

ריקבון הציפה בתפוח: מה משפיע על התפרצות המחלה בפירות?

דני שטיינברג, המחלקה לפתולוגיה של צמחים וחקר העשבים, מינהל המחקר החקלאי, בית דגן

ישראל דורון, שירות ההדרכה והמקצוע, מחוז גליל-גולן, משרד החקלאות

שלומי כפיר ואהרון משה, מו"פ צפון, קריית שמונה

אייל יונאי, בראשית

תקציר

זני דלישס אדום מהווים כ- 40% מכלל זני התפוח המגודלים באזור הצפון. ריקבון הציפה, הנגרם על ידי הפטרייה *Alternaria alternata*, מהווה בעיה קשה בזנים אלה. מקובל היה להניח שהפטרייה מאלחת את הפרחים הפתוחים ושתנאי הסביבה השוררים בזמן הפריחה קובעים את שכיחות הפירות הנגועים בריקבון הציפה. המגדלים נהגו ליישם תכשירי הדברה בזמן הפריחה להפחתת את חומרת הבעיה. במהלך שנת 2007 בצענו סדרה של ניסויים שמטרתם הייתה לבחון, בצורה מקיפה, הנחות אלה. התברר, שהיו הבדלים משמעותיים בשכיחות הפירות עם ריקבון הציפה בין ניסויים קרובים ואפילו בין עצים סמוכים באותו הניסוי. מאחר ותנאי הסביבה לא היו שונים במרחקים כה קטנים לא ניתן לייחס לתנאי הסביבה את ההבדלים הללו. בנוסף, התברר שריסוס בתכשירי הדברה בתכיפות המרבית האפשרית (מידי יומיים שלושה) במהלך כל תקופת הפריחה לא השפיע ושכיחות הפירות עם ריקבון הציפה בחלקות המרוססות היה דומה לזה של חלקות ההיקש שלא רוססו כלל. בהסתמך על ממצאי הניסויים עלתה הנחה חדשה, שהגורם הקובע את התפרצות המחלה בפירות הוא הצמח הפונדקאי. בשנים 2008, 2009 ו- 2010 בצענו ניסויים ותצפיות שמטרתם הייתה לבחון הנחה זו. התברר, שרמת היבול הכללית על העצים וגודל הפירות קובעים את הסבירות להתפתחות ריקבון הציפה. ככל שהיבול רב יותר, כך פוחתת השכיחות של ריקבון הציפה וככל שהפירות גדולים יותר, כך עולה הסבירות שהם יהיו פגועים. בהתבסס על ממצאי המחקר אנו מציעים הסבר חדש לתהליכים המעורבים בהתפתחות ריקבון הציפה. אנו מקווים שאישושם יאפשר לפתח גישה חדשה, יעילה, להתמודדות עם הבעיה.

מבוא

זני דלישס אדום מהווים כ- 40% מכלל זני התפוח המגודלים באזור הצפון. ריקבון הציפה, הנגרם על ידי הפטרייה *Alternaria alternata*, מהווה בעיה קשה בזנים אלה. במהלך השנים האחרונות נחקרה המחלה על ידי צוותי המחקר של פרופ' דב פרוסקי ופרופ' משה ראובני ומרבית הידע הקיים כיום בעולם הוא תוצאה של מחקריהם. מקובל להניח שריקבון הציפה נוצר בעקבות התרחיש הבא: הפטרייה *A. alternata* מאכלסת את הפרחים הפתוחים, מאלחת את עמודי העלי ומגיעה דרכם לשחלות. לאחר אכלוס השחלות הפטרייה עוברת למצב רדום (לטנטי) וכך היא שורדת במהלך התפתחות החנטים והפירות. בהמשך, כשהפירות גדלים, הפטרייה חוזרת לפעילות והתפטר הגדל בחלל בית הגרעינים ממלא אותו. תופעה זו נקראת עובש בית הגרעינים (moldy core). בשלב מסוים הפטרייה חודרת את קליפת בית הגרעינים ומאכלסת את הציפה, שם היא גורמת לריקבון אופייני הנקרא ריקבון הציפה (core rot). שכיחות הפירות בהם מתפתח ריקבון הציפה מגיע במטעים מסוימים ובשנים מסוימות ל- 15% מהפירות ויותר. אבל, במרבית המטעים (והשנים) שכיחות ריקבון הציפה נמוכה יותר. מקובל להניח שהשונויות בשכיחות ריקבון הציפה בין מטעים ושנים נובע מתנאי הסביבה השונים השוררים בזמן הפריחה. כששוררים בזמן הפריחה תנאי סביבה מתאימים לפטרייה (טמפרטורות בסביבות 20 מעלות צלזיוס ורטיבות מגשם או מטל, לפרקי זמן ארוכים) שכיחות ריקבון הציפה גבוהה, וכששוררים בזמן הפריחה תנאים לא מתאימים (טמפרטורות גבוהות מידי או נמוכות מידי ויובש) שכיחות ריקבון הציפה נמוכה. בכל מקרה, הנזק הנגרם לענף לא מתבטא בפחיתה ביבול; הנזק נגרם כתוצאה מהפגיעה במוניטין של התוצרת המשוקת ואפילו שכיחות נמוכה של פירות עם ריקבון הציפה פוגעת במוניטין. לכן נעשים מזה זמן מאמצים רבים לפתח גישות להתמודד עם התופעה ולמנעה.

מהתרחיש שתואר למעלה עולה שהגנה על הפרחים באמצעות תכשירי הדברה תמנע את איכלוס הפרחים, את אילוח השחלות ואת התפתחות הפטרייה בבית הגרעינים; מכאן עולה שהגנה על הפרחים תפחית את שכיחות הפירות עם ריקבון הציפה. במהלך השנים נעשו ניסויים רבים בהם נבחנה היעילות של תכשירי הדברה שיושמו בזמן הפריחה על שכיחות ריקבון הציפה. התוצאות לא היו הדרויות: היו ניסויים בהם ההדברה הכימית הפחיתה את הריקבון אך באחרים לא הייתה השפעה כלל. למרות זאת, הומלץ למגדלים ליישם תכשירי הדברה בזמן הפריחה כדי להגן על הפרחים וישנם כמה תכשירי הדברה שקיבלו רישוי לשם

כך. על פי ההמלצות יש ליישם שלושה ריסוסים במועדים הנקבעים על פי מצב הפריחה במטעים. במשך הזמן התברר שלמרות הריסוסים המחלה מנגעת את מטעי התפוחים מהזן דלישס וגורמת לריקבון.

במהלך שנת 2007 בצענו סדרה של ניסויים שמטרתם הייתה לבחון, בצורה מקיפה, את ההנחה שתנאי הסביבה השוררים בזמן הפריחה קובעים בסופו של דבר את שכיחות ריקבון הציפה ואת ההנחה שיישום תכשירי הדברה בזמן הפריחה מפחית את שכיחות הפירות בהם התפתח עובש בבית הגרעינים ובהמשך ריקבון הציפה. בהסתמך על ממצאי הניסויים עלתה הנחה חדשה, שהגורם הקובע את שכיחות ריקבון הציפה הוא הצמח הפונדקאי. בשנים 2008, 2009 ו-2010 בצענו ניסויים ותצפיות שמטרתם הייתה לבחון הנחה זו. במאמר זה מתוארים הניסויים שבצענו בנושא בארבע השנים האחרונות. בהתבסס על ממצאי המחקר אנו מציעים הסבר חדש לתהליכים המעורבים בהתפתחות ריקבון הציפה. אנו מקווים שאישושם יאפשר לפתח גישה חדשה, יעילה, להתמודדות עם הבעיה.

שיטות וחומרים

1. השפעת תנאי הסביבה בזמן הפריחה ותכשירי הדברה על ריקבון הציפה

בעונת האביב 2007 בוצעו ניסויים בעשרה מטעי תפוח מהזן טופ-רד באזור הגליל, עמק החולה והגולן. הניסויים בוצעו במקומות הבאים (המספרים מציינים את זיהוי הניסוי): 1. גורן; 2. סאסא; 3. חוות מתתיהו; 4. יפתח; 5. מטולה; 6. שעל; 7. אלרום; 8. מרום הגולן; 9. עין זיון; 10. רמת מגשימים. בכל הניסויים נכללו טיפולי בסיס, ובחלק מהם נכללו טיפולים נוספים. טיפולי הבסיס היו: 1. היקש – חלקות טיפול זה לא רוססו בתכשירי הדברה כנגד אלטרנריה; 2. מרוסס – חלקות טיפול זה רוססו בתערובת של וקטרה (0.08%) ומרפאן (0.25%) החל ממועד הופעת הפרח הראשון ולאחר מכן במרווחים של יומיים – שלושה עד לסיום הפריחה (נשירת 90% ויותר מעלי הכותרת). בניסויים נכללו גם שלושה עד חמישה טיפולים נוספים בהם יושמו תכשירי ההדברה בתזמונים שונים על פי מערכת תומכת החלטה בשם **גרעינית**. בטיפולים אלה יושמו 1-3 ריסוסים בלבד והממצאים לא יוצגו כאן. בחוות מתתיהו וברמת מגשימים הותקנה במטע מערכת השקיה המאפשרת להרטיב את הנוף ובמטעים אלה בוצע ניסוי נוסף. בניסוי זה נכללו חלקות בהם העצים הורטבו ובסמוך להם היו חלקות בהן העצים לא הורטבו במהלך הפריחה. מערכת ההמטרה הופעלה בלילה שבין 22 ו-23 לאפריל, לילה בו הטמפרטורות היו גבוהות יחסית (בסביבות 20 מעלות צלזיוס). זאת כדי לבחון אם השריית תנאי סביבה המתאימים לכאורה לפתוגן (רטיבות לפרק זמן ארוך בטמפרטורה המיטבית) תגביר את שכיחות ריקבון הציפה. כל החלקות בניסוי זה לא רוססו בתכשירי הדברה בזמן הפריחה. גודל החלקות בכל הניסויים היה 4-5 עצים לאורך שורה. הניסויים הוצבו במתכונת של בלוקים באקראי או אקראיות גמורה עם 4 חזרות לטיפול. תכשירי ההדברה יושמו באמצעות מרסס רובים בנפח תרסיס של 75-150 ליטר לדונם, בהתאם לגודל העצים, נפח העלווה וכמות הפרחים שהיו פתוחים בזמן הריסוס. התרסיס יושם במכוון לפרחים הפתוחים בכדי להגן עליהם. הריסוסים בוצעו כמתוכנן וללא תקלות. מספר הריסוסים בחלקות המרוססות נע בין 6 ל-8 (0.2 ± 7.3), ממוצע \pm שגיאת תקן).

לאחר ההבשלה נקטפו מכל חלקת ניסוי 25 פירות. כל פרי נחצה לאורכו, נבחו ויזואלית ודורג על פי הסולם הבא: א. פירות שלא ניתן היה לראות בבית הגרעינים שלהם עובש ושלא נראו בציפה תסמיני הריקבון האופייניים; ב. פירות בהם נראה בחלק או בכל נפח בית הגרעינים עובש ושלא נראו בציפה תסמיני הריקבון האופייניים; ג. פירות בהם נראה בבית הגרעינים עובש ונראו תסמיני ריקבון (בגודל כל שהוא) בציפה. לכל חלקת ניסוי נקבעה שכיחות הפירות שהשתייכו לכל קבוצה; נתונים אלה שימשו לחישוב של השכיחות הממוצעת של עובש בבית הגרעינים והשכיחות הממוצעת של ריקבון הציפה (באחוזים) לטיפול, בכל ניסוי. השפעת הריסוסים על מדדים אלה נבחנה באמצעות מבחני ANOVA מתאימים ברמת מובהקות של $P \leq 0.05$.

2. השפעת הפונדקאי על ריקבון הציפה

בשנת 2008, לקראת הבשלת הפירות סומנו בחלקה ט-2 של עין זיון 20 עצי תפוח מהזן טופרד שהיו בעלי ממדים דומים. העצים חולקו לשתי קבוצות באופן אקראי. בקבוצה הראשונה (להלן קבוצה א') נכללו עשרה עצים שהוגדרו כ"עצים חלשים". צמיחתם של עצים אלה הייתה מרוסנת ומתונה וכמות הפירות שהיו עליהם הייתה קטנה יחסית לנפח העץ. בקבוצה השנייה (להלן קבוצה ב') נכללו עשרה עצים שהוגדרו כ"עצים חזקים". אלה היו עצים חיוניים שכמות הפירות שהייתה עליהם הייתה גבוהה יחסית לנפח העץ. העצים היו סמוכים זה לזה באותן השורות. לאחר ההבשלה נקטפו מכל אחד מהעצים 100 פירות. הפירות נחתכו ונקבע (ויזואלית) אם נראה עובש בבית הגרעינים ו/או ריקבון בציפה של כל אחד מהפירות. מנתונים אלה חושב, עבור כל עץ, ולאחר מכן עבור כל קבוצה, שכיחות הפירות עם עובש בבית הגרעינים ושכיחות הפירות עם ריקבון הציפה. בנוסף, נרשם לגבי כל אחד מהפירות אם הוא היה פרי קטן או גדול. בקבוצת הפירות הקטנים נכללו הפירות שמשקלם היה קטן מ- 65 גר' וקוטרם קטן מ- 120 מ"מ. בקבוצת הפירות הגדולים נכללו פירות שמשקלם היה גדול מ- 70 גר' וקוטרם גדול מ- 140 מ"מ. בשנים 2009 ו-2010 חזרנו לאותם העצים ובצענו את אותו תהליך הבדיקה. בנוסף, בשנים אלה גם קטפנו לאחר ההבשלה את כל

הפירות שנותרו על העצים. משקלם, בתוספת המשקל של 100 הפירות שנדגמו קודם לכן, היווה את היבול הכולל לעץ.

בשנת 2009 סומנו בחלקה ב-3 של עין זיון 40 עצים מהזן אורגון. הסימון בוצע כחודש לאחר הפריחה וכל העצים היו עצים חזקים. לאחר מכן חולקו העצים בצורה אקראית לשתי קבוצות. עשרים עצים שימשו כעצי היקש ולא נעשתה בהם שום פעולה מעבר לסימון (להלן קבוצה א'); בעשרים העצים הנותרים נעשה דילול בו הוסרו כל הפירות שנישאו בשלשות או בזוגות על אותה התפרחת; לאחר הדילול נותר רק פרי אחד בכל התפרחות שהיו על עצים אלה (להלן קבוצה ב'). לקראת ההבשלה סומנו עוד 20 עצים שהוגדרו אז כעצים חלשים. מכל אחד מהעצים של שלושת הקבוצות נדגמו אקראית 100 פירות ולאחר מכן נקטף כל היבול ונשקל. בהמשך בוצעו הבדיקות שתוארו למעלה. בשנת 2010 חזרנו לאותם העצים. בשנה זו לא נעשתה כל פעולה מלבד דגימת 100 פירות לעץ לקביעת שכיחות הפירות עם עובש בבית הגרעינים וריקבון הציפה, מיון הפירות לפי גודלם וקטיף כל היבול לאחר מכן.

בשנת 2010, בנוסף להמשך המעקב שבוצע בחלקות ט-2 ו-3 של עין זיון, בצענו עוד שש תצפיות וארבעה ניסויים. הזנים היו אורגון, סקרלט ספר, טופ רד וסופר ציף. התצפיות בוצעו בחלקות תפוח מסחריות במקומות הבאים: 1. ברעם; 2. עין זיו (בחלקה ב-2); 3. מרום הגולן; 4. רמת מגשימים; 5. מתתיהו; 6. אלרום (המספרים מציינים את זיהוי התצפית). בכל תצפית סומנו עצים 20-12 בגודל דומה שסווגו לשתי קבוצות. בקבוצה א' היו עצים שבאופן טבעי היה בהם בשנת 2010 יבול גבוה. הניסויים בוצעו במקומות הבאים: 1. עין זיון; 2. מרום הגולן; 3. אורטל; 4. אלרום (המספרים מציינים את זיהוי הניסוי). בכל ניסוי סומנו 25 עצים דומים בגודלם ובכמות היבול שהייתה עליהם והם חולקו לאחר מכן אקראית לחמש קבוצות, שנבדלו זו מזו בכמות הפירות שנותרו על העצים. בקבוצה א' לא בוצע דילול כלל ועל העצים היו בסביבות 500 פירות לעץ. בקבוצה ב' נעשה דילול מועט (השארית כ- 300 פירות לעץ); בקבוצה ג נעשה דילול בינוני (השארית כ- 200 פירות לעץ); בקבוצה ד' נעשה דילול רב (השארית כ- 100 פירות לעץ); ובקבוצה ה' נעשה דילול רב מאד (השארית כ- 50 פירות לעץ). הדילול בוצע כשהחנטיים היו בגודל של 25-30 מ"מ. בסמוך לפני ההבשלה נדגמו מכל אחד מהעצים שנכללו בתצפיות ובניסויים 100 פירות ולאחר מכן נקטף כל היבול. בהמשך בוצעו הבדיקות שתוארו למעלה.

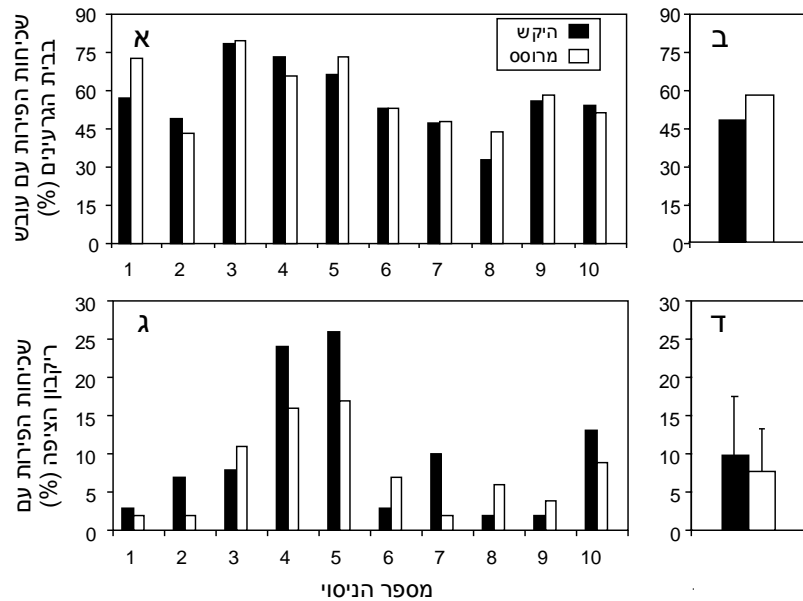
כפי שצוין נרשם לגבי כל אחד מהפירות הנדגמים אם הוא היה פרי גדול או פרי קטן. כדי לבחון אם גודל הפרי משפיע על הסבירות שתפתח בו ריקבון הציפה חישבנו את הקשר שבין השכיחות היחסית של הפירות הגדולים עם ריקבון הציפה לשכיחות הפירות הגדולים שהיו על העצים ואת הקשר שבין השכיחות היחסית של הפירות הקטנים עם ריקבון הציפה לשכיחות הפירות הקטנים שהיו על העצים. שכיחות הפירות הגדולים (או הקטנים) חושבה עבור כל עץ בנפרד לפי מספר הפירות הגדולים (או הקטנים) שהיו עליו יחסית למספר הפירות הכולל שנדגמו. השכיחות היחסית של הפירות הנגועים הגדולים (או הקטנים) חושבה על פי מספר הפירות עם ריקבון הציפה שהיו בדגימה יחסית למספר הפירות הגדולים (או הקטנים) שהיו בדגימה. כך למשל, אם נדגמו מעץ מסוים 100 פירות ומתוכם 66 היו גדולים, שכיחות הפירות הגדולים הייתה 66%. אם מתוך הפירות הגדולים היו 22 פירות עם ריקבון הציפה, הרי שהשכיחות היחסית של הפירות הנגועים הגדולים הייתה 33% ($66/22 \times 100$). הערכים שחושבו עבור כל אחד מהעצים שימשו לאחר מכן לחישוב הערכים עבור כל טיפול, בכל הניסויים ובכל התצפיות. הבדלים בנגיעות וביבול בין הקבוצות/הטיפולים השונים שנכללו בתצפיות ובניסויים נקבעו באמצעות מבחני t או מבחני ANOVA מתאימים ברמת מובהקות של $P \leq 0.05$. בנוסף השתמשנו בניתוחי רגרסיה, ליניארית ולא ליניארית, לבחינת המתאם בין מדדים שונים.

תוצאות

1. השפעת תנאי הסביבה בזמן הפריחה ותכשירי הדברה על ריקבון הציפה

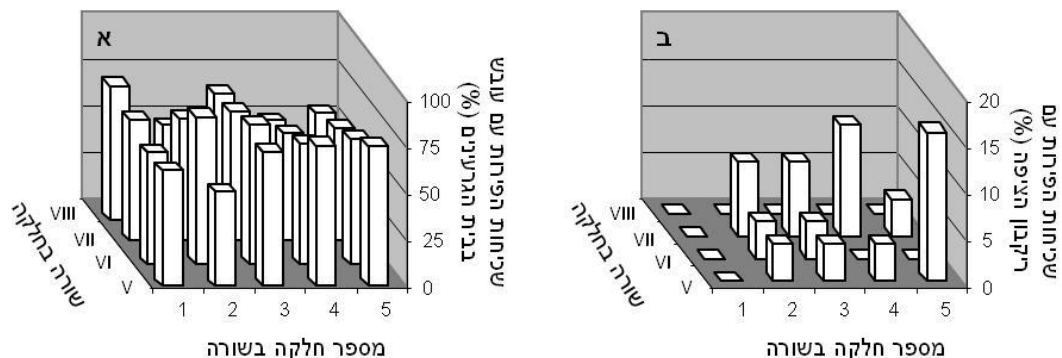
נתונים שנאספו בעשרת הניסויים בשנת 2007 שימשו לבחינת ההשפעה של תנאי הסביבה ותכשירי הדברה על התפתחות העובש בבית הגרעינים וריקבון הציפה. בחצי מהפירות שנדגמו מחלקות ההיקש, לערך, התפתח עובש בבית הגרעינים. השונות במדד זה בין הניסויים הייתה קטנה יחסית. הריסוס בתכשירי הדברה במהלך כל תקופת הפריחה לא השפיע כלל ובאף אחד מהניסויים לא היה הבדל בשכיחות הפירות עם עובש בבית הגרעינים בין חלקות טיפול ההיקש לחלקות שרוססו (איור 1 א' – ב'). למרות השונות הנמוכה בין הניסויים בשכיחות הפירות עם עובש בבית הגרעינים, השונות בשכיחות הפירות עם ריקבון הציפה הייתה גבוהה מאד. בחלק מהניסויים (ובניהם, גורן [ניסוי 1], שעל [ניסוי 6], מרום הגולן [ניסוי 8] ועין זיון [ניסוי 9]) שכיחות ריקבון הציפה הייתה 2 עד 3% אך באחרים (ובניהם יפתח ומטולה [ניסויים 4 ו-5, בהתאמה]) הייתה שכיחות הריקבון גבוהה הרבה יותר – 24-26%. הממוצע (\pm סטיית תקן) של שכיחות הפירות עם ריקבון הציפה בחלקות ההיקש בעשרת הניסויים היה $8.8\% \pm 9.8$. באף אחד מהניסויים לא הייתה לתכשירי הדברה השפעה מובהקת על שכיחות ריקבון הציפה. הממוצע (\pm סטיית תקן) של שכיחות הפירות עם ריקבון הציפה בחלקות המרוססות היה $5.6\% \pm 7.6$ (איור 1 ג – ד).

בשני הניסויים בהם הותקנו ממטירים מעל לנוף הפעלתם גרמה לכך שהפרחים היו רטובים 14 שעות ויותר. בשני הניסויים לא היו הבדלים מובהקים בריקבון הציפה בין החלקות שהומטרו לחלקות שלא הומטרו. בניסוי שבוצע בחוות מתתיהו שכיחות הריקבון הייתה 4.9 בחלקות שהומטרו ו- 8% בחלקות שלא הומטרו ובניסוי שבוצע ברמת מגשימים שכיחות הריקבון הייתה 9.3 ו- 12.7%, בהתאמה.



איור 1. השפעת הריסוסים על שכיחות הפירות בהם התפתח עובש בבית הגרעינים (א ו- ב) ושכיחות הפירות בהם התפתח ריקבון הציפה (ג ו- ד) בעשרה ניסויים שבוצעו באביב 2007. בכל הניסויים ההבדלים בשכיחות בין הטיפול המרוס לטיפול ההיקש היו לא מובהקים ($P = 0.05$). ב ו- ד: הערכים הממוצעים לעשרת הניסויים; הקווים האנכיים מייצגים את שגיאת התקן.

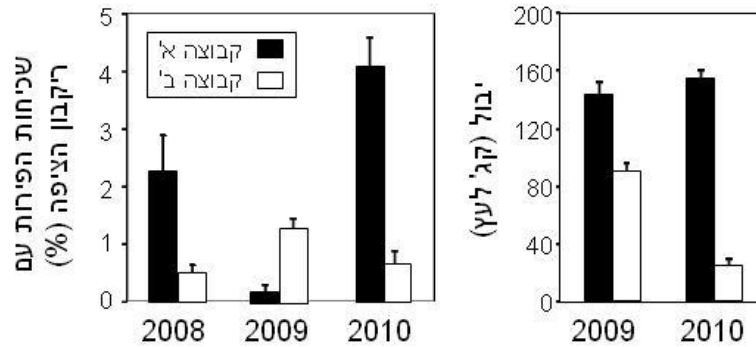
במרבית הניסויים הוצבו חלקות הניסוי לאורך שתי שורות עצים. זו הייתה הדרך היעילה ביותר להציב את הניסויים כי הם בוצעו במטעים מסחריים. דרך הצבת החלקות בניסוי שבוצע בגורן (ניסוי 1) הייתה שונה וניסוי זה הוצב בארבע שורות (בלוקים) שבכל אחת מהן היו חמישה טיפולים (חלקות ניסוי). כפי שצוין הריסוס בתכשירי הדברה לא השפיע על שכיחות הפירות עם עובש בבית הזרעים וגם לא על שכיחות הפירות עם ריקבון הציפה ולכן ניתן ללמוד מהתוצאות על הפיזור המרחבי של המחלה. תיאור מרחבי של הנגיעות בחלקות הניסוי מופיע באיור 2. התברר שלא היו הבדלים משמעותיים בשכיחות הפירות בהם התפתח עובש בבית הגרעינים בין חלקות הניסוי (איור 2 א). טווח השכיחות היה בין 52 ל- 76% (ממוצע \pm סטיית תקן $64 \pm 9\%$ והשונות בין החלקות השונות הייתה נמוכה (ערך ה- variance היה 14.1%). לעומת זאת, היו הבדלים משמעותיים בשכיחות ריקבון הציפה בין חלקות. היו חלקות (=עצים) בהם היו יותר פירות עם ריקבון הציפה מאשר בחלקות אחרות, הסמוכות אליהם (איור 2 ב). ההבדלים נעו מ 0 ועד ל- 14.7% והשונות בין החלקות הייתה גבוהה מאד (ערך ה- variance היה 132%). מאחר ולא סביר שהטמפרטורה, הלחות היחסית, עוצמת הרוח, וכי' וכי' השתנו בצורה כל כך משמעותית במרחקים כה קטנים נשאלת השאלה מה השפיע על הנגיעות. אחת האפשרויות היא שגורמים הקשורים לצמח הפונדקאי, ולא לפתוגן או תנאי הסביבה, השפיעו על ריקבון הציפה. אפשרות זו נבחנה בניסויים שבצענו בשנים הבאות.



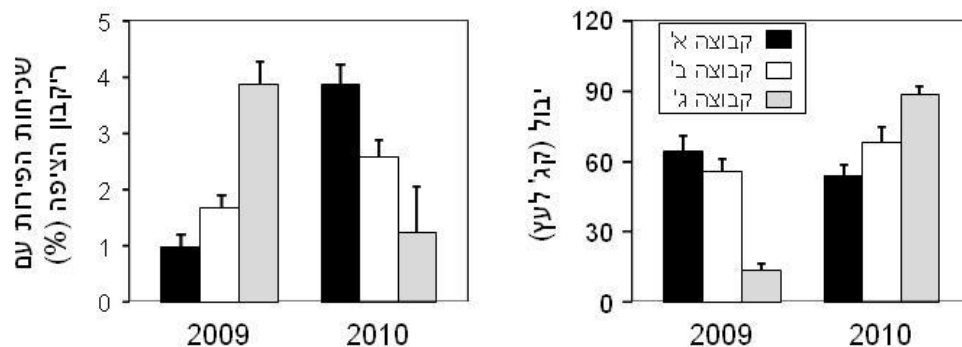
איור 2. הפיזור המרחבי של הפירות עם עובש בבית הגרעינים (א) וריקבון הציפה (ב) בחלקות הניסוי שבוצע באביב 2007 בגורן. כל עמודה מייצגת את שכיחות הפירות הנגועים באחת מחלקות הניסוי.

2. השפעת הפונדקאי על ריקבון הציפה

בשנת 2008 היו הבדלים מובהקים בשכיחות הפירות עם ריקבון הציפה בתצפית שבוצעה בחלקה ט-2 בעין זיון. בעצים שסווגו לקבוצה א' (קבוצת העצים החלשים) שכיחות הפירות עם ריקבון הציפה היה גבוה במובהק משכיחותם בעצים שסווגו לקבוצה ב' (קבוצת העצים החזקים). אבל, בשנת 2009 המצב התהפך ובשנת 2010 המצב התהפך שוב (איור 3). התופעה מזכירה את תופעת הסירווגיות המוכרת ביבול, ואכן, התברר ששכיחות הפירות עם ריקבון הציפה בשנים 2009 ו-2010 הייתה תלויה בעומס היבול – כשהיה יבול גבוה הייתה שכיחות הפירות של פירות עם ריקבון הציפה נמוכה של פירות עם ריקבון הציפה וכשהיה יבול נמוך הייתה שכיחות גבוהה של פירות עם ריקבון הציפה (איור 3). ממצאים דומים התקבלו בניסוי שבצענו בחלקה ב-3 בשנים 2009 ו-2010. גם שם הייתה סירווגיות בנגיעות, בצורה הופכית לסירווגיות שהייתה ביבול (איור 4).



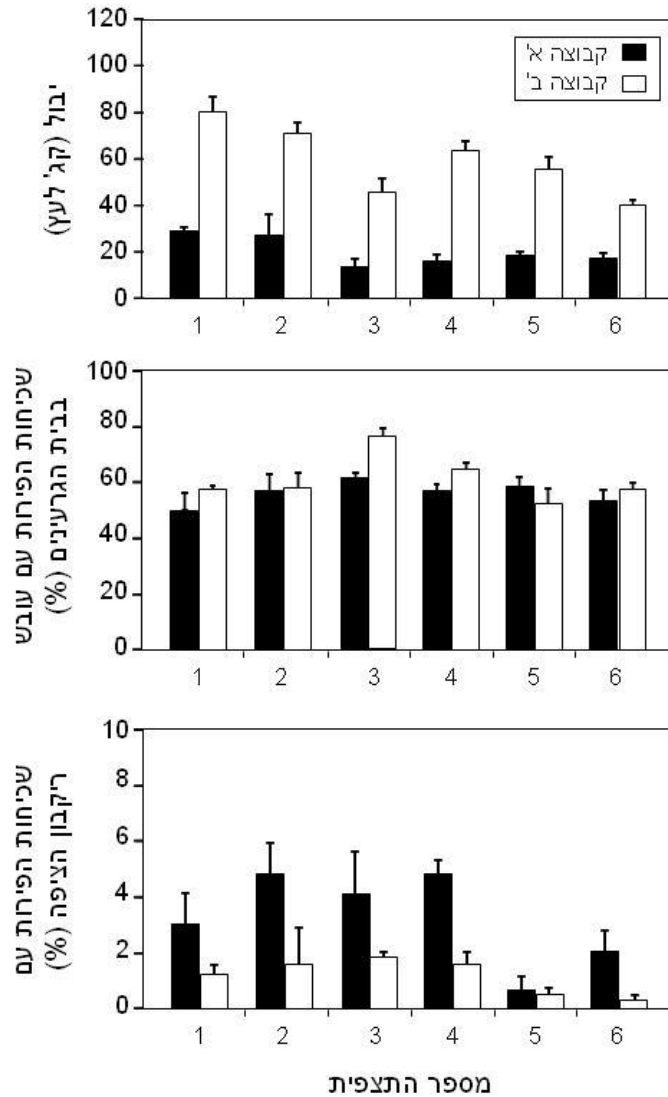
איור 3. שכיחות הפירות בהם התפתח ריקבון הציפה והיבול בעצים שגדלו במטע בחלקה ט-2 בעין זיון. העצים מוינו בשנת 2008 לשתי קבוצות: בקבוצה א' נכללו 10 עצים חלשים ובקבוצה ב' נכללו 10 עצים חזקים. הקווים האנכיים מייצגים את שגיאת התקן.



איור 4. שכיחות הפירות בהם התפתח ריקבון הציפה והיבול בעצים שגדלו במטע בחלקה ב-3 בעין זיון. העצים מוינו בשנת 2009 לשלוש קבוצות: בקבוצה א' נכללו 20 עצים עם פוטנציאל יבול ממוצע לחלקה; בקבוצה ב' נכללו 20 עצים דומים בהם בוצע דילול בו הוסרו כל הפירות שגדלו בקבוצות; בקבוצה ג' נכללו 20 עצים חלשים. בשנת 2010 לא נעשה שום טיפול נוסף והדגימות בוצעו באותם העצים. הקווים האנכיים מייצגים את שגיאת התקן.

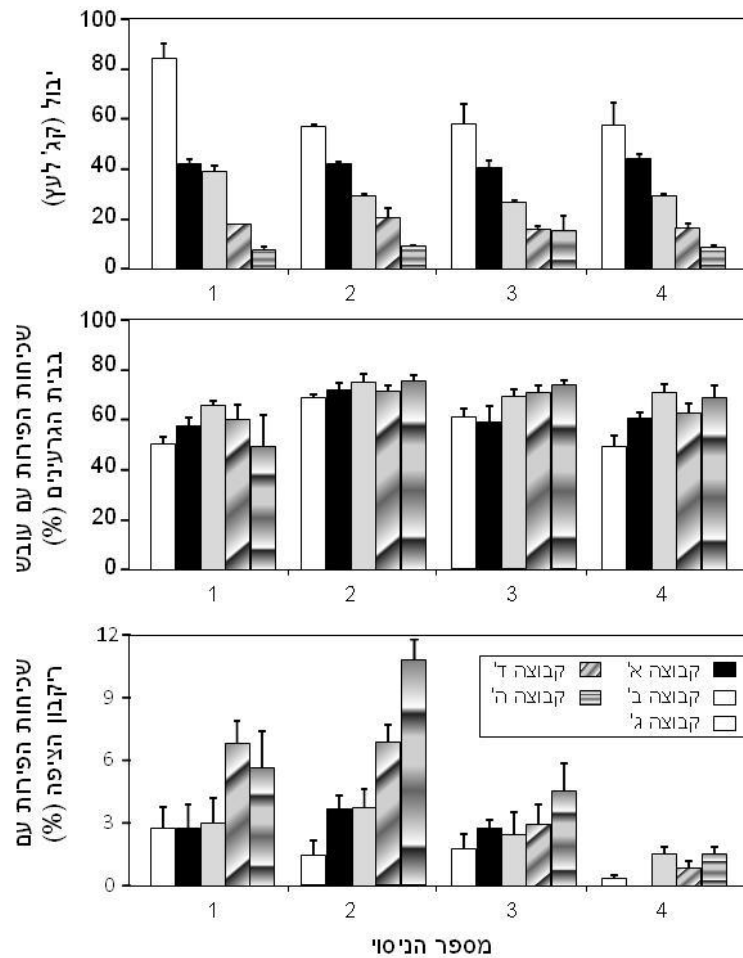
בכל התצפיות שבצענו בשנת 2010 היבול הכולל בעצים שסווגו לקבוצה א' היה נמוך מהיבול של העצים שסווגו לקבוצה ב'. באף אחת מהתצפיות לא היה הבדל מובהק בשכיחות הפירות עם עובש בבית הגרעינים בין הקבוצות (השכיחות הממוצעת הייתה בסביבות 50%). לעומת זאת, בחמש משש התצפיות שכיחות הפירות עם ריקבון הציפה בעצים מקבוצה א' (עצים עם יבול טבעי נמוך) הייתה גבוהה במובהק מאשר בעצים מקבוצה ב' (עצים עם יבול טבעי גבוה) (איור 5). ממצאים דומים התקבלו בניסויים בהם יצרנו שונות ברמת היבול על ידי דילול. ככלל, לכמות היבול שהייתה על העצים לא הייתה השפעה על שכיחות הפירות עם עובש בבית הגרעינים. אבל, בשלושה מתוך ארבעת הניסויים היה מתאם הפוך בין היבול לשכיחות הפירות עם ריקבון הציפה (איור 6). באיור 7 מתואר הקשר הכמותי בין עומס היבול שהיה על העצים ושכיחות הפירות עם ריקבון הציפה ב-18 הניסויים והתצפיות שבצענו בשנתיים השנים האחרונות. בסך הכול נכללו בניסויים ובתצפיות אלה 42 טיפולים שונים. שניתן לחלק את הניסויים והתצפיות לשתי קבוצות. בקבוצה הראשונה נכללים 31 הטיפולים שהיו בניסויים ובתצפיות שבוצעו בעין זיון (בשנים 2009 ו-2010), מרום הגולן, אורטל, רמת מגשימים וברעם. בקבוצה השנייה נכללים 9 הטיפולים שהיו

בניסוי שבוצע באלרום ובתצפיות שבוצעו באלרום ובמתתיהו. הקשר בין היבול לנגיעות בשתי הקבוצות היה דומה, אך הם נבדלו זו מזו. בכל מקרה, בשתי הקבוצות שכיחות הפירות עם ריקבון הציפה ירדה עם העלייה ביבול (איור 7).

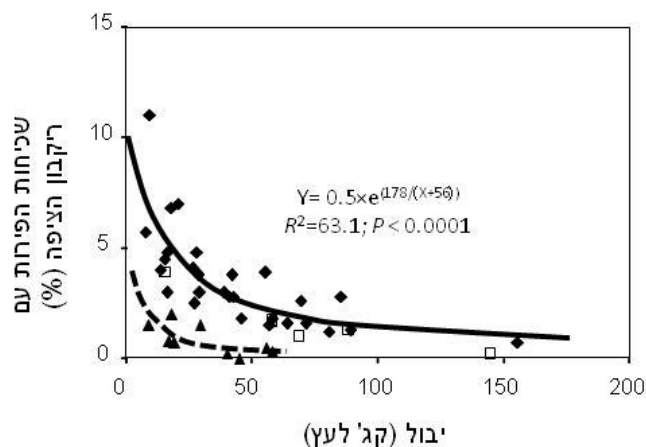


איור 5. שכיחות הפירות בהם התפתח עובש בבית הגרעינים או ריקבון הציפה והיבול בתצפיות שבוצעו בששה מטעי תפוח בשנת 2010. העצים חולקו לשתי קבוצות: בקבוצה א' נכללו עצים עם פוטנציאל יבול נמוך ובקבוצה ב' נכללו עצים דומים עם פוטנציאל יבול גבוה. הקווים האנכיים מייצגים את שגיאת התקן.

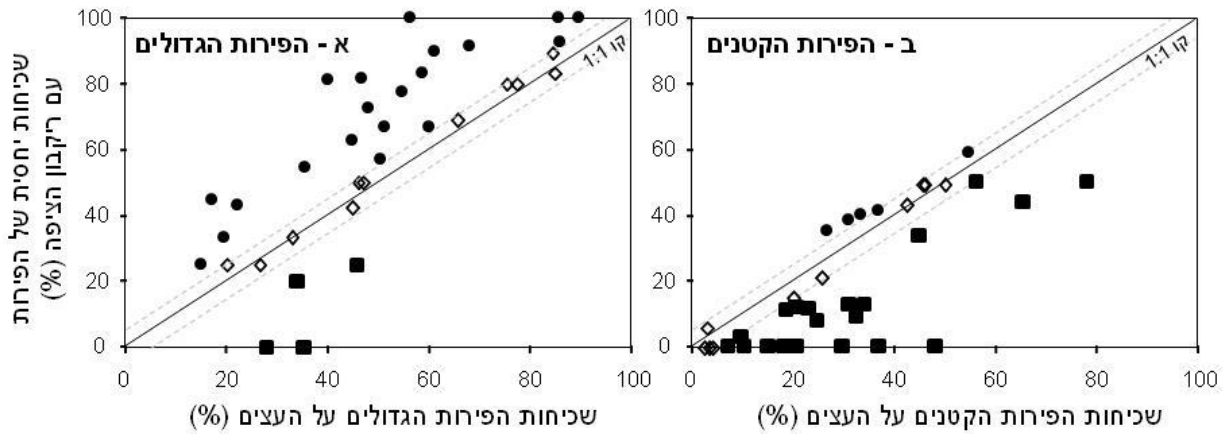
גודל הפירות הושפע מרמת היבול שהיה על העצים. בעצים עם יבול נמוך היו יותר פירות גדולים ובעצים עם יבול גבוה היו יותר פירות קטנים (תוצאות לא מוצגות). כדי לבחון אם גודל הפירות, ולא כמות היבול, השפיעה על שכיחות הפירות עם ריקבון הציפה בחנו את הקשר שבין שכיחות הפירות הגדולים שהיו על העצים לשכיחות היחסית של הפירות הגדולים עם ריקבון הציפה. באותו האופן, בחנו את הקשר שבין שכיחות הפירות הקטנים שהיו על העצים לשכיחות היחסית של הפירות הקטנים עם ריקבון הציפה. אם גודל הפירות לא משפיע על ההסתברות שיתפתח בהם ריקבון הציפה, בכל קבוצת גודל הייתה צריך להיות התאמה בין שני המדדים ופיזור הנקודות בשני הגרפים המתוארים באיור 8 היה צריך להיות סביב הקו האלכסוני המתאר קשר של 1:1. אבל, מתברר שהשכיחות היחסית של הפירות הגדולים עם ריקבון הציפה הייתה גבוהה יותר משכיחות הפירות הגדולים שהיו על העצים (62.9% מהנקודות באיור 8 א' היו מעל קו 1:1 ועוד 5%). ובאותו האופן, השכיחות היחסית של הפירות הקטנים עם ריקבון הציפה הייתה נמוכה יותר משכיחות הפירות הקטנים שהיו על העצים (56.8% מהנקודות באיור 8 ב' היו מתחת קו 1:1 ועוד 5%). המשמעות היא שגודל הפירות משפיע על רגישותם ושקיימת סבירות גבוהה יותר שריקבון הציפה יתפתח בפירות גדולים מאשר בפירות קטנים.



איור 6. שכיחות הפירות בהם התפתח עובש בבית הגרעינים או ריקבון הציפה והיבול בניסויים שבוצעו בארבעה מטעי תפוח בשנת 2010. בכל ניסוי היו 5 טיפולים שנבדלו זה מזה בעוצמת הדילול של הפירות על העצים. בקבוצה א' לא בוצע דילול כלל, בקבוצות ב' – ד' בוצעו דילולים בעוצמה גדלה ובקבוצה ה' בוצע הדילול המרבי (נשארו רק 50 פירות על כל עץ). הקווים האנכיים מייצגים את שגיאת התקן.



איור 7. הקשר בין עומס היבול לשכיחות הפירות בהם התפתח ריקבון הציפה בכל הניסויים והתצפיות שבוצעו במסגרת המחקר בשנים 2009 ו- 2010. ריבועים ריקים: התצפיות שבוצעו בעין זיון בשנת 2009; מעוינים מלאים: הניסויים והתצפיות שבוצעו בעין זיון, מרום הגולן, אורטל, רמת מגשימים וברעם בשנת 2010; משולשים מלאים: הניסויים והתצפיות שבוצעו באלרום ובמתתיהו בשנת 2010. משוואת הרגרסיה מתייחסת לקו שחושב עבור התוצאות המוצגות בריבועים ריקים ומעוינים מלאים.



איור 8. הקשר בין השכיחות היחסית של הפירות עם ריקבון הציפה, הגדולים או הקטנים, שהיו על העצים לשכיחות הכללית של הפירות, הגדולים או הקטנים, שהיו על אותם העצים בניסויים ובתצפיות שבוצעו בעונת 2010. קו 1:1 מבטא מתאם מושלם בין שני המדדים; שני הקווים המקווקווים מציינים סטייה של $\pm 5\%$ מקו זה. **עיגולים מלאים:** השכיחות היחסית של ריקבון הציפה היחסית של ריקבון הציפה גבוהה ב- 5% יותר מהצפוי; **ריבועים מלאים:** השכיחות היחסית של ריקבון הציפה דומה ($\pm 5\%$) לצפוי. **מעוינים ריקים:** השכיחות היחסית של ריקבון הציפה הייתה דומה ($\pm 5\%$) לצפוי.

דין ומסקנות

הניסויים והתצפיות שבצענו במסגרת מחקר זה מעלים ספקות לגבי נכונותו של התרחיש המקובל המתאר את השלבים המובילים להתפתחות ריקבון הציפה בפירות. על פי התרחיש מקובל, תנאי הסביבה השוררים בזמן הפריחה משפיעים על אילוח הפרחים והשחלות בפטרייה. בהמשך, עוצמת האילוח קובעת אם יתפתח עובש בבית הגרעינים ובהמשך אם ייווצר ריקבון הציפה. אם תרחיש זה נכון, לא ברור מדוע הייתה בניסויים שבצענו שונות נמוכה בשכיחות הפירות עם עובש בבית הגרעינים אבל שונות משמעותית בריקבון הציפה באותם הניסויים (איורים 1 ו- 2). באותו האופן, לא ברור מדוע היו הבדלים משמעותיים בריקבון הציפה בין ניסויים שבוצעו במקומות סמוכים: בניסוי שבוצע במתתיהו (ניסוי 3) הייתה שכיחות הפירות עם ריקבון הציפה 8% ובניסוי שבוצע ביפתח (ניסוי 4), במרחק של קילומטרים בודדים, היו 24% מהפירות עם ריקבון הציפה (איור 1). יותר מכך, לא ניתן להסביר את ההבדלים בשכיחות הפירות עם ריקבון הציפה בעצים סמוכים בניסוי שבוצע בגורן (איור 2). במקרה זה העצים היו במרחק של מטרים בודדים זה מזה וללא כל ספק תנאי הסביבה במרחק כה קטן אינם משתנים במידה משמעותית. באותו האופן, לא ברור מדוע בניסויים בהם הרטבנו את הפרחים לפרק זמן ארוך, פעולה שהייתה אמורה לעודד את שלב ההדבקה, לא הייתה עלייה בשכיחות הפירות עם ריקבון הציפה.

ממצא אחר המעלה תהיות לגבי התרחיש המקובל קשור בחוסר היעילות של ההדברה הכימית. בחלקות טיפול הריסוס יושמו תכשירי ההדברה בתכיפות המרבית האפשרית (מידי יומיים שלושה) במהלך כל תקופת הפריחה. בניסויים יושמו בין 6 ל- 8 ריסוסים, בהשוואה לשניים-שלושה המומלצים למגדלים. הנחנו ששכיחות הפירות עם עובש בבית הגרעינים ועם ריקבון הציפה בחלקות טיפול זה יהיו נמוכות ואולי אף אפסיות. למרבה ההפתעה התברר שבאף אחד מהניסויים לא הייתה לריסוסים השפעה מובהקת על שני המדדים (איור 1).

בעקבות כל אלה העלנו את ההנחה שהגורם העיקרי המשפיע על התרחשות ריקבון הציפה הוא הפונדקאי ולא הפתוגן או תנאי הסביבה. ברור מאיליו שללא נוכחות הפתוגן לא תתרחש הדבקה ולא תהיה מחלה, אבל הפטרייה *A. alternata* היא פטרייה ספרופיטית הקיימת במטעים באוכלוסיות גדולות ולא סביר שהיא הגורם המגביל את ההדבקה. כמובן שגם תנאי הסביבה משפיעים על מערכת ביולוגית זו, אך יתכן שהשפעתם היא לא ישירות על הפתוגן, בזמן הפריחה, כפי שמקובל היה לחשוב עד כה אלא דרך הפונדקאי, במועדים אחרים.

כדי לבחון כיצד משפיע הפונדקאי על התפתחות ריקבון הציפה בחנו במהלך הניסויים והתצפיות שבצענו אם עומס היבול של העצים משפיע על שכיחות הפירות עם עובש בבית הגרעינים ועל שכיחות הפירות עם ריקבון הציפה. בחלק מהניסויים והתצפיות נכללו עצים שהייתה בהם שונות טבעית בכמות היבול ובאחרים יצרנו שונות בצורה מלאכותית על ידי דילול. באופן כללי לא נמצא קשר בין רמת היבול לשכיחות הפירות עם עובש בבית הגרעינים (איורים 5 ו- 6). גם לא נמצא קשר בין שכיחות הפירות עם עובש בבית הגרעינים לשכיחות הפירות עם ריקבון הציפה (תוצאות לא מוצגות). מכאן עולה שעצם הימצאות עובש בבית הגרעינים לא מוביל בהכרח להיווצרות ריקבון הציפה. יתכן שגורמים שונים משפיעים על שני תהליכים אלה. בניסוי הדילול נכללו עצים עם פוטנציאל יבול דומה והדילול בוצע כשהחנטים היו בגודל

30-25 מ"מ. מאחר ולדילול הייתה השפעה (איור 6) סביר להניח שתהליכים המתרחשים בעץ עצמו אחרי הדילול, או בפירות הנשארים על העצים, קובעים אם יתפתח ריקבון הציפה. בשלב זה לא ניתן לדעת אם גורמים הקשורים לעץ בכללותו, לענף הבודד או לפרי עצמו הם המשפיעים על היווצרות הריקבון. חשוב לברר נקודה זו לעומק מפני שיש לה משמעות לגבי הדרכים שיאפשרו להתמודד עם התופעה.

מתוצאות הניסויים עולה שרמת היבול הכללית על העצים וגודל הפירות קובעים את הסבירות להתפתחות ריקבון הציפה. ככל שהיבול רב יותר, כך פוחתת השכיחות של ריקבון הציפה וככל שהפירות גדולים יותר, כך עולה הסבירות שהם יהיו פגועים (איורים 7 ו-8). ממצא לא ברור הוא ההבדלים שהיו בקשר בין הנגיעות ליבול בין שתי קבוצות החלקות שנכללו באיור 7. מתברר שמרווחי הנטיעה בתוך השורה בחלקות אלרום ומתתיהו היו קטנים יותר ממרווחי הנטיעה שהיו בכל החלקות האחרות (1.8-1.2 מ' בין העצים בהשוואה ל 2.5-2 מ' בין העצים, בהתאמה. יתכן שעוצמת הצימוח בשתי קבוצות מטעים אלה הייתה שונה, בגלל ההבדלים בצפיפות הנטיעה בתוך השורות. לא ברור אם זו הסיבה להבדלים ויש לבחון נושא זה לעומק בשנים הקרובות.

בהתבסס על הממצאים שעלו מהמחקר אנו מציעים תרחיש אחר להתפתחות ריקבון הציפה. חלקו הראשון דומה לתרחיש המקובל אבל המשכו שונה. הפטרייה *A. alternata* חודרת בזמן הפריחה לעמוד העלי ומאכלסת את השחלות; לאחר מכן הפטרייה לא ממשיכה להתפתח והיא נמצאת במצב רדום (לטנטי) בשלבי ההתפתחות הראשונים של החנטים והפרי. בהמשך, כשהפירות גדלים, הפטרייה מתחילה להתפתח והתפטיר גדל באזור בית הגרעינים. אבל, עצם התפתחותה שם לא מוביל בהכרח לריקבון הציפה. התפתחות הריקבון תלויה במעבר הפטרייה מאזור בית הגרעינים לציפה והמעבר מותנה בכושרה של הפטרייה לחדור את קליפת בית הגרעינים. תנאי הסביבה לא משפיעים על תהליך זה באופן ישיר. הגורם הקובע אם הפטרייה תצליח לחדור את קליפת בית הגרעינים הוא תכולת מינרלים, או היחסים בתכולת מינרלים שונים, בקליפת בית הזרעים ובציפה. אנו משערים שהמינרלים המעורבים הם סידן, בורון וחנקן. ככל שתכולת הסידן והבורון (והיחס של תכולת סידן/חנקן או בורון/חנקן) בקליפת בית הגרעינים גבוהה יותר, כך קטנה הסבירות שהפטרייה תצליח לחדור את הקליפה. מאחר ועצים עם עומס יבול נמוך ופירות גדולים רגישים יותר להתפתחות ריקבון הציפה מעצים (הגדלים באותם התנאים) עם יבול גבוה ופירות קטנים, אנו מניחים שקיימים הבדלים בתכולת המינרלים (או היחסים בתכולה בין המינרלים) בקליפת בית הגרעינים של פירות קטנים וגדולים ובין פירות שהתפתחו בעצים שיש עליהם עומס יבול גבוה לפירות שהתפתחו על עצים עם עומס יבול נמוך. אנו מתכוונים לבחון היפותזה זו בניסויים שנבצע בשנים הקרובות. אם היפותזה זו תאושש, ניתן יהיה להקטין את הסבירות להתפתחות ריקבון הציפה על ידי טיפולים שיעלו את ריכוז המינרלים המעורבים בקליפת בית הגרעינים ובציפה. כיום כבר מיושמים טיפולים בסידן שמטרתם להפחית את הנזק הנגרם מתופעת הגומה המרה, הפוגעת בפירות עם תכולת סידן נמוך.

הבעות תודה

הניסויים שבוצעו במסגרת מחקר זה הם דוגמא מצוינת להערכות טובה ולביצוע מושלם (כמעט) של פרויקט גדול ומסובך. ההצלחה מבוססת על השקעת זמן, משאבים ומאמצים של מו"פ צפון ובאופן ספציפי של האנשים הבאים: אלקנה בן ישר, ג'מיל פאראחת, רועי חסון, אריאל קופרברג, אמוץ פרבר, והבי עמאשה, סולימן עמאשה. בנוסף שותפו בסדרת הניסויים מנהלי תחנות המחקר במתתיהו ופיכמן, והמגדלים מגורן, סאסא, יפתח, מטולה, שעל, אלרום, רמת מגשימים, עין זיון ומרום הגולן, שאפשרו לקיים את הניסויים והתצפיות בחלקות הגידול שלהם.