

ריקבון בית הגרעין של זני תפוח סטרקינג ניתוח תוצאות הנתונים שנאספו בשנת 2003 והסקר שנערך בעונת 2004

הניתוח נערך על ידי

דני שטיינברג

המחלקה לפתולוגיה של צמחים, מינהלה מחקר החקלאי, בית דגן

הקדמה

במהלך השנים האחרונות נערך בצפון הארץ ובגולן מחקר ברשותו של פרופ' משה ראובני אודות הגורמים המשפיעים על תופעת ריקבון בית-הגרעין בתפוח בזני סטרקינג ונבחנות גישות שונות לבקרתה. בגלל חומרת הבעיה וחשיבותה לענף התפוח, הוחלט על הקמת מיזם בנושא, אליו הצטרפו חוקרים נוספים ובניהם פרופ' דב פרוסקי וד"ר משה פליישמן ממינהלה המחקר החקלאי. בשנת 2004 ביצעו השותפים במיזם סדרת ניסויים נרחבת וצברו מידע רב אודות הגורמים המשפיעים על המחלה וחומרתה. בנוסף, בוצע בשנת 2004 סקר בחלקות תפוח מסחריות באזור הצפון והגולן בו נאספו נתונים אודות שכיחות המחלה וחומרתה ומדע רלוונטי נוסף. נתוני הסקר נותחו וסוכמו בדו"ח זה. כהשוואה וכהשלמה, נותחו נתונים שנאספו על ידי פרופ' משה ראובני ממספר חלקות מסחריות בשנת 2003. בחלק האחרון של דו"ח זה ינותחו תוצאות הסקר והממצאים שעלו בחלק מהניסויים שבוצעו על ידי החוקרים השותפים בשנת 2004 וישמשו לגיבוש מודל סכמאטי המתאר את מעקובת התהליכים ואת הגורמים המעורבים בהיווצרות תופעת ריקבון בית הגרעין של זני תפוח סטרקינג.

מקור הנתונים

הנתונים שנותחו בדו"ח זה נאספו משלושה מקורות שונים. **המקור הראשון** היה סקר שבוצע בשנת 2004 בחלקות סטרקינג מסחריות באזור הצפון והגולן. **המקור השני** היה שנאספו על ידי פרופ' משה ראובני ממספר חלקות מסחריות בשנת 2003 **והמקור השלישי** היה תוצאות ניסויים שבוצעו על ידי החוקרים השותפים בשנת 2004. בשורות הבאות ימסר מידע קצר אודות הנתונים בהם השתמשו.

מקור הנתונים הראשון היה הסקר שבוצע בשנת 2004. בסקר נכללו 29 חלקות תפוח שבכל אחת מהן נאספו הנתונים הבאים:

א. נתונים לאפיון החלקה: שם הישוב, שם המגדל, שם החלקה, גובה מעל פני הים, שנת הנטיעה, טיפוס הסטרקינג (הזן), הכנה, עיצוב העצים.

ב. נתונים אודות ההתפתחות הפתולוגית של העצים: מועד תחילת ביצבוץ, תחילת פריחה, שיא פריחה, סוף פריחה.

ג. מידע אודות הריסוסים שיושמו בזמן הפריחה ובסמוך לה: מועד הריסוס, תכשיר ההדברה, ריכוז התכשיר המיושם.

ד. מדדים מטאורולוגיים: לגבי כל חלקה נקבעה התחנה המטאורולוגית הסמוכה אליה מתוך תשע התחנות המטאורולוגיות האזוריות. התחנות ממוקמות באתרים הבאים: חרמונית, שעל, תל-פארס, פיכמן, קדש, מטולה, מתתיהו, סאסא וגורן. שלוש התחנות הראשונות ברשימה שייכות ליקבי רמת הגולן. בכל תחנה נרשמו הנתונים האקלימיים היומיים (בחלק מהן השעתיים) ובניהם הטמפרטורה, הלחות היחסית, גשם ובחלק מהתחנות גם משך הרטיבות.

ה. נגיעות הפירות: לקראת ההבשלה נקטפו מכל חלקה 100 פירות. כל אחד מהפירות נחצה במרכזו, נבחן ויזואלית ונקבע האם נראים סימני תפטיר בבית הגרעין. אם נראו סימני תפטיר, נקבע עד כמה היה בית הגרעין היה מכוסה בתפטיר, בערכים של פרופורציה. לדוגמא, כשחצי מאזור בית הגרעין היה מכוסה בתפטיר נקבע שרמת הפגיעה היא – 0.5; אם כל בית הגרעין היה מלא בתפטיר נקבע שרמת הפגיעה היא – 1. בנוסף, צוין אם נראה ריקבון בציפת הפרי ועד כמה הוא התפשט.

מקור הנתונים השני היה חלקות שנכללו בסדרת הניסויים שביצע פרופ' משה ראובני בשנת 2003. בסך הכל היו שש חלקות שלגביהן נאספו נתונים. מאחר ולא הייתה כוונה אז לבצע סקר מסודר, בחלק מהמקרים הנתונים הם חלקיים. בכל מקרה, נאספו נתונים לגבי מיקום המטעים, ההתפתחות הפתולוגית של העצים, מדדים מטאורולוגיים ונגיעות הפירות. לנתוני 2003 חשיבות רבה בגלל האופי השונה של הנגיעות בין שנה זו לשנת 2004.

מקור הנתונים השלישי היה סדרת ניסויים שבוצעה על ידי השותפים במיזם בשנת 2004. הממצאים סוכמו בהצעת מחקר שהוגשה למדען הראשי של משרד החקלאות. בדו"ח זה השתמשתי בחלק

מהממצאים להעלאת ההיפותזות שיתוארו בהמשך. בכל מקרה בו נלקחו נתונים מהצעת המחקר, יצוין המקור מהצעת המחקר וימסר (בהמשך) תיאור קצר של מבנה הניסוי.

ניתוח התוצאות

לגבי כל אחת מהחלקות המסחריות שנכללו בניסויים שבוצעו בשנת 2003 ובסקר שבוצע בשנת 2004 נקבעה שכיחות הפירות (באחוזים) שהיו נגועים, על פי הקטגוריות הבאות:

A = שכיחות הפירות בהם תפטיר של הפטרייה בחומרה כל שהיא בבית הגרעין או ריקבון ברמה כל שהיא בציפה (דרגת נגיעות >0);

B = שכיחות הפירות בהם תפטיר הפטרייה מילא את כל נפח בית הגרעין (דרגת נגיעות = 1);

C = שכיחות הפירות בהם נצפה ריקבון בציפה ברמה כל שהיא (דרגת נגיעות >1);

D = שכיחות הפירות בהם תפטיר הפטרייה מילא את כל נפח בית הגרעין ו/או נצפה ריקבון בציפה (דרגות נגיעות ≥ 1);

E = השכיחות היחסית של ההדבקות שעברו לציפה (היחס בין שכיחות הפירות שהיו בדרגה >1 לאלה שהיו בדרגה ≥ 1 , באחוזים).

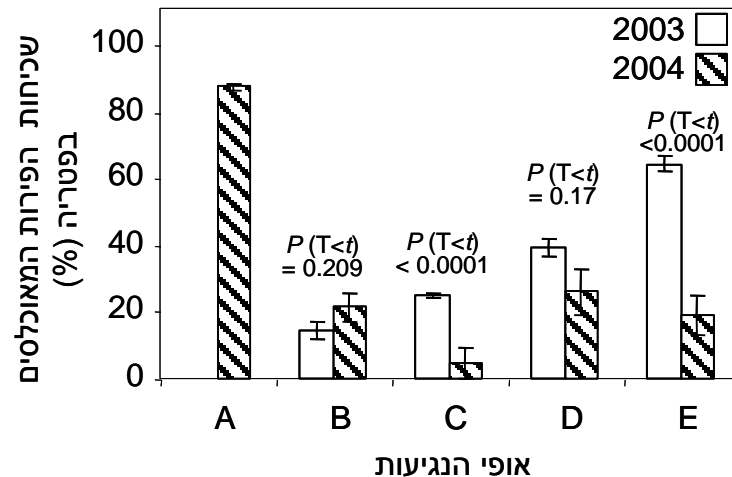
מאחר וערכי השכיחות בוטאו באחוזים (ואחוזים הם מדד רציף) נותחו הנתונים בשיטות הסטטיסטיות המקובלות. לערכים חושבו ממוצעים ושגיאות התקן, וממוצעי טיפולים שונים (כמפורט בהמשך) הושו באמצעות מבחן t , הסתכלויות לא צמודות. כמו כן בוצעו מבחני גרסיה לינארית. השפעת הטמפרטורה המצטברת נקבעה תוך שימוש בערכי ימי מעלה. ימי המעלה חושבו על בסיס של 0 מעלות צלזיוס, לפי הטמפרטורה היומית הממוצעת.

תוצאות ודיון

התפתחות תפטיר הפטרייה בבית הגרעין והריקבון בציפה

שכיחות הפירות בהם זוהה תפטיר של הפטרייה בבית הגרעין של פירות שנדגמו מהחלקות המסחריות בשנת 2004 נע בין 66 ל - 97% (ממוצע של 87 ± 1.3). מכאן עולה שתנאי הסביבה בשנת 2004 בכל המטעים אפשרו את עצם התרחשות ההדבקה. חשוב לציין שממצאים אלה לא מבטאים את עוצמת ההדבקה, אלא רק את עצם התרחשותה. מאחר והשונויות בשכיחות ההדבקה בין החלקות השונות שנכללו בסקר הייתה קטנה, לא ניתן לכמת את הקשרים הכמותיים שבין המדדים השונים של תנאי הסביבה (למשל, טמפרטורה, רטיבות, וכו') ושכיחות ההדבקה. אמנם לא היו נתונים זמינים אודות שכיחות הפירות בהם זוהה תפטיר של הפטרייה בחלקות התפוח בשנת 2003 אבל ניתן להניח שגם בשנה זו תנאי הסביבה לא הגבילו את עצם התרחשות ההדבקות (פרטים בהמשך). לא היו הבדלים מובהקים בין השנים בשכיחות הפירות בהם תפטיר הפטרייה מילא את כל נפח בית הגרעין ו/או נצפה ריקבון בציפה (דרגות נגיעות ≥ 1). בשנת 2003 נכללו בקטגוריה זו כ - 40% מהפירות ובשנת 2004 - 29%. אולם, היה הבדל משמעותי בשכיחות הפירות בהם נצפה ריקבון בציפה (דרגת נגיעות >1). בעוד שבשנת 2003 ריקבון נראה בציפה של בין 11 ל - 40% מהפירות שנדגמו מהמטעים השונים (ממוצע 25 ± 4.1), הרי שבשנת 2004 הייתה הפגיעה פחותה בהרבה: בין 0 ל - 14% (ממוצע 5.5 ± 0.6). ההבדלים במדד זה בין שנים היו מובהקים מאד ($P [T \leq t] = <0.0001$). ההבדלים בשכיחות היחסית של ההדבקות שעברו לציפה (היחס בין שכיחות הפירות שהיו בדרגה >1 לאלה שהיו בדרגה ≥ 1 , באחוזים) בין השנים היו גדולים עוד יותר: 64.2% בשנת 2003 לעומת 20.9% בשנת 2004. כמוכן שגם הבדלים אלה היו מובהקים מאד ($P [T \leq t] = <0.0001$) (ציור מספר 1).

נשאלת השאלה מה הסיבה להבדל המשמעותי במעבר הריקבון מבית הגרעין לציפה בין שתי השנים. כפי הנראה מקור ההבדלים לא נובע מהשפעות על עצם התרחשות ההדבקות ומעצם הימצאות הפטרייה בבית הגרעין. עובדה היא שבשנת 2004 הייתה שכיחות הפירות בהם זוהו סימפטומים של תפטיר הפטרייה בבית הגרעין גבוהה מאד בכל החלקות. עשויות להיות, אם כן, שתי סיבות להבדלים בין השנים. הראשונה, שההבדלים נבעו מעוצמת ההדבקות של בית הגרעין בין השנים. במקרה זה ההנחה היא שכלל שעוצמת ההדבקות בבית הגרעין גבוהה יותר, מסת התפטיר בבית הגרעין תהיה גדולה יותר ותגדל הסבירות שהפטרייה תחדור לציפה. השנייה, שההבדלים בין השנים נבעו מגורמים שהשפיעו על עצם המעבר של תפטיר הפטרייה מבית הגרעין לציפה. במקרה זה ההנחה היא שלא עוצמת ההדבקות בבית הגרעין היא החשובה, אלא נוכחות תנאים מתאימים לאחר מכן, תנאים המאפשרים את חדירת הפטרייה לציפה. כמוכן אין לפסול את האפשרות שההבדלים בין השנים נבעו משתי הסיבות גם יחד.

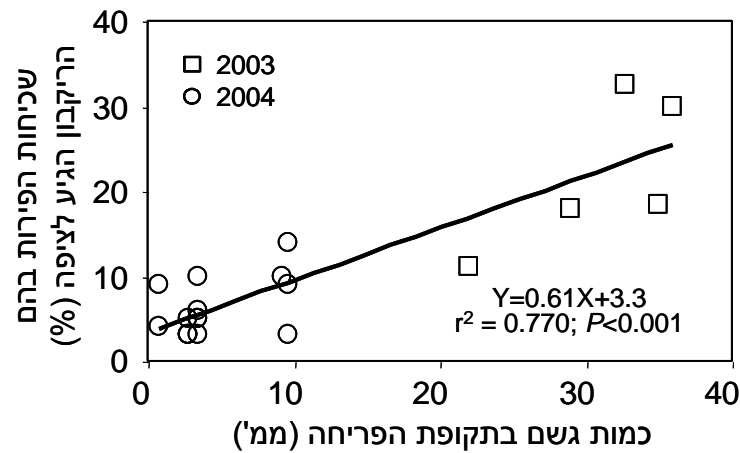


ציור מספר 1. שכיחות הפירות בהם נצפתה נגיעות בריקבון בית הגרעין ואופי הנגיעות בפירות שנדגמו מחלקות תפוח מסחריות בשנים 2003 ו- 2004. הקיום האנכיים מייצגים את שגיאת התקן. הבדלים בשכיחות הפירות המאוכלסים בין שתי השנים לגבי כל מדד נבחנו על ידי מבחן t וערכי המובהקות מופיעים מעל העמודות של כל מדד. $A =$ שכיחות הפירות בהם זוהה תפטיר של הפטרייה בדרגה כל שהיא בבית הגרעין או בציפה (דרגת נגיעות >0); $B =$ שכיחות הפירות בהם תפטיר הפטרייה מילא את כל נפח בית הגרעין (דרגת נגיעות 1); $C =$ שכיחות הפירות בהם התפתח ריקבון בציפה (דרגת נגיעות >1); $D =$ שכיחות הפירות בהם תפטיר הפטרייה מילא את כל נפח בית הגרעין ו/או נצפה ריקבון בציפה (דרגות נגיעות ≥ 1); $E =$ השכיחות היחסית של ההדבקות שעברו לציפה (היחס בין שכיחות הפירות שהיו בדרגה >1 לאלה שהיו בדרגה ≥ 1 , באחוזים).

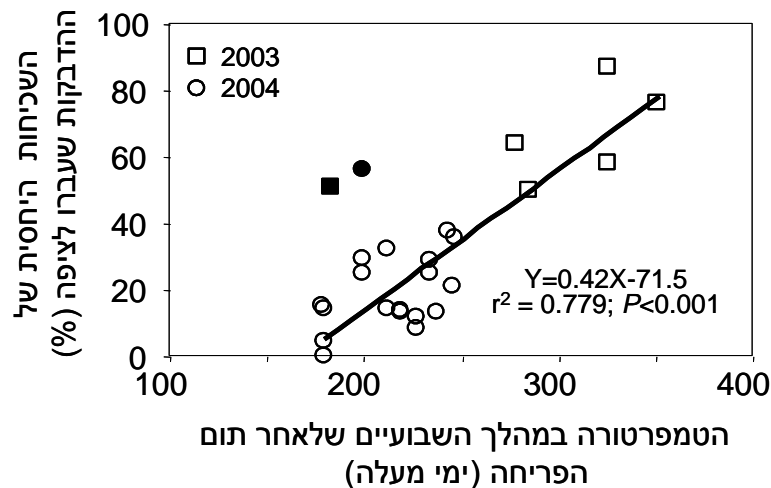
עוצמת ההדבקות עלולה להיות מושפעת מגורמי סביבה שונים ובניהם הטמפרטורה, הלחות היחסית, והרטיבות שמקורה מטל או מגשם. בסיכום שערך פרופ' ראובני לתוצאות הנתונים של שנת 2003 הוא דיווח על קשר מובהק בין כמות הגשם שירדה בזמן הפריחה לשכיחות הפירות בהם נצפה ריקבון בציפה. השתמשנו בנתונים שנצברו בשתי השנים לתיאור קשר זה ואכן התברר שקיים מתאם מובהק מאד ($P \leq 0.0001$) בין שני המדדים: ככל שכמות הגשם שירדה בזמן הפריחה הייתה גבוהה יותר, כך הייתה שכיחות הפירות בהם הגיע הריקבון לציפה גבוהה יותר. ממשוואת הרגרסיה ניתן ללמוד שני דברים מעניינים נוספים. הראשון, ערך מקדם המתאם (r^2 , באחוזים) היה 77%, פירושו של דבר שלושה רבעים מהשונות בשכיחות הפירות בהם הגיע הריקבון לציפה הוסבר על ידי כמות הגשם בזמן הפריחה. פירושו של דבר הוא שגשם בזמן הפריחה הוא הגורם הדומיננטי הקובע (או שהו נמצא במתאם הדוק עם הגורם הקובע) אם יהיה או לא ריקבון בציפה. הממצא המעניין השני הוא שערך החותך (שכיחות הפירות בהם הגיע הריקבון לציפה במטעים בהם לא ירד גשם כלל בתקופת הפריחה) היה 3.3%, ערך המתאים לשכיחות הריקבון "הנורמאלי" בשנה רגילה במטעים. חשוב לציין שהמתאם שתואר כאן מבטא קשר סטיסטי בין שני המדדים וזו אינה הוכחה ישירה וחד משמעית שלגשם יש תפקיד ישיר בשכיחות הפירות עם ריקבון בציפה. ניתן לחשוב על הסברים ביולוגיים שהובילו למתאם זה וניתן לתכנן ניסויים שינסו לאושש את ההיפותזות שיועלו. בכל מקרה, יתכן וכדאי לשקול לכוון את ההדברה הכימית למועדי ירידת הגשמים בתקופת הפריחה.

גורם הסביבה היחיד היכול להשפיע ישירות על מעבר הפטרייה מבית הגרעין לציפה הוא הטמפרטורה. תפטיר הפטרייה הנמצא בתוך איברים צמחיים (כמו החנט המתפתח) מוגן יחסית בפני תנאי היובש החיצוניים ולכן סביר להניח שיושפע פחות מנוכחות (או אי נוכחות) טל או גשם. ואכן, נמצא מתאם מובהק בין הטמפרטורה ששררה במהלך השבועיים הראשונים לאחר תום הפריחה (שלב התפתחות החנטים) לבין השכיחות היחסית של ההדבקות שעברו לציפה. ככל שהטמפרטורה המצטברת (המבוטאת בימי מעלה) הייתה גבוהה יותר, כך הייתה השכיחות היחסית של הפירות בהם עברה הפטרייה מבית הגרעין לציפה גבוהה יותר (ציור מספר 3). הנקודה החשובה היא שהמתאם שנמצא כולל את נתוני שתי השנים. על פי הגרף נראה שההבדל בין שתי השנים נבע מהבדלים בטמפרטורה: בעוד שבשנת 2004 היו לאחר החנטה טמפרטורות נמוכות, הרי שבשנת 2003 היו הטמפרטורות בתקופה זו גבוהות במידה רבה. מה הסיבה למתאם זה? ישנן כמה אפשרויות. יתכן שהטמפרטורות הגבוהות יותר מתאימות יותר להתפתחות הפטרייה והיא מצליחה לחדור את קליפות בית הזרעים ולאכלס כבר בשלב מוקדם זה את הציפה. האפשרות השנייה היא שהטמפרטורה מזרזת את גידול הפרי, והפרי הגדל במהירות רבה יותר בשלב הראשוני רגיש יותר לגדילת הפטרייה מפרי הגדל לאט. הפטרייה "מנצלת" את הרגישות הגבוהה יותר ומצליחה לאכלס את הציפה של פירות המתפתחים לאט. בכל מקרה, מניית זה עולה לכאורה שאיכלוס הציפה

מתרחש כבר בשלבים הראשונים של גדילת החנטים; אם הפטרייה מצליחה לעבור את קליפות בית הזרעים לציפה ולחדור לציפה, גדלה הסבירות שיתפתח בהמשך ריקבון. אם הפטרייה לא מצליחה לעבור בשלב מוקדם זה את מחסום קליפות בית הזרעים, המעבר נחסם ובשלבים מאוחרים יותר לא יתפתח ריקבון.



ציור מספר 2. הקשר בין כמות הגשם שירדה בזמן הפריחה לשכיחות הפירות בהם הגיע הריקבון לציפה במטעים מסחריים שנדגמו בשנים 2003 ו- 2004.

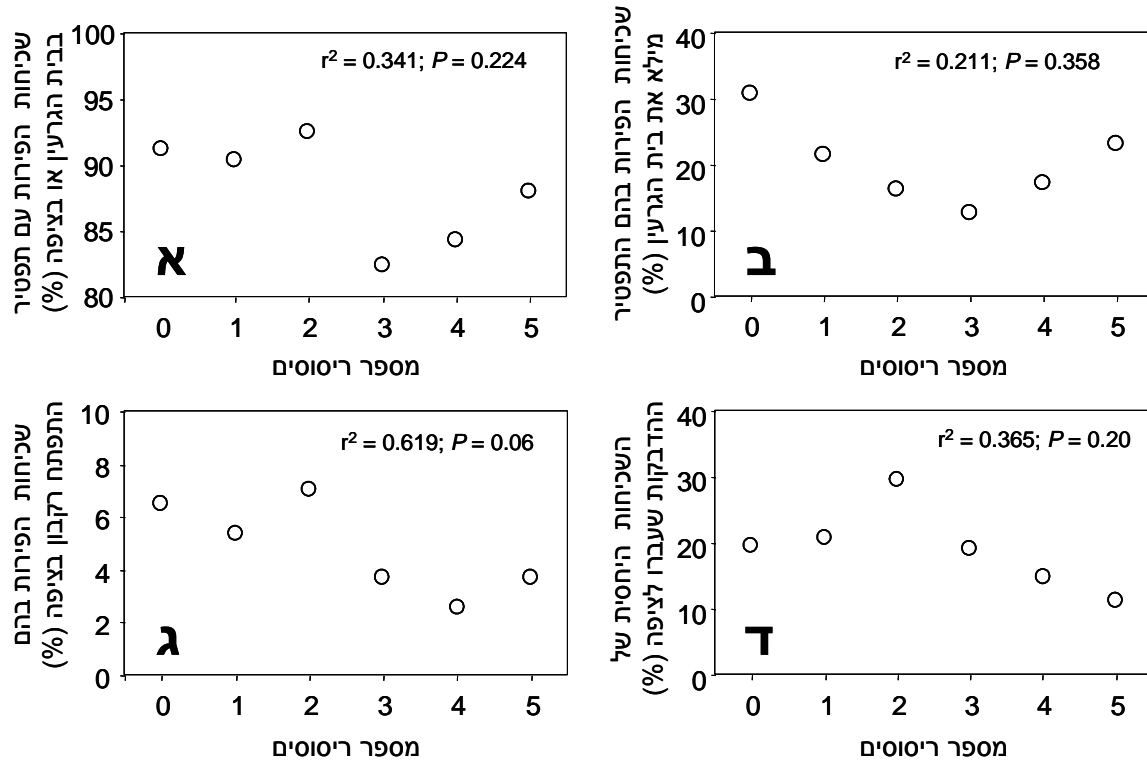


ציור מספר 3. הקשר בין הטמפרטורה המצטברת שנמדדה בשבועיים הראשונים שלאחר תום הפריחה לשכיחות היחסית של ההדבקות שעברו לציפה (היחס בין שכיחות הפירות שהיו בדרגה >1 לאלה שהיו בדרגה 1, באחוזים) במטעים מסחריים שנדגמו בשנים 2003 ו- 2004. הטמפרטורה המצטברת מבוטאת ביחידות של ימי מעלה עם בסיס 0, על פי הטמפרטורה היומית הממוצעת. סימנים מלאים הוגדרו כיוצאי דופן (outliers) ולא נכללו בחישוב הרגרסיה הליניארית.

אם שתי ההיפותזות שהועלו בפסקאות הקודמות נכונות, ניתן להסביר את ההבדלים המשמעותיים באופי ההדבקות בין שנת 2003 ו- 2004, כלהלן. בשתי השנים היו תנאי הסביבה מתאימים להדבקת הפרחים באלטרנריה, אבל בשנת 2003 הגשמים שירדו בזמן הפריחה גרמו לכך שעוצמת ההדבקות הייתה גבוהה הרבה יותר מזו שבשנת 2004. לאחר מכן, שררו באביב 2003 טמפרטורות גבוהות יותר בתקופה הראשונה שלאחר הפריחה, עת החלו החנטים להתפתח. עקב כך, התפתחה הפטרייה מהר יותר ובפירות רבים יותר היא חדרה את קליפות בית הזרעים ואיכלסה את הציפה. זו הסיבה לפגיעה המשמעותית שהתרחשה בשנת 2003 ולפגיעה המזערית שהתרחשה בשנת 2004. אזור לשכוח, כמובן, שהכתוב בשורות אילו הוא הסבר אפשרי, ולא הוכחה מדעית.

יעילות תכשירי ההדברה שיושמו בשנת 2004 במטעים המסחריים

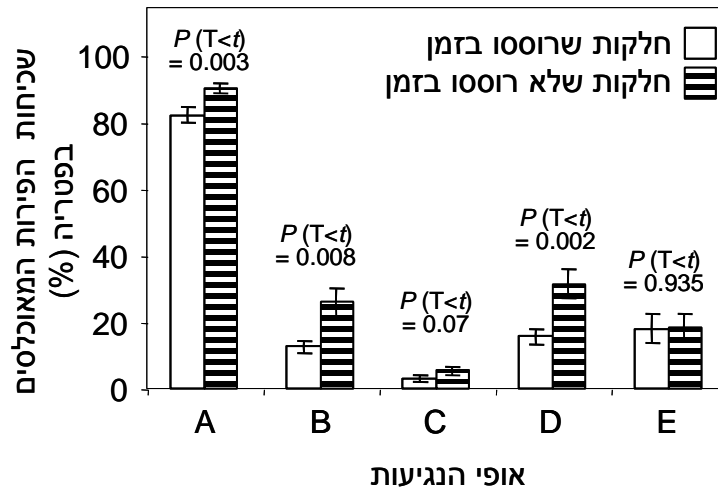
מספר הריסוסים שיושם במטעים המסחריים שנכללו בסקר נע בין 0 ל- 5 (2.5 ± 0.3) ריסוסים לחלקה בממוצע). תכשירי ההדברה שיושמו היו פלינט (בריכוז 0.015%), סטרובי (0.01%), סקור (0.02%) ווקטרה (0.08%). במטעים שרוססו יותר מפעם אחת יושמו תכשירים שונים, לסירוגין. בציור מספר 4 מתואר הקשר הכמותי בין מספר הריסוסים שיושמו בתקופת הפריחה ומיד לאחריה למדדי הנגיעות השונים של ריקבון בית הגרעין. אם היו הריסוסים יעילים, ניתן להניח שככל שמספר הריסוסים היה גדול יותר, כך הייתה הפגיעה מריקבון נמוכה יותר. אולם, באף אחד מהמדדים לא נראתה השפעה מובהקת לריסוסים שיושמו.



ציור מספר 4. הקשר בין מספר הריסוסים שיושמו במהלך הפריחה למדדים שונים של נגיעות בריקבון בית הגרעין. א – השפעה על שיכחות הפירות בהם זוהה תפטיר של הפטרייה בדרגה כל שהיא בבית הגרעין או בציפה (דרגת נגיעות >0); ב – השפעה על שיכחות הפירות בהם תפטיר הפטרייה מילא את כל נפח בית הגרעין (דרגת נגיעות 1); ג – השפעה על שיכחות הפירות בהם התפתח ריקבון בציפה (דרגת נגיעות >1); ד – השפעה על השיכחות היחסיות של ההדבקות שעברו לציפה (היחס בין שיכחות הפירות שהיו בדרגה >1 לאלה שהיו בדרגה ≥ 1 , באחוזים). בכל המקרים המתאם בין המדדים לא היה מובהק ברמת מובהקות של $P \geq 0.05$.

ניתן להסביר ממצא זה בכמה דרכים. הראשונה, שתכשירי ההדברה שיושמו אינם יעילים כנגד גורם המחלה. נראה שזו אינה הסיבה לחוסר השפעת הריסוסים מפני שכל התכשירים שיושמו נמצאו בניסויים קודמים כיעילים כנגד *A. alternata*. סיבה אפשרית אחרת היא תזמון הריסוסים. יתכן שהריסוסים לא יושמו בזמן המתאים ולכן יעילותם הייתה נמוכה. לא ניתן לפסול סיבה זו מפני שבמרבית המקרים המרווחים בין הריסוסים היו חמישה ימים ויותר. אם אתר ההדבקה הוא הפרחים, פרחים שהיו סגורים ביום הריסוס (ולא נחשפו לתכשיר ההדברה) אך נפתחו יום לאחר מכן – לא היו מוגנים. אם ההיפותזה שהועלתה למעלה לגבי חשיבות הגשם נכונה, הרי שלתזמון ריסוסים בסמוך לפני, או מיד אחרי גשם חשיבות רבה יותר ממספר הריסוסים הכללי שיושם. הגורם שקבע את מועד הריסוסים במטעים שנכללו בסקר בשנת 2004 לא היה גשם, ולכן לא ניתן לבחון בצורה חד משמעית את ההנחה הזו. אבל, דוגמא לחשיבות התזמון יחסית למועד ירידת הגשמים מוצגת להלן. כפי שכבר צוין למעלה בתאריך 16 לאפריל ירד בחלק מהאזורים גשם. חלק מחלקות הגידול רוססו בסמוך לפני או בסמוך אחרי גשם הזה. לשם הניתוח, חולקו החלקות שנכללו בסקר לשתי קבוצות. בקבוצה הראשונה נכללו החלקות בהן יושם ריסוס בסמוך לפני או בסמוך אחרי הגשם ובקבוצה השנייה החלקות בהם לא יושמו ריסוסים כלל או שהם יושמו במועדים אחרים. השוואת מדדי הנגיעות בין שתי הקבוצות מלמדת על הבדלים מובהקים בחלק מהם: שיכחות הפירות בהם זוהה תפטיר של הפטרייה בדרגה כל שהיא בבית הגרעין או בציפה היה נמוך יותר במובהק (אם כי ההבדלים לא נראים משמעותיים מבחינה ביולוגית) בין שתי הקבוצות; שיכחות הפירות בהם תפטיר הפטרייה מילא את כל נפח בית הגרעין ושיכחות הפירות בהם תפטיר הפטרייה מילא את כל

נפח בית הגרעין ו/או נצפה ריקבון בציפה במטעים שרוססו בזמן היו נמוכים ב- 50% לערך מאלה של מטעים שלא רוססו בזמן; לריסוס לא הייתה השפעה מובהקת על השכיחות המוחלטת והיחסית של ההדבקות שעברו לציפה (ציור מספר 5).

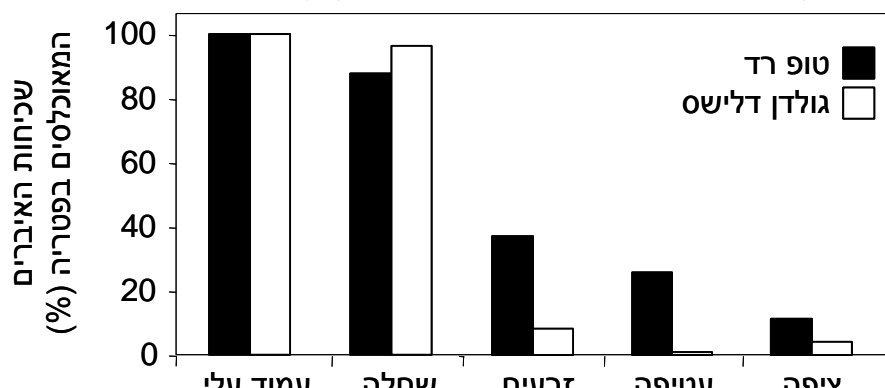


ציור מספר 5. השפעת הריסוס שבוצע בסמוך לאירוע גשם (יותר מ- 5 מ"מ) שחל ב- 16 לאפריל, 2004, על שכיחות הפירות בהם נצפתה נגיעות בריקבון בית הגרעין ועל אופי הנגיעות, בפירות שנדגמו מחלקות תפוח מסחריות. ב- 10 מהחלקות יושם הריסוס בזמן (בין 16 ל- 18 לאפריל) וב- 19 חלקות לא ירד גשם, לא יושמו ריסוסים כלל, לא שהריסוסים לא יושמו בסמוך לאירוע הגשם. היה הקיום האנכיים מייצגים את שגיאת התקן. הבדלים בשכיחות הפירות המאכלסים בין שני סוגי החלקות לגבי כל מדד נבחנו על ידי מבחן t וערכי המובהקות מופיעים מעל העמודות של כל מדד. A = שכיחות הפירות בהם זוהה תפטיר של הפטרייה בדרגה כל שהיא בבית הגרעין או בציפה (דרגת נגיעות > 0); B = שכיחות הפירות בהם תפטיר הפטרייה מילא את כל נפח בית הגרעין (דרגת נגיעות > 1); C = שכיחות הפירות בהם התפתח ריקבון בציפה (דרגת נגיעות > 1); D = שכיחות הפירות בהם תפטיר הפטרייה מילא את כל נפח בית הגרעין ו/או נצפה ריקבון בציפה (דרגות נגיעות ≥ 1); E = השכיחות היחסית של ההדבקות שעברו לציפה (היחס בין שכיחות הפירות שהיו בדרגה > 1 לאלה שהיו בדרגה ≥ 1 , באחוזים).

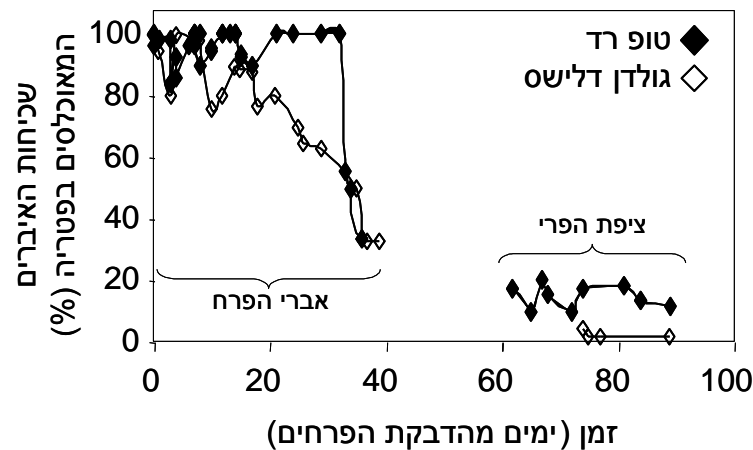
ממצאים נבחרים מניסויים שבוצעו על ידי החוקרים השותפים במיזם

בשורות הבאות יתוארו תוצאות מספר ניסויים שבוצעו בשנה האחרונה על ידי החוקרים השותפים במיזם ריקבון בית הגרעין. בשתי סדרות ניסויים אולחו פרחים של עצי תפוח מהזן הרגיש טופ רד ומהזן העמיד גולדן דלישס בשתי צורות. הראשונה על ידי הנחת דיסקית עם תפטיר של הפטרייה *A. alternata* על צלקות הפרחים והשנייה באמצעות ריסוס הפרחים בתרחיף נבגי הפטרייה. במועדים שונים לאחר מכן נדגמו פרחים, חנטים ופירות (על פי התפתחותם), הם חולקו לאיברים שונים ודגימות הונחו על גבי צלחות פטרי עם מצע סלקטיבי כדי לבחון האם הפטרייה מאכלסת את הרקמות. באופן עקרוני הממצאים שעלו בשתי שיטות האילוח ובכמה ניסויים היו דומים. כאן יתוארו תוצאות ניסוי מייצג בו בוצע האילוח עם דיסקית של הפטרייה. לא היו הבדלים בין שני הזנים בשכיחות אברי הפרח המאכלסים: הפטרייה אכלסה את מרבית עמודי העלי והשחלות של פרחי שני הזנים. אולם, ככל שחלף הזמן והפרי התפתח, נוצרו הבדלים שהלכו וגדלו בין שני הזנים לגבי שכיחות האיברים מהם בודדה הפטרייה. הפטרייה בודדה בשכיחות גבוהה יותר בזרעים, עטיפה ומהציפה של פירות של מזן טופ רד (הרגיש) מאשר מאלו של הזן גולדן דלישס (העמיד). בחלק מהמקרים לא ניתן היה לבדוד את הפטרייה מציפה של גולדן דלישס כלל (ציורים 6 ו- 7).

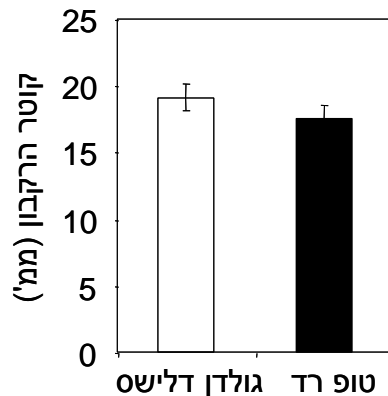
בסדרת ניסויים אחרת נבחן האם יש הבדלים בין הזנים להתפתחות הפטרייה בציפה. לאחר הוצאת פקק של ציפת הפרי + הקליפה מעומק של כ- 2 ס"מ אולחו הפירות בנבגי הפטרייה. קוטר הריקבון המתפתח נמדד לאחר שבועיים של הדגרה. לא היו הבדלים בקוטר כתם הריקבון שהתפתח בציפת הפירות המאולחים בין הזן הרגיש לזן העמיד (ציור 8). מכאן עולה שהסיבה לאי התפתחות הפטרייה בציפת הפרי העמיד אינה נובעת (כנראה) מכך שהפטרייה לא מסוגלת לאכלסו ולהתפתח עליו. אם הוחדר המידבק לציפת הפרי העמיד באופן מלאכותי (כפי שבוצע בניסוי זה) – הריקבון התפתח.



ציור מספר 6. שכיחות האברים המאוכלסים בפטרייה *A. alternata* לאחר אילוח מלאכותי של צלקות הפרחים, במועדים שונים אחרי האילוח, בשני זני תפוח. צלקות הפרחים אולחו על ידי דסקית אגר שהכילה תפטיר של הפטרייה. מבוסס על ציורים 3 ו-4 מתוכנית המחקר שהוגשה למדען הראשי של משרד החקלאות.



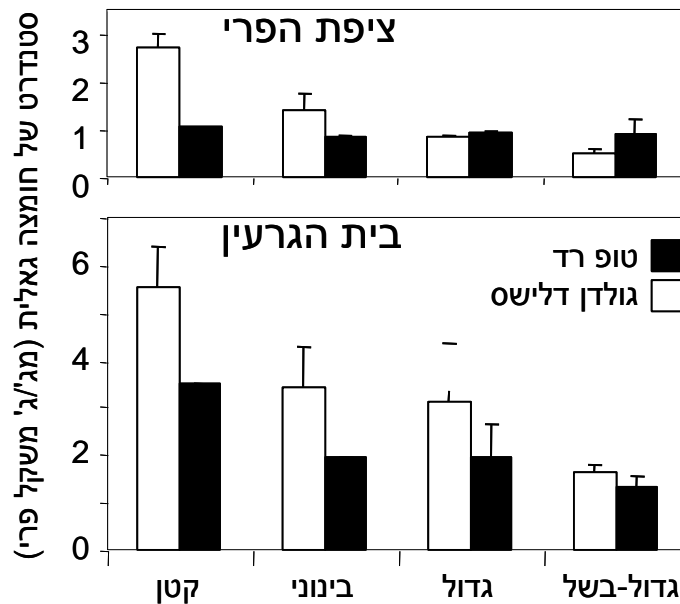
ציור מספר 7. שכיחות האברים המאוכלסים בפטרייה *A. alternata* לאחר אילוח מלאכותי של הפרחים, במועדים שונים אחרי האילוח, בשני זני תפוח. הפרחים אולחו על ידי ריסוס בתרחיף נבגים. מבוסס על ציורים 11 ו-12 מתוכנית המחקר שהוגשה למדען הראשי של משרד החקלאות.



ציור מספר 8. קוטר כתם הריקבון שהתפתח בציפת פירות של שני זני תפוח שאולחו מלאכותית בתבדיד Rm-42 של הפטרייה *A. alternata*. הקוים האנכיים מייצגים את שגיאת התקן. ההבדלים בקוטר כתם הריקבון אינם מובהקים, כנקבע על ידי מבחן t כאשר $P [T \leq t] = 0.29$. מבוסס על טבלאות 1 ו-2 מתוכנית המחקר שהוגשה למדען הראשי של משרד החקלאות.

הבדלים ברגישות בין פירות בגדלים שונים של אותו הזן, ובין זנים שונים, עשויים לנבוע מתכולה שונה של חומרים המרכיבים את בית הגרעין והציפה של הפירות. בסדרת ניסויים ראשונית שבצעו החוקרים השותפים בהצעת המחקר נבחן האם קיימים הבדלים בתכולת הפנולים בציפה ובבית הגרעין של פירות בשלבי התפתחות שונים (גדלים שונים) משני הזנים. מהלך הניסוי והשיטה בה השתמשו לקביעת תכולת הפנולים לא יפורטו כאן. תכולת הפנולים בבית הגרעין של שני הזנים הייתה כמעט כפולה מזו שבציפת הפרי. בבית הגרעין, הלכה תכולת הפנולים וירדה עם התפתחות הפירות. ההבדלים בין שני הזנים היו בתחילה משמעותיים והם הלכו וקטנו עם הזמן; בבית הגרעין של פירות גדולים-בשלים ההבדלים בתכולת

הפנולים בין שני הזנים היו מזעריים. בציפה של פירות טופ-רד לא היה שינוי בתכולת הפנולים עם הזמן (הערכים היו נמוכים כל הזמן) אך באילה של פירות מהזן גולדן דלישס הייתה ירידה משמעותית בתכולה מפרי קטן לפרי בינוני. לאחר מכן לא היו עוד שינויים (ציור מספר 9).



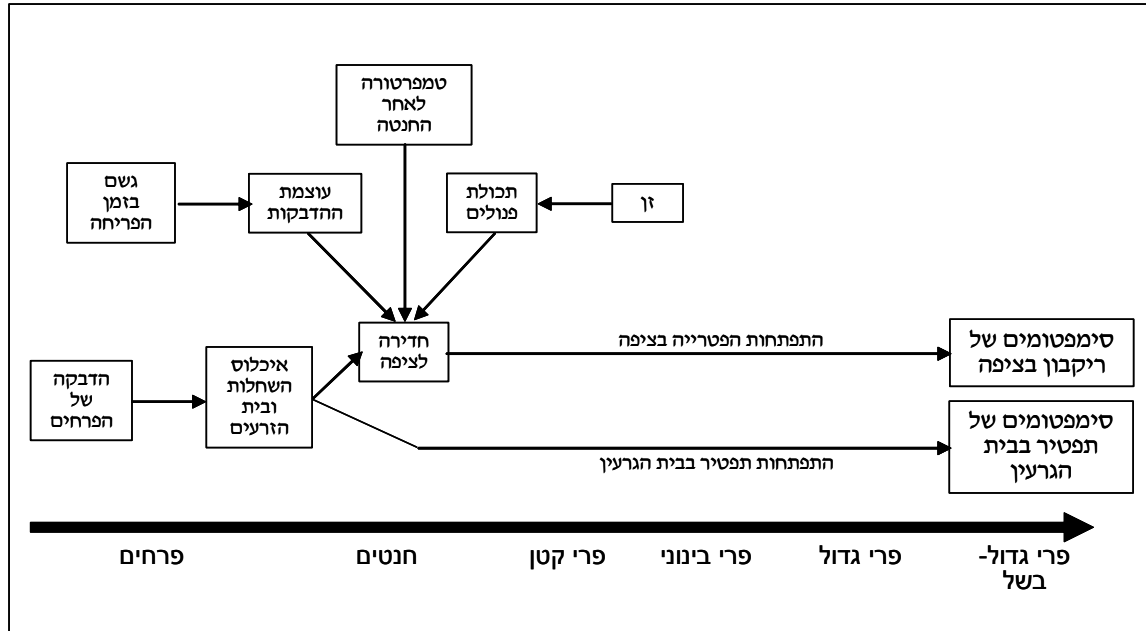
ציור מספר 9. השתנות הרכיבים הפנוליים בציפת הפרי ובבית הגרעין של פירות תפוח משני זנים כתלות בגודלם. פרי קטן = פרי בקוטר 2-3 ס"מ ובמשקל של 5-12 גר'; פרי בינוני = פרי בקוטר 3-4 ס"מ ובמשקל של 16-20 גר'. פרי גדול = פרי בקוטר 5-7 ס"מ ובמשקל של 60-100 גר'; פרי גדול בשל = פרי בקוטר 7-8 ס"מ ובמשקל של 170-250 גר'. הקווים האנכיים מייצגים את שגיאת התקן. מבוסס על ציורים 14 ו-15 מתוכנית המחקר שהוגשה למדען הראשי של משרד החקלאות.

מודל קונספטואלי לתופעת ריקבון בית הגרעין של זני תפוח סטרקינג

על סמך כל האמור לעיל מוצע בזאת מודל קונספטואלי לתופעת ריקבון בית הגרעין של זני תפוח סטרקינג. יש להתייחס למודל כאל היפותזת עבודה אותה יש לבחון ולאושש, ולא כאל עובדה מוכחת. תיאור סכמאטי של המודל מופיע בציור מספר 10.

על פי המודל אתר ההדבקה של הפטרייה הוא הפרחים. לא ברור אם חדירת הנבגים מתבצעת דרך הצלקות או ישירות דרך המצעית, אך בכל מקרה הפטרייה מגיעה לשחלות ומאכלסת את האיבר שיתפתח להיות בית הזרעים. הגורמים המשפיעים על עצם התרחשות ההדבקה אינם ברורים, אבל נראה שתנאים מתאימים שוררים באזור הצפון והגולן בכל מקרה. עובדה היא שבשנת 2004 הייתה שכיחות ההדבקות גבוהה בכל האזורים (ציור 1). אבל, קיימים הבדלים בעוצמת ההדבקה בין אזורים ובין שנים וככל ששוררים יותר גשמים בזמן הפריחה, כך גוברת עוצמת ההדבקה. אין לכך הוכחה ישירה בתוצאות. קיימת הוכחה נסיבתית הקושרת את שכיחות הפירות בהם נראה ריקבון בציפה לכמות הגשם שירדה בזמן הפריחה: ההבדלים בכמות הגשם בין שנת 2003 ו-2004 (ציור 2). לאחר שהפטרייה מאכלסת את השחלה והחנט שמתחיל להיווצר, התפטיר חודר את קליפות בית הזרעים ומאכלס את הציפה. הנקודה המרכזית של המודל המוצע היא שתהליך זה מתרחש רק בשלבים הראשונים של התפתחות החנט. אם הפטרייה לא הצליחה לחדור את קליפות בית הזרעים ולאכלס את הציפה בשלב זה, היא לא תצליח לעשות זאת בהמשך ולא יתפתח ריקבון בציפת הפרי, גם אם כל בית הגרעין יהיה מלא בתפטיר של הפטרייה. הצלחת הפטרייה לחדור את קליפות בית הזרעים מושפעת מכמה גורמים, כלהלן. **עוצמת ההדבקות:** ככל שעוצמת ההדבקות גדולה יותר, כך גבוהה הסבירות שהפטרייה תצליח לחדור את קליפות בית הגרעין (עוצמת ההדבקות תלויה, כאמור, בגשם). **עמידות גנטית:** קיימים הבדלים קיצוניים ברגישות לריקבון בית הזרעים בין הזנים האדומים לאחרים. למרבה הפלא מתברר שהפטרייה הצליחה לאכלס את אברי הפרח של הזן העמיד (ציורים 5 ו-6). בשכיחות דומה לזו של הזן הרגיש ואפילו הצליחה לאכלס את בית הזרעים של הזן העמיד (ציורים 5 ו-6). לא היו גם הבדלים ברגישות הציפה של פירות של שני הזנים (ציור 8). לכן ההבדלים המשמעותיים בין הזנים בהתבטאות הריקבון חייבים לנבוע מכוסר הפטרייה לחדור את קליפות בית הגרעין ולהגיע לציפה. אחרת לא ניתן להסביר את ההבדלים בין הזנים. רמז וחיוזוק להנחה זו עולה מההבדלים בין הזנים בתכולת הפנולים: ההבדלים היו גדולים ביותר בשלב בו היה הפרי קטן, שלב החנטים (ציור 9). יתכן שתכולת הפנולים הגבוהה בבית הגרעין ובציפה של זן גולדן דלישס בשלב החנטים מונעת את חדירת הפטרייה לציפה. בשלבים המאוחרים יותר, כשתכולת הפנולים יורדת ומשתווה לזו של הזן טופ רד, הפטרייה כבר לר

יכולה לחדור את קליפות בית הגרעין ולאכלס את הציפה. **טמפרטורה לאחר החנטה:** המתאם המובהק (מאד) בין הטמפרטורה המצטברת בשבועיים הראשונים שלאחר תום הפריחה לשכיחות היחסית של ההדבקות שעברו לציפה מספק חיזוק נוסף לטענה שהחדירה לציפה מתרחשת בשלבי ההתפתחות הראשונים של החנטים (ציור 3). הממצאים מספקים הסבר להבדל המשמעותי בין שנת 2003 ו- 2004 לגבי הפרופורציה של ההדבקות ש"הצליחו" לעבור מבית הגרעין לציפה.



ציור מספר 10. מודל סכמטי של מעקובת התהליכים המובילה בסופו של דבר לתופעת ריקבון בית הגרעין של זני תפוח סטרקינג

על פי המודל המוצע, לאחר שהפרי עבר את השלב הראשוני הרגיש, הפטרייה אינה מסוגלת יותר לחדור דרך קליפות בית הגרעין ולהגיע לציפה. ההמשך תלוי בנוכחות או אי נוכחות הפטרייה בציפה. אם הפטרייה לא חדרה לציפה, היא מתפתחת בבית הגרעין בלבד ובסופו של דבר תפטיר הפטרייה עשוי למלא את חלק או את כל נפח בית הגרעין. אם הפטרייה הצליחה לחדור את קליפות בית הגרעין בשלב החנטים, מתפתח תפטיר בבית הזרעים כנ"ל, אבל בנוסף, מתפתחת הפטרייה בציפה ובסופו של דבר נראים הסימפטומים האופייניים של ריקבון הציפה. שני התהליכים נפרדים והם בלתי תלויים זה בזה. חיזוק לכך מתקבל מהשוואת מדדי הנגיעות בין השנים 2003 ו- 2004: לא היו הבדלים מובהקים בין השנים בשכיחות הפירות בהם תפטיר הפטרייה מילא את כל נפח בית הגרעין אבל היו הבדלים מובהקים (ומשמעותיים מאד מבחינה ביולוגית) בשכיחות הפירות בהם התפתח ריקבון בציפה (ציור 1). סימוכין להנחה זו באים גם מהניסוי (שכבר הוזכר) ממנו עלה שהפטרייה מסוגלת להתפתח באותו האופן בציפת הזן העמיד כמו בציפת הזן הרגיש (ציור 8) – בתנאי שהאילוח מבוצע ישירות לציפה. מכך עולה שאי הופעת סימני ריקבון בזנים העמידים נובע מכך שהפטרייה פשוט לא מגיעה בכלל לציפה.

אם יאומת המודל המוצע (ואפילו בחלקו) ניתן יהיה לפתח גישות יעילות יותר להתמודדות עם התופעה. ניתן יהיה לתזמן טוב יותר את ריסוסי ההגנה וניתן יהיה לחזות מראש את השנים והמטעים בהם יש סבירות גבוהה יותר להתפתחות ריקבונות בבית הגרעין של זני הסטרקינג. בכל מקרה, חשוב לזכור שכל האמור לעיל הוא תיאור של תרחישים המבוסס על ניתוח ממצאי תצפיות וניסויים ולא עובדות המסתמכות על ניסויים מכוונים. השלב הבא, אותו צריכים לבצע החוקרים השותפים במיזם הוא לבצע ניסויים מכוונים לבחינת היפותזות ספציפיות.