

## דו"ח לתוכנית מחקר מספר 15-1672-132

שנת המחקר השלישית מתוך שלוש שנים – דו"ח מסכם

### חקר הגורמים המשפיעים על ריקבון הציפה בתפוח ופיתוח ממשק גידול למניעת המחלה Factors affecting the development of core rot of apples and development of disease management practices

מוגש לקרן המדען הראשי של משרד החקלאות

ע"י

דני שטיינברג	מחלקה לפתולוגיה של צמחים, מינהל המחקר החקלאי, בית דגן
אורי ירמיהו	מרכז מחקר גילת, מינהל המחקר החקלאי, גילת
אדולפו גבריאל לוין	מרכז ידע גליל עליון, קרית שמונה
ישראל דורון	שירות ההדרכה והמקצוע, בית דגן

D. Shtienberg	Dept. of Plant Pathology, ARO, Bet Dagan; <a href="mailto:danish@volcani.agri.gov.il">danish@volcani.agri.gov.il</a>
U. Yermiyahu	Gilat Center for Arid and Semi-Arid Agric. Res.; <a href="mailto:uri4@volcani.agri.gov.il">uri4@volcani.agri.gov.il</a>
A.G .Levin	MIGAL, Kiryat Shmona; <a href="mailto:adolfolevin@gmail.com">adolfolevin@gmail.com</a>
I. Dorom	Extension Service, Bet Dagan; <a href="mailto:isrdor@shaham.moag.gov.il">isrdor@shaham.moag.gov.il</a>

### תקציר

**הצגת הבעיה.** זני דלישס אדום נפגעים מהתפתחות עובש בבית הגרעינים ומריקבון בציפה. הגורם העיקרי לריקבון הציפה בישראל הוא הפטרייה *Alternaria alternata*. **מטרות המחקר.** היעד ארוך הטווח של המחקר הוא לפתח ממשק גידול שיאפשר להפחית למינימום את תופעת ריקבון הציפה בזני תפוח אדומים. המטרות הספציפיות של המחקר הן: 1. לבחון את הקשר בין ריכוז הסיידן והבורון בקליפת בית הגרעינים ובציפה לרגישות

העצים והפירות לריקבון הציפה; 2. לבחון את ההשפעה של טיפולים להגברת העמידות הפיזיולוגית של פירות לריקבון הציפה. **שיטות העבודה.** במהלך שלוש שנות המחקר בצענו במטעים מסחריים של הקיבוצים עין זיוון וקשת ניסויים בהם בחנו את הגורמים המשפיעים על התפתחות ריקבון הציפה ובחנו גישות שונות להגברת העמידות הפיזיולוגית של עצים, ענפים ופירות לריקבון הציפה. בחנו את השיטות הבאות: (א) מניפולציה של תנועת הסידן ברקמות הצמחיות או (ב) ריסוס הפירות בתרכובת המכילה סידן; (ג) שיפוע/עירור מערכת ההגנה הטבעית של הפירות. בסמוך לאסיף המסחרי דגמנו פירות מייצגים מהעצים המטופלים וקבענו את תכולת הסידן בקליפת בית הגרעינים שלהם. בסך הכל בצענו 587 בדיקות שונות. לאחר מכן נקטפו כל הפירות שהיו על עצי הניסוי, הם נספרו, נשקלו ונחתכו ולאחר מכן נבדקו באם התפתח בהם ריקבון הציפה. בסך הכל נבדקו במחקר זה 69,165 פירות! **תוצאות עיקריות.** קיים קשר מובהק בין עומס היבול, גודל הפירות ומספר הפירות המתפתחים באשכול לשכיחות הפירות שהיו עם ריקבון הציפה. היו השפעות גומלין בין המדדים הללו ואף אחד מהם לא השפיע בצורה קבועה על התפתחות הריקבון. יש הבדלים בריכוז הסידן בקליפת בית הגרעינים כתלות במדדים אלה. בפירות שבקליפת בית הגרעינים שלהם ריכוז סידן גבוה הסבירות להתפתחות ריקבון נמוכה במובהק מזו הקיימת בפירות שבקליפת בית הגרעינים שלהם ריכוז הסידן הוא נמוך. טיפול בהורמון ABA וגיזום של ענפוני צימוח בשלבי הגידול הראשונים של התפתחות הפירות היו יעילים בחלק מהניסויים. **מסקנות והמלצות.** הגורם המשפיע על הסבירות שיתפתח ריקבון בציפה הוא ריכוז הסידן בבית הגרעינים של הפירות. לא נמצא עדיין טיפול יעיל בו ניתן להשתמש בצורה מסחרית להתמודדות עם הבעיה. יש להמשיך ולבחון את היעילות של טיפולים שונים (כגון, תכשירים חדשים המכילים סידן) לפתרון הבעיה.

## מעריכים מומלצים לבדיקת הדו"ח המדעי

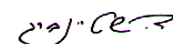
פרופ' רפי שטרן, מו"פ צפון, קריית שמונה

ד"ר מוישה פליישמן, מינהל המחקר החקלאי, בית דגן

ד"ר דוד עזרא, מינהל המחקר החקלאי, בית דגן

**הממצאים בדו"ח זה הינם תוצאות ניסויים. הניסויים לא מהווים המלצות לחקלאים.**

מרץ 2016

חתימת החוקר הראשי: 

## רשימת פרסומים שנבעו מהמחקר

ממחקר זה לא נבעו עדיין פרסומים מדעיים

## תוכן העניינים

### עמוד

4	מבוא
5	מטרות המחקר
5	פירוט עיקרי הניסויים והתוצאות
	הקשר בין ריכוז הסידן והבורון בקליפת בית הגרעינים ובציפה לרגישות העצים והפירות לריקבון הציפה
	ההשפעה של טיפולים להגברת העמידות הפיזיולוגית של פירות לריקבון הציפה
16	דיון
18	רשימה של הפרסומים המדעיים שנבעו מהמחקר
19	סיכום לדו"ח מחקר מס': 132-1672

תפוח הוא ענף גידול הפירות המרכזי בישראל וזני דלישס אדום מהווים כ- 40% מכלל זני התפוח המגודלים באזור הצפון. זנים אלה מאופיינים בפיטם פתוח ותעלה המחברת את עמוד העלי לחלל בית הגרעינים. זנים אלה נפגעים מהתפתחות עובש בבית הגרעינים ומריקבון בציפה. הגורם העיקרי לריקבון הציפה בישראל הוא הפטרייה *Alternaria alternata*. הנזק המשמעותי הנגרם לענף התפוח אינו הפחיתה ביבול (אם קיימת) אלא הפגיעה במוניטין של התוצרת המשווקת. אפילו שכיחות נמוכה של פירות עם ריקבון הציפה פוגעת במוניטין של זני הדלישס האדום. לכן נעשים מזה זמן מאמצים רבים לפתח גישות להתמודד עם התופעה ולמנעה. בין השנים 2007 ו- 2011 בצענו סדרה של ניסויים, תצפיות ובדיקות שבעקבותיהם העלנו את ההנחה שהגורם העיקרי המשפיע על התרחשות ריקבון הציפה הוא הפונדקאי ולא הפתוגן או תנאי בסביבה. ברור מאיליו שללא נוכחות הפתוגן לא תתרחש הדבקה ולא תהיה מחלה, אבל הפטרייה *A. alternata* היא פטרייה ספרופיטית הקיימת במטעים באוכלוסיות גדולות ועצם קיומה אינו הגורם המגביל את ההדבקה. התברר, שהפטרייה מאכלסת את בית הגרעינים של חלק ניכר מהפירות (40-60%) אבל ריקבון בציפה מתפתח רק בחלק קטן מהפירות המאוכלסים (בדרך כלל, באחוזים בודדים). כמובן שגם תנאי הסביבה משפיעים על התפתחות המחלה אבל מצאנו שבתנאי הארץ תנאי הסביבה לא משפיעים באופן ישיר על הפתוגן, אלא על הפונדקאי, ושהשפעה זו לא מתקיימת בזמן הפריחה בהכרח (Shtienberg et al., 2012). בחלק מהניסויים שבצענו עקבנו אחר הופעת ריקבון הציפה והיבול בעצים מוגדרים במשך 3-4 שנים רצופות. מצאנו ששכיחות הפירות הנגועים בריקבון הציפה משתנה משנה לשנה, בהתאם לשינויים בעומס היבול הנובעת מהסירוגיות הטבעית של היבול. בשנות "חס" בהן היבול גבוה שכיחות הנגיעות בריקבון הציפה נמוכה ובשנות "off" כשהיבול נמוך שכיחות הפירות עם ריקבון הציפה גבוהה. בניסויים בהם גרמנו להבדלים בעומס היבול בין עצים על ידי דילול, לא היו הבדלים בין הטיפולים בשכיחות הפירות עם עובש בבית הגרעינים אבל היו הבדלים בשכיחות הפירות עם ריקבון הציפה. שכיחות הפירות עם ריקבון הציפה הייתה במתאם לעומס היבול. בנוסף מצאנו שככל שהפירות היו גדולים יותר, כך עלתה הסבירות שהם יהיו פגועים (Shtienberg et al., 2012).

בהסתמך על ממצאי הניסויים והתצפיות שבצענו העלנו את ההשערה שההבדלים הקיימים בהתפתחות המחלה בין עצים עם עומס יבול נמוך ופירות גדולים לעצים (הגדלים באותם התנאים) עם עומס יבול גבוה ופירות קטנים, נובעים מהבדלים בריכוז המינרלים (או היחס שבין ריכוזי המינרלים) בקליפת בית הגרעינים. מאחר ועצים עם עומס יבול נמוך ופירות גדולים רגישים יותר להתפתחות ריקבון הציפה מעצים (הגדלים באותם התנאים) עם יבול גבוה ופירות קטנים, הנחנו שהמינרלים המעורבים הם סידן או בורון. התנועה של יסודות הללו לפרי מוגבלת ולשניהם חשיבות בבנייה של הרכב הממברנות ודופן התא. ריכוז גבוה של סידן ו/או בורון בקליפת בית הגרעינים יכול לעכב מעבר של הפטרייה לציפה. אם היפותזה זו תאושר ניתן יהיה, אולי, להקטין את הסבירות להתפתחות ריקבון הציפה על ידי טיפולים שיעלו את ריכוז המינרלים המעורבים בקליפת בית הגרעינים ובציפה.

## מטרות המחקר

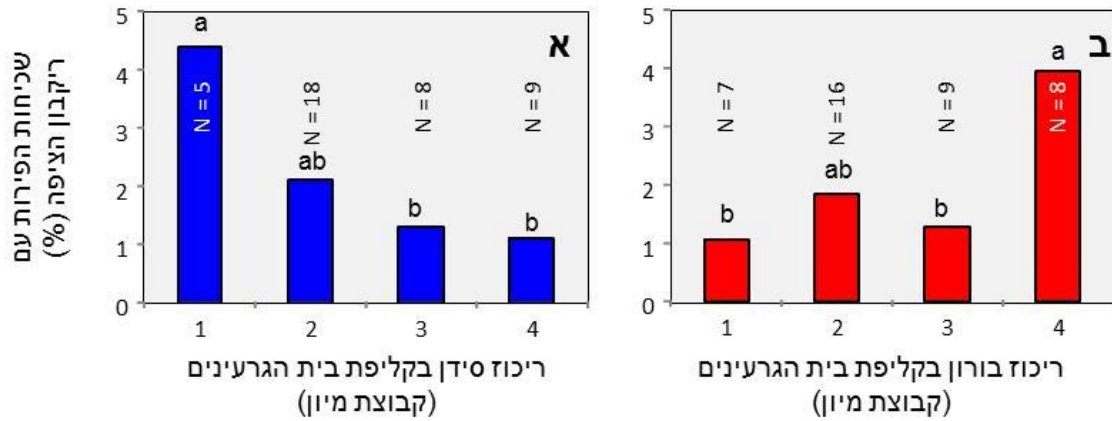
היעד ארוך הטווח של המחקר הוא לפתח ממשק גידול שיאפשר להפחית למינימום את תופעת ריקבון הציפה בזני תפוח אדומים. המטרות הספציפיות של המחקר הן: 1. לבחון את הקשר בין ריכוז הסיידן והבורון בקליפת בית הגרעינים ובציפה לרגישות העצים והפירות לריקבון הציפה; 2. לבחון את ההשפעה של טיפולים להגברת העמידות הפיזיולוגית של פירות לריקבון הציפה. בשנת המחקר הראשונה התמקדנו בחקר מטרה מספר 1 ובשתי שנות המחקר הבאות עסקנו בנושאים הקשורים למטרה מספר 2.

## פירוט עיקרי הניסויים והתוצאות

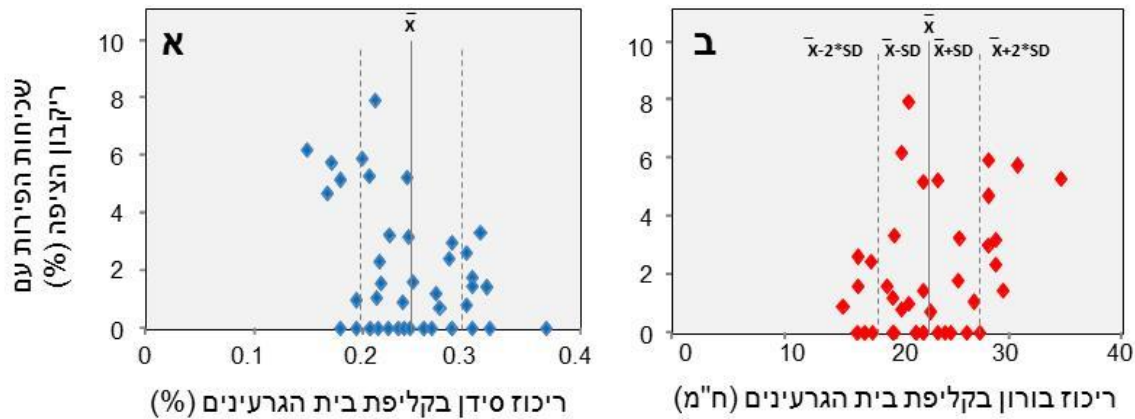
### 1. הקשר בין ריכוז הסיידן והבורון בקליפת בית הגרעינים ובציפה לרגישות העצים והפירות לריקבון הציפה

הניסויים שנכללו במחקר זה התבצעו במטעי הקיבוצים עין זיוון וקשת שברמת הגולן. במטעים אלה יש עשרות עצים שלגבי כל אחד מהם קיים תיעוד של היבול ושל עוצמת ריקבון הציפה שהיו עליהם בשלוש-ארבע השנים הקודמות. ממצאי המחקר מהשנים הקודמות הראו שאפשר להשתמש במידע זה כדי לחזות את רגישות העצים בניסויים שיבוצעו בעונות העוקבות (בגלל תופעת הסירוגיות). בניסויים שבצענו בשנת המחקר הראשונה זה בחנו את הקשר בין תכולת המינרלים בקליפת בית הגרעינים לרגישות העצים והפירות לריקבון הציפה ברמה של העץ השלם, ברמת הענף הבודד וברמת הפרי הבודד. הניסויים שבוצעו **בעצים שלמים** היו במתכונת של ניסוי חד-גורמי עם שני טיפולים: 1. עצים עם עומס פרי טבעי נמוך; 2. עצים עם עומס פרי טבעי גבוה. בכל טיפול היו 10 חזרות (עצים) והניסויים הוצבו באקראיות גמורה. מכל אחד מהעצים נדגמו פירות בשלושה שלבי התפתחות שונים, וריכוז המינרלים בהם נקבע בשיטות סטנדרטיות. בניסויים שהתמקדו **ברמת הענף הבודד** ניסינו לבצע, בשיטות שונות, מניפולציה ריכוז המינרלים המגיעים לענפים ולפירות שעליהם. הניסויים הוצבו במתכונת של ניסוי דו-גורמי בחלקות מפוצלות שהוצבו באקראיות גמורה. הגורם הראשון היה עומס היבול של העצים והוא כלול שתי רמות: 1. עצים עם עומס יבול נמוך (עצים רגישים) ו- 2. עצים עם עומס יבול גבוה (עצים עמידים). טיפולי הגורם הראשון חזרו 5 פעמים (עצים). על כל אחד מהעצים הוצבו הטיפולים של הגורם השני – מניפולציה של הצימוח. יחידות הניסוי היו ענפים רב-שנתיים. גורם זה כלל 4 רמות, כלהלן: 1. היקש. הענפים בטיפול זה נשארו כפי שהם וגדלו באופן טבעי; 2. הסרת כל העלים הנמצאים על הענפים בשלבי ההתפתחות הראשוניים של הפירות; 3. גיזום מוגבר של הענפונים הגדלים על הענפים הרב-שנתיים לאחר החנטה; 4. ריסוס של הענפים באנטי-גיברלין לעיכוב צימוח בסמוך לאחר הפריחה. בניסויים שבוצעו **ברמת הפרי הבודד** ניסינו לגרום, בשיטות שונות, להבדלים בגודל הפירות שגדלו על העצים. כל העצים שנכללו בניסוי זה היו עם עומס פרי גבוה מאד. הניסויים בוצעו במתכונת של ניסוי חד גורמי עם שלושה טיפולים; כל טיפול חזר 5 פעמים (עצים) והניסויים הוצבו באקראיות גמורה. הטיפולים היו: 1. היקש. הפירות גדלו על העצים באופן טבעי, בלי שינויים; 2. עצים שעברו דילול מסיבי (בכוונה להשאיר 50 פירות לעץ) בשלב החנטה; 3. עצים שעברו דילול מסיבי (בכוונה להשאיר 50 פירות לעץ) בשלב החנטה ובנוסף הושקו במים בחסר.

מהעצים שנכללו בניסויים השונים נדגמו בסמוך להבשלה ולפני הקטיף המסחרי פירות לקביעת ריכוז המינרלים בציפה ובקליפת בית הגרעינים. מאחר ובמצאים מוקדמים נראה שגודל הפירות ושםספר הפירות המתפתחים באשכול משפיעים גם הם על ריכוז המינרלים ועל שכיחות המחלה, נדגמו מכל עץ, מכל קבוצה, 5 פירות. בסך הכול נבדקה בשנת 2013 ריכוז המינרלים ב – 280 פירות. לאחר מכן נדגמו **כל הפירות** שגדלו על כל אחד מהעצים שנכללו בניסויים. הם חולקו לקבוצות לפי גודלם (פירות גדולים, בינוניים או קטנים) ולפי מספר הפירות שהיו בתפוחת (אחד, שניים או שלושה). כל פרי נחתך בנפרד ונוכחות תפטיר הפטרייה בבית הגרעינים שלו והתפתחות ריקבון הציפה נקבע ויזואלית. **בסך הכול נחתכו בניסויים שבצענו בשנת מחקר זו 39,230 פירות!!** בשנת 2012, לאחר שהוגשה הצעת המחקר לקרן המדען, אך עוד לפני שתוכנית מחקר זו אושרה, בצענו במטע של עין זיוון ניסוי מקדים בו דגמנו 5 פירות מכל אחד מ – 20 עצים שהיו עם עומס יבול גבוה (העמידים למחלה) ומ – 20 עצים שהיו עם עומס יבול נמוך (הרגישים למחלה). הפירות נחתכו ונקבעו ריכוזי הבורון והסידן בקליפת בית הגרעינים שלהם. לאחר מכן נדגמו מכל עץ 100 פירות שנחתכו ונבדקו ויזואלית ונקבעה שכיחות הפירות עם ריקבון הציפה. הקשר בין ריכוז המינרלים בקליפת בית הגרעינים לשכיחות המחלה מוצג באיור מספר 1. באיורים סומן בקו אפור רציף הריכוז הממוצע של הסידן (איור 1א) או הבורון (איור 1ב) בקליפות בית הגרעינים של כל הפירות. בנוסף, מסומן באיור בקווים מקווקווים הריכוז של המינרלים המתאים לערך של סטיית תקן אחת מעל, או מתחת, לממוצע. חישובים אלה אפשרו לחלק את עצים לארבע קבוצות מיון, לפי ריכוז המינרלים שהיו בקליפת בית הגרעינים של הפירות שהתפתחו עליהם. לאחר מכן חישבנו עבור כל אחת מארבע קבוצות המיון את ממוצע שכיחות הפירות שהיו עם ריקבון הציפה ובחנו אם יש הבדלים מובהקים במדד זה בין הקבוצות. הממצאים מוצגים באיור מספר 2: ככל שריכוז הסידן בקליפת בית הגרעינים של הפירות היה גבוה יותר, כך שכיחות הפירות עם ריקבון הציפה היה קטן יותר. לריכוז הבורון בקליפת בית הגרעינים לא הייתה כל השפעה (איור מספר 2). מטרת הטיפולים שנכללו בשלושת הניסויים שבצענו בשנת 2013 הייתה ליצור שונות בריכוז המינרלים בקליפת בית הגרעינים של הפירות שהתפתחו על העצים; זאת, כדי שנוכל לבחון את היפותזת העבודה שריכוז המינרלים בקליפת בית הגרעינים משפיעה על רגישותם הפיזיולוגית לגורם המחלה. באיור מספר 3 מוצג הקשר בין עומס היבול על העצים (ביחידות של מספר פירות לעץ) לשכיחות הפירות הפגועים שהתפתחו עליהם. כפי שניתן לראות הצלחנו לגרום לשונות בעומס היבול ובשכיחות המחלה: בעצים עם עומס יבול נמוך (=מספר פירות קטן) שכיחות המחלה הייתה גבוהה יותר מאשר בעצים עם עומס יבול גבוה (=מספר פירות גדול) (איור 3א). ובעצים בהם בוצע דילול עם וללא השקיית חסר שכיחות המחלה הייתה גבוהה יותר מאשר בעצי ההיקש שלא טופלו (איור 3ג). הטיפולים בניסוי מספר 2 בו בצענו מניפולציה של דרגת הצימוח של העצים אמנם לא השפיעו ישירות, אבל עדיין היה קשר מובהק בין מספר הפירות לשכיחות המחלה (איור 3ב).



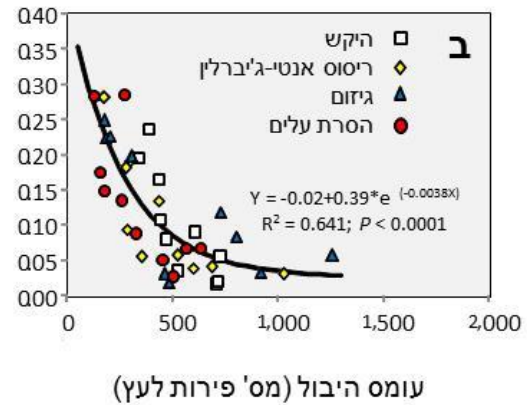
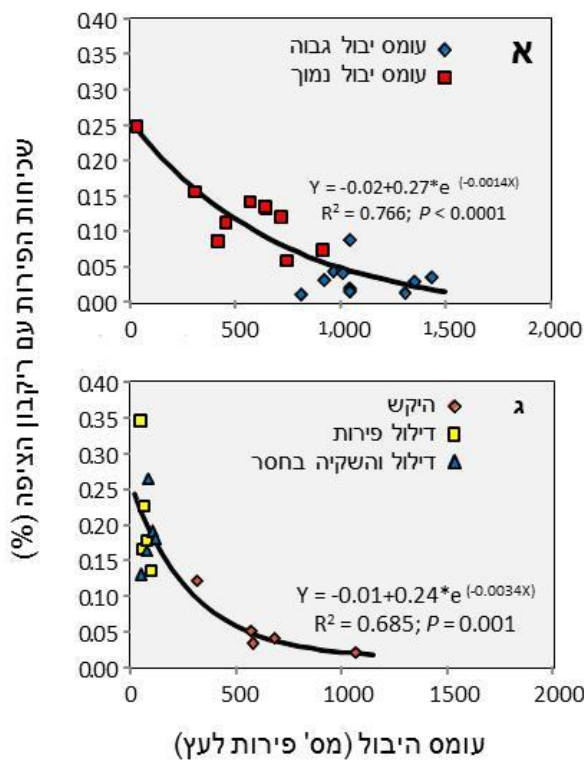
**איור מספר 1.** הקשר בין ריכוז הסידן (א) והבורון (ב) על בסיס משקל חומר יבש) בקליפת בית הגרעינים של פירות שנדגמו מעצי תפוח מהזן סטרקינג שגדלו במטע עין זיוון בעונת 2012 לשכיחות הפירות שהתפתחו עליהם תסמינים של ריקבון הציפה. הקו האפור האנכי המלא מייצג את הערך הממוצע של ריכוז הסידן או הבורון בקליפת בית הגרעינים שחושבו על פי כל הדגימות; הקווים האפורים המקווקוים מייצגים את הערך של הממוצע פלוס, או מינוס, סטיית תקן אחת.



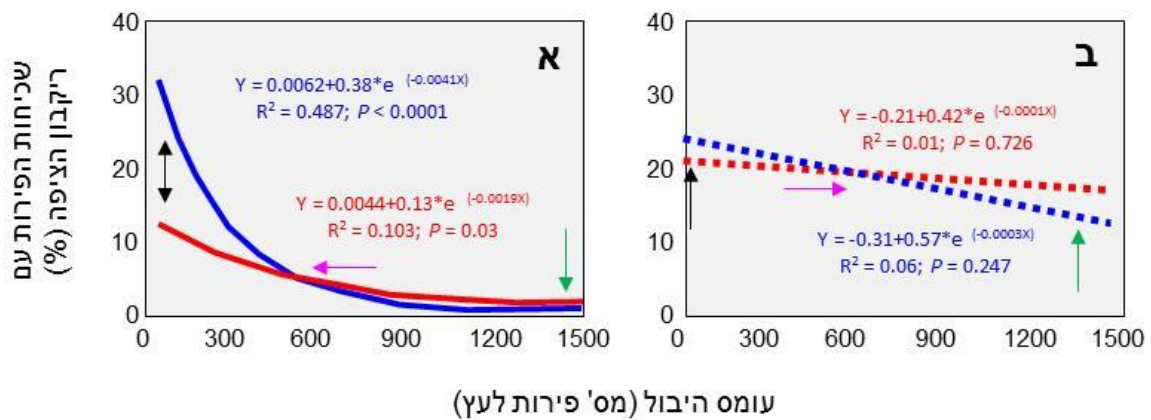
**איור מספר 2.** שכיחות הפירות שהתפתחו עליהם תסמינים של ריקבון הציפה בעצים שמוינו לארבע קבוצות על פי ריכוז הסידן (א) או הבורון (ב) שהיה בקליפת בית הגרעינים של פירות שגדלו עליהם. הממצאים הם מהניסוי שבוצע בעונת 2012 במטע עין זיוון. הדרך בה חולקו העצים לארבע הקבוצות מתוארת בטקסט. ערכי עמודות שלידן אותיות שונות, שונים זה מזה במובהק כנקבע על ידי מבחן HSD ( $P < 0.05$ ). N = מספר העצים שנכללו בכל קבוצת מיון.

בשלב הבא השתמשנו בנתונים שנאספו כדי לבחון את הקשר בין עומס היבול, כתלות בגודל הפרי (פירות קטנים ופירות גדולים) ובמספר הפירות שהתפתחו באשכול (פרי בודד או שלושה פירות באשכול) לשכיחות הפירות עם ריקבון הציפה. הממצאים מוצגים באיור מספר 4. בעצים עם עומס יבול נמוך (מעט פירות לעץ), הגורמים שהשפיעו על התפתחות ריקבון הציפה היו גודל הפירות ומספר הפירות שהתפתחו באשכול: המחלה התפתחה בשכיחות גבוהה יותר בפירות קטנים שגדלו באשכולות, ובפירות הגדולים (בלי קשר באם הם גדלו בצורה בודדת או באשכולות), מאשר בפירות קטנים שגדלו בודדים (ההשוואה מסומנת בחיצים שחורים באיור מספר 4). לעומת זאת, בעצים עם עומס יבול גבוה, הגורם היחיד שהשפיע על התפתחות ריקבון הציפה היה גודל הפירות: המחלה התפתחה בשכיחות גבוהה יותר בפירות גדולים מאשר בפירות קטנים. למספר הפירות באשכול לא

הייתה השפעה במקרה זה (ההשוואה מסומנת בחיצים ירוקים באיור מספר 4). מעל עומס יבול מסוים (600 פירות לעץ), הפירות הגדולים רגישים הרבה יותר מאשר הפירות הקטנים (ההשוואה מסומנת בחיצים ורודים באיור מספר 4).



**איור מספר 3.** הקשר בין עומס היבול לשכיחות הפירות שהתפתחו עליהם תסמינים של ריקבון הציפה בשלושה ניסויים שבוצעו בעונת 2013 במטעי עין זיוון. א. בניסוי זה נדגמו עצים עם עומס יבול (טבעי) גבוה או נמוך; ב. בניסוי זה בוצעו טיפולים ברמת העץ הבודד כמפורט באיור במטרה להשפיע על עוצמת הצימוח של העצים; ג. בניסוי זה בוצעו טיפולים ברמת העץ הבודד במטרה להשפיע על גודל הפירות של העצים. כל נקודה מייצגת עץ נדגם אחד.



**איור מספר 4.** הקשר בין עומס היבול, כתלות בגודל הפרי (א' - פירות קטנים; ב' - פירות גדולים) ומספר הפירות שהתפתחו באשכול (קווים אדומים - פרי בודד באשכול; קווים כחולים - שלושה פירות לאשכול), לשכיחות הפירות שהתפתחו עליהם תסמינים של ריקבון הציפה בניסויים שבוצעו בעונת 2013 במטעי עין זיוון. הקווים מייצגים את משוואות הרגרסיה שחושבו עבור הנתונים שנאספו בשלושת הניסויים. שתי משוואות הרגרסיה שחושבו עבור הפירות הגדולים לא היו מובהקות ( $P > 0.05$ ) והקווים מוצגים באיור ב' להמחשה בלבד. בטקסט יש התייחסות לחיצים המופיעים באיורים.



במהלך העונה ובסיומה נדגמו פירות שגדלו בודדים באשכול או באשכולות עם שלושה פירות, מעצים עם עומס יבול נמוך או מעצים עם עומס גבוה. הפירות נחתכו וריכוז הסיידן והבורון בקליפת בית הגרעינים ובציפה שלהם נקבעה. הממצאים המתייחסים לסיידן מוצגים בטבלה מספר 1. ההבדלים הגדולים ביותר בריכוז הסיידן בקליפת בית הגרעינים היו בין פירות שגדלו בודדים בעצים עם עומס יבול גבוה לבין פירות שגדלו באשכולות על עצים עם עומס יבול נמוך (הפרש של 30-60%). הבדלים אלה היו מובהקים בכל הבדיקות. עם גדילת הפירות וההבשלה הייתה ירידה בריכוז הסיידן בקליפת בית הגרעינים. הירידה הייתה גדולה יותר בפירות שגדלו בודדים בתפוחים בעצים עם עומס יבול גבוה (ירידה של 50% לערך) מאשר בפירות שגדלו באשכולות על עצים עם עומס יבול נמוך (ירידה של 18%). ריכוז הסיידן בציפה היה נמוך יותר בכל המקרים מריכוז הסיידן בקליפת בית הגרעינים במידה משמעותית (ריכוזים של 0.045-0.11%; תוצאות לא מוצגות).

**טבלה מספר 1.** השפעת עומס היבול ומספר הפירות באשכול על ריכוז הסיידן (באחוזים) בקליפת בית הגרעינים של פירות תפוח בשלבי התפתחות שונים. הפירות נדגמו מעצים שנכללו בניסוי מספר 1 שבוצע בעין זיוון בשנת 2013.

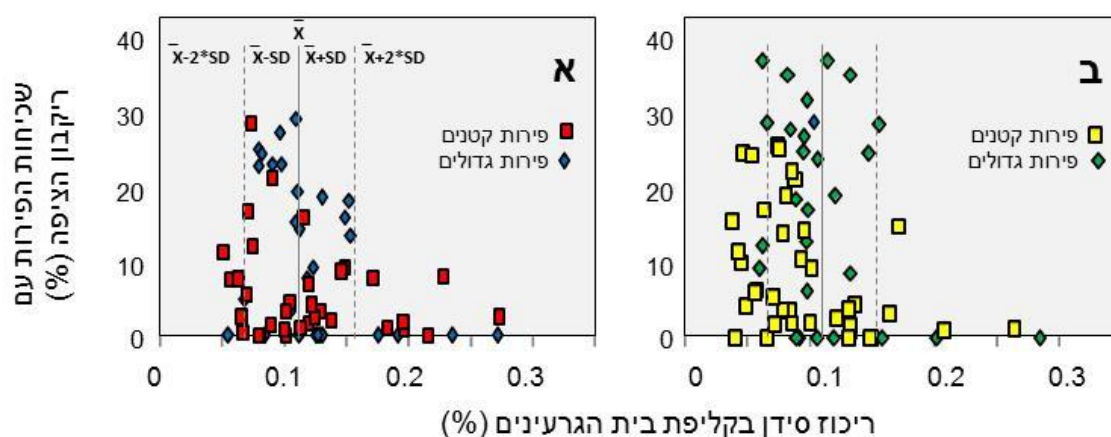
דגימה שלישית		דגימה שנייה		דגימה ראשונה*		עומס יבול
מס' פירות באשכול		מס' פירות באשכול		מס' פירות באשכול		
3	1	3	1	3	1	
0.09 ב	0.10 אב	0.14 ג	0.19 אב	0.11 ב	0.19 אב	נמוך
0.11 אב	0.13 א	0.18 ב	0.22 א	0.14 ב	0.28 א	גבוה

\*הדגימה הראשונה בוצעה בתאריך 31 במאי 2013; הדגימה השנייה בתאריך 2 ביולי 2013 והדגימה השלישית בסמוך לקטיף בחודש ספטמבר 2013. ערכים (בכל מועד דגימה) שלידם אותיות שונות שונים זה מזה במובהק כנקבע על פי מבחן HSD ( $P < 0.05$ ).

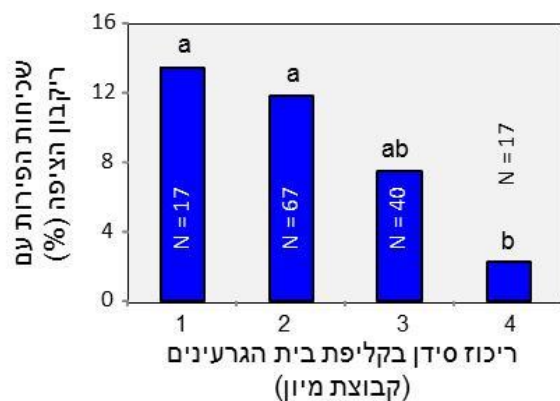
בשלב הבא בחנו את הקשר בין ריכוז הסיידן בקליפת בית הגרעינים, כתלות במספר הפירות שהתפתחו באשכול (פרי בודד או שלושה פירות באשכול) וגודל הפירות (קטנים או גדולים), לשכיחות הפירות שהיו עם ריקבון הציפה. בניתוח נכללו כל העצים שהיו בניסויים 1 ו-2 בעין זיוון. הממצאים מוצגים באיור מספר 5 בו סומנו גם הערך הממוצע של ריכוז הסיידן בכל הדגימות והריכוז המתאים לערך הממוצע פלוס, או מינוס, סטיית תקן. ערכים אלה שימשו לחלוקה של העצים לארבע קבוצות, על פי ריכוז הסיידן שהיה בהם כפי שבצענו בנתונים של שנת 2012 (איור מספר 2). מתברר, ששכיחות הפירות עם ריקבון הציפה בקבוצות מיון 1 ו-2 (בהם ריכוז הסיידן בקליפת בית הגרעינים היה נמוך מהממוצע) הייתה גבוהה במובהק משכיחות הפירות בקבוצה מספר 4, בה ריכוז הסיידן בקבוצת בית הגרעינים היה גבוהה מהערך הממוצע ועוד סטיית תקן אחת (איור מספר 6).

## 2. ההשפעה של טיפולים להגברת העמידות הפיזיולוגית של פירות לריקבון הציפה

בשנת 2014 ביצענו במטעי קיבוץ עין זיוון סידרה של ניסויים בהם בחנו באופן ראשוני גישות שונות להפחתת הנגיעות בריקבון הציפה. הניסויים התמקדו בשלושה כיוונים שונים: הגדלת ריכוז הסיידן בקליפות בית הגרעינים באמצעות (א) מניפולציה של תנועת הסיידן ברקמות הצמחיות או (ב) על ידי ריסוס הפירות בתרכובת המכילה סיידן; (ג) שיפוע/עירור מערכת ההגנה הטבעית של הפירות. הסיידן נע במערכת העיצה (עם זרם המים) לכן ריכוזו באיברים המדייתים, העלים, גבוה מריכוזו באיברים לא מדייתים כמו פירות. יותר מכך, צינורות העיצה המובילים מים ואת המינרלים המומסים בהם לפירות נחסמים בשלבים הראשונים של התפתחות הפירות ולכן כל כמות הסיידן הנמצאת בפירות מגיעה אליהם בשלבי ההתפתחות הראשונים והיא נמוכה יחסית.



**איור מספר 5.** הקשר בין ריכוז הסיידן בקליפת בית הגרעינים, כתלות במספר הפירות שהתפתחו באשכול (א' - פרי בודד באשכול; ב' - שלושה פירות לאשכול) ובגודל הפירות (ריבועים - פירות קטנים; מעוינים - פירות גדולים), לשכיחות הפירות שהתפתחו עליהם תסמינים של ריקבון הציפה בניסויים 1 ו-2 שבוצעו בעונת 2013 במטעי עין זיוון. הקו האפור האנכי המלא מייצג את הערך הממוצע של ריכוז הסיידן בקליפת בית הגרעינים כפי שחושב על פי כל הדגימות; הקווים האפורים המקווקווים מייצגים את הערך של הממוצע פלוס, או מינוס, סטיית תקן אחת.



**איור מספר 6.** שכיחות הפירות שהתפתחו עליהם תסמינים של ריקבון הציפה בעצים שמוינו לארבע קבוצות על פי ריכוז הסיידן שהיה בקליפת בית הגרעינים של פירות שגדלו עליהם. הממצאים הם מניסויים 1 ו-2 שבוצעו בעונת 2013 במטעי עין זיוון. הדרך בה חולקו העצים לארבע הקבוצות מתוארת בטקסט. ערכי עמודות שלידן אותיות שונות, שונים זה מזה במובהק ננקבע על ידי מבחן HSD ( $P < 0.05$ ).  $N =$  מספר העצים שנכללו בכל קבוצת מיון.

הניסויים שבצענו, והטיפולים שנכללו בהם, היו כלהלן:

**א1. סגירת הפיוניות בעלים:** בחנו את האפשרות שריסוס של ההורמון הצמחי ABA (פרוטון) בשלבים הראשונים של התפתחות הפירות יגרום לסגירת הפיוניות בעלים ויקטין את קצב הדיות. הנחנו שבמקרה זה יהיה שינוי בכיוון תנועת הסידן לטובת הפירות המתפתחים. הניסוי כלל ארבעה טיפולים: ריסוס התכשיר Proton בריכוזים של 250, 500 או 750 חלקי מיליון והיקש. הריסוס הראשון יושם בתאריך 18 באפריל 2014 (שלב החנטה) והריסוסים העוקבים יושמו מידי שבוע עד לתאריך 2 ביוני; בסך הכול יושמו 7 ריסוסים. **א2. השפעה על משך הקליטה של הסידן:** בחנו את האפשרות שריסוס באוקסין בשלבי ההתפתחות הראשונים של הפירות יאריך את משך הקליטה של הסידן בפירות. הניסוי כלל ארבעה טיפולים: ריסוס התכשיר Alfatin בריכוזים 5, 10 או 20 חלקי מיליון והיקש. התכשיר יושם פעם אחת בתאריך 18 באפריל, 2014. **א3. ריסוס במעכב צימוח:** בחנו את האפשרות שריסוס במעכבי צימוח בשלבי ההתפתחות הראשונים של הפירות יעקב את קצב גדילת העלווה ויאפשר לכמות גדולה יותר של סידן להגיע לפירות. הניסוי כלל ארבעה טיפולים: ריסוס במעכב הצימוח MAGIC בריכוז של 0.5 או 1%, ריסוס במעכב הצימוח REGALIS בריכוז של 0.2% והיקש. התכשיר יושם פעם אחת בתאריך 13 באפריל, 2015. **א4. גיזום ענפונים צומחים בסמוך לזמן החנטה:** בחנו את האפשרות שגיזום ענפים צומחים בשלבי ההתפתחות הראשונים של התפתחות הפירות יאפשר לכמות גדולה יותר של סידן להגיע לפירות. ניסוי זה כלל שני טיפולים, גיזום משמעותי של צימוח אביבי חדש והיקש (ללא גיזום). הגיזום בוצע בתאריך 24 באפריל, 2014 בשלב סוף פריחה-תחילת חנטה, עם ההתפתחות הראשונית של הצימוח האביבי.

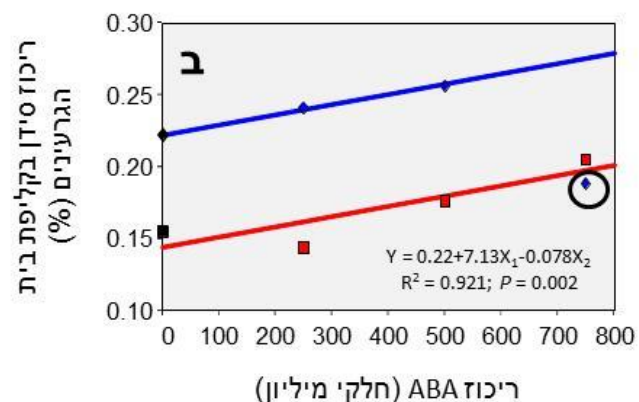
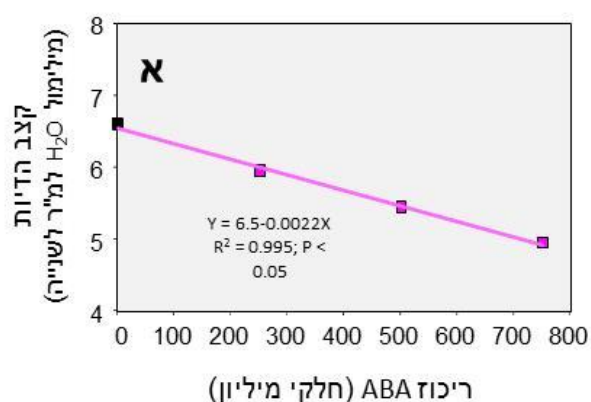
**ב1. הגדלת ריכוז הסידן בקליפה של בית הגרעינים על ידי ריסוס בסידן:** בחנו את האפשרות שריסוס בסידן בשלבי ההתפתחות הראשונים של החנטים יאפשר לסידן להיקלט ע"י החנט ולהגיע לקליפת בית הגרעינים. הניסוי כלל שני טיפולים, ריסוס בקלניט (חנקת הסידן, דשנים וחומרים כימיים בע"מ) 1% והיקש (ללא ריסוס). הריסוס הראשון יושם בתאריך 8 באפריל 2014 (שלב החנטה) והריסוסים העוקבים יושמו מידי שבוע עד לתאריך 9 ביוני; בסך הכול יושמו 8 ריסוסים.

**ג1. שיפוע/עירור מערכת ההגנה הטבעית של הפירות:** קיים מידע שהתכשיר קנון (חומצה זרחיתית; תכשיר משווק על ידי חברת לונסמבורג תעשיות בע"מ) משפעל את מערכת ההגנה הטבעית הקיימת בצמחים. לתכשיר זה יש רישוי לשימוש כנגד אלטרנריה ברימונים. לכן בחנו את האפשרות שריסוס בקנון יפחית את הנגיעות בריקבון הציפה שלא דרך הגברת ריכוז הסידן בקליפת בית הגרעינים. הניסוי כלל שני טיפולים, ריסוס בקנון 0.3% והיקש (ללא ריסוס). הריסוס הראשון יושם בתאריך 13 באפריל 2014 (שלב החנטה) והריסוסים העוקבים יושמו מידי שלושה שבועות עד לתאריך 8 בספטמבר; בסך הכול יושמו 8 ריסוסים.

העצים שנבחרו היו עצים עם עומס פרי טבעי נמוך (עצים רגישים). בכל טיפול היו 5 עצים (חזרות) והניסויים הוצבו באקראיות גמורה. מכל אחד מהעצים שנכללו בניסויים נדגמו פירות בשלבי התפתחות הראשונים של

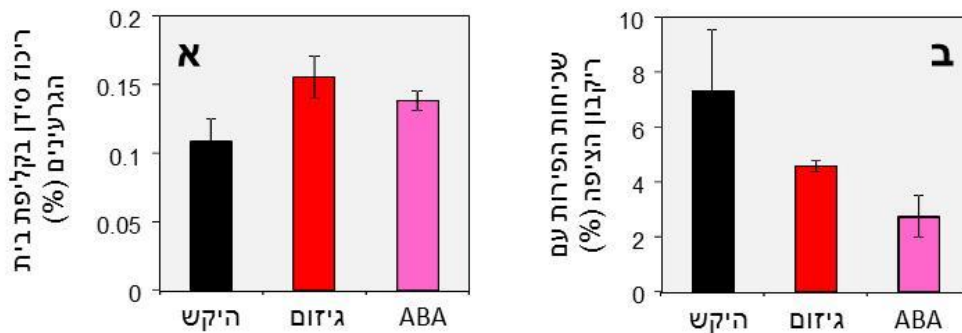
הפירות (בתאריך 8 ביולי 2014). לאור הממצאים מוקדמים שבהם נמצא שגודל הפירות ושמספר הפירות המתפתחים באשכול משפיעים על ריכוז הסיידן ועל שכיחות המחלה, נדגמו מכל עץ 5 פירות גדולים שגדלו לבד בתפרחת ו- 5 פירות גדולים שגדלו בקבוצות של שלושה פירות או יותר. דגמנו רק פירות גדולים מפני שהם הפירות בעלי רגישות גבוהה. דיגום נוסף בוצע בסמוך לפני האסיף המסחרי ובמועד זה התרכזנו רק בטיפולים שבבדיקה הראשונה נמצא שערכי הסיידן בקליפת בית הגרעינים היו גבוהים מאילו שנמדדו בפירות שנדגמו מטיפול ההיקש. בסך הכול נבדק ריכוז הסיידן בשנת 2014 ב- 127 דוגמאות במועד הדגימה הראשון וב- 30 דוגמאות במועד הדגימה השני. בסמוך לפני הקטיף המסחרי נדגמו **כל הפירות שגדלו על כל אחד מהעצים שנכללו בניסויים בהם בוצע הדיגום השני**. הפירות חולקו לקבוצות לפי גודלם (פירות גדולים, בינוניים או קטנים) ולפי מספר הפירות שהיו בתפרחת (אחד, שניים או שלושה). **כל פרי נחתך בנפרד ונבדק ויזואלית באם נראית נוכחות של תפטיר הפטרייה בבית הגרעינים ובאם יש ריקבון בציפה**. **בסך הכול נחתכו בניסויים שבצענו בשנת מחקר זו 11,074 פירות**.

כמצופה, ריסוס בהורמון ABA הפחית את קצב הדיות של העלים. עוצמת ההשפעה הייתה פרופורציונאלית לריכוז התכשיר שיושם. תוצאה מייצגת מאחד ממועדי המדידה מתוארת באיור מספר 7א. על פי הספרות צינורות העיצה המובילים מים ומומסים לפירות המתפתחים מפסיקים לתפקד כשלושה חודשים לאחר החנטה. בתאריך 8 ביולי דגמנו פירות ובחנו את ריכוז הסיידן בקליפת בית הגרעינים שלהם; הנחנו שזה יהיה בקירוב הריכוז המרבי של הסיידן בפירות. מצאנו שריכוז הסיידן בפירות שגדלו על עצים שרוססו בהורמון ABA היה בקשר ישיר לריכוז ההורמון שיושם. כצפוי, ריכוז הסיידן היה גבוה יותר בפירות שגדלו בודדים בתפרחת מאשר בפירות שגדלו בקבוצה של 3 פירות או יותר (איור מספר 7ב). לשאר הטיפולים שנבחנו בניסוי לא הייתה השפעה מובהקת על ריכוז הסיידן בקליפות בית הגרעינים (תוצאות לא מוצגות).

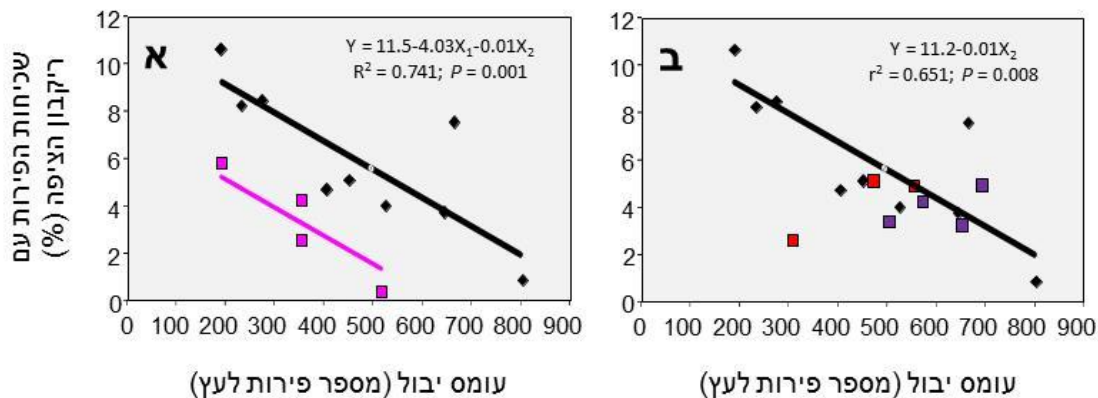


**איור מספר 7:** השפעת הריסוס בריכוזים שונים של הורמון ABA שנמדדו בניסוי שבוצע בשנת 2014 במטע עין זיוון. א. הקשר בין ריכוז ההורמון בו רוססו העצים לקצב הדיות שלהם, 72 שעות לאחר הריסוס. הסימן השחור מייצג את המדידות שבוצעו בעצי ההיקש. ב. השפעת ריכוז ההורמון על שכיחות הריקבון בפירות שגדלו בודדים בתפרחת (סימנים בצבע כחול) ובפירות שגדלו באשכולות בהם היו שלושה פירות (סימנים בצבע אדום). במשוואת הרגרסיה, משתנה  $X_1$  מבטא את ריכוז ה- ABA ומשתנה  $X_2$  את מספר הפירות.

לאחר ההבשלה, בסמוך לקטיף המסחרי דגמנו פירות מניסוי הקנון, מהניסוי בו יושם התכשיר ABA (ריכוז של 500 חלקי מיליון) ומניסוי הגיזום. ריכוז הסיידן בקליפות בית הגרעינים של פירות שגדלו על עצים שנגזמו או שרוססו ב- ABA היה גבוה מריכוז הסיידן בקליפות בית הגרעינים של פירות שגדלו בעצי טיפול ההיקש, אבל ההבדלים לא היו מובהקים. שכיחות הפירות עם ריקבון בציפה היה נמוך במובהק בעצים שרוססו ב- ABA יחסית לשכיחות הפירות הנגועים בעצי ההיקש (איור מספר 8). מאחר ומצאנו שעומס היבול על העצים משפיע משמעותית על התפתחות ריקבון הציפה, מתואר באיור מספר 9 הקשר הכמותי בין עומס היבול והשפעת הטיפול לשכיחות הפירות עם הריקבון. הנתונים נותחו בניתוח covariance המאפשר לחשב, בזמנית, את ההשפעה של משתנה רציף (עומס היבול) ומשתנה שמי (גיזום, ריסוס ABA או ריסוס קנון). כפי שניתן לראות היה קשר מובהק בין עומס היבול בעצי טיפול ההיקש ובעצים שרוססו בהורמון ABA לשכיחות הפירות הפגועים (איור 9א). אבל, לא היה קשר כזה בעצים שנגזמו או שרוססו בתכשיר קנון (איור 9ב).



**איור מספר 8.** השפעת טיפולי הגיזום והריסוס בהורמון ABA שנמדדו בניסוי שבוצע בשנת 2014 במטע עין זיוון. א. ההשפעה על ריכוז הסיידן בקליפת בית הגרעינים (א); ב. ההשפעה על שכיחות הפירות עם ריקבון הציפה. הדגימות נלקחו בסמוך למועד הקטיף המסחרי. הקווים האנכיים מייצגים את שגיאת התקן.

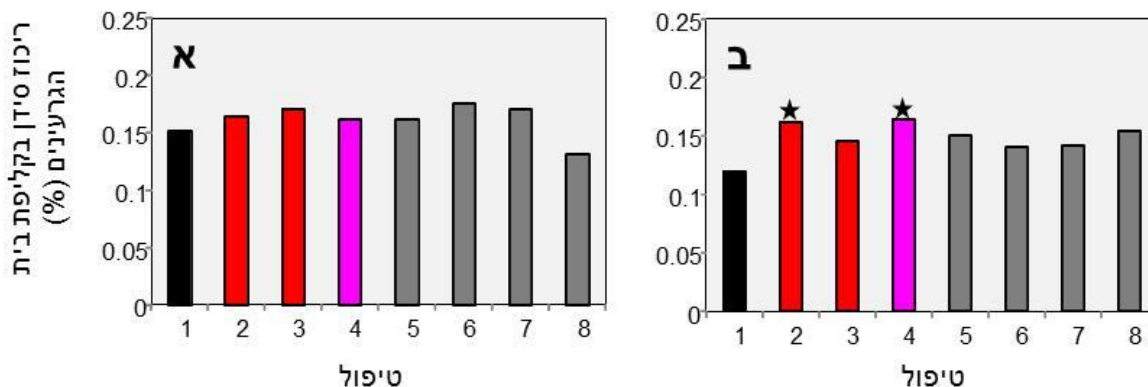


**איור מספר 9.** הקשר בין עומס היבול (משתנה  $X_2$  במשוואות הרגרסיה) וטיפולים שונים שיושמו במהלך העונה לשכיחות הפירות שנראו עליהם תסמינים של ריקבון בציפה (משתנה  $Y$  במשוואות הרגרסיה) בניסוי שבוצע במטע עין זיוון בשנת 2014. א. חלקות ההיקש (סימנים וקו מגמה שחורים) וריסוס בהורמון ABA בריכוז של 500 חלקי מיליון; משתנה  $X_1$  במשוואות הרגרסיה (סימנים וקו מגמה סגול); ב. גיזום הענפים הצעירים (סימנים בצבע אדום ללא קו מגמה) וריסוס בקנון (סימנים בצבע סגול ללא קו מגמה).

המטרה העיקרית של הניסויים שבצענו בשנת המחקר השלישית, שנת 2015, הייתה לבחון את השפעת הטיפולים להגברת העמידות הפיזיולוגית של הפירות לריקבון הציפה. הניסויים בוצעו במטעי קיבוץ עין זיוון וקשת. בניסויים שבצענו בחנו את ההשפעה של טיפולים אגרו-טכניים שונים על ריכוז הסיידן בקליפת בית הגרעין ועל רגישות העצים והפירות לריקבון הציפה. חשוב לציין כי כל עצי הניסוי ב-2015 היו בעצים בעלי יבול גבוה באופן טבעי (עצים בעלי רגישות נמוכה לריקבון הציפה) שדוללו באופן משמעותי בשלב מוקדם של התפתחות הפרי (דולל פרי בקוטר כ-40 מ"מ ופירות שגדלו בזוגות או יותר) כדי לקבל פרי גדול ויבול נמוך (רגישות גבוהה) וכן להקטין את השונות בין העצים. בכל טיפול היו 10 חזרות (עצים) והניסויים הוצבו באקראיות גמורה. מכל אחד מהעצים נדגמו פירות בסמוך לפני הקטיף, וריכוז הסיידן בהם נקבע בשיטות סטנדרטיות. הניסויים ב-2015 התמקדו בשני כיוונים שונים: א) הגדלת ריכוז הסיידן בקליפה של בית הגרעין על ידי השפעה על תנועת הסיידן ברקמות הצמחיות; ב) הגדלת ריכוז הסיידן בקליפה של בית הגרעין על ידי ריסוס בסיידן. הטיפולים שנכללו בכיוון הראשון כללו את הטיפולים הבאים: 1. גיזום אביבי של צימוחים חדשים; 2. ריסוס ABA (פרוטון) בריכוז של 500 חלקי מיליון. הטיפולים שנכללו בכיוון השני היו: 1. כילט הסיידן (150 מ"ל/ד'); 2. Nutrivant Fruit-12-5-27+8CaO-7 x 2.6%; 3. CAL3-7 x 0.3% (7 x 3L/Ha); 4. Amega-liquid calcium-7 x 1.5%.

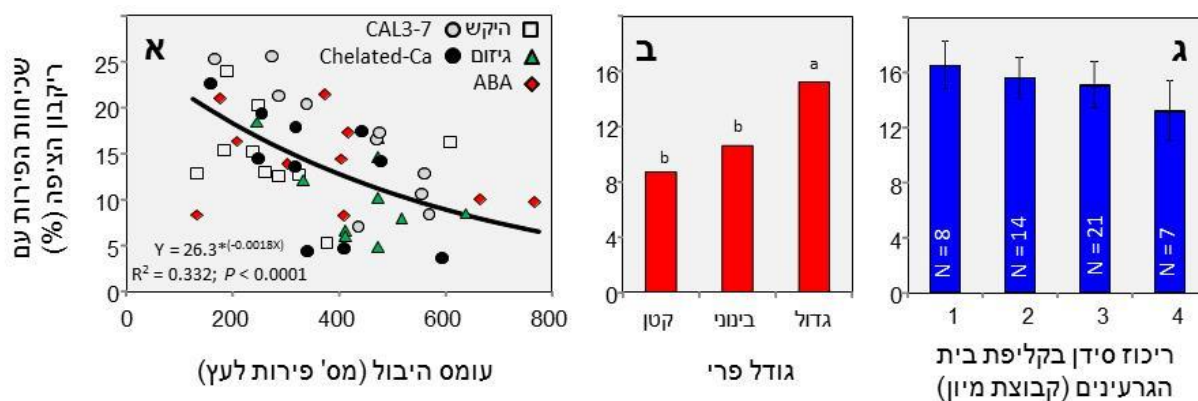
מהעצים שנכללו בניסויים השונים להגדלת ריכוז הסיידן בבית הגרעין דגמנו פירות ב-19 לאוגוסט 2015 לפני הקטיף המסחרי לשם קביעת ריכוז הסיידן בקליפת בית הגרעין. לאור הממצאים מהשנים הקודמות, שבהם נראה שגודל הפירות משפיע על תכולת הסיידן ועל שכיחות המחלה, הוחלט לדגום מכל עץ 5 פירות גדולים (פירות עם רגישות גבוהה) ובקטיף להפריד בין הפירות הקטנים לפירות הגדולים לפני ביצוע הבדיקה הוויזואלית של ריקבון הציפה. ריכוז הסיידן בבית הגרעין נבדק בכל הטיפולים. בקטיף, נקטפו העצים רק מהטיפולים שבבדיקת המעבדה הראו בקליפת בית הגרעין ערכי סיידן גבוהים מהביקורת. בסך הכול נבדק בשנת 2015 ריכוז הסיידן ב-150 דוגמאות משתי חלקות הניסוי. לאחר מכן וכדי לבדוק את שכיחות המצאות הריקבון בציפה, נדגמו **כל הפירות** שגדלו על כל אחד מהעצים מהטיפולים הנבחרים לפי התוצאות מהמעבדה לריכוז הסיידן בבית הגרעין. הקטיף נעשה רק בטיפולים בקיבוץ קשת שהראו עליה חדה בריכוז הסיידן בבית הגרעין בחלק מהטיפולים. הם חולקו לקבוצות לפי גודלם (פירות גדולים או קטנים). כל פרי נחתך בנפרד ונבדקה התפתחות ריקבון הציפה (בדיקה ויזואלית). **בסך הכול נבדקו בניסויים שבצענו בשנת מחקר זו 18,861 פירות.**

השפעת הטיפולים השונים על ריכוז הסיידן בקליפת בית הגרעין בשני הניסויים מוצגת באיור מספר 10. בניסוי שבוצע במטע של קיבוץ קשת התקבלה עליה מובהקת בריכוז הסיידן בפירות בטיפולי הגיזום וה- ABA בהשוואה לפירות שנדגמו מטיפול ההיקש (עליה של 25-27%). ריכוז הסיידן בבית הגרעין של פירות שנדגמו מהטיפולים האחרים היו גם הם גבוהים מהריכוז של פירות שנדגמו מעצי ההיקש אבל ההבדלים לא היו מובהקים. בניסוי שבוצע במטע קיבוץ עין זיוון לא היו הבדלים מובהקים בריכוז הסיידן בקליפת בית הגרעין בין הטיפולים השונים.

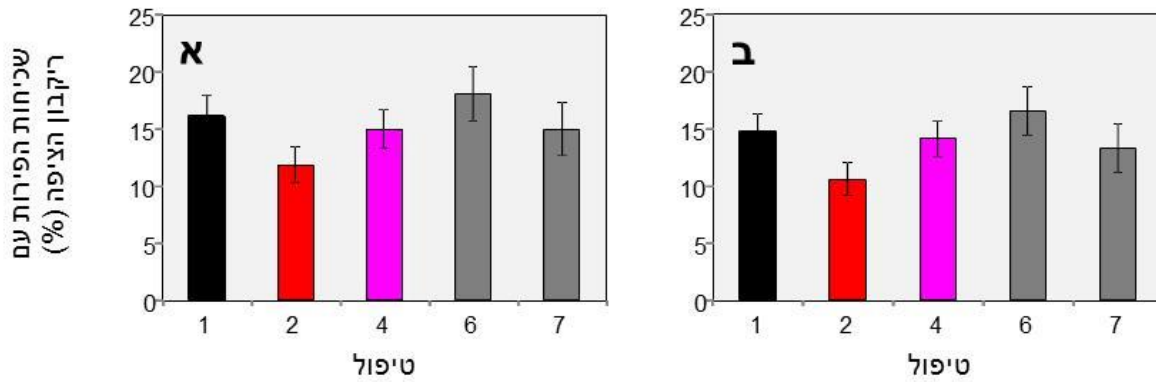


**איור מספר 10.** השפעת טיפולים שונים על ריכוז הסיידן בקליפת בית הגרעינים בניסויים שבוצעו בשנת 2015 במטע עין זיוון (א) ובמטע קשת (ב) בדגימות שנלקחו בסמוך למועד הקטיף המסחרי של הפירות. ערכי עמודות שלידן כוכבית שונים במובהק מערך טיפול ההיקש. הטיפולים: 1. היקש; 2. גיזום; 3. גיזום, עץ עם עומס פרי נמוך; 4. ריסוס ABA; 5. ריסוס ALC-7; 6. ריסוס CAL3-7; 7. ריסוס Chelated-Ca; 8. ריסוס NutriVant Fruit.

בשלב הבא בחנו את ההשפעות של גורמים שונים על שכיחות הפירות עם ריקבון הציפה בטיפולים המצטיינים של ניסוי קשת. גם בניסוי זה נמצא קשר בין עומס היבול למחלה ושוב מצאנו שהפירות הגדולים רגישים יותר מהפירות הקטנים. מיון של העצים לקבוצות על פי ריכוז הסיידן שלהם, כפי שהוסבר למעלה באיור מספר 2, הראה שוב קשר בין ריכוז הסיידן להתפתחות המחלה, אך בניסוי זה ההבדלים לא היו כה ברורים (איור מספר 11). ואכן, בניית ממצאי הבדיקה הוויזואלית של ריקבון הציפה בפירות לא נמצאה לאף אחד מהטיפולים שנכללו בניסוי השפעה מובהקת, יחסית להיקש (איור מספר 12). תוצאות אלה לא תואמות את התוצאות שהתקבלו בשנה הקודמת.



**איור מספר 11.** השפעת גורמים שונים על שכיחות הפירות שהתפתחו עליהם תסמינים של ריקבון הציפה בניסוי שבוצע בעונת 2015 במטע קשת. א. השפעת עומס היבול. באיור מפורטים הטיפולים השונים שנכללו בניסוי; ב. השפעת גודל הפירות; ג. השפעת ריכוז הסיידן בקליפת בית הגרעינים של הפירות שנדמו מהם. הדרך בה חולקו העצים לארבע הקבוצות מתוארת בטקסט. הקווים האנכיים מייצגים את שגיאת התקן. N = מספר העצים שנכללו בכל קבוצת מיון.



**איור מספר 12.** השפעת טיפולים שונים על שכיחות הפירות עם ריקבון הציפה בניסוי שבוצע בשנת 2015 במטע קשת. הפירות נדגמו בסמוך למועד הקטיף המסחרי. א. הפירות הגדולים; ב. כלל הפירות שהיו על העץ. הקווים האנכיים מייצגים את שגיאת התקן. הטיפולים: 1. היקש; 2. גיזום; 34. ריסוס ABA; 56. ריסוס CAL3-7; 7. ריסוס Chelated-Ca.

## דין

ההיפותזה שעמדה בבסיס המחקר הנוכחי הייתה שתנאי הסביבה או נוכחות מידבק אינפקטיבי של הפתוגן אינם הגורם המגביל את הסבירות להתפתחות ריקבון הציפה בפירות תפוח מזני דלישס אדום. הנחנו זאת מפני שהפתוגן, הפטרייה *A. alternata*, מאכלס את אזור בית הגרעינים של חלק ניכר הפירות (מכאן שהפוטנציאל להתפתחות המחלה קיים) ושהגורם הקובע אם הפתוגן יחדור לציפה ויגרום לריקבון (מכאן שהפוטנציאל ימומש) תלוי בפיזיולוגיה של הפונדקאי. בעבודות קודמות הראינו שקיים קשר בין עומס היבול של עצים לשכיחות הפירות עם ריקבון הציפה שהתפתחו עליהם: בעצים עם עומס יבול גבוה שכיחות המחלה נמוכה ובעצים עם עומס יבול נמוך שכיחות המחלה גבוהה. בהסתמך על כל אלה העלנו את ההשערה שהגורם להתפתחות הריקבון בציפה הוא כושר הפטרייה המאכלסת את בית הגרעינים לחדור את קליפת בית הגרעינים, ושהגורם המשפיע על כך הוא תכולת המינרלים בציפה. בהסתמך על מחקרים קודמים הנחנו שהמינרלים החשובים הם בורון וסידן. הסיבות להנחות אלו פורטו בהצעת המחקר. זו הסיבה שבמחקר הנוכחי התמקדנו במינרלים אלה. המטרה הראשונה של המחקר, בה התרכזנו בשנת המחקר הראשונה, הייתה לבחון הנחה זו. בניסויים שבצענו ניסינו ליצור, באופן מלאכותי, שונות גדולה ככל הניתן בתכולת המינרלים בקליפת בית הגרעינים בתקווה שכך נוכל לבחון את ההיפותזה. ניתוח ממצאי הניסויים והבדיקות שבצענו בשנת 2012 (לפני התחלת המחקר הנוכחי) הצביעו על מעורבות אפשרית של סידן, ולא של בורון, בתהליך (איורים מספר 1 ו-2). לכן התמקדנו במינרל זה בכל הבדיקות שבצענו במהלך המחקר הנוכחי.

ניתוח הממצאים הראה שיש קשר מובהק בין עומס היבול (שבוטא כאן ביחידות של מספר הפירות לעץ), גודל הפירות ומספר הפירות המתפתחים באשכול לשכיחות הפירות שהיו עם ריקבון הציפה (איורים מספר 3 ו-4). כפי שצוין למעלה היו השפעות גומלין בין המדדים הללו ואף אחד מהם לא השפיע בצורה קבועה על התפתחות הריקבון. מן הראוי לציין שקיימים קשרים הדוקים בניהם בלי קשר להתפתחות המחלה: לדוגמה, מרבית הפירות



שיתפתחו בודדים באשכול, על עצים עם עומס יבול נמוך, יהיו גדולים. באותו אופן, מרבית הפירות שיתפתחו באשכולות של שלושה פירות, על עצים עם עומס יבול גבוה, יהיו קטנים. כמובן שגורמים אלה הם רק מאפיינים חיצוניים להשפעות ולא ניתן באמצעותם להבין את מנגנון ההשפעה. כדי להבין את מנגנון ההשפעה בחנו בשלב ראשון את ריכוז הסיידן בפירות שחולקו לקבוצות על פי המאפיינים החיצוניים הללו (טבלה מספר 1) ומצאנו, כצפוי, שיש הבדלים בריכוז הסיידן בקליפת בית הגרעינים כתלות במאפיינים החיצוניים שצינו. בשלב שני בחנו את הקשר בין ריכוז הסיידן בקליפת בית הגרעינים לשכיחות הפירות עם ריקבון הציפה. התברר, שריכוז הסיידן קובע למעשה את הסבירות להתפתחות ריקבון בציפה וההשפעה הברורה היחידה שנותרה היא ההשפעה של גודל הפרי: הסבירות להתפתחות ריקבון הציפה גבוהה יותר בפירות גדולים מאשר בפירות קטנים (איור מספר 5). חשוב לציין שקיימת שונות גדולה בסבירות שיתפתח ריקבון בציפה גם בתוך כל קבוצה; יתכן שהגורם לכך קשור במידת האיכלוס של הפתוגן בפירות הספציפיים שנדגמו. בכל מקרה, הצלחנו לחזור על הממצאים שעלו מניתוח התוצאות של ניסויי 2012 (איור מספר 2) גם בשנת 2013 (איור מספר 6) ולהראות שבפירות עם ריכוז סיידן גבוה בקליפת בית הגרעינים הסבירות להתפתחות ריקבון נמוכה במובהק מזו של פירות עם ריכוז סיידן נמוך. ממצא שיש לתת עליו את הדעת הוא העובדה שבפירות שגדלו על בעצים עם פוטנציאל יבול גבוה בהם בוצע דילול מסיבי, התפתח ריקבון בשכיחות גבוהה מזו שבעצים דומים בהם לא נעשה דילול (איור 3ג). מכאן שתהליכים המתרחשים ברמת הפרי הבודד במהלך העונה משפיעים על הסבירות שיתפתח בהם ריקבון בציפה.

לדעתנו ממצאי הניסויים שבצענו בשנת המחקר הראשונה מאוששים את ההנחות העומדים בבסיס המחקר הנוכחי. משמע, הגורמים המשפיעים על הסבירות שתפטיר הפטרייה *A. alternata* יצליח לחדור את קליפת בית הגרעינים ולגרום להתפתחות של ריקבון בציפה הם גודל הפירות וריכוז הסיידן בקליפת בית הגרעינים. מכאן עולה שכדי להקטין את הסבירות להתפתחות ריקבון הציפה צריך להקפיד שריכוז הסיידן בקליפת בית הגרעינים במהלך התפתחות הפירות יהיה גבוה ככל האפשר.

בשנות המחקר השנייה והשלישית בחנו גישות שונות להעלאת ריכוז הסיידן בקליפת בית הגרעינים. קיוונו שאם נצליח לעשות זאת הדבר יפחית את שכיחות הפירות הפגועים. הבעיה היא שהסיידן מובל באופן פסיבי בצינורות העצה עם זרם המים, ושצינורות העצה המגיעים לפירות מפסיקים לתפקד בשלבים הראשונים של התפתחות הפירות. מכאן עולה שכל כמות הסיידן הנמצאת בפירות מגיעה בשלבי התפתחותם הראשונים, ושקיימות מגבלות פיזיולוגיות להעלות את ריכוז הסיידן בפירות. כך למשל, תגבור תמיסת הדשן הניתנת לעצים בסיידן לא תשפיע על הובלתו לפירות. מקובל לרסס את פירות התפוח בחנקת הסיידן (קלניט, דשנים וחומרים כימיים בע"מ) בשלבי ההתפתחות המאוחרים של הפירות כדי להתמודד עם תופעה הנקראת "גומה מרה" הקשורה גם היא לחסר בסיידן בפירות. בניסויים שבצענו בשנים 2014 ו- 2015 בחנו כמה גישות להעלאת ריכוז הסיידן בקליפת בית הגרעינים. ריסוס של תרכובות סיידן שונות בשלבים הראשונים של התפתחות הפירות לא היה יעיל כי הסיידן לא חדר לפירות ולא הגיע לקליפת בית הגרעינים (לדוגמא, איור מספר 10). הניסיון להקטין את שטח העלווה המדיית בשלבי הגידול הראשונים של הפירות על ידי עיכוב הצימוח הצעיר או גיזום של ענפונים צומחים

לא השפיע בצורה משמעותית (איורים מספר 8 ו-10). אבל, הריסוס בהורמון ABA, שגרם לסגירת פיוניות ולהקטנת קצב הדיות (איור מספר 7), העלה את ריכוז הסידן בקליפת בית הגרעינים (איורים מספר 7 ו-10). אנו מניחים שסגירת הפיוניות בעלים אפשרה מעבר מוגבר של מים (וסידן) לפירות. העלאת ריכוז הסידן בשלבי ההתפתחות הראשונים של הפירות גרמה להפחתה מובהקת בשכיחות הפירות עם ריקבון הציפה שנדגמו בסמוך למועד הקטיף המסחרי בניסוי שבוצע בשנת 2014 (איור מספר 8) אך לא בניסוי שבוצע בשנת 2015 (איור מספר 10). ריסוס בתכשיר קנון לא שיפעל כנראה את המערכת החיסונית של הצמחים ולא הייתה לו כל השפעה על שכיחות הפירות עם ריקבון בציפה (תוצאות לא מוצגות).

תוצאות הניסויים שבצענו בשנים 2014 ו-2015 חוזרות ומאוששות את המסקנות שעלו מהמחקרים המקדימים שבצענו ואת התוצאות שקבלנו בשנת המחקר הראשונה. בכל המקרים נמצא קשר ישיר (לא תמיד לינארי) בין עומס היבול ובין גודל הפירות לתכולת הסידן בפירות, ובין משתנים אלה להתפתחות הריקבון בציפה. הממצא שריסוס בהורמון הצמחי ABA מעלה את ריכוז הסידן בקליפת בית הגרעינים (בשני ניסויים) ומפחית את שכיחות הנגיעות בפירות (בניסוי אחד) מעודד מאד. הממצא מעודד, לא מפני שניתן ליישם טיפול זה באופן מסחרי. הממצא מעודד בגלל שהראינו – בפעם הראשונה – שניתן להתערב במערכת הצמחית הבעייתית הזו ולהעלות את ריכוז הסידן בקליפת בית הגרעינים ושפעולה זו עשויה להפחית בצורה משמעותית את שכיחות הפירות עם ריקבון הציפה. גם לאמצעים שלא הצליחו חשיבות; הם מוכיחים שלטיפולים שלא מעלים את ריכוז הסידן בקליפת בית הגרעינים אין השפעה על שכיחות הפירות עם ריקבון הציפה. יותר מכך, הראינו שבדיקה של ריכוז הסידן בפירות בשלבי ההתפתחות הראשונים של הפירות מהווה מדד אמין לריכוז הסידן בפירות הבשלים ומאפשרת לחזות את יעילות הטיפול במניעת ריקבון הציפה. ממצא זה חשוב מפני שהמשמעות היא שניתן באמצעות בדיקה פשוטה וזולה יחסית, לבחון כבר בשלבים מוקדמים של התפתחות הפירות את הפעילות של טיפולים ניסויים המיושמים כנגד המחלה.

בסופו של דבר, שתי המטרות של תוכנית המחקר הושגו באופן מלא, אבל לא השגנו את היעד ארוך הטווח של תוכנית המחקר. הוכחנו שריכוז הסידן בבית הגרעינים קובעת, למעשה, אם גורם המחלה יעבור מבית הגרעינים לציפה ויגרום שם לריקבון (מטרה מספר 1) ובחנו את ההשפעה של טיפולים שונים להדברת העמידות הפיזיולוגית של העצים והפירות (מטרה מספר 2). אבל, לא הצלחנו לפתח אמצעי יעיל, אותו ניתן ליישם באופן מסחרי, לבקרת המחלה (היעד ארוך הטווח של המחקר). חשוב להמשיך ולבחון את היעילות של אמצעים שונים להשגת מטרה זו. בשנים האחרונות פותחו מספר תכשירים חדשים המכילים סידן עם כושר חדירות משופר לרקמות צמחיות. למיטב שיפוטנו כדאי להמשיך לבחון את כושרם של תכשירים אלו לחדור את קליפת הפרי ולהגיע לבית הגרעינים.

## **רשימה של הפרסומים המדעיים שנבעו מהמחקר**

ממחקר זה לא נבעו עדיין פרסומים מדעיים.

## סיכום עם שאלות מנחות לדו"ח מחקר מס': 132-1736

**מטרות המחקר.** היעד ארוך הטווח של המחקר הוא לפתח ממשק גידול שיאפשר להפחית למינימום את תופעת ריקבון הציפה בזני תפוח אדומים. המטרות הספציפיות של המחקר הן: 1. לבחון את הקשר בין ריכוז הסידן והבורון בקליפת בית הגרעינים ובציפה לרגישות העצים והפירות לריקבון הציפה; 2. לבחון את ההשפעה של טיפולים להגברת העמידות הפיזיולוגית של הפירות לריקבון הציפה.

**עיקרי הניסויים והתוצאות.** במהלך שלוש שנות המחקר בצענו במטעים מסחריים של הקיבוצים עין זיוון וקשת ניסויים בהם בחנו את הגורמים המשפיעים על התפתחות ריקבון הציפה ובחנו גישות שונות להגברת העמידות הפיזיולוגית של עצים, ענפים ופירות לריקבון הציפה. בחנו את השיטות הבאות: (א) מניפולציה של תנועת הסידן ברקמות הצמחיות או (ב) ריסוס הפירות בתרכובת המכילה סידן; (ג) שיפוע/עירור מערכת ההגנה הטבעית של הפירות. בסמוך לאסיף המסחרי דגמנו פירות מייצגים מהעצים המטופלים וקבענו את תכולת הסידן בקליפת בית הגרעינים שלהם. בסך הכל בצענו 587 בדיקות שונות. לאחר מכן נקטפו כל הפירות שהיו על עצי הניסוי, הם נספרו, נשקלו ונחתכו ולאחר מכן נבדקו באם התפתח בהם ריקבון הציפה. בסך הכל נבדקו במחקר זה 69,165 פירות!

קיים קשר מובהק בין עומס היבול, גודל הפירות ומספר הפירות המתפתחים באשכול לשכיחות הפירות שהיו עם ריקבון הציפה. היו השפעות גומלין בין המדדים הללו ואף אחד מהם לא השפיע בצורה קבועה על התפתחות הריקבון. יש הבדלים בתכולת הסידן בקליפת בית הגרעינים כתלות במדדים אלה. בפירות שבקליפת בית הגרעינים שלהם ריכוז סידן גבוה הסבירות להתפתחות ריקבון נמוכה במובהק מזו הקיימת בפירות שבקליפת בית הגרעינים שלהם ריכוז הסידן הוא נמוך. טיפול בהורמון ABA וגיזום של ענפוני צימוח בשלבי הגידול הראשונים של התפתחות הפירות היו יעילים בחלק מהניסויים.

**מסקנות מדעיות והשלכות.** קיים קשר ישר בין עומס היבול ובין גודל הפירות לריכוז הסידן בפירות, ובין משתנים אלה להתפתחות הריקבון בציפה. טיפולים שהעלו את ריכוז הסידן בקליפת בית הגרעינים הפחיתו את שכיחות הפירות עם ריקבון הציפה וטיפולים שלא העלו את ריכוז הסידן בקליפת בית הגרעינים לא השפיעו על שכיחות הפירות עם ריקבון הציפה. בדיקה של ריכוז הסידן בפירות בשלבי ההתפתחות הראשונים של הפירות מהווה מדד אמין לריכוז הסידן בפירות הבשלים ומאפשרת לחזות את יעילות הטיפול במניעת ריקבון הציפה.

**הבעיות שנתרו לפתרון.** מציאת דרך יעילה, זולה ואמינה להעלאת ריכוז הסידן בקליפות בית הגרעינים של פירות תפוח.

**הפצת הידע.** בכוונתנו לכתוב במהלך החודשים הקרובים מאמר מדעי שישלח לפרסום לעיתונות מקצועית מבוקרת.

**פרסום הדו"ח.** ללא הגבלה.