דוח סיכום 2018 – 2019 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, מו"פ צפון: omer.crane@mail.huji.ac.il - omerc@migal.org.il
חוקרת משנית: מיכל אורן- שמיר. מנהל המחקר החקלאי
חוקר משני: שרוליק דורון, מו"פ צפון
חוקרת משנית: יעל גרינבלט, שה"מ
טכנאים: אילת שר שלום וסולימאן פארחת
תלמידת מחקר: ריטה מונדאר

30/03/2020

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. 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. חשיפת הפרי לאור מעלה את הסיכון של קבלת מכות שמש. לכן, במקביל נבחן כיסוי המטעים ברשת צל, לצמצום נזקי מכות שמש. המחקר נעשה לבקשת שולחן התפוח במועצת הצמחים, שממן מחצית מעלות המחקר. מטרת המחקר: שיפור רמת הצבע בזנים אדומים על ידי חשיפה לאור. המחקר כולל הצרה של מטעים קיימים לרוחב של 70 – 80 ס"מ מכל צד. בנוסף כולל המחקר השוואה של הצרה זו לעיצוב השמוט "SOLLUX" הנהוג כיום במטעים. נעשה שיפור עיצוב זה על ידי הצרת המטע לרוחב של 1.1 מטר מכל צד וניקוי צימוחים פנימיים ליצירת ארובה המכניסה אור לחובו של העץ. נבחנו מספר טיפולים לעיכוב הצימוח והסרת צימוחים ירוקים בניהם ריסוס במעכבי ביוסינטזה של ג'יברלין וגיזומים קיציים. בנוסף נעשה מעקב אחר צבירת האנטוציאנינים במהלך ההבשלה בזני סטרקינג וקריפס פינק בגליל ובגולן. כמו כן נעשה ניסוי של הסרת עלים בקריפס פינק וריסוס במגנזיום וציטוקנינים לשיפור הצבע בקטיף. נמצא כי בסטרקינג התקבל הצבע הטוב ביותר במטע מכוסה ברשת עד לאחר הקטיף ואילו בקריפס פינק נמצא יתרון למטע המכוסה ברשת שבו מוסרת הרשת כחודש לפני הקטיף. בנוסף נמצא כי הסטרקינג פחות מושפע מקרינת השמש בהבשלה ואילו צבע הזן קריפס פינק מושפע מעצמת הקרינה בהבשלה. יחד עם זאת התחממות כחודש לפני הקטיף פגעה בצבירת האנטוציאנינים ובדגם ביטוי הגן UFGT שהינו גן מרכזי בביוסינתזה של אנטוציאנינים. התוצאה העיקרית שהתקבלה בשנתיים האחרונות היא שעיצוב השמוט המשופר עדיף על הצרת המטע הן ביבול והן בצבירת הצבע. תוצאה זו הייתה בניגוד להשערת המחקר לפיה צפוי היה כי הצרת המטע תוביל לשיפור בצבע. אי לכך מומלץ לא להמשיך ולהצר מטעים קיימים. בעוד שבנטיעות של 4.5 מטר בין השורות ניתן לשפר את עיצוב השמוט ולהכניס במות קטיף לצמצום כוח האדם במטעים בהם המרווח עומד על 4 מטר בין השורות יש למצוא שיטת הצרה אחרת מאחר ובעיצוב הנוכחי אין די מקום להכנסת הבמה. אי לכך בהמשך המחקר נבחן הצרת מטעים על ידי הסרת ענפי שלד מבלי להצר ענפים קיימים. הסרת ענפי השלד תעשה בהדרגתיות ובשנים הבאות נבחן את מספר הענפים המרבי שניתן להסיר מבלי לפגוע בפוריות.

תוכן

מבוא: 2
שיטות: 2
תוצאות: 4
תוצאות סטרקינג: 4
מעקב פיגמנטים ומדדי הבשלה: 4
מעקבי תאורה: 5
בחינת הרכב אנטוציאנינים: 6
תוצאות קטיף: 6
תוצאות קריפס פינק: 8
מעקב פיגמנטים ומדדי הבשלה: 8
מדידת תאורה בעיצובים השונים: 10
תוצאות קטיף: 11
הסרת עלים בקריפס פינק 13
בחינת תכשירים לשיפור הצבע בקריפס פינק 15
דיון: 17
צבירת הצבע בשני הזנים: 17
הבדלי צבע בקטיף בעיצובים השונים ובטיפולים השונים: 18
רשימת ספרות: 20

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, המקטין 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 קטיף. 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. המחקר הנוכחי בוחן השפעת הסבת המטע הקיים למטע בעל נוף צר, בו רוב הפרי חשוף לאור, על צבע ואיכות הפרי בזנים אדומים. בנוסף, בוחן המחקר את התאמת המטע הקיים המעוצב בשיטת השמוט (Sollux) לשיפור איכות הפרי וקטיף ממוכן על ידי הצרת הנוף ושיפור התאורה. המחקר משווה בין שיטות הסבה שונות.

קיטום חזק בנוף החיצוני בעצים בוגרים המוסבים למטע צר מוביל לצימוח נמרץ של הנוף בקיץ, וכתוצאה מכך להצללה מהירה ולפגיעה באיכות הפרי ופוריות השנה העוקבת. לכן נבחנו גם טיפולים המאפשרים ריסון הנוף ושמירה על פיזור אור אחיד ונכון בכל חלקי העץ.

מטרת המחקר: שיפור רמת הצבע בזנים אדומים על ידי הגדלת החשיפה 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.

הדו"ח הנוכחי מסכם 2 שנות ניסוי שנעשו במספר חלקות בזן 'סטרקינג' ו'קריפס פינק'. מימון המדען החל בשנת 2019, אך הניסוי החל ב 2018 במימון מועצת הפירות.

שיטות:

בשנת 2018 נעשתה במשק אורטל הצרה משקית לרוחב נוף של 90 ס"מ מכל צד של העץ, על ידי מכונת גיזום. הצרה זו נעשתה בשטחי דאלווה א' וב' ב 500 דונם מטעי תפוח. חלקות סטרקינג וקריפס-פינק נבחרו בשטחי דאלווה, ובחלקות אלו נבחנו מספר טיפולים, כפי שמפורט בטבלה 1. בנוסף, נבחרה חלקת סטרקינג במרום גולן (חלקת "אבנר"). בחלקה זו נבחרו 4 שורות, כאשר בשתי שורות נעשתה הצרה מדמה מכונה לרוחב עץ של 90 ס"מ מכל צד של קו הגזעים, בגיזום ידני, וב- 2 שורות נעשה שיפור עיצוב בעצים הקיימים המעוצבים בשיטת השמוט. שיפור העיצוב בעצים אלו כלל ניקוי ענפים וצימוחים בחובו של העץ (יצירת "ארובה") ושמירה על עלווה נושאת פרי ב 70 ס"מ חיצוניים בעץ (תמונה 1). בנוסף, נעשתה הצרה של העצים, לרוחב 1.1 מטר מכל צד. חלקת קריפס-פינק נוספת נבחרה בקיבוץ יראון בגליל. בחלקה זו נעשתה הצרה ידנית, כפי שנעשתה במרום גולן. בכל החלקות יושמו טיפולים כמתואר בטבלה 1, בדגם של בלוקים באקראי ב-4 או 5 חזרות. כל חזרה כללה 3 – 5 עצים, כאשר עצים מרכזיים שימשו כעצי מדידה.

ב 2019 יצאנו משטחי אורטל בשל בקשת המשק (עודף ניסויים שהקשו על המשק בניהול המטע), והעברנו את ניסויי אורטל למטעי משק קדמת צבי בשטחי "מחפי", בהתאם להצעת המחקר. בנוסף, בחנו שוב את חלקות מרום גולן ויראון, כאשר במרום גולן נבחנה חלקת קריפס-פינק עם וללא רשת. בשנת 2019 נעשתה בכל חלקות המבחן השוואה בין שיטת ההצרה לבין שיטת השמוט המשופרת (תמונה 1). טיפולים שנעשו ב 2019 מפורטים בטבלה 1. גם ב 2019 נעשה כל טיפול ב 4 – 5 חזרות, בבלוקים באקראי.

בנוסף, נעשו בחוות מתתיהו בזן קריפס-פינק ניסוי הסרת עלים וניסיון טיפולי מגנזיום לשיפור צבע.

איסוף הנתונים כלל: מעקב חודשי אחר מדדי הבשלה וצבע, בדיקת גנים במסלול האנטוציאנין, קטיף ומיון עצי המדידה ובחינת הרכב אנטוציאנין במעבדה של פרופ' מיכל שמיר במכון וולקני.

תמונה 1: גיזום בחלקות.

ימין למעלה – עץ במרום גולן ללא ניקוי ארובה.

שני מימין – עץ במרום גולן לאחר ניקוי ארובה.

שלישי מימין – עץ במחפי לפני ניקוי ארובה.

שמאלי – אותו העץ במחפי לאחר ניקוי הארובה.

למטה – גיזום שדירה. עץ שנגזם וברקע עצים שלא נגזמו.

טבלה 1: טבלת טיפולים שנעשו בחלקות ההסבה ב 2018 ו 2019. לא בכל החלקות בוצעו כל הטיפולים:

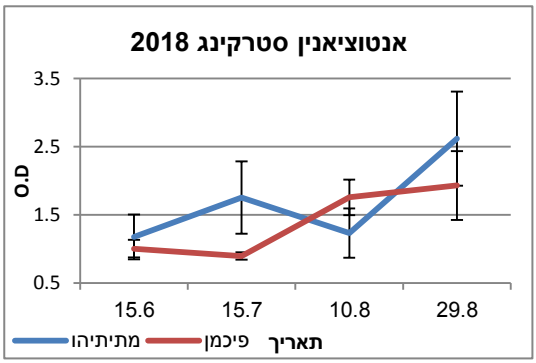
טיפול	תיאור הטיפול	שנה
ביקורת		2018
קיטום מוקדם	קיטום ענפים חודש לאחר פריחה	2018
קיטום מאוחר	קיטום ענפים חודשיים לאחר פריחה	2018
תלישת ענפים ללא פרי למניעת פריצת מחודשת	חודש לאחר פריחה	2018
מג'יק 0.5%	15 יום משיא פריחה	2018
מג'יק 1%	15 יום משיא פריחה	2018
מג'יק 2%	15 יום משיא פריחה	2018
רגאליס 0.3%	בנשירת עלי כותרת	2018
רגאליס כפול: 0.15% + 0.15%	בנשירת עלי כותרת ו 21 יום לאחר מכן	2018
רגאליס 0.4%	בנשירת עלי כותרת	2018
קיטום ביוני	קיטום במסור גיזום לרוחב 90 ס"מ בשדרה צרה ו 1.1 מטר בשמוט	2019
קיטום ביולי	קיטום במסור גיזום לרוחב 90 ס"מ בשדרה צרה ו 1.1 מטר בשמוט	2019
קיטום באוגוסט	קיטום במסור גיזום לרוחב 90 ס"מ בשדרה צרה ו 1.1 מטר בשמוט	2019
תלישת ענפים ללא פרי למניעת פריצת מחודשת	תלישה כשבוע אחרי שיא פריחה	2019
רגאליס 0.3%	בנשירת עלי כותרת	2019
רגאליס כפול: 0.2% במועד ראשון ו 0.1% במועד שני	בנשירת עלי כותרת, וכ- 30 יום לאחר מכן	2019
רגאליס משולב ב 4 יישומים	0.05%, בתחילת פריחה. 0.1%, בנשירת עלי כותרת. 0.1%, 15 יום מאוחר יותר. 0.05%, 20 יום אחרי ריסוס שלישי.	2019
מג'יק 0.5%	15 יום משיא פריחה	2019
מג'יק 1%	15 יום משיא פריחה	2019
מג'יק 2%, 15 יום משיא פריחה	15 יום משיא פריחה	2019
מג'יק כפול: 1% 2% לצמרת בלבד	15 יום משיא פריחה חודש לאחר יישום ראשון	2019

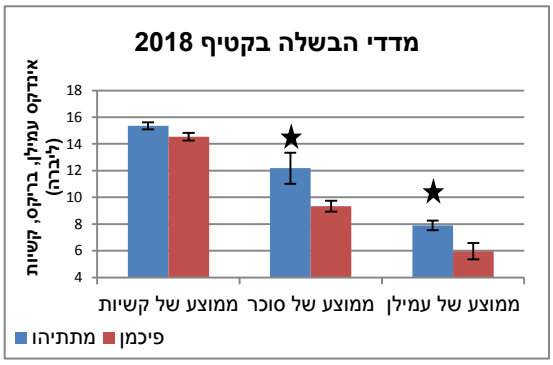
תוצאות:

תוצאות סטרקינג:

מעקב פיגמנטים ומדדי הבשלה:

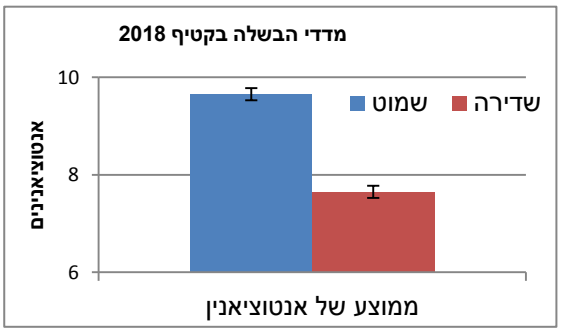
ב 2018 נעשה מעקב רציף אחת לחודש אחרי רמת האנטוציאנינים בקליפת הפרי (איור 1). המעקב נעשה בזן 'טופ רד', הן בחוות פיכמן (גובה 900 מטר) והן בחוות מתתיהו (גובה 650 מטר). בשני האתרים ן חלה עליה מובהקת ברמת הצבע לקראת הקטיף. בחוות מתתיהו עליה זו חלה במהלך 20 הימים שלפני הקטיף, בין ה 10.8 ל 29.8 (מועד הקטיף), ואילו בחוות פיכמן עליה ברמת האנטוציאנינים בקליפה נראתה כ 20 יום לפני הקטיף, ב-10.8. לא נראתה עליה נוספת ברמת האנטוציאנינים ב 20 הימים שחלפו עד לקטיף, שנעשה ב- 29.8. רמת האנטוציאנינים בקליפה לא נבדלה בין החוות. בבחינה של מדדי הבשלה, שנעשו בקטיף בלבד (איור 1), נמצא כי בחוות פיכמן הן מדדי אינדקס העמילן והן מדדי הבריקס היו נמוכים במובהק. מדדים אלו מצביעים על כך שבפיכמן רמת ההבשלה הייתה נמוכה יותר. כלומר פחות עמילן התפרק (אינדקס עמילן מצביע על רמת פירוק העמילן. ככל שהאינדקס גבוה יותר - רמת העמילן בתפוח נמוכה יותר) ופחות סוכר מסיס נצבר. אי לכך, נראה כי רמת הצבע בפיכמן הייתה עשויה להיות גבוהה יותר אילו הקטיף היה נדחה. ברמת הקשיות לא היה הבדלין החוות.

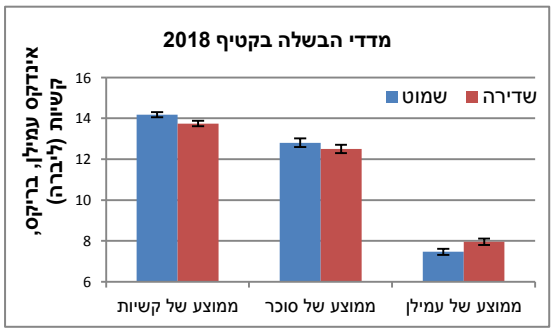




איור 1: אנטוציאנינים ומדדי אינדקס עמילן, בריקס וקשיות בסטרקינג (זן טופ-רד) ב 2018: בדיקת אנטוציאנינים כללית נעשתה במיצוי אתנולי 80%. קליפה קולפה מ 4 צדדים מכל תפוח ו 2 דסקיות הוכנו מכל רצועת קילוף. דסקיות מ 5 תפוחים שונים נאספו למבחנה ואתנול בנפח זהה למשקל כלל הדסקיות הוסף לכל מבחנה. מיצוי נעשה ב 65^0C למשך שעתיים ואנטוציאנין נבדק על ידי קריאה באורך גל של 520 ננומטר. בדיקת עמילן נעשתה כמקובל (Li and yuan, 2008) על ידי חיתוך התפוח וטבילה ביוד. על פי אינדקס עמילן זה, רמת עמילן הגבוהה מ 6 מאפשרת אחסון לחודשיים בלבד. בריקס נבדק בעזרת רפרקטומטר. הקושיות נבדקה במד לחץ על סטנד בראש הגדול 11 מ"מ. ממוצעים ושונות חושבו מ 6 חזרות (עץ לחזרה), 5 תפוחים לחזרה.

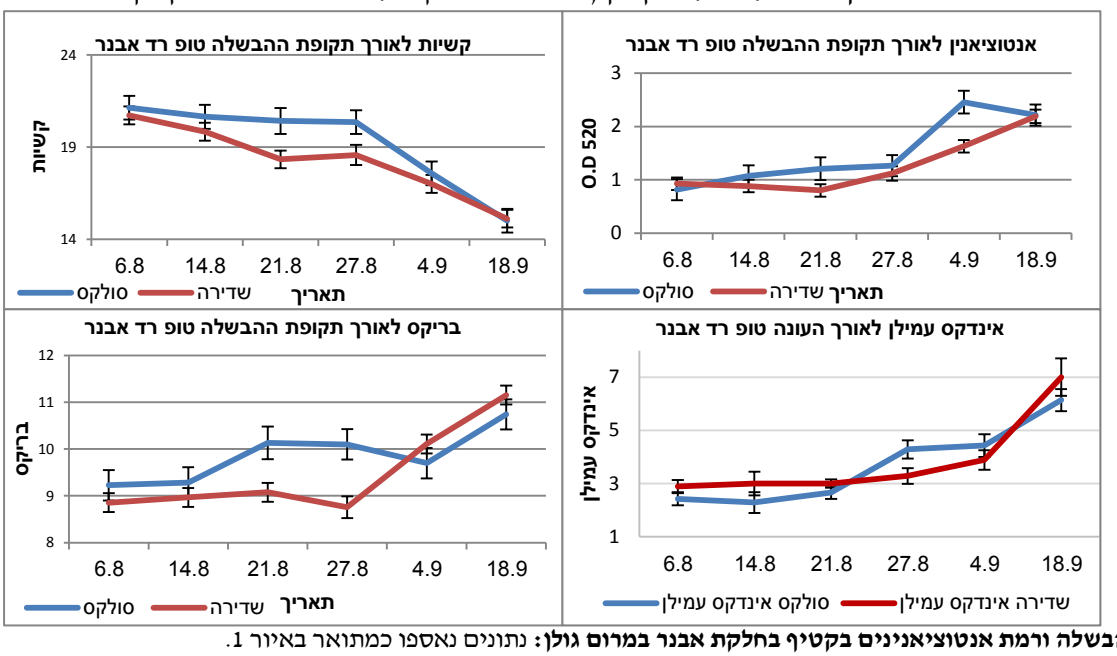
במהלך 2018 נעשתה השוואה בין 2 שיטות עיצוב בחלקת אבנר במרום גולן (איור 2). עצים בהם נעשה גיזום ידני ליצירת שדירה ועצים בהם נעשה שיפור בעיצוב השמוט, כפי שמתואר בפרק השיטות. נמצא כי רמת האנטוציאנינים בפרי הייתה גבוהה בעיצוב השמוט ביחס לעצי השדירה. בנוסף, נמצא כי בעיצוב השמוט אינדקס העמילן היה נמוך במובהק והקשיות גבוהה במובהק. נתונים אלו מצביעים על רמת הבשלה נמוכה יותר בעיצוב השמוט, ויכולת אחסון גבוהה יותר. לא נראו הבדלים ברמת הבריקס. נתונים אלו היו בניגוד להשערת המחקר, לפיה צפוי היה כי עיצוב השדירה יוביל לשיפור ברמת הצבע בקטיף.





איור 2: מדדי הבשלה ורמת אנטוציאנינים בקטיף בחלקת אבנר במרום גולן: נתונים נאספו כמתואר באיור 1.

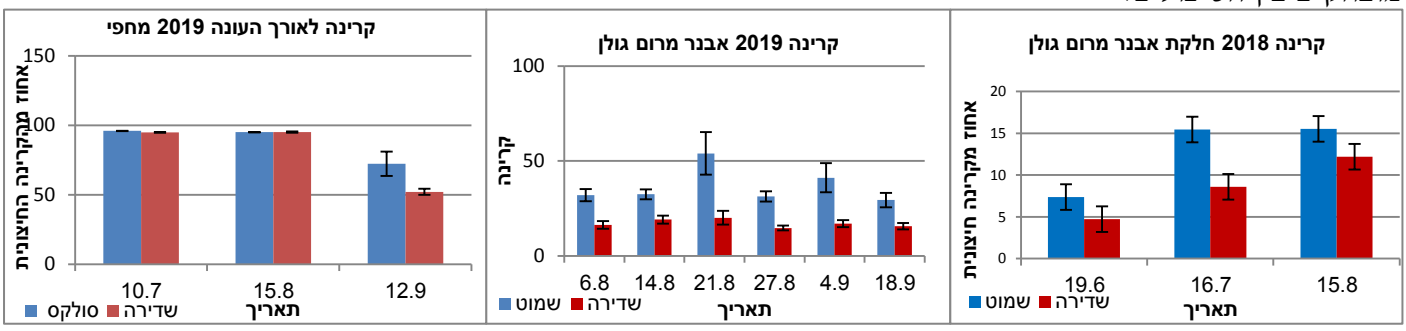
מעקב אחר צבירת אנטוציאנינים ומדדי הבשלה נעשה גם ב 2019. גם מעקב זה בוצע בחלקת אבנר במרום גולן ובחלקת מחפי בגולן (תוצאות מחפי לא מובאות). בשתי חלקות אלו נעשה מעקב בשתי שיטות העיצוב השונות (שדירה ושמוט (סולקס)). תוצאות שתי החלקות דומות, ולכן מובאים נתוני חלקת אבנר בלבד. נמצא כי צבירה משמעותית של אנטוציאנינים מתחילה כשלושה שבועות לפני הקטיף, במקביל לירידה בקשיות. עליה משמעותית בבריקס ובאינדקס העמילן החלה כשבועיים בלבד לפני הקטיף. הן באינדקס העמילן והן ברמת הבריקס לא נראו הבדלים מובהקים בין הטיפולים בקטיף, כאשר רמת הבריקס עד תחילת ההבשלה הייתה גבוהה יותר בעיצוב השמוט. גם רמת הקשיות עד לתחילת ההבשלה הייתה גבוהה יותר בעיצוב השמוט. משלב זה ירדה הקשיות בשני הטיפולים, ובקטיף לא נמצא הבדל בין העיצובים השונים. רמת האנטוציאנינים ב 4.9, כשבועיים לפני הקטיף, הייתה גבוהה במובהק בעיצוב השמוט ביחס לשדירה. רמה זו לא השתנתה במהלך השבועיים עד לקטיף, ולא נבדלה בין העיצובים השונים בקטיף.



איור 3: מדדי הבשלה ורמת אנטוציאנינים בקטיף בחלקת אבנר במרום גולן: נתונים נאספו כמתואר באיור 1.

מעקבי תאורה:

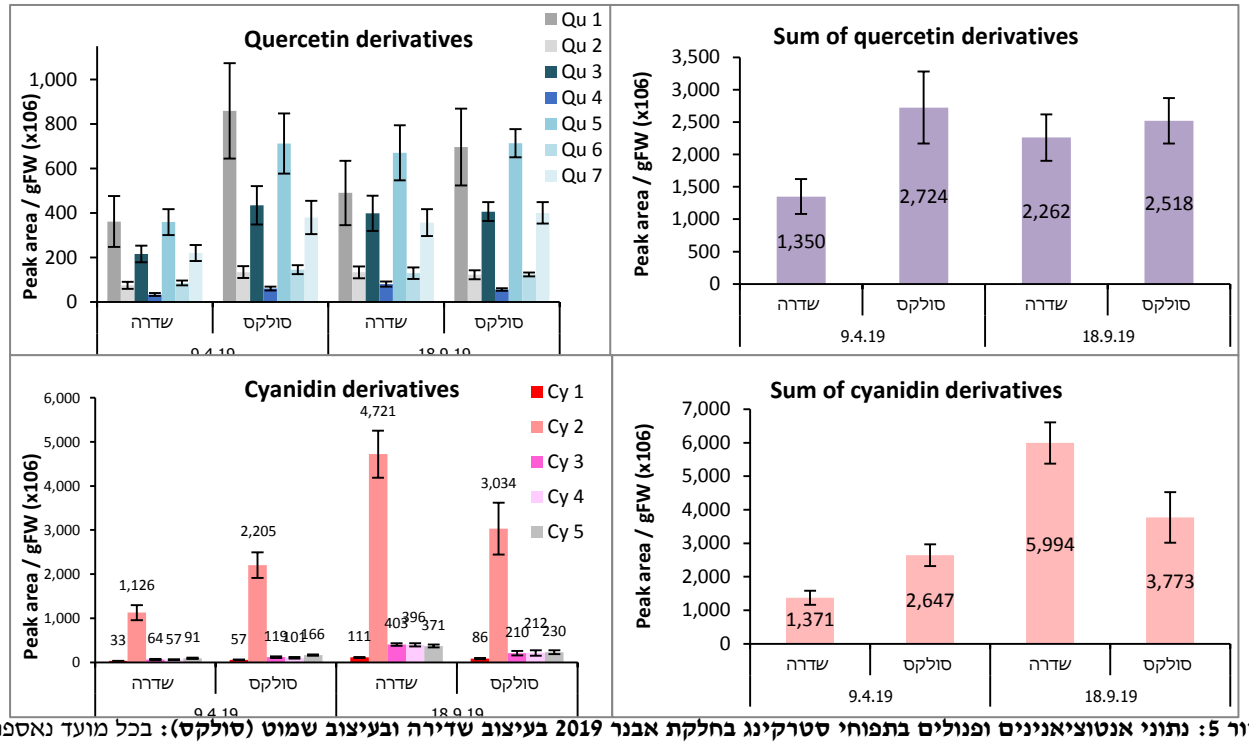
במהלך עונת 2018 ו 2019 נעשה מעקב אחר עצמת הקרינה בחובו של העץ בשתי שיטות העיצוב. ב 2018 המעקב נעשה בחלקת אבנר, ואילו ב 2019 נעשה מעקב גם בחלקת אבנר (מכוסה ברשת) וגם בחלקת מחפי שאינה מכוסה ברשת (איור 4). בשתי השנים הנבחנות, נמצא כי רמת הקרינה בחובו של העץ הייתה גבוהה יותר בעיצוב השמוט ביחס לעיצוב השדירה. ב 2018 נעשה בכל חלקת אבנר גיזום ירוק לקראת הקטיף. גיזום זה הוביל לעליה ברמת הקרינה בשני העיצובים לקראת הקטיף. ב 2019 נבדקה הקרינה בחלקת אבנר אחת לשבוע, החל מה 6.8 ועד לקטיף. לאורך כל תקופה זו, רמת הקרינה הייתה גבוהה יותר בעיצוב השמוט. יש לזכור, כי בעיצוב זה נעשה "ניקוי ארובה" והוסרו ענפים וצימוחים חדשים בחובו של העץ. בחלקת מחפי נבדקה הקרינה אחת לחודש, כאשר הבדלים בעצמת הקרינה בין העיצובים נראו בבדיקה שנעשתה ערב הקטיף. במועד זה רמת הקרינה בחובו של העץ הייתה נמוכה במועד הבדיקה ביחס לבדיקות קודמות ונראו הבדלים מובהקים בין הטיפולים.



איור 4: עצמת קרינה בחובו של העץ: קרינה נבדקה עם מכשיר SQ-316 Sun Calibration של חברת אפוג'י. ב 2018 בדיקה נעשתה 4 פעמים ביום: 8:00, 11:00, 14:00 ו 17:00. נתונים מייצגים ממוצע יומי. ב 2019 בדיקה נעשתה בצהריים בלבד בשעה 12:00, אחת לחודש. בחלקת אבנר הבדיקה נעשתה אחת לשבוע. נתונים ושגיאות תקן חושבו מ 10 עצים בכל עיצוב.

בחינת הרכב אנטוציאנינים:

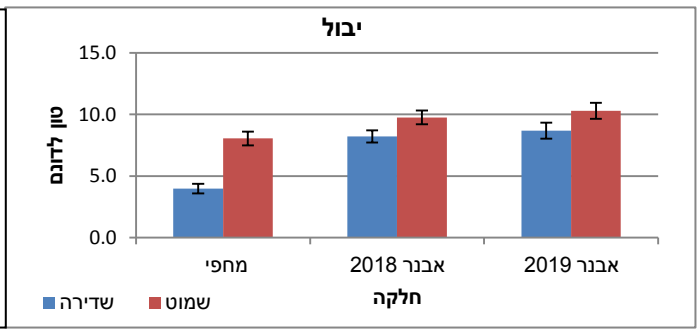
בקטיף 2019 נאספו תפוחים מחובו של העץ בחלקת אבנר במרום גולן. תפוחים נאספו ב 4.9 וב 18.9 מעצים בשתי שיטות העיצוב. תפוחים קולפו במעבדה והקליפות נשלחו למעבדה של פרופ' מיכל שמיר לניתוח הרכב האנטוציאנינים והפנולים (איור 5). נמצא כי ב 4.9, כשבועיים לפני הקטיף, הן כמות הפנולים והן כמות האנטוציאנינים הייתה גבוהה יותר בעיצוב הסולקס ביחס לשדירה במועד הקטיף עצמו, רמת הפנולים לא נבדלה בין העיצובים, ואילו רמת האנטוציאנינים הייתה גבוהה יותר בעיצוב השדירה ביחס לעיצוב השמוט (סולקס). בבחינה של הרכב הפנולים, נמצא כי הפנולים העיקריים בשני העיצובים הם Quercetin1, Quercetin3, Quercetin5 ו Quercetin7. האנטוציאנין העיקרי בקליפת הסטרקינג הוא (Cy2)cyanidin 3-glucoside.



איור 5: נתוני אנטוציאנינים ופנולים בתפוחי סטרקינג בחלקת אבנר 2019 בעיצוב שדירה ובעיצוב שמוט (סולקס): בכל מועד נאספו כ 5 תפוחים מחובו של העץ מ 5 עצים (חזרות) בכל עיצוב. תפוחים קולפו מ 4 צדדים וקליפות הוקפאו בחנקן נוזלי. קליפות מכל חזרה נטחנו ונשקלו 250 מ"ג מכל דוגמא. דוגמאות נבדקו ב HPLC בתמיסת מיצוי של (5:11:1) Water : Methanol: Acetic acid. הדוגמאות הורצו ב-HPLC ב- 25-26.11.19 ו- 1-3.12.19 בנפחי הזרקה שונים (סה"כ כ-60 הרצות). **גרף עליון ימני:** סה"כ הפנולים בכל עיצוב ותאריך. **גרף עליון שמאלי:** פנולים מהקבוצות השונות בכל עיצוב ותאריך. **גרף ימני תחתון:** סה"כ אנטוציאנינים בכל עיצוב ותאריך. **גרף שמאלי תחתון:** אנטוציאנינים מהקבוצות השונות בכל עיצוב ותאריך. ממוצעים ושונות חושבו מ 5 חזרות.

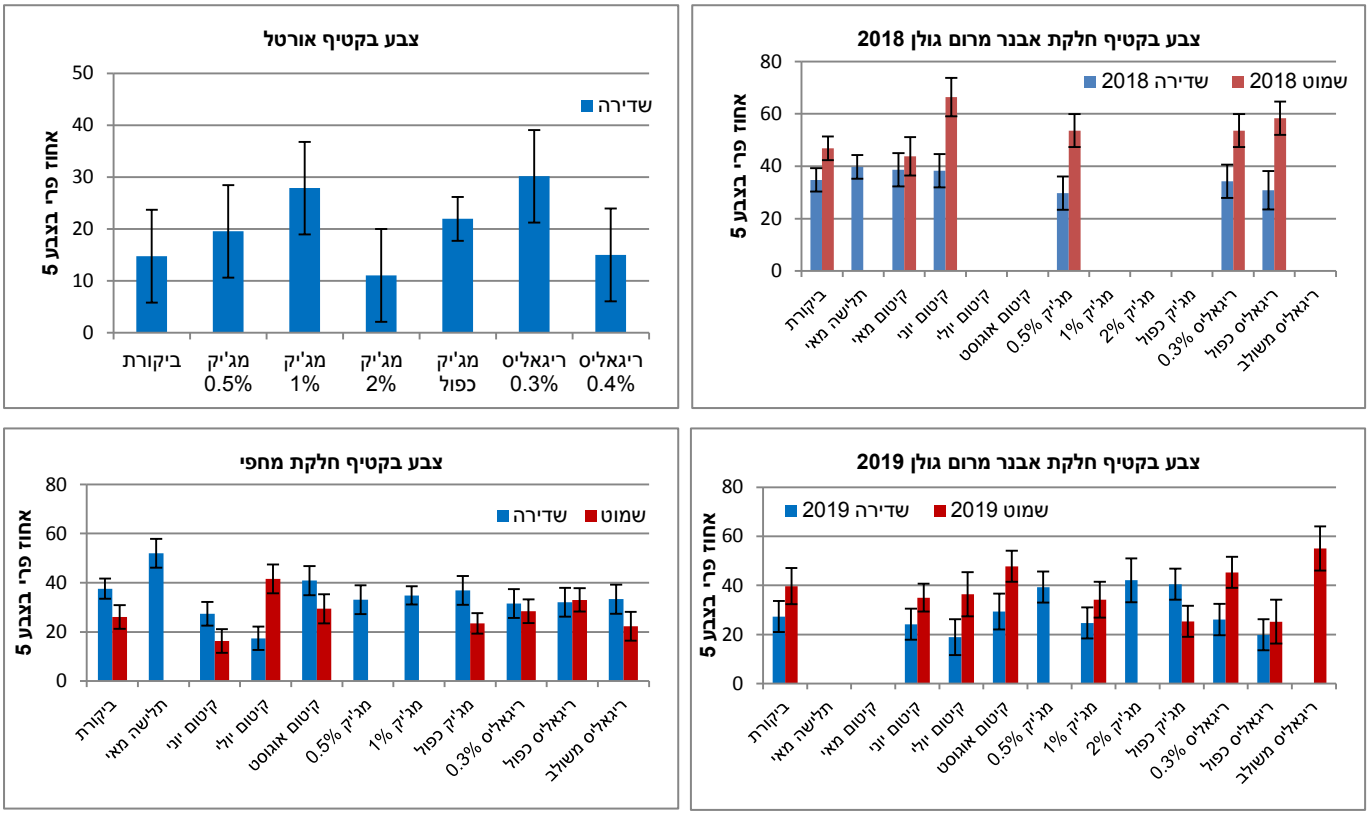
תוצאות קטיף:

בקטיף נקטף כל עץ מדידה בנפרד, ונשלח למיון במערך המיון המדגמי של בית האריזה "בראשית". ב 2018 באורטל נקטפו כ 50 תפוחים מייצגים מכל חזרה ונשלחו למערך המיון. אי לכך אין נתוני יבול וגודל מאורטל מאחר ואין נתונים מלאים מכל עץ. במערך מיון נאספו נתוני משקל הפרי של כל עץ, התפלגות הגודל של הפירות, צבע הפרי בהערכה ממוחשבת ואחוז הפרי עם מכות שמש. באיחוד כלל הטיפולים והשוואה בין העיצובים השונים (שמוט כנגד שדירה), נמצא כי בחלקת אבנר יבול הטיפול השמוט היה גבוה (אם כי לא במובהק) ביחס ליבול השדירה בשתי השנים הנבחנות. במחפי נראו הבדלים מובהקים, כאשר יבול העצים שעוצבו כשדירה היה כמחצית מיבול עצי השמוט. זאת על רקע שנת Off שאפיינה חלקה זו ב 2019 (איור 6).

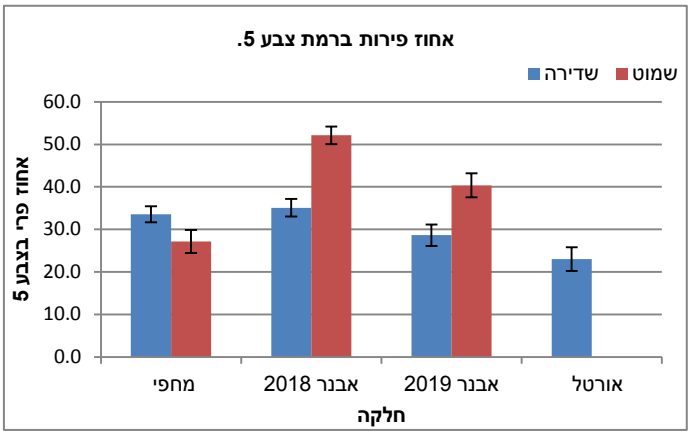


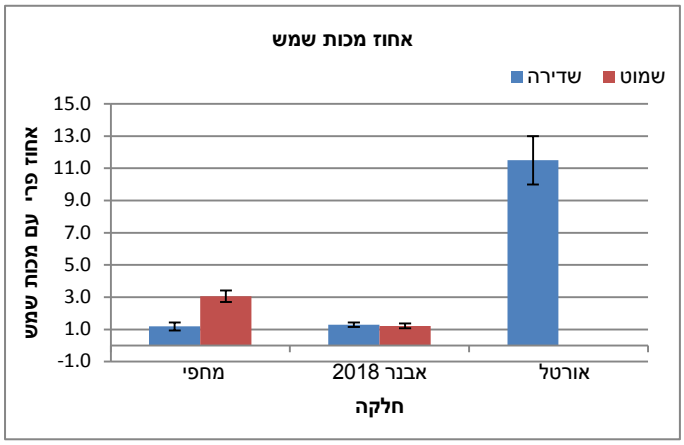
איור 6: השוואת נתוני היבול בין שיטות העיצוב השונות. ממוצעים ושונות חושבו עבור כל שיטת עיצוב בכל חלקה מכלל החזרות והטיפולים בכל עיצוב.

במערך המיון בבראשית מחולקים התפוחים ל 5 קטגוריות (1-5) על פי אחוז כיסוי הצבע. תפוחים ברמת צבע 5 הם האדומים ביותר ופודים את המחיר הגבוה ביותר. בהשוואה בין הטיפולים השונים בכל שנה וחלקה (איור 7), נמצא כי בחלקת אבנר ב- 2018 אחוז התפוחים ברמת צבע 5 הגבוהה ביותר היה בטיפולי קיטום יוני, מג'יק 0.5%, וריגאליס 0.3% או כפול. ב 2019, הטיפולים הטובים ביותר היו הריגאליס המשולב, הריגאליס 0.3% וקיטום אוגוסט. בשתי השנים, אחוז הפרי האדום היה גבוה יותר בעיצוב השמוט (איור 8). באורטל, אחוז התפוחים הגבוה ביותר ברמת צבע 5 היה בטיפול הריגאליס 0.3% ובטיפול המג'יק 1%. טיפולים אלו לא נבדלו מהביקורת. באורטל, כאמור, לא נבחן עיצוב שמוט, מאחר וכל החלקה נגזמה על ידי המשק. בחלקת מחפי בקדמת צבי, נמצא כי טיפולי השדירה היו אדומים יותר (איור 8), כאשר רק טיפול התלישה נבדל מהביקורת. בעיצוב השמוט, מאידך, טיפולי קיטום יולי וריגאליס כפול היו טובים במובהק מטיפול הביקורת (איור 7). יש לציין, כי בהשוואה בין כלל החלקות והשיטות (איור 8), אחוז הפרי ברמת צבע 5 היה גבוה יותר בעיצוב השמוט בחלקת אבנר המכוסה ברשת עד לאחר הקטיף ביחס לחלקות מחפי ואורטל הלא-מכוסות. במחפי נמצא מתאם מובהק של $R^2=0.6$ בין היבול לבין רמת הצבע, כך שככל שהיבול נמוך יותר - אחוז הפירות בצבע 5 גבוה יותר. אי לכך, ייתכן שרמת הצבע הגבוהה בטיפול השדירה מקורה ביבול הנמוך, ולא בעיצוב. בבחינה של מכות שמש (איור 8), נמצא כי אחוז הפרי עם מכות השמש באורטל היה גבוה מאוד ביחס לחלקות האחרות, ועמד על 11%. באורטל, גיזום השדירה נעשה בשנת On כאשר היבול היה גבוה מאוד, ולכן כמעט לא היה צימוח ירוק. בהתאם, חשיפת הפרי לשמש גבוהה מאוד, ומכות השמש רבות. באבנר, כאמור, החלקה מכוסה ברשת ואחוז הפרי עם מכות שמש נמוך בשני העיצובים. במחפי, נמצא כי אחוז מכות השמש היה גבוה יותר בעיצוב השמוט, אם כי לא בהרבה (3% בשמוט לעומת 1.2% בשדירה). הבדלים אלו ייתכן ומקורם בצימוח הנמרץ שנראה בגיזום השדירה. עצי חלקה זו, שנגזמו בחורף ולא נשאו כמעט פרי, צמחו חזק מאוד בקיץ, והעלווה כיסתה את הפרי (תמונה 2).



איור 7. אחוז פרי ברמת צבע 5: במועד הקטיף נקטפו עצי המבחן ונשלחו למיון במערך המיון בראשית. מיון לצבע נעשה בצילום של אחוז כיסוי הפרי. פרי ברמת צבע 5 הוא האדום ביותר ופודה את המחיר הגבוה ביותר. אחוז הפרי ברמת צבע 5 חושב עבור כל טיפול. מימין נתוני חלקת אבנר (למעלה 2018 ולמטה 2019). משמאל למעלה נתוני חלקת אורטל 2018 בגיזום שדירה בלבד. משמאל למטה נתוני חלקת מחפי 2019. נתונים ושגיאות תקן חושבו מ- 4–5 חזרות (עץ לחזרה) מכל טיפול בתכנת JMP.





איור 8. אחוז פרי ברמת צבע 5 ואחוז מכות שמש: נתונים נאספו כמתואר באיור 7. ממוצאים ושגיאות תקן חושבו מכלל החזרות בכל עיצוב. הערכת מכות שמש נעשית גם כן בבית האריזה בראשית במערך המדגמים.

תמונה 2: עצים בחלקת מחפי בתחילת הניסוי ובסוף יוני. מימין עצי גיזום השדירה בחורף 2019. במרכז עצים מעוצבים בשיטת השמוט. משמאל עצי השדירה לאחר הצימוח החזק במהלך העונה.

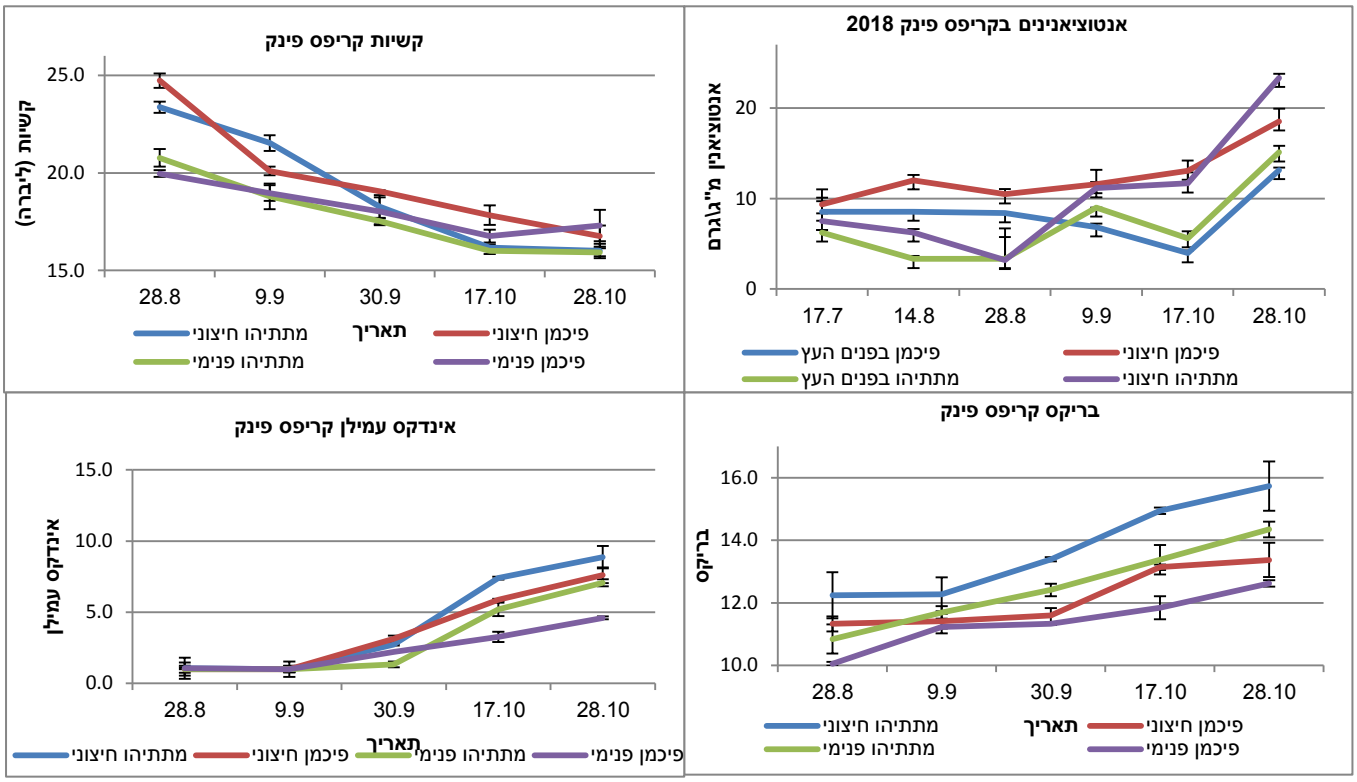
תוצאות קריפס פינק:

מעקב פיגמנטים ומדדי הבשלה:

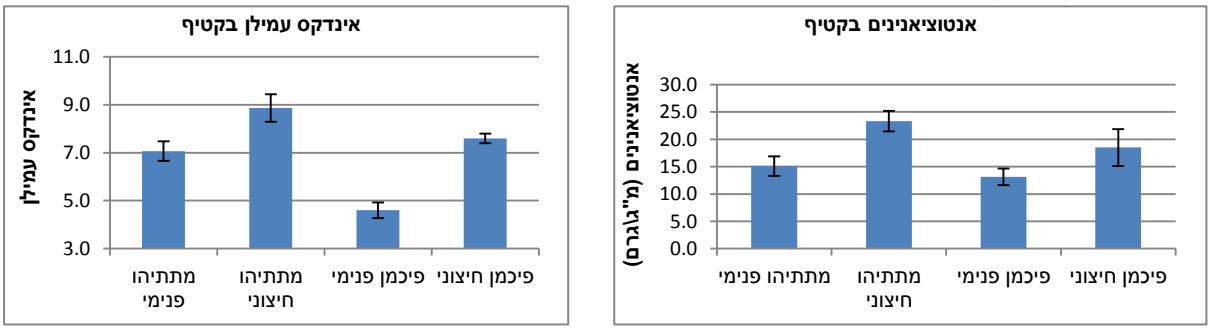
מעקב אחר קצב צבירת האנטוציאנינים, קשיות, בריקס ואינדקס עמילן נעשה בחוות מתתיהו ובחוות פיכמן (איור 9). מעקב נעשה אחר ריכוז האנטוציאנינים בתפוחים חיצוניים ובתפוחים פנימיים בחובו של העץ. בשתי החוות, נמצא כי ריכוז האנטוציאנינים בתפוחים חיצוניים החשופים לשמש גבוה יותר ביחס לתפוחים בחובו של העץ. בנוסף, נמצא כי עליה בריכוז האנטוציאנינים בתפוחים החיצוניים החלה כ 3 שבועות לפני הקטיף במתתיהו וכ 10 ימים לפני הקטיף בפיכמן. בשתי החוות עליה באנטוציאנינים בחובו של העץ חלה במהלך 10 הימים לפני הקטיף. קשיות הפירות ירדה בהדרגה לאורך כל תקופת הבדיקה, החל מכחודשיים לפני הקטיף. שינויים בבריקס ובאינדקס העמילן נראו החל מה- 30.9, כ 28 יום לפני הקטיף. בתקופה זו עלה אינדקס העמילן והבריקס, כאשר עליה באינדקס העמילן הייתה בחפיפה לעליה באנטוציאנינים. בבחינת מתאם בין הגורמים השונים, נמצא כי קיים מתאם חיובי בין אינדקס העמילן לבין רמת האנטוציאנינים (R^2=0.5), כך שככל שעולה אינדקס העמילן - כך עולה כמות האנטוציאנינים בקליפה. מתאם של R^2=0.4 נמצא בין הבריקס לבין אנטוציאנינים, ואילו בין הקשיות לבין כמות האנטוציאנינים לא נמצא מתאם כלל (R^2=0.1) (נתונים לא מובאים). בהשוואה בין כמות האנטוציאנינים ובין אינדקס העמילן בקטיף בלבד (איור 10), נראים הבדלים בין הפירות החיצוניים לפנימיים, כאשר רמת האנטוציאנינים גבוהה יותר בפירות החיצוניים. יחד עם זאת, לא נראים הבדלים מובהקים בין החוות. בפירות הפנימיים רמת אינדקס העמילן נמוכה יותר, ונראים הבדלים מובהקים בין החוות. כלומר, רמת אינדקס

העמילן הנמוכה בחוות פיכמן, הן בפירות החיצוניים והן בפירות הפנימיים, מרמזת כי רמת ההבשלה בפיכמן נמוכה יותר, וצפוי כי רמת הצבע תעלה בהמשך. לצורך שימור הפרי לתקופה ארוכה, אינדקס העמילן צריך להיות נמוך מ 8 ורמת הקשיות צריכה לעמוד בין 18 ל 16 ליברות. אי לכך, נראה כי בחוות מתתיהו במועד הקטיף התפוחים ברמת הבשלה מתקדמת מדי, ואילו בפיכמן רמת הבשלת הפירות החיצוניים מתאימה לקטיף, ועם הפירות הפנימיים ניתן היה להמתין לצבירת צבע נוספת. דבר זה נעשה בקטיף המסחרי הסלקטיבי (כלומר יותר ממועד קטיף אחד).

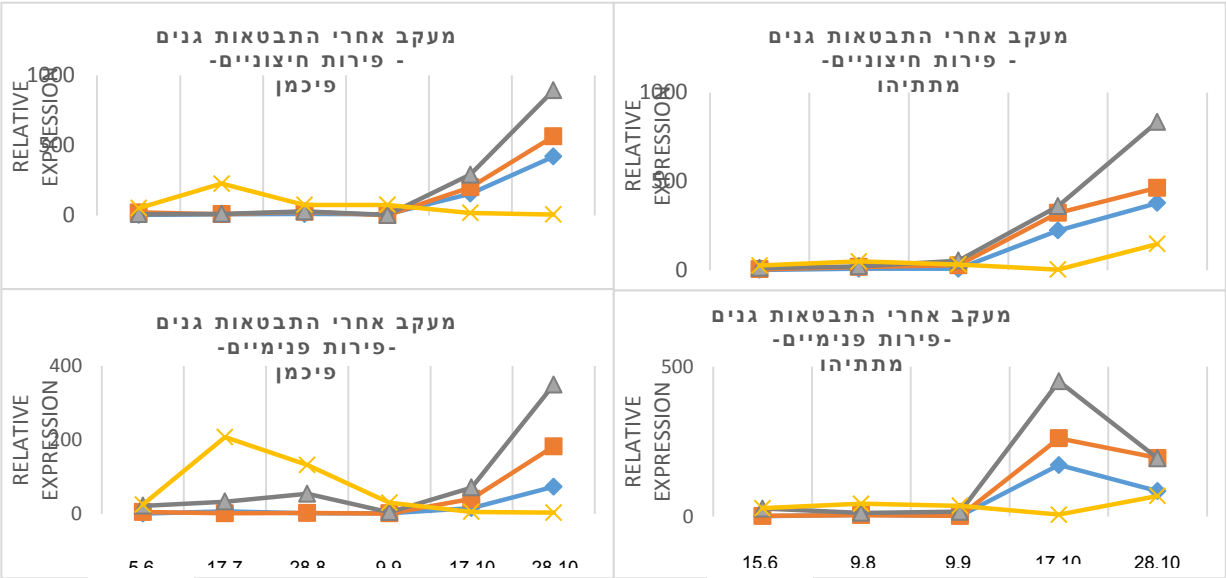
נעשה מעקב אחר דגם ביטוי גנים במסלול הפנולים והאנטוציאנינים בקליפת תפוחי הזן קריפס-פינק (איור 11). בחוות מתתיהו נמצא כי חלה עליה בגנים אלו החל מה 9.9, כשלושה שבועות לפני הקטיף, הן בפירות חיצוניים והן בפירות פנימיים. עליה זו נעשית במקביל לעליה ברמת האנטוציאנינים, אם כי העלייה באנטוציאנינים הקדימה את העלייה בדגם ביטוי הגנים. ביטוי הגן UFGT, שהינו הגן האחרון במסלול הביו-סינתזה של האנטוציאנין (Taiz and Zeiger, 2002) עלה, הן בפירות החיצוניים והן בפירות הפנימיים, רק ב- 10 הימים האחרונים לפני הקטיף. בחוות פיכמן נראה דגם ביטוי דומה, כאשר עליה בדגם ביטוי הגנים נראתה מאוחר יותר, החל מה- 17.10, כעשרה ימים לפני הקטיף. עליה זו הייתה במקביל לעליה ברמת האנטוציאנינים בקליפה. דגם ביטוי הגן UFGT בפיכמן היה שונה, כאשר עליה בדגם ביטוי גן זה נראתה ביולי, הן בפירות חיצוניים והן בפירות פנימיים. לאחר מכן, נראתה ירידה בדגם ביטוי הגן, שנשאר נמוך עד להבשלה. מאחר ורמת ההבשלה של פירות פיכמן הייתה נמוכה ביחס לפירות מתתיהו, ייתכן ועליה בדגם ביטוי גן זה הייתה נראית בשלב מאוחר יותר.



איור 9: אנטוציאנינים ומדדי אינדקס עמילן, בריקס וקשיות בקריפס פינק: נתונים נאספו כמתואר באיור 1. כמות אנטוציאנינים מוצגת כאקוויולנט למלבדין 3 גליקוזיד).

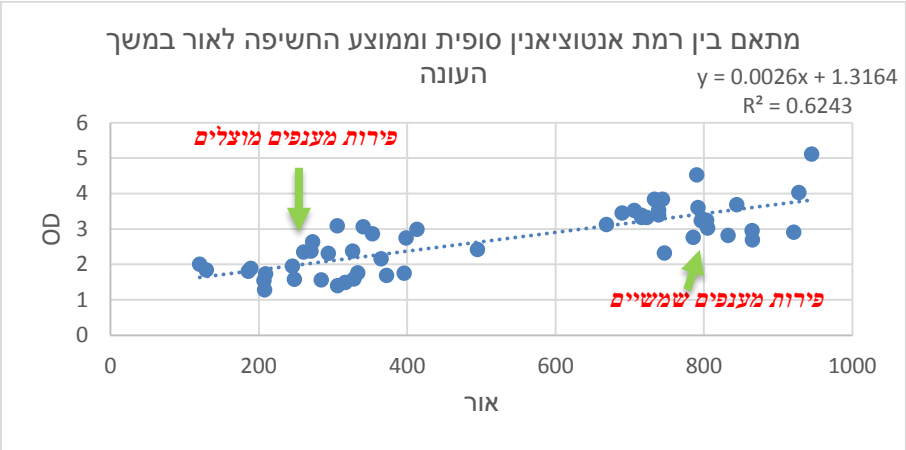


איור 10: אנטוציאנינים ומדדי אינדקס עמילן בקריפס פינק בקטיף: נתונים נאספו כמתואר באיור 9.



איור 11: דגם ביטוי גנים במסלול הביוסינטזה של פנולים ואנטוציאנינים בקליפת קריפס פינק: לאורך העונה נאספו דוגמאות תפוחים אחת לחודש מענפים פנימיים וענפים חיצוניים בעץ. ביטוי הגנים היחסי נבדק ע"י מכשיר quantitative real-time RT-PCR, כ-housekeeping gene השתמשנו בגן MdACT. ממוצעים ושוניות חושבו מ-3 חזרות (עץ לחזרה), מכל עץ נאספו 5 תפוחים מכל עמדה (ענפים פנימיים וענפים חיצוניים). קו כחול: הגן MYB10, אפור: הגן PAL, כתום: הגן CHS וצהוב הגן UFGT.

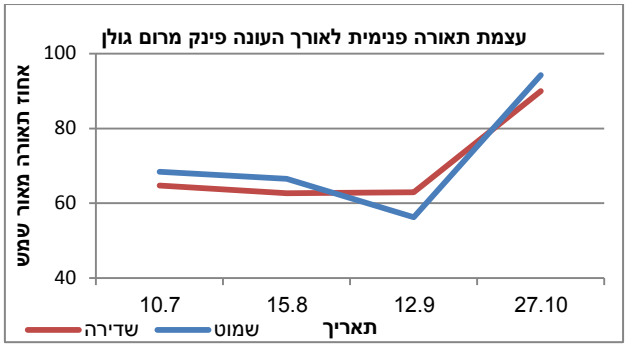
נעשה מתאם בין רמת הקרינה שנבדקה בפירות חיצוניים ובפירות פנימיים לאורך העונה (בדיקת קרינה נעשתה אחת לחודש כמתואר באיור 4). נמצא מתאם מובהק $R^2=0.62$ כך שככל שרמת הקרינה גבוהה יותר כך רמת האנטוציאנין גבוהה יותר (איור 12)



איור 12. מתאם בין קרינה לצבע בקריפס פינק: נתוני קרינה נבדקו כמתואר באיור 4. אנטוציאנינים נבדקו כמתואר באיור 1.

מדידת תאורה בעיצובים השונים:

במהלך העונה נמדדה רמת התאורה בחובו של העץ בצהרי היום בחלקת פינק-לידי במרום גולן (איור 13). נעשתה השוואה בין עיצוב השמוט לבין עיצוב השדירה. בניגוד לממצאים בסטרקינג, לא נראו הבדלים בין העיצובים השונים. עליה בעצמת הקרינה מקורה בהסרת רשת הצל מעל העצים לקראת הקטיף.

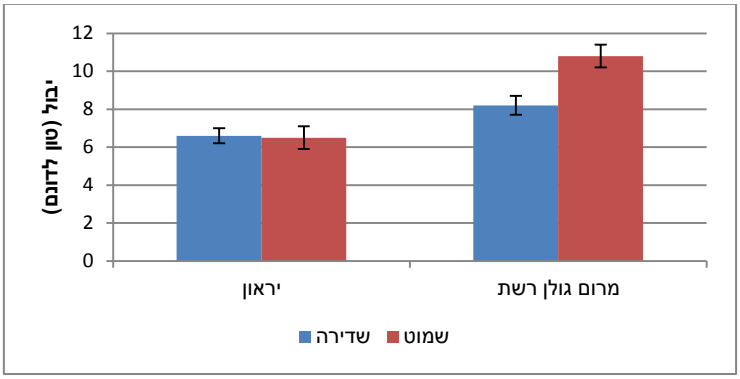


איור 13. אחוז קרינה מקרינה חיצונית בקריפס פינק מרום גולן: נתוני קרינה נאספו אחת לחודש כמתואר באיור 4.

תוצאות קטיף:

במועד הקטיף נקטפו עצי המדידה ונשלחו למיון במערך המדגמים בבית האריזה בראשית. נתוני יבול, התפלגות גדלים, צבע ומכות שמש נאספו עבור כל חזרה בנפרד. באורטל ב 2018 נקטפו רק כ 50 תפוחים מייצגים מכל עץ, ובהתאם אין נתוני יבול והתפלגות גדלים עבור חלקה זו. ביראון ב 2018 נבחן עיצוב שדירה בלבד. בנוסף, במרום גולן ב 2019 נבחנו שתי חלקות נפרדות - חלקה מכוסה רשת, בה נבחנו עיצובי השדירה והשמוט, וחלקה לא מכוסה ברשת, בה נבחן עיצוב שדירה בלבד. חלקת יראון מכוסה ברשת שאינה מוסרת בקטיף, ואילו במרום גולן מסירים את הרשת כחודש לפני הקטיף, לשיפור איכות הצבע.

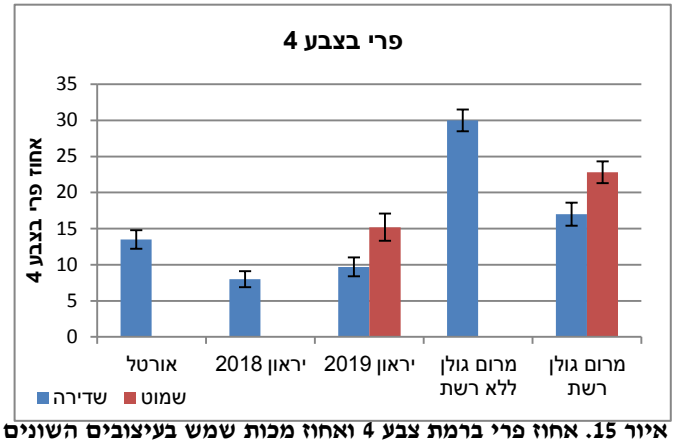
נעשתה השוואת יבול (בטון לדונם) בין עיצוב השמוט לעיצוב השדירה בחלקת יראון ובחלקת מרום גולן המכוסה ברשת ב 2019 (איור 14). ביראון לא נראו הבדלים בין העיצובים השונים, אבל במרום גולן נראו הבדלים מובהקים, כאשר יבול טיפול השדירה היה נמוך במובהק מיבול הטיפול השמוט.

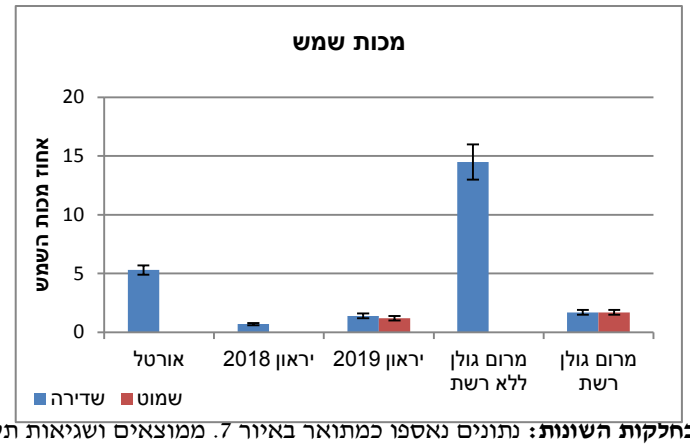


איור 14: השוואת נתוני היבול בין שיטות העיצוב השונות. ממוצעים ושונות חושבו כמתואר באיור 6.

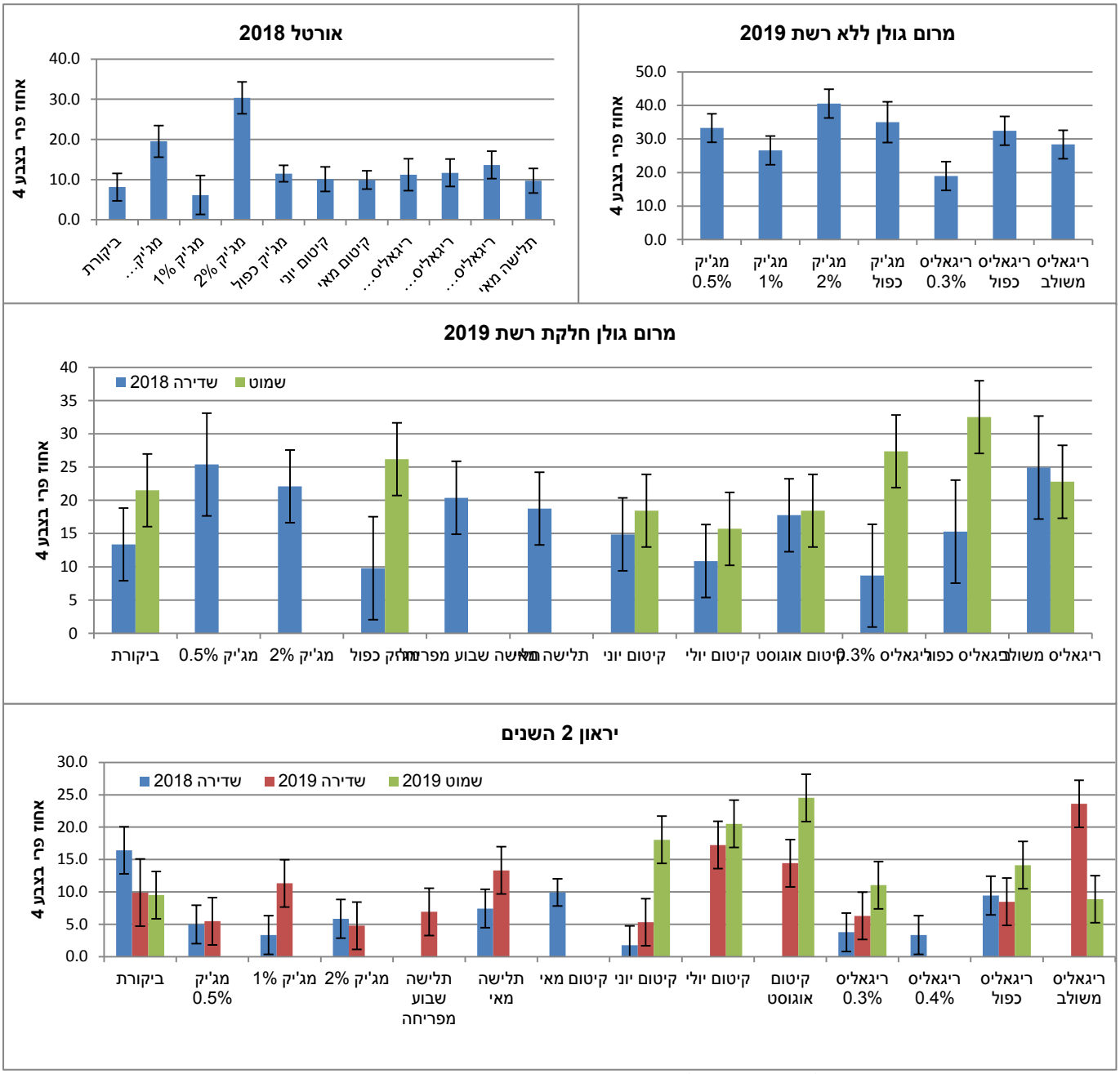
בהשוואת צבע בין העיצובים והחלקות השונות (איור 15), נמצא כי אחוז הפרי בצבע 4 (ערך הפרי האדום ביותר בקריפס-פינק) הוא הגבוה ביותר בחלקת מרום גולן ללא רשת כלל. יחד עם זאת, כצפוי אחוז הפרי עם מכות שמש בחלקה זו גבוה ביחס לחלקות אחרות, ועמד על 14.5%. באורטל ב 2018 הצרת החלקה לא הובילה לשיפור משמעותי באחוז הפירות בצבע 4, שעמד על 13.5% בלבד. אחוז מכות השמש בחלקה זו עמד על 5%, גבוה יותר מחלקות יראון ומרום גולן המכוסות ברשת, בהן אחוז מכות השמש היה נמוך מ- 2%. יש לציין, כי ידוע ממחקרים קודמים, שצבע הקריפס-פינק מושפע מגובה היבול, ובאורטל רמת היבול ב- 2018 הייתה גבוהה, וסביר שהשפיעה על הצבע (נתוני יבול לא נאספו בחלקה זו). בשתי החלקות המכוסות ברשת, יראון ומרום גולן, נמצא כי בדומה לסטרקינג, גם בחלקות אלו אחוז הפרי בצבע 4 היה גבוה יותר בעיצוב השמוט לאחר ניקוי הארובה. במרום גולן הסירו את הרשת כחודש לפני הקטיף, וביראון לא הוסרה הרשת כלל. בהתאם, צבע הפרי במרום גולן בשני העיצובים טוב יותר ביחס לצבע הפרי ביראון. בהשוואה בין הטיפולים השונים בכל עיצוב ובכל חלקה (איור 16), נמצא כי בחלקות ללא רשת בעיצוב השדירה, הן במרום גולן והן באורטל, הטיפולים בהם אחוז הפרי בצבע 4 היה הגבוה ביותר הם טיפולי המג'יק 0.5%, מג'יק 2% וריגאליס כפול. בחלקות המכוסות ברשת, בעיצוב השדירה טיפול הריגאליס הכפול והקיטומים היו הטובים ביותר. בעיצוב השמוט (שהיה טוב יותר ברוב הטיפולים במרום גולן

ובכולם למעט אחד ביראון), הטיפולים הטובים ביותר היו ריגאליס כפול ו 0.3% במרום גולן, וקיטומי יוני, יולי ואוגוסט ביראון. ביראון, טיפול הריגאליס הכפול היה טוב מטיפול הביקורת, אם כי לא במובהק.





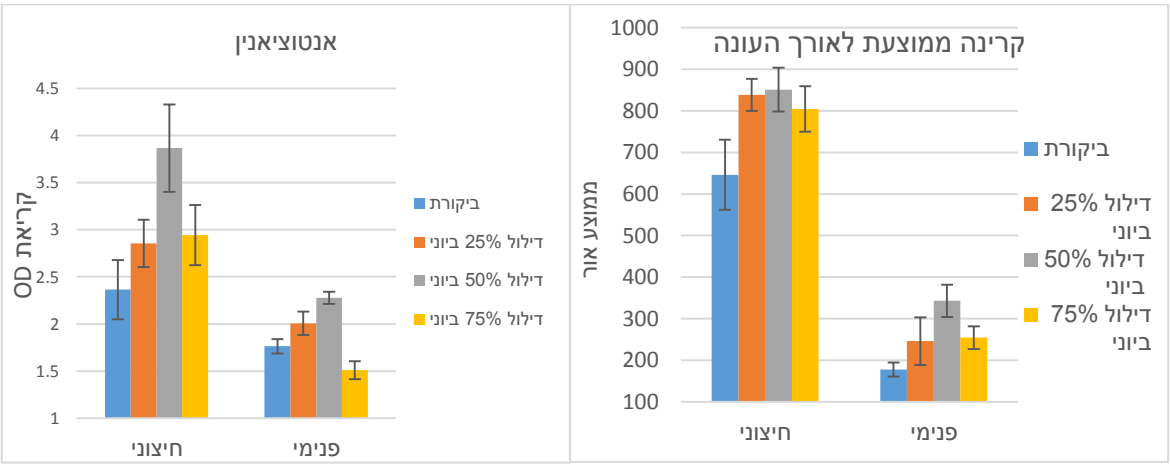
איור 15. אחוז פרי ברמת צבע 4 ואחוז מכות שמש בעיצובים השונים ובחלקות השונות: נתונים נאספו כמתואר באיור 7. ממוצאים ושגיאות תקן חושבו מכלל החזרות בכל עיצוב. הערכת מכות שמש נעשית גם כן בבית האריזה בראשית במערך המדגמים.



איור 16. אחוז פרי ברמת צבע 4 בטיפולים השונים בחלקות והעיצובים השונים: נתונים נאספו כמתואר באיור 7. ממוצעים ושגיאות תקן חושבו מכלל החזרות בכל טיפול ועיצוב.

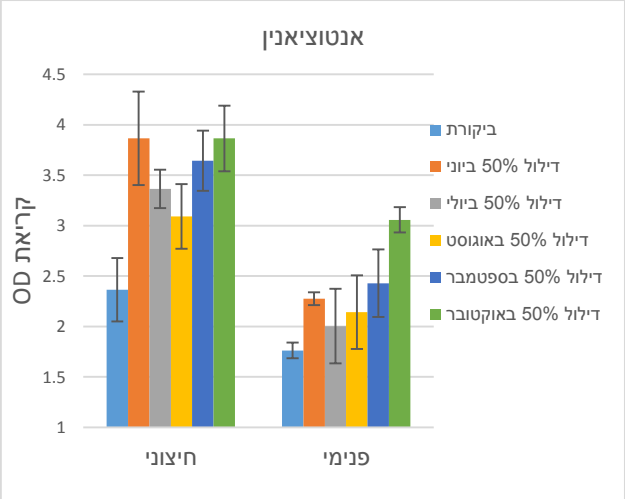
הסרת עלים בקריפס פינק

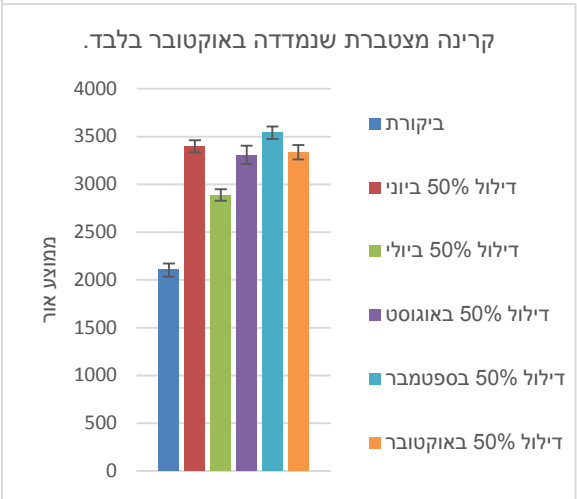
על מנת לבדוק האם הגדלת החשיפה לקרינה משפרת את צבע הפרי, נעשה ניסיון להסרת עלים בחלקת קריפס-פינק בחוות מתתיהו. הניסוי כלל הסרת 25%, 50% ו 75% מהעלים בחודש יוני, והשוואת צבע הפרי מטיפולים אלו לביקורת במועד הקטיף (איור 17). בנוסף, נעשתה הסרת עלים לרמה של 50% אחת לחודש, על מנת לבחון את מועד הסרת העלים המיטבי. קביעת אחוז העלים המוסרים נעשתה על ידי מדידת נפח עלווה במכשיר Sun-Scan מיד לאחר הסרת העלים. נמצא כי בטיפול הסרת העלים ברמה של 50% כמות האנטוציאנינים הייתה הגבוהה ביותר, הן בפירות חיצוניים והן בפירות פנימיים. בבחינה של עצמת האור, נמצא כי רמת הקרינה הייתה גבוהה כצפוי בפירות חיצוניים, ובהתאם רמת האנטוציאנינים בפירות אלו גבוהה יותר. בפירות הפנימיים, רמת הקרינה הייתה הגבוהה ביותר בטיפול של הסרת 50% מנפח העלווה. זאת כתוצאה מצימוח נמרץ של עלווה בטיפול הסרת העלים החזק יותר. רמת הקרינה והאנטוציאנינים בטיפול הביקורת הייתה הנמוכה ביותר.



איור 17. רמת האנטוציאנין הסופית וממוצע האור במשך העונה בטיפולי הסרת עלים ביוני: גרף שמאלי: ריכוז אנטוציאנינים בטיפולים השונים. ריכוז אנטוציאנינים נמדד על ידי מיצוי אתנולי וקריאה בספקטרופוטומטר באורך גל של 520. גרף ימני: ההבדל בממוצע החשיפה לאור בטיפולי יוני השונים במשך עונת ההבשלה. ממוצעים ושונות חושבו מ-4 חזרות לכל טיפול (עץ לחזרה) מכל עץ נאספו 4 תפוחים מכל עמדה.

בהשוואה שנעשתה בין מועדי הסרת העלים (איור 18), נמצא כי רמת האנטוציאנינים בפירות החיצוניים הייתה גבוהה בכל המועדים ביחס לביקורת. טיפולים אלו לא נבדלו ביניהם. מאידך, בפירות הפנימיים רמת האנטוציאנינים הייתה הגבוהה ביותר, ונבדלת במובהק מהביקורת רק בטיפול הסרת העלים שנעשה באוקטובר. זאת למרות שעצמת הקרינה שנמדדה באוקטובר בחובו של העץ לא נבדלה בין הטיפולים השונים. אי לכך, נבדק מתאם בין טמפרטורת הפרי שנמדדה לאורך העונה לבין רמת האנטוציאנינים בקטיף (טבלה 2). נמצא מתאם שלילי מובהק בין טמפ' הפירות הפנימיים לבין רמת האנטוציאנינים, כך שככל שטמפ' הפרי גבוהה יותר - כך צבירת האנטוציאנינים נמוכה יותר. מתאם זה התקבל עבור טמפ' ספטמבר בלבד (נתוני יתר החודשים, למעט אוקטובר, לא מובאים). בפירות החיצוניים לא נמצא מתאם, ונראה כי פירות אלו פחות רגישים לטמפרטורה. יש לציין, כי בכל הפירות הנבחנים לא נראו מכות שמש.





איור 18. רמת האנטוציאנין הסופית וממוצע קרינה באוקטובר בחובו של העץ בטיפולי הסרת עלים במועדים השונים: גרף שמאלי: ריכוז אנטוציאנינים בטיפולים השונים. גרף ימני: ההבדל בממוצע הקרינה באוקטובר במועדים השונים. נתונים נאספו כמתואר באיור 18.

טבלה 2: מתאם בין טמפרטורת פירות לבין רמת האנטוציאנינים בקטיף.

מתאם	משוואת קו המגמה	R^2
מתאם בין טמפ' פרי פנימי באוקטובר לבין רמת אנטוציאנינים בקטיף	y = 0.8237x + 24.484	$R^2 = 0.01$
מתאם בין טמפ' פרי פנימי בספטמבר לבין רמת אנטוציאנינים בקטיף	y = -2.0647x + 39.566	$R^2 = 0.5$
מתאם בין טמפ' פרי חיצוני בספטמבר לבין רמת אנטוציאנינים בקטיף	y = 0.088x - 0.7973	$R^2 = 0.12$

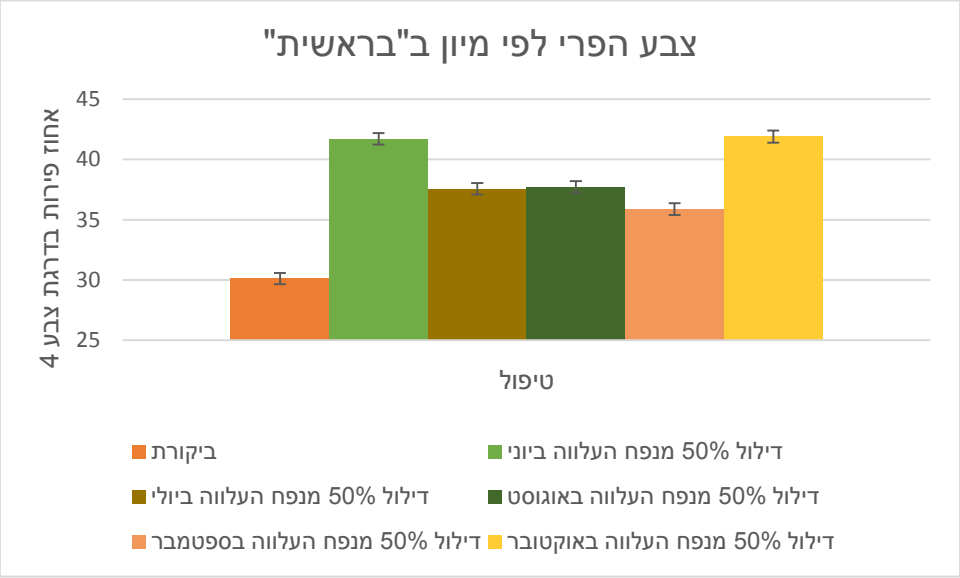
בבחינת דגם ביטוי הגנים במסלול הביוסינתזה של אנטוציאנינים, נמצא כי דגם ביטוי הגנים MdSHC ו- MdUFGT במועד הקטיף נבדל בין הטיפולים השונים (תוצאות לא מובאות). בבחינת מתאמים בין דגם ביטוי גנים אלו לבין טמפ' הפרי שנמדדה בספטמבר, נראה מתאם שלילי מובהק (טבלה 3) בין שני הגורמים, כך שככל שטמפ' הפרי גבוהה יותר כך דגם ביטוי הגן נמוך יותר. ערך R^2 במתאם לגן MdUFGT עמד על 0.94, ומצביע על קשר חזק מאוד בין הגורמים.

טבלה מס' 3: קורלציה בין רמת ביטוי הגנים לבין הטמפרטורה בספטמבר.

קורלציה לטמפרטורה בספטמבר	משוואת קו המגמה	R^2
הביטוי של פקטור השעתוק MdMYB10	y = -0.8496x + 37.86	$R^2 = 0.3264$
ביטוי הגן MdPAL	y = -2.1228x + 92.24	$R^2 = 0.1985$
ביטוי הגן MdCHS	y = -1.1196x + 43.624	$R^2 = 0.6628$
ביטוי הגן MdUFGT	y = -0.6624x + 26.49	**$R^2 = 0.9433$**

בקטיף נקטפו כל העצים בקטיף אחיד, לא-סלקטיבי, ונשלחו למערך המיון בבראשית (איור 19). נמצא כי בכל טיפולי הסרת העלים אחוז הפרי בדרגת צבע 4 היה גבוה במובהק מהביקורת. מועדי הטיפולים הטובים ביותר היו ביוני ובאוקטובר .

בבדיקה של טמפ׳ הפרי בספטמבר, נמצא כי בעוד שבביקורת (ובעצים שבהם הוסרו העלים באוקטובר) טמפ׳ הפרי הפנימי עמדה על 32^0C, טמפ׳ הפרי הפנימי בטיפולי הסרת העלים הייתה בין $37^0C - 35^0C$ (הטיפולים לא נבדלו ביניהם). אי לכך, לא ברור האם הסרת עלים ביוני הובילה לצימוח חלקי והצללה על הפירות (שהובילה למיתון עקת הטמפ׳), או שהפרי הפנימי היה עמיד לטמפ׳ הגבוהות בדומה לפרי החיצוני, ולכן צבע הפרי נפגע פחות.



איור 19. אחוז פרי בדרגת צבע 4 בעצי הסרת העלים במועדים השונים: נתונים נאספו כמתואר באיור 7. ממוצעים ושגיאות תקן חושבו מכלל החזרות בכל טיפול ועיצוב.

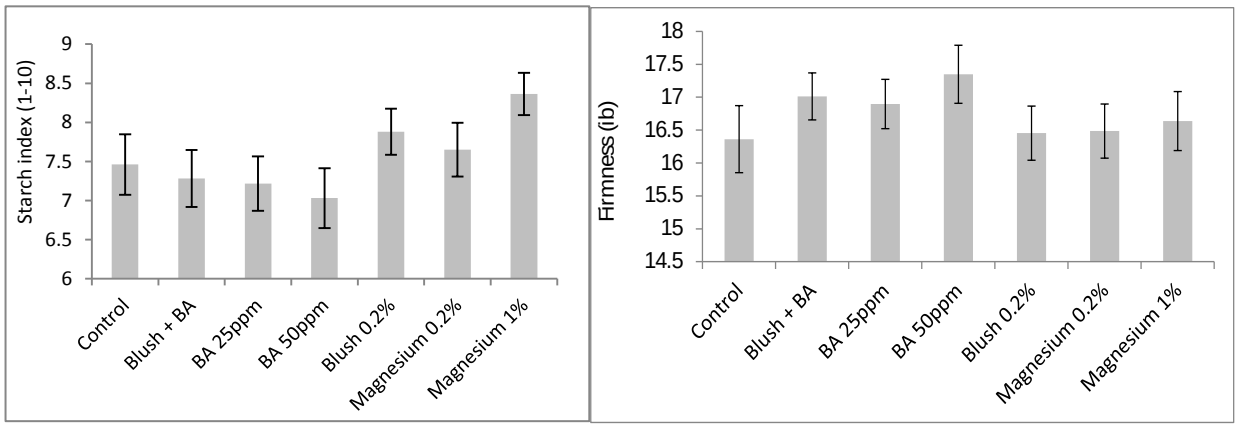
בחינת תכשירים לשיפור הצבע בקריפס פינק

בנוסף לטיפולי הגיזום והעיצוב השונים, נבחנו מספר חומרים לשיפור צבע בקריפס-פינק (טבלה 4). חומרים נבדקו בחוות מתתיהו ב 6 חזרות (עץ לחזרה) בבלוקים באקראי. חומרים כללו תכשירי מגנזיום, ציטוקינין (BA), ושני חומרים מסחריים: "בלאש" ו- AMINOFOL. התכשירים רוססו בריסוס רובים, והניסוי נעשה בשיתוף עם המעבדה לאחסון פירות במיגל.

טבלה 4: רשימת טיפולים ומועדי יישום לשיפור צבע בקריפס-פינק.

התכשיר	ריכוז	משטח	מועדי הטיפול	
			פנולוגי	תדירות
מגנזיום	0.2%	0.2% BB5	70 יום מ-ש.פ.	כל 3 שבועות
מגנזיום	0.5%			
מגנזיום	1.0%			
מגנזיום	0.2%			
מגנזיום	1.0%			
AMINOFOL	0.1%		10 ימים לפני קטיף - 20 באוקטובר טיפול של יובל עגני	
מגנזיום פעמיים	0.2%	0.2% BB5	חודש וחצי לפני קטיף - אמצע ספטמבר	
	1%		כשבועיים לאחר מכן	
ביקורת	ללא			
בלאש	מסחרי		חודש לפני קטיף - ב-30 לספטמבר.	
ציטוקינין	25ppm BA			
ציטוקינין	50ppm BA			
בלאש	מסחרי			
בלאש + ציטוקינין	25ppm BA			

פירות משני טיפולי מגנזיום בלבד נבדקו במעבדה לאחסון בדיקת אינדקס עמילן ורמת קשיות (איור 20). . נמצא כי אינדקס העמילן בטיפול המגנזיום 1% כל שלושה שבועות היה גבוה ביחס לביקורת. כלומר, טיפול זה הקדים להבשיל. מאידך, טיפול המגנזיום 0.2% לא נבדל מהביקורת. טיפול הציטוקינין 50 ח״מ איחר להבשיל, אם כי לא במובהק. בבדיקה של קשיות לא נמצאו הבדלים מובהקים בין הטיפולים השונים, למעט טיפול הציטוקנין ב 50 ח״מ, בו רמת הקשיות הייתה גבוהה במובהק מהביקורת.



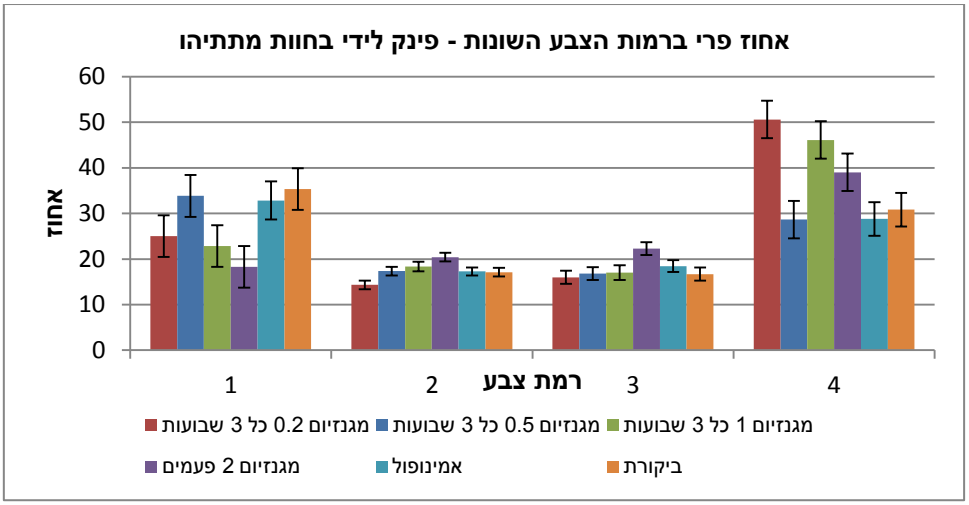
איור 20: אינדקס עמילן (ימין) וקשיות (שמאל) בקטיף.

במועד הקטיף נעשתה הערכת צבע הפרי על ידי מעריך יחיד (משה עגיב). הערכה נעשתה עבור כל עץ בנפרד ומכל צד בנפרד. כצפוי, נמצא כי רמת הצבע בצד הפונה לדרום (כיוון השורות הוא ממזרח למערב) גבוהה יותר. לא נמצאו הבדלים מובהקים בין הטיפולים, אם כי רמת הצבע בשני טיפולי ציטוקינין ובטיפול המגנזיום בריכוז של 0.2% הייתה הגבוהה ביותר (טבלה 5).

טבלה 5: רמת הצבע כפי שהוערכה בקטיף על ידי משה עגיב. רמת הצבע הוערכה עבור כל עץ בנפרד ועבור כל צד בנפרד (צד הפונה דרומה וצד הפונה צפונה). הערכות ניתנו בסולם של 0 – 3 (0 ללא צבע – 3 רמת צבע גבוהה של הפירות). ממוצעים ושונות חושבו מ- 6 חזרות (עץ לחזרה) עבור כל טיפול. אותיות שונות מייצגות שונות ברמה של 0.05.

טיפול	תאריך	שונות	צד צפון	שונות	צד דרום	שונות	ממוצע הערכת צבע
ביקורת	7.11	A	0.9	A	1.6	A	1.3
מגנזיום 2 פעמים	7.11	A	1.2	A	1.8	A	1.5
בלאש	7.11	A	1.2	A	1.8	A	1.5
אמינופול	7.11	A	1.2	A	2.0	A	1.6
מגנזיום 0.5% כל 3 שבועות	7.11	A	1.3	A	2.0	A	1.7
מגנזיום 1% כל 3 שבועות	7.11	A	1.3	A	2.0	A	1.7
בלאש + ציטוקנין 25 ח״מ	7.11	A	1.5	A	2.0	A	1.8
ציטוקינין 25 ח״מ	7.11	A	1.5	A	2.2	A	1.8
מגנזיום 0.2% כל 3 שבועות	7.11	A	1.6	A	2.1	A	1.8
ציטוקניין 50 ח״מ	7.11	A	1.6	A	2.3	A	2.0

בקטיף נקטפו עצי טיפולי המגנזיום בנפרד ונשלחו למיון בבראשית (עצי טיפולי הציטוקנין לא נקטפו למיון). נמצא כי רמת היבול (ק״ג לעץ) לא נבדלה בין הטיפולים השונים, למעט טיפול המגנזיום בשני מועדים. יבול טיפול זה היה נמוך במובהק מטיפול הביקורת. טיפול המגנזיום ברמה של 0.5% היה הגבוה ביותר, אם כי לא במובהק (נתונים לא מובאים). בבחינת התפלגות רמת הצבע בין הטיפולים השונים (איור 21), נמצא כי אחוז הפירות ברמת צבע 4 (סיווג הפרי האדום ביותר בפינק-לידי) היה הגבוה ביותר בטיפול המגנזיום 0.2% שניתן כל 3 שבועות, החל מ- 70 יום לאחר הפריחה. אחוז הפירות ברמה 4 בטיפול זה עמד על 51%, והיה גבוה במובהק מטיפול הביקורת. אחוז הפרי ברמת צבע 4 בטיפול המגנזיום 1% היה נמוך במעט, ואחוז הפרי ברמת צבע 4 בטיפול המגנזיום שניתן פעמיים היה נמוך משני טיפולים אלו, אך גבוה מטיפול הביקורת. טיפולי המגנזיום 0.5% והאמינופול לא תרמו לצבע כלל. מאחר וכפי שדווח בעבר, רמת הצבע נפגעת ביבול גבוה, יתכן ורמת הצבע בטיפול המגנזיום 0.5% הייתה נמוכה כתוצאה מרמת היבול הגבוה בעצי טיפול זה (8 טון לדונם לעומת 6 טון לדונם בטיפול הביקורת והמגנזיום 0.2%).



איור 21: התפלגות הצבע בטיפולים השונים. נתונים נאספו כמתואר באיור 2. רמת צבע 4 היא הטובה ביותר כאשר פרי ברמת צבע זו פודה מחיר פרמיום ביחס לרמות צבע אחרות. פרי ברמת צבע 1 הוא כמעט ללא צבע ופודה את המחיר הנמוך ביותר.

דיון:

צבירת הצבע בשני הזנים:

לצבעו של התפוח יש משמעות רבה כאשר הוא מוצע לשיווק. תפוחים 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. בתפוח ישנם שני שלבי התפתחות 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 א-ביוטיים. בין הגורמים הביוטיים, ניתן למנות זמינות סוכרים, כאשר בתפוח עליה בריכוז הסוכר המסיס בשלב ההבשלה מובילה לעליה בביו-סינתזה של אנטוציאנין (Chang et al., 2003). במעקב שנעשה בעבודה הנוכחית, נמצא כי בסטרקינג בזן 'טופ-רד' אכן נמצא מתאם חיובי של R^2=0.5 בין רמת הבריקס לרמת האנטוציאנינים. מתאם זה היה מובהק, בעוד שלא נמצא מתאם מובהק בין אינדקס העמילן והקשיות לבין רמת האנטוציאנינים בזן זה. בהתאם, צבירת הצבע החלה לפני העלייה באינדקס העמילן, יתכן וכתוצאה מעליה בסוכר המסיס שמקורו בעלים. מאידך, בזן קריפס-פינק נמצא מתאם חיובי מובהק רק בין אינדקס העמילן לבין הצבע. נראה על כן, כי רק לאחר שהחל תהליך ההבשלה (הכולל פירוק עמילן) מתחילה צבירת האנטוציאנינים בפרי. כפי שדווח בעבר (Espley et al., 2007; Ewa et al. 2006; Shafiq et al., 2014), גם בעבודה הנוכחית נמצא כי בסטרקינג האנטוציאנין העיקרי הוא cyaniding-3-galactoside (idaen). רמת הפנולים והאנטוציאנינים בעיצוב השמוט (סולקס) הייתה גבוהה ביחס לרמתם בעיצוב השדירה כשבועיים לפני הקטיף. בקטיף עצמו לא נראו הבדלים ברמת הפנולים, אך נראה כי רמת האנטוציאנינים שנמדדה במעבדה של פרופ' מיכל שמיר הייתה גבוהה יותר. במיצוי האתנולי לא נראו הבדלים בקטיף בין העיצובים השונים. עליה מוקדמת ברמת האנטוציאנינים בעיצוב השמוט מסבירה את הבדלי הצבע בקטיף בין שיטות העיצוב השונות, כפי שיוסבר בהמשך. זאת מאחר והקטיף היה אחיד, כך שנקטפו גם תפוחים שעדיין לא הגיעו להבשלה מלאה. היות ובעיצוב השמוט רמת האנטוציאנינים עלתה קודם, סביר כי אחוז התפוחים בהם נצבר צבע מלא הייתה גבוהה יותר. בהקשר זה, יש לציין כי לא נראו הבדלים ברמת האנטוציאנינים במיצוי אתנולי בין חוות מתתיהו בגליל לחוות פיכמן בגולן. יחד עם זאת, נראו הבדלים מובהקים באינדקס העמילן, כך שרמת ההבשלה בגליל הייתה גבוהה יותר ובהתאם זמן אחסון התפוחים קצר. מדדי הבשלה מתקדמים אלו מאפיינים את הסטרקינג בגליל, ולכן כמעט ולא מגדלים זן זה בגליל. בזן קריפס פינק לא נבדק עדיין הרכב הפנולים והאנטוציאנינים (הדוגמאות נמצאות במכון וולקני ונבדקות בימים אלו). בהשוואה בין חוות פיכמן לבין חוות מתתיהו, נמצא כי בקטיף רמת האנטוציאנינים במתתיהו הייתה מעט גבוהה יותר. יחד עם זאת, רמת ההבשלה בפיכמן הייתה נמוכה, וניתן היה להמתין עם הקטיף לקבלת צבע טוב יותר. קטיף הקריפס פינק

הוא לרוב סלקטיבי ובפיכמן במועד הקטיף המצוין החלו בקטיף ראשוני בלבד. תהליך הביו-סינתזה של אנטוציאנין בתפוח נחקר בעבר, והאנזימים העיקריים בתהליך והגנים שמקודדים להם הוגדרו ברובם (Ben-yehudah et al. 2016; Cheng et al. 2003; Ubi et al. 2006; Ritenour and Khemira 2007; Takos et al. 2017). במעקב אחר דגם ביטוי הגנים, נמצא כי עם ההבשלה חלה עליה בדגם ביטוי הגנים במסלול כאשר הגן UFGT, שהינו הגן האחרון במסלול הביו-סינתזה של האנטוציאנין (Taiz and Zeiger, 2002), עלה רק במתתיהו ולא בפיכמן. תוצאה זו מרמזת כי רמת הצבע שנמדדה בפיכמן נמוכה מרמת הצבע שהייתה מתקבלת עם התקדמות תהליכי ההבשלה. יש לציין, כי בחודש יולי נראתה עליה בדגם ביטוי גן זה בפיכמן ובהתאם עליה ברמת האנטוציאנינים. לא ברור מה גרם לעליה זו, אך ייתכן ורמת החלבון נשארה גבוהה גם בהמשך, ובהתאם חלה עליה ברמת האנטוציאנינים עם העלייה בדגם ביטוי הגנים האחרים במסלול. בזן קריפס-פינק, נראה מתאם חיובי ברור בין רמת הקרינה לבין הצבע, כך שככל שרמת הקרינה גבוהה יותר כך רמת האנטוציאנינים גבוהה יותר. בסטרקינג לא נמצא מתאם מובהק (תוצאות לא מובאות). הבדלים אלו מסבירים את רמת הצבע הנמוכה שנראתה ביראון ללא הסרת רשת ביחס לחלקות מרום גולן, בהן הוסרה הרשת או שלא הייתה רשת כלל. גם ב 2018 נראו הבדלים, כאשר רמת הצבע ביראון היית נמוכה ביחס לחלקת אורטל ללא רשת. מאידך, בסטרקינג נראה יתרון לחלקת אבנר המכוסה ברשת. זאת מאחר וצבירת צבע בזן זה פחות מושפעת מהקרינה, וייתכן ומושפעת יותר מטמפ' כפי שדווח בעבר (דורון וחוב', 2010; גרינבלט, 2013; שחק וצוותה, 2008; שניידר וחוב', 2013). בניסוי הסרת העלים בקריפס-פינק, נמצא כי בעוד שקרינת אוקטובר בהבשלה היא החשובה ביותר לצבע, התחממות מוקדמת בספטמבר (כחודש לפני תחילת ההבשלה) פוגעת בצבירת האנטוציאנינים. התחממות התפוחים במועד זה הייתה במתאם שלילי לדגם ביטוי הגן UFGT. בעבר דווח, כי טמפ' חמות מעכבות צבירת צבע, על ידי עיכוב בפעילות האנזים phenylalanine ammonia-lyase (PAL) , שהינו אנזים מרכזי במסלול הפניל-פרופנואידים וביטוי גנים במסלול האנטוציאן, ביניהם הגן MdMYB10 (Lin-Wang et al., 2011; Li et al., 2012; Faragher, 1983). יחד עם זאת, דיווחים אלו נגעו לטמפ' בזמן ההבשלה. במחקר הנוכחי, נראה כי טמפ' גבוהות כחודש לפני ההבשלה עשויות לפגוע בצבירת האנטוציאנינים, ויש להמשיך ולחקור כיוון זה. במעבדתה של דר' מיכל אורן-שמיר נמצא בעבר כי טיפול במלח מגנזיום Mg(NO3)2 הוביל לירידה ברמת פירוק האנטוציאנין בתגובה לחום בפרחים ובתרבית תאי ענבים (Shaked-Sachray et al., 2001; Sinilal et al., 2010; Nissim-levi et al., 2007). בהתאם, נוסה טיפול זה בזן קריפס-פינק. נמצא כי ריסוס במגנזיום בריכוז של 0.2% כל 3 שבועות, החל מ 70 יום לפני קטיף, הוביל לשיפור באחוז הפירות בצבע 4. בנוסף, נמצא כי יישום ציטוקינין (BA) תרם אף הוא לצבע. שני טיפולים אלו ייבחנו שוב בהמשך, בנפרד ובשילוב ביניהם.

הבדלי צבע בקטיף 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 למטע, כגון במות קטיף, 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 רוחב שורות המטע תוביל לשיפור בחשיפת הפרי לאור ולשיפור ברמת הצבע בקטיף. בנוסף, הצרה זו תאפשר הכנסת במות קטיף לחיסכון בכוח אדם ושיפור איכות הפרי. במהלך 2018 ו 2019 הגיעו לביקור והדרכה 3 חוקרים בעלי שם עולמי: פרופ' טרנס רובינסון ומריו סוזה ממדינת ניו יורק ואלברטו דוריגוני מאיטליה. שלושת החוקרים הצביעו על הבעיה שבהסבת מטעים לשדירה, והעלו חששות מפגיעה בפוריות והתמודדות קשה עם הצימוח התגובתי. שלושת החוקרים ציינו כי בהקפדה על ביצוע 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 למרחק של מטר

אחד (Robinson et al., 1991). מאחר ובעיצוב השמוט "Solaxe" רוחב הנוף עולה על 1 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, 2002; Lauri & Lespinasse, 1998). בהתאם, 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. גם בסטרקינג וגם בקריפס פינק נמצא כי רמת הצבע הייתה גבוהה יותר בעיצוב השמוט, הן בבדיקות של רמת אנטוציאנינים בקליפה והן במערך המיון בבראשית. בנוסף, בחלקות בהן נראו הבדלים ביבול, רמת היבול הייתה גבוהה יותר בעיצוב השמוט. בחלקת מחפי, שהייתה בשנת Off, רמת היבול בעיצוב השמוט הייתה כפולה מיבול עיצוב השדירה. בבחינת רמת הקרינה בחובו של העץ, נמצא כי בסטרקינג בעיצוב השמוט המשופר (ניקוי ארובה) רמת הקרינה הייתה גבוהה ביחס לעיצוב השדירה. זאת בניגוד לצפוי. בקריפס פינק לא נראו הבדלים, ויתכן כי השיפור ברמת הצבע מקורו בטמפ' הפרי בספטמבר. טענה זו יש לבדוק בשנה הקרובה. בהשוואה בין חלקות מכוסות ברשת לחלקות ללא רשת, נמצא כי בסטרקינג כיסוי ברשת עד לאחר הקטיף תורם לצבע ומונע מכות שמש. בקריפס-פינק נמצא כי רמת הצבע הטובה ביותר הייתה במרום גולן ללא רשת כלל. יחד עם זאת, אחוז הפרי עם מכות שמש היה גבוה מאוד, ועמד על 15%. באורטל אחוז הפרי עם מכות שמש היה גבוה גם ביחס לחלקות הרשת, ובנוסף רמת הצבע הייתה נמוכה ביחס לחלקת הרשת במרום גולן. ייתכן וכתוצאה מהתחממות-יתר של התפוחים בשדירה הצרה בשנת On. במרום גולן הוסרה הרשת כחודש לפני הקטיף, וביראון לא. בהשוואה בין חלקות אלו, נראה כי להסרת הרשת לפני הקטיף יתרון ברור. מסיכום נתונים אלו, נראה כי הן בסטרקינג והן בקריפס-פינק הסבת המטע למטע שדירה צרה היא טעות. יש לשפר על כן את ביצוע העיצוב השמוט, ולנקות ארובה על מנת לשפר את רמת הצבע בפרי הפנימי. בסטרקינג, רצוי לכסות את המטע ברשת ולהסירה רק לאחר הקטיף, ובקריפס פינק יש להסיר את הרשת כחודש לפני הקטיף.

כאמור, אחת ממטרות המחקר הייתה הכנסת במות קטיף לייעול העבודה במטע. שימוש בבמות מחייב כי הפרי יהיה במרחק של 70 – 80 ס"מ (מרחק זרוע) מהבמה, על מנת לאפשר קטיף מהיר ויעיל של הפרי ללא צורך בעיכוב תנועת הבמה. בעיצוב השמוט ניתן לאפשר שימוש בבמות על ידי ניקוי ארובה וגיזום של נוף העץ למרחק של 1.1 מטר מהגזע מכל צד. זאת מבלי לפגוע בפוריות ולשפר את איכות הצבע, כפי שצוין לעיל. רוחב הבמה הנוכחי עומד על 2.2 מטר, ובהתאם ישנה הגבלה על רוחב המעבר בין השורות. בנטיעות בהן המרחק בין השורות עומד על 4.5 מטר בין השורות, ניתן לשפר את עיצוב השמוט ולהכניס במות קטיף וליעל את העבודה, ללא צורך בהצרת המטע. בחלק גדול מהמטעים הקיימים, המרחק בין השורות עומד על 4 מטר בלבד. במטעים אלו לא ניתן לשפר את עיצוב השמוט כמו שהוא, ולכן יש למצוא שיטות הסבה אחרות שיאפשרו להסב את המטעים הקיימים למטע צר, ולשפר את איכות הפרי מבלי לפגוע בפוריות. בהמלצת 3 המומחים, הוחלט על שינוי תכנית הפעולה להצרה. במסגרת תכנית הפעולה החדשה, תיעשה הסבת המטעים על ידי הסרה מדורגת של ענפי שלד מרכזיים והחלפתם בענפים צעירים (תמונה 3). בדרך זו ניתן יהיה להחדיר יותר אור לחובו של העץ ולהצר את רוחב הנוף, מבלי לפגוע בפוריות. הצרה זו היא הדרגתית, כאשר מספר ענפי שלד יוחלפו כל שנה. בהתאם, הוחלט לבחון הצרה זו במטעים בני 4 – 6 שנים, מתוך הבנה כי הסבת המטע המלאה תיקח לפחות 3 שנים. בנוסף, ייבחן מספר ענפי השלד שניתן להסיר בשנה אחת מבלי לפגוע בפוריות. במסגרת שיטת הצרה זו, נבחן את טיפולי ריסון הצימוח הטובים ביותר כפי שהתקבלו מהניסיונות עד כה - טיפולי הריגאליס והגיזומים הקיציים.

תמונה 3. עצי סטרקינג בגיזום ענפי שלד: מימין עץ ביקורת, במרכז עץ לאחר הסרת 2 ענפי שלד, משמאל עץ לאחר הסרת 4 ענפי שלד.

רשימת ספרות:

גרינבלט יעל (2013) בדיקה מסחרית של רשתות צל בפינק ליידי בברעם. דו"ח ניסויים מו"פ צפון: http://www.mop-zafon.org.il/he/library-page

דורון שרוליק, רדל גלית, בר-סיני נורית, עגיב משה (2010) השפעת רשתות צל בזן סטרקינג. דו"ח ניסויי מו"פ צפון: http://www.mop-zafon.org.il/he/library-page

שחק יוספה וצוותה (2008) מודל רשתות בתפוח. 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., Kutty-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.

Faragher, J. D. (1983). Temperature regulation of anthocyanin accumulation in apple skin. *Journal of Experimental Botany*, *34*(10), 1291-1298.

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).

Li, J., & Yuan, R. (2008). NAA and ethylene regulate expression of genes related to ethylene biosynthesis, perception, and cell wall degradation during fruit abscission and ripening in 'Delicious' apples. *Journal of Plant Growth Regulation*, *27* 283-295.

LIN-WANG, K. U. I., Micheletti, D., Palmer, J., Volz, R., Lozano, L., Espley, R., & Iglesias, I. (2011). High temperature reduces apple fruit colour via modulation of the anthocyanin regulatory complex. *Plant, Cell & Environment*, *34*(7), 1176-1190.

Moriguchi, T. (2006). Expression analysis of anthocyanin biosynthetic genes in apple skin: effect of UV-B and temperature. *Plant Science*, *170*(3), 571-578.

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.

Ritenour, M., & Khemira, H. (2007). Red color development of apple: a literature review. *Washington State University, Tree Fruit Research and Extention 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.

Taiz, L., & Zeiger, E. (2002). Plant Physiology. 3rd. *England: Sinauer Associates*.

Ubi, B. E., Honda, C., Bessho, H., Kondo, S., Wada, M., Kobayashi, S., & 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-