension culture following magnesium treatment. *Planta*, 234(1), 61-71.
- Shaked-Sachray, L., Weiss, D., Reuveni, M., Nissim-Levi, A., & Oren-Shamir, M.** (2002). Increased anthocyanin accumulation in aster flowers at elevated temperatures due to magnesium treatment. *Physiologia plantarum*, 114(4), 559-565.
- Takos, M. A., Robinson, P. S., and Walker, R. A. (2006).** Transcriptional Regulation of The Flavonoid Pathway in The Skin of Dark-Grown 'Cripps' Red' Apples in Response to Sunlight." *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 81(4): 735-744.
- Taiz, L., & Zeiger, E.** (2002). *Plant Physiology*. 3rd. England: Sinauer Associates.
- Wang, Y., Sun, J., Wang, N., Xu, H., Qu, C., Jiang, S & Chen, X.** (2019). MdMYBL2 helps regulate cytokinin-induced anthocyanin biosynthesis in red-fleshed apple (*Malus sieversii* f. *niedzwetzkyana*) callus. *Functional Plant Biology*, 46(2), 187-196.

