

חרטון באגסים: מחקרים יישומיים לסגירת פערי ידע

Fire blight in pears: applied studies for covering knowledge gaps

המוגש על ידי

דני שטיינברג ושולמית מנוליס-ששון

המחלקה לפתולוגיה של צמחים וחקר העשבים, מינהל המחקר החקלאי, בית דגן (danish@volcani.agri.gov.il)

לשולחן האגס של מועצת הצמחים

במחקר השתתפו:

מכון וולקני:	רן שולחני, מנחם בורנשטיין, אורית דרור ומיכל ראובן
צוות החרטון:	חגי שוורץ, מרים זילברשטיין, סמדר אידלין הררי, דוביק אופנהיים, יעל גרינבלט אברון, יוני גל, שלמה שמיאן, שרוליק דורון, טל ליבר.
מו"פ צפון:	שלומי כפיר
רסס:	רמי רולף

הממצאים בדו"ח זה הינם תוצאות ניסויים ואינם מהווים המלצות לחקלאים.

תוכן העניינים

<u>עמוד</u>	
2	א. תקציר
3	ב. מבוא
5	ג. פירוט עיקרי הניסויים שבוצעו
5	ג.1 היעילות של תכשירי הדברה כנגד <i>E. amylovora</i>
6	ג.2 ניטור תגובת תבדידי <i>Erwinia amylovora</i> לסטרנר
7	ג.3 בחינת פתרונית אפשריים לבעייתיות של חיישני הרטיבות
8	ג.4 תחקור אירוע – הנגיעות בחלקות האגסים באזור ראש פינה דרום
8	ד. עיקרי הממצאים
8	ד.1 היעילות של תכשירי הדברה כנגד <i>E. amylovora</i>
9	ד.2 ניטור תגובת תבדידי <i>Erwinia amylovora</i> לסטרנר
12	ד.3 בחינת פתרונית אפשריים לבעייתיות של חיישני הרטיבות
13	ד.4 תחקור אירוע – הנגיעות בחלקות האגסים באזור ראש פינה דרום
15	ה. דיון
17	ו. הבעות תודה

א. תקציר

תכשיר ההדברה היחיד שיש לו רישוי בישראל באגסים כנגד מחלת החרכון הוא סטרנר (Oxolinic acid, OA). מאז שנת 1998 בה נעשה בתכשיר שימוש מסחרי לראשונה, נדגמים אברי צמח סימפטומטיים ממטעי האגסים ותגובת חיידקי ה- *E. amylovora* לחומר ההדברה נבדקת במעבדה. במשך השנים התפתחו תבדידים שפיתחו עמידות איכותית (בדומה לעמידות מונוגנית) לתכשיר. ברוב המקרים התפתחות העמידות האיכותית ספוראדית ובגלל כושר התחרותיות (fitness) הפגום של התבדידים העמידים הם נעלמים. במהלך השנים גם חלים שינויים הדרגתיים בתגובת תבדידי הפתוגן לחומר ההדברה ויעילותו יורדת. זו עמידות כמותית (בדומה לעמידות פוליגנית). השינויים מחייבים שינוי בגישה של ההדברה. בניסויים שבצענו בשנת 2014 בחנו את היעילות של תכשירים חדשים כנגד הפתוגן; התכשירים יושמו לבד ובמשולב עם סטרנר. על פי הממצאים נראה שהדרך הנכונה להתמודד עם המחלה בעתיד היא ליישם במשולב תכשיר נחושתי עם סטרנר. ההחלטה באם יש צורך לבצע ריסוס מתבססת על נתונים מטאורולוגיים הנמדדים בתחנות מטאורולוגיות סטנדרטיות, ומשך הרטיבות הוא אחד המדדים החשובים. הבעיה היא שהחיישן בו נעשה שימוש אינו חיישן אמין ולעיתים המסקנות לגבי הצורך ביישום ריסוס, המתבססות על המדידות שבוצעו באמצעות החיישן הן שגויות. בשנת 2014 בחנו שתי גישות להתגבר על הבעיה ומצאנו ששימוש בשלושה חיישני רטיבות המודדים במקביל ושימוש בשיטת ה"תחנה התאומה" יאפשרו למזער את הסכנה שתבוצע פעולה שגויה. בנוסף, בחנו באם התפתחות נגיעות בחומרה גבוהה בכמה מטעים באזור ראש-פינה דרום נבעה מהתפתחות עמידות באוכלוסיית החיידקים. לא נמצא מתאם בין חומרת המחלה להימצאותם של תבדידים עמידים. נראה שההבדלים בחומרת המחלה בין חלקות נבעו מהמועד בו בוצע הריסוס – היה פער של 24 שעות ויותר בין החלקה הראשונה שרוססה לחלקה האחרונה שרוססה בכל אירוע הדבקה.

ב. מבוא

תכשיר ההדברה היחיד שיש לו רישוי בישראל באגסים כנגד מחלת החרכון הוא סטרנר (Oxolinic acid, OA). במשך השנים התפתחו תבדידים עמידים לתכשיר זה, אולם התפתחותם הייתה ספוראדית ובמטעים בודדים כל שנה. התבדידים העמידים גדלים על מצע מזון המכיל 50 חלקי מיליון או יותר של OA והאופי של העמידות שהתפתחה מתאים לזו של עמידות איכותית. עמידות איכותית היא עמידות המבוקרת על ידי גן אחד (עמידות מונוגנית), והיא קיימת באופן אקראי באוכלוסייה, אך יישום תכשיר ההדברה גורם לסלקציה לעמידים. מדובר בשינוי מהיר שהתוצאה שלו היא פחיתה משמעותית ביעילות ההדברה המושגת בחלקות המסחריות בהן שכיחים התבדידים העמידים. בדרך כלל עמידות איכותית מתפתחת במספר קטן של חלקות, באופן אקראי. בחלקות בהן נפוצים תבדידים שפיתחו עמידות איכותית יישום בעונה העוקבת של תכשיר ההדברה כנגדו התפתחה העמידות לא יהיה יעיל. בחלקות אלה יש ליישם תכשירי הדברה אחרים.

הפעולות שננקטו על ידי המגדלים, יחד עם העובדה שהכשירות (fitness) של התבדידים העמידים פגומה ופחותה מזו של הרגישים, גרמו לכך שהתבדידים העמידים שהתפתחו נעלמו בתוך עונה-שתיים. כך ניתן היה להמשיך ולהשתמש בסטרנר גם במטעים בהם זוהו תבדידים עמידים בשנים העוקבות. באביב 2010 התפרצה במטעי האגסים בצפון הארץ מגיפת החרכון החמורה ביותר שהייתה בישראל מאז ומעולם. במרבית המטעים (בהערכה - 95% מהשטח הנטוע) ניתן היה לראות את תסמיני המחלה האופייניים. חומרת המחלה והנזק שנגרם למטעים היו ברמות שונות, מכאלו שהפגיעה בעצים הייתה כה משמעותית עד שלא הייתה ברירה אלא לעקורם, דרך מטעים בהם נגרם נזק בינוני ליבול ועד למטעים שחומרת המחלה בהם הייתה שולית. בסקר מפורט שבצענו התברר שב - 43.1% מהשטח הנטוע (6,135 דונם) חומרת הנגיעות הייתה ברמה בינונית או גבוהה. הסיבות להתפרצות המחלה נדונו בדו"ח שהוגש למנכ"ל משרד החקלאות והם לא יפורטו כאן. בבדיקות מקיפות שנערכו במטעים באביב 2010 נמצא ש - 42% מהתבדידים שנבדקו היו עמידים ל - OA. יותר מכך, התברר שהתבדידים העמידים בודדו ממטעים שהיו בכל אזורי הגידול בצפון. החשש היה שאם יעשה שימוש בסטרנר בשנת 2011 לא זו בלבד שההדברה לא תהיה יעילה, אלא שהתבדידים העמידים ישתלטו על האוכלוסייה ולא יהיה ניתן עוד להשתמש בסטרנר בעתיד. לכן הוחלט על ידי הצוות המקצועי להנחות את המגדלים שלא להשתמש בסטרנר בעונת 2011. כתחליף, השירותים להגנת הצומח אישרו, כאישור חירום, להשתמש בסטרפטומיצין באופן בלעדי בעונת 2011. התקווה הייתה שהשימוש בסטרפטומיצין יהיה מוגבל לעונה אחת ובמהלכה ייעלמו התבדידים העמידים ל - OA (בגלל הכשירות הפגומה שלהם ומפני שלא יעשה שימוש בסטרנר, כך שלא תהיה סלקציה לטובתם). מאחר והשימוש בתכשיר האנטיביוטי הוא בעייתי, יש צורך במציאת תכשירי הדברה יעילים נוספים. החל משנת 2011 בצענו מידי שנה ניסויים בחלקה המיועדת לשם כך בדישון. בניסויים בחנו את היעילות של תכשירי חדשים כנגד המחלה ואת היעילות של יישום משולב של התכשירים החדשים יחד עם התכשיר סטרנר. בדו"ח זה יפורטו תוצאות הניסוי שבוצע בדישון בשנת 2014. בנוסף, המשכנו ובחנו את התגובה של תבדידי *E. amylovora* שבודדו מחומר צמחי סימפטומאטי שנדגם מחלקות מסחריות ל - OA. כמו כן יוצגו ממצאים המסכמים את בדיקות העמידות הכמותית של החיידקים ל - OA במהלך שש השנים האחרונות.

בשנת 1999, מיד לאחר הכנסת OA לשימוש מסחרי בחנו את תגובת תבדידי *E. amylovora* לתכשיר ומצאנו שאף אחד מהתבדידים לא הצליח להתפתח על מצע מזון שהורעל בריכוז של 5 חלקי מיליון OA. זה "קו הבסיס" של תגובת החיידקים לתכשיר. במהלך השנים חל שינוי הדרגתי בתגובת אוכלוסיית החיידקים והם הפכו להיות פחות ופחות רגישים (=יותר ויותר עמידים). גם תהליך זה מבטא התפתחות עמידות אבל זו עמידות המתאימה באופייה לעמידות כמותית ולא לעמידות האיכותית שתוארה למעלה. עמידות כמותית היא עמידות המבוקרת על ידי מספר גנים (עמידות פוליגנית), והיא מתפתחת לאורך זמן כתלות ביישום מתמשך של תכשיר ההדברה. מדובר בשינוי איטי ומתמשך המתרחש במספר רב של חלקות במקביל. בחלקות בהן נפוצים תבדידים שפיתחו עמידות כמותית יישום בעונות העוקבות של תכשיר ההדברה כנגדו התפתחה העמידות יהיה יעיל, אבל מידת היעילות תלך ותרד עם הזמן עד שלא יהיה משתלם יותר להשתמש בתכשיר. ניתן לעכב, אך לא למנוע, את התפתחות העמידות הכמותית על ידי העלאה של ריכוז תכשיר ההדברה שבסיכון ועל ידי שילוב עם תכשיר הדברה אחר, שלא נמצא בסיכון. משנת 2010 הומלץ למגדלי האגסים ליישם את התכשיר סטרנר בריכוז של 0.2% במקום בריכוז של 0.15%, שהיה מומלץ עד אז. החל משנת 2014 הומלץ ליישם את הסטרנר במשולב עם תכשיר נחושת. המטרה של המלצות אלה היא לעכב את התהליך של התפתחות העמידות הכמותית כנגד התכשיר סטרנר. בדו"ח זה יוצגו ממצאים המסכמים את בדיקות העמידות האיכותית של החיידקים ל-OA במהלך 15 השנים האחרונות.

בעונת 2013 התפתחה נגיעות משמעותית של חרוך במטעי אגסים הנמצאים בין קריית שמונה למטולה. בבדיקה שנעשתה נמצא שחלק מהמגדלים לא ריססו כלל, או שהם ריססו במועדים שגויים. אבל, נגיעות משמעותית התפתחה גם אצל כמה מגדלים שיישמו את הריסוסים במועד, על פי מערכת גרעין ופרח. המגדלים באזור הפגוע השתמשו בנתוני מזג האוויר שנמדדו בתחנה המטאורולוגית הנקראת "תחנת תל-אבל". בבדיקה בדיעבד של הנתונים שנמדדו בתחנה העלתה חשד שחיישן הרטיבות שהוצב בתחנה היה לא תקין ומשך שעות הרטיבות שנמדד בתחנה היה נמוך מזה שהיה כנראה בפועל. מסיבה זו, כנראה, לא ניתנה התראה על התרחשות אירוע הדבקה בתאריך 14 במרץ, 2013. המגדלים שהסתמכו על הנתונים שנמדדו בתחנה לא יישמו ריסוס במועד ולא מנעו את ההדבקה שהתרחשה ביום זה. בחודש מאי 2013 הוצבו בתחנה עוד שני חיישנים חדשים כדי לבחון אם יש הבדלים בנתוני משך הרטיבות בניהם לבין אלו שנמדדו על ידי החיישן הישן, המקורי. התברר שהיו הבדלים משמעותיים במדידת משך הרטיבות בין שלושת החיישנים (גם בין שני החיישנים החדשים). מאחר ולנתוני משך הרטיבות הנמדדים בתחנות המטאורולוגיות חשיבות רבה בחיזוי ההתפתחות של אירועי הדבקה ובקביעת הצורך בריסוס היה צורך בפיתוח אמצעים להגביר את אמינות המדידות. נקטנו בשתי גישות. הראשונה, בחינת האפשרות להציב בכל תחנה מטאורולוגית יותר מחיישן רטיבות אחד. באביב 2014 בחנו גישה זו בשתי תחנות והממצאים של המדידות שבוצעו יתוארו בדו"ח זה. לגישה השנייה להתמודדות עם בעיית חיישני הרטיבות קראנו גישת "תחנות התאומות". הרעיון היה למיין את כל התחנות המטאורולוגיות לקבוצות על פי מידת ההתאמה של החיזוי שלהם על פי מערכת גרעין ופרח. לכל תחנה מטאורולוגית הוגדרה תחנה אחת (או יותר) בה הנתונים המטאורולוגיים היו דומים, פחות או יותר. הגדרת התחנות התאומות תאפשר לבחון מידי יום את החיזוי שהתקבל כאמצעי לזיהוי של אירועים חריגים בתחנה המקורית. חשבנו שכך ניתן היה לזהות את הבעיה שהייתה בתאריך 14 במרץ 2013 בתחנת תל אבל. באותו היום מידת ההתאמה של נתוני מזג האוויר שנמדדו בתחנת תל אבל להדבקה הייתה נמוכה (דרגת סיכון "א") אבל על פי התחנות הסמוכות התנאים התאימו מאד להדבקה (דרגת סיכון "ג"). בהסתמך על הנתונים שנאספו בשנים 2012 ו-2013 הגדרנו ל-24 מתוך 30 התחנות המטאורולוגיות "תחנות תאומות". כך למשל התחנה התאומה של תחנת דישון ב' הייתה התחנה של תל חצור.

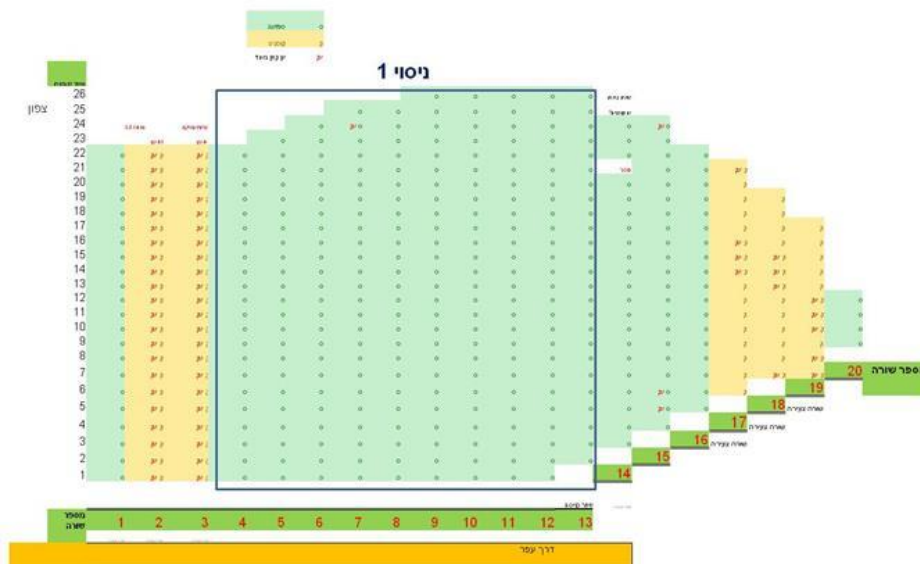
לתחנה של חוות מתתיהו היו ארבע תחנות תאומות: כפר שמאי, מטולה הר, פיכמן וצוריאל. בהסתמך על הנתונים שנמדדו בשנת 2014 בכל התחנות בחנו את התקפות של שיטת התחנות התאומות. זו בדיקה בלתי תלויה (סט נתונים חדש) והממצאים יוצגו בדו"ח זה.

באזור ראש פינה-דרום נכללות כמה עשרות חלקות אגסים השייכות למגדלים שונים. אבל, ההתמודדות עם מחלת החרכון מנוהלת במרוכז. באביב 2014 התפתחה בחלק מהחלקות הנמצאות באזור נגיעות משמעותית אבל בחלקות אחרות באותו האזור הנגיעות הייתה נמוכה. בבדיקות שנערכו התברר שבחלק מהחלקות התבדידים היו בעלי עמידות כמותית ל – OA. כדי לבחון באם חוסר ההצלחה בהדברה נבע מהתפתחות העמידות בצענו סקר מקיף של חומרת המחלה בחלקות רבות באזור ראש-פינה דרום; מכל חלקה נדגמו רקמות צמחיות סימפטומטיות שהובאו למעבדה ונבחנה התגובה של התבדידים ל – OA. הממצאים והמסקנות יוצגו בדו"ח זה.

ג. פירוט עיקרי הניסויים שבוצעו

ג.1 בחינת היעילות של תכשירי הדברה כנגד *E. amylovora*

הניסוי בוצע בחלקת אגסים של המגדל יצחק אלבו במושב דישון. בחלקה נטועים כ - 350 עצי ספדונה (ב – 15 שורות) וכ – 130 עצי קוסטיה (ב – 5 שורות). העצים ניטעו בשנת 1984 ובאביב 2010 הם נפגעו קשה במחלת החרכון. מאחר וחלקה זו מרוחקת מחלקות אגס אחרות ומפני שהמגדל שקל לעקור את העצים, הוחלט ליעד את החלקה לביצוע ניסויים בחרכון. לצורך כך המגדל תחזק את המטע כמקובל במטעים המסחריים הסמוכים (ובכלל זה כל הטיפולים האגרוטכניים המקובלים, הדישון, ההשקיה והדברת העשבים והמזיקים) אבל, לא יושמו כלל ריסוסים או טיפולים אחרים כנגד מחלת החרכון. באביב 2014 בצענו בחלקה, בעצים מהזן ספדונה, ניסוי לבחינת היעילות של תכשירי הדברה שונים כנגד המחלה (איור מספר 1).



איור מספר 1: תרשים של המטע
בדישון בו בוצע הניסוי בשנת 2014.
בשורות הצבועות בצבע ירוק נטועים
עצים מהזן ספדונה ובשורות
הצבועות בצבע כתום בהיר נטועים
עצים מהזן קוסטיה.

בניסוי נכללו הטיפולים הבאים: (1) **היקש**. חלקות טיפול זה לא רוססו כנגד חרוך כלל; (2) **סטרנר**. חלקות טיפול זה רוססו בתכשיר המכיל 20% oxolinic acid, המשווק בארץ על ידי חברת אגן, בריכוז של 0.2%. (3) **נחושתן**. חלקות טיפול זה רוססו בתכשיר המכיל copper 190 g/L, SC as 340 g/L tribasic sulfate המשווק בארץ על ידי חברת אגן, בריכוז 0.1%. (4) **סטרנר + נחושתן**. חלקות טיפול זה רוססו בתערובת של סטרנר (בריכוז של 0.2%) ונחושתן (בריכוז של 0.1%). (5) **קוצייד 2000**. חלקות טיפול זה רוססו בתכשיר המכיל copper hydroxide 53.8%, בריכוז 0.08%. (6) **סטרנר + קוצייד**. חלקות טיפול זה רוססו בתערובת של סטרנר (בריכוז של 0.2%) וקוצייד (בריכוז של 0.08%). (7) **צ'מפיון**. חלקות טיפול זה רוססו בתכשיר המכיל 77% נחושת בצורה של Copper Hydroxide המשווק בארץ על ידי חברת מכתשים, בריכוז של 0.3%. (8) **סטרנר + צ'מפיון**. חלקות טיפול זה רוססו בתערובת של סטרנר (בריכוז של 0.2%) וצ'מפיון (בריכוז של 0.3%). (9) **Blossom protect**. חלקות טיפול זה רוססו בתכשיר זה המשווק על ידי חברת גדות אגרו בריכוז של 0.3% בתוספת חומצה 1%. זה תכשיר ביולוגי המכיל שמרים מהמין *Aureobasidium pullulans* בריכוז של 51.6%. (10) **סטרנר + Blossom protect**. חלקות טיפול זה רוססו בתערובת של סטרנר (בריכוז של 0.2%) ו-Blossom protect (בריכוז של 0.3% בתוספת של חומצה 1%).

גודל כל חלקת ניסוי היה 4-6 עצים לאורך שורה והניסוי הוצב במתכונת של בלוקים באקראי עם 5 חזרות לכל טיפול. תכשירי ההדברה יושמו באמצעות מרסס רובים בנפח תרסיס של כ- 4.5 ליטר לעץ. הריסוס הראשון יושם בתאריך 16 במרץ, 2014 עם תחילת הפריחה; הריסוסים העוקבים יושמו מידי 3-4 ימים והריסוס האחרון יושם בתאריך 26 במרץ 2014 (סוף פריחה). בסך הכול יושמו בניסויים 4 ריסוסים.

תסמיני המחלה הראשוניים נראו בחלקת הניסוי באמצע חודש אפריל. המחלה הייתה תוצאה של הדבקה טבעית שהתרחשה כנראה באירועי הדבקה שהיו בשבוע השלישי ובשבוע השלישי של חודש מרץ. לאחר זיהוי תסמיני המחלה הנגיעות בחלקות הניסוי הוערכה פעמים, ההערכה הראשונה הייתה ב- 21 באפריל והשנייה ב- 4 במאי. בדו"ח זה יוצגו ממצאי הערכת הנגיעות השנייה. שני מעריכים עברו משני צידי השורה של עצי הניסוי וספרו את מספר מוקדי הנגיעות (תפרחות או צימוח צעיר) שהיו על שני העצים המרכזיים של כל חלקת ניסוי. הממצאים שימשו לחישוב חומרת המחלה (מס' תפרחות נגיעות לעץ) בכל חזרה והערכים שחושבו עבור החזרות השונות שימשו לחישוב חומרת המחלה הממוצעת בכל טיפול. השפעת הטיפולים נאמדה על ידי ביצוע ניתוח שונות חד כיווני ברמת מובהקות של $P = 0.05$ באמצעות מבחן HSD.

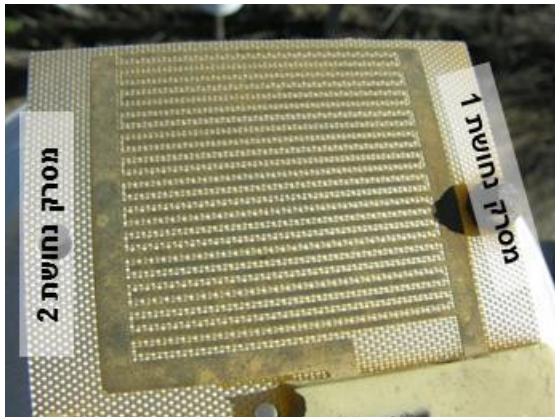
2.2 ג. ניטור תגובת תבדידי *Erwinia amylovora* ל־סטרנר

שימוש מסחרי בתכשיר ההדברה סטרנר החל כבר בשנת 1998. משנת 1999 נדגמים מידי שנה אברי צמח סימפטומטיים מעצי נוגעים בחלקות המסחריות. הדגימות מבוצעות באביב, בסמוך למועד הופעת תסמיני המחלה בחלקה – אז האיברים הסימפטומטיים הם תפרחות או ענפים חד- או דו-שנתיים, ובחורף, אז האיברים הנדגמים הם ענפים מעוצים, רב-שנתיים. דגימות האביב מהוות מדד לתגובת החיידקים שהדביקו את התפרחות בעונה הנוכחית ודגימות החורף מהוות מדד לתגובת החיידקים שידביקו את התפרחות בעונה העוקבת. אברי הצמח הסימפטומטיים הועברו למעבדה של שולמית מנוליס-ששון ותגובת החיידקים ל- OA – נקבעה באמצעות מבחנים עם מצעי מזון מורעלים.

הבדיקות שבוצעו בשנת 1999, שנה לאחר שהסטרנר נכנס לשימוש מסחרי, משמשות כ"קו הבסיס" לתגובת אוכלוסיות החיידקים לחומר הדברה. על פי קו הבסיס קבענו את הריכוז המזערי של התכשיר שעיכב אז את כל התבדידים של הפתוגן. ריכוז זה נקרא MIC (Minimal Inhibitory Concentration). בנוסף, הגדרנו אז ריכוז סף של חומר הדברה שהחיידקים שהצליחו לגדול על מצע מזון שהורעל בריכוז זה הוגדרו כ"עמידים" (זאת העמידות האיכותית). הריכוז הוא 50 חלקי מיליון חומר פעיל של OA. בכל שנה נקבעה השכיחות של התבדידים העמידים. מדד זה מבטא את החלק היחסי של התבדידים (מכלל התבדידים שנבדקו) שגדלו על מצע מזון שהורעל ב – 50 חלקי מיליון OA, או יותר. בכל השנים גם בחנו את שכיחות החיידקים שהצליחו לגדול על מצע מזון שהורעל ב – OA בריכוז של 5 חלקי מיליון. ערך זה גבוה מערך ה – MIC של קו הבסיס.

3.ג בחינת פתרונות אפשריים לבעייתיות של חיישני הרטיבות

בשנת 2014 הצבנו בתחנות המטאורולוגיות שבאפיק ובראש פינה – שדה תעופה שלושה חיישני רטיבות שמדדו את משך הרטיבות היומי. החיישנים הוצבו זה בצד זה. המטרה הייתה לבחון אם קיימים הבדלים משמעותיים בקריאות בין החיישנים. השתמשנו בחיישנים סטנדרטיים של חברת קמבל (איור מספר 2) המגדירים מצב של רטיבות כאשר נסגר מעגל חשמלי בין שני מסרקי הנחושת הנמצאים על פני הלוח. מסרקי הנחושת לא נוגעים זה בזה והמעגל החשמלי נסגר רק כאשר יש מים חופשיים על פני הלוח.



איור מספר 2: תמונה של חיישן הרטיבות של חברת קמבל. מסרקי הנחושת לא נוגעים זה בזה ומעגל חשמלי נסגר רק כאשר נוכחים מים חופשיים על פני הלוח.

המדידות בוצעו בין 4 במרץ ו-6 באפריל 2014 (34 ימים בסך הכול). הנתונים נותחו בצורה הבאה. בכל יום קובצו הנתונים שנמדדו על ידי כל חיישן לקבוצות על פי משך הרטיבות. הקבוצות נקבעו על פי הדרגות של מערכת גרעין ופרח, כלהלן: קבוצה 1: 0 שעות רטיבות; קבוצה 2: בין 0.1 ו- 4.0 שעות רטיבות; קבוצה 3: בין 4.1 ו- 8 שעות רטיבות; קבוצה 4: בין 8.1 ו- 12 שעות רטיבות; קבוצה 5: בין 12.1 ו- 16.0 שעות רטיבות; קבוצה 6: יותר מ- 16.1 שעות רטיבות. בשלב ראשון נבחן עבור כל יום באם היו הפרשים בקבוצת הרטיבות בין שלושת החיישנים ונקבע ההפרש המרבי שהיה בין החיישנים. כך למשל, אם הקריאה של שלושת החיישנים ביום מסוים הייתה באותה הקבוצה נקבע שעבור אותו יום הייתה זהות בין שלושת החיישנים. אם ביום מסוים הקריאות של שנים מהחיישנים היו בקבוצה 2 והקריאה של החיישן השלישי הייתה בקבוצה 4, הרי שעבור אותו היום ההפרש המרבי היה של שתי דרגות. כך נקבעו ההפרשים עבור כל הימים וחושבה שכיחות הימים (באחוזים, מתוך 34) בהם הייתה זהות בין שלושת

החיישנים, שכוחות הימים בהם ההפרש המרבי היה של דרגה אחת, שתי דרגות, שלוש דרגות וארבע דרגות. בשלב השני נקבע עבור הימים בהם היו הבדלים בין החיישנים באילו דרגת סיכון של גרעין ופרח היו ההבדלים. כך למשל, מספר בכמה ימים (מתוך 34) ההתראה על פי חיישן אחד הייתה "א" ועל פי אחד החיישנים האחרים ההתראה הייתה "ב" או "ג".

ג.4 תחקור אירוע – הנגיעות בחלקות האגסים באזור ראש פינה דרום

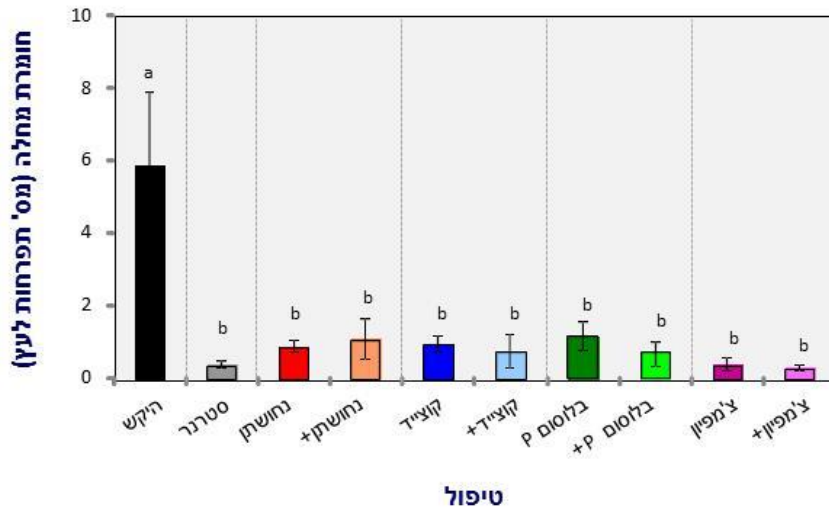
התחקיר באזור ראש פינה דרום התבצע בשבעה גושים שבכל אחד מהם מספר חלקות אגס השייכות למגדלים שונים. במהלך החודשים מאי ויוני הוערכה הנגיעות ב – 34 חלקות בגושים הנקראים "פלחה", "40 דונס", "בינוני", "שזיף בוגר", "אגס בוגר", "52 דונס" ו"אבוקדו". סוקרת שנשכרה במיוחד על ידי צוות החרכון העריכה את הנגיעות בחמש חלקות בכל גוש. הערכת הנגיעות הייתה על פי סולם שכלל 6 דרגות, כלהלן: דרגה 0 – מטע בריא: תסמיני המחלה לא נראים כלל; דרגה 1 – נוכחות: בחלק קטן מהעצים (עד 5%) יש נגיעות בתפרחות בודדות; דרגה 2 – נגיעות נמוכה: בחלק מהעצים (עד 25%) יש נגיעות של תפרחות בודדות. בעצים בודדים (עד 5%) של כמה עשרות תפרחות נגיעות לעץ; דרגה 3 – נגיעות בינונית: בעצים רבים (25% - 50%) יש נגיעות. בחלק קטן מהעצים (עד 5%) יש נגיעות של כמה עשרות תפרחות נגיעות לעץ; דרגה 4 – נגיעות גבוהה: במרבית העצים (יותר מ 50%) יש נגיעות. בעצים רבים (עד 25%) יש כמה עשרות תפרחות נגיעות לעץ; דרגה 5 – נגיעות גבוהה מאד: במרבית העצים (יותר מ 50%) יש כמה עשרות תפרחות נגיעות לעץ. מכל חלקה נדגמו ענפים סימפטומטיים שנשלחו למעבדה של שולמית מנוליס-ששון ותגובת החיידקים לריכוזים שונים של OA נקבעה בשיטה שתוארה למעלה. הממצאים שימשו כדי לבחון באם קיים קשר בין הימצאות עמידות לחומרת המחלה בחלקות.

ד. עיקרי הממצאים

ד.1 היעילות של תכשירי הדברה כנגד *E. amylovora*

בעצי טיפול ההיקש התפתחה מחלה בדרגת נגיעות נמוכה. מספר מוקדי המחלה הנגועים בעצי טיפול ההיקש נע בין 2 ו – 27 לעץ ובממוצע 5.7 מוקדים לעץ (איור מספר 3). תכשירי ההדברה סטרנר, שיושם 4 פעמים במהלך כל תקופת הפריחה (מידי 3 ימים) הפחית את חומרת המחלה במובהק ויעילות ההדברה בחלקות שרוססו בתכשיר הייתה גבוהה יחסית (הפחתה של 93.2%). בבדיקות שבצענו במעבדה התברר שהתבדידים השכיחים במטע זה לא היו עמידים ל – OA (תוצאות לא מוצגות).

כל תכשירי ההדברה שנבחנו בניסוי כשיושמו לבדם הפחיתו את חומרת המחלה במובהק יחסית לטיפול ההיקש ויעילות ההדברה נעה בין 85-93%. לא היה הבדל מובהק היעילות בין התכשירים השונים שנבחנו. תוספת של סטרנר לא שיפרה בצורה משמעותית את יעילות ההדברה (יעילות של 82-94%) ובכל המקרים ההשפעה של הטיפול המשולב לא הייתה שונה בצורה מובהקת מזו של הטיפול הבודד (איור מספר 3). מן הראוי לציין שבטיפול הקוצייד נראו על העלים תסמיני פיטוטוקסיות קלים שהתבטאו בסימני הצהבה בקצוות העלים (איור מספר 4). לא נראו כל תסמינים על הפרחים או על ענפי הצימוח.



איור מספר 3: יעילות תכשירי הדברה שונים כנגד מחלת החרכון בניסוי שבוצע בזן ספדונה במטע בדישון באביב 2014. הסימן + ליד שם התכשיר מציין שבטיפול זה יושם התכשיר בתערובת עם סטרנר (0.2%). ערכי עמודות שלידן אותיות שונות שונים זה מזה במובהק כנקבע על פי מבחן HSD ברמת מובהקות של $P < 0.05$. הקווים האנכיים מייצגים את שגיאת התקן.

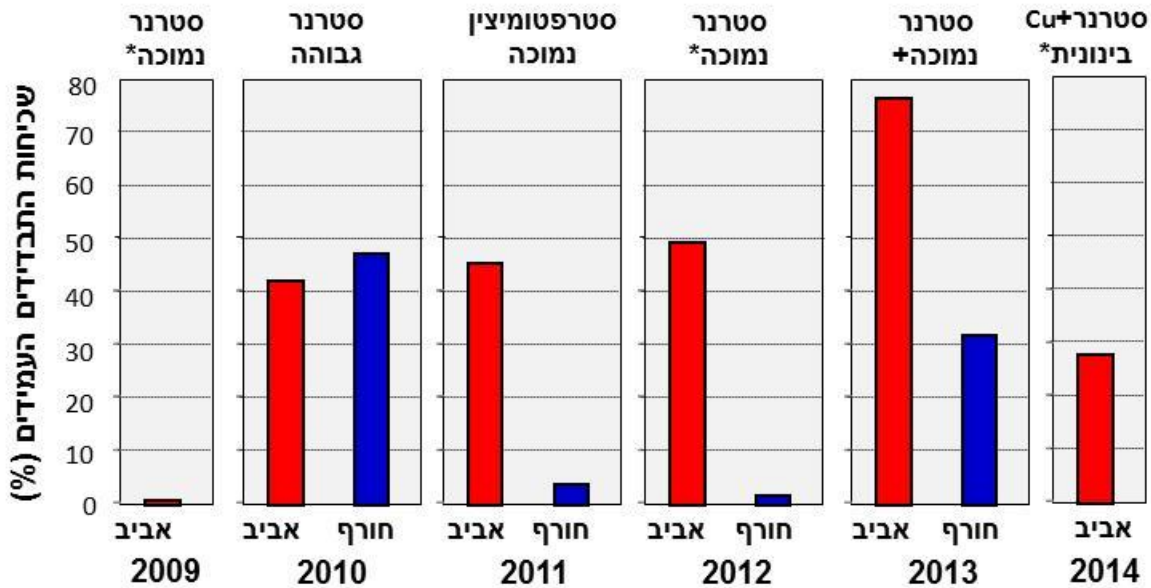


איור מספר 4: תסמיני פיטוטוקסיות שנראו על העלים של העצים שטופלו בתכשיר קוצייד.

ד.2 תגובת תבדידי *Erwinia amylovora* לסטרנר

ד.2.1. עמידות איכותית

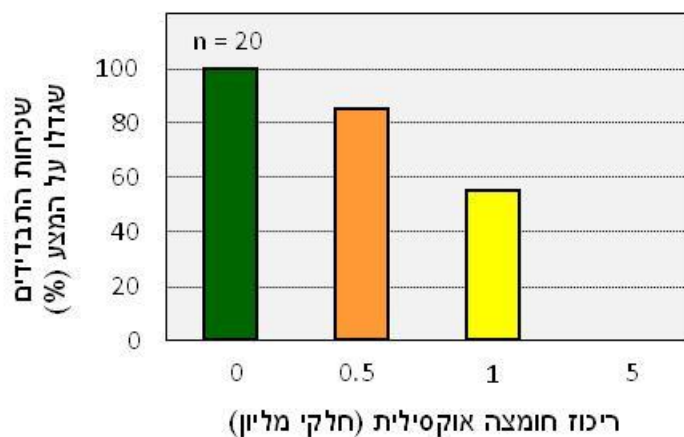
בארבע מתוך שש השנים האחרונות השכיחות של התבדידים העמידים כנגד OA באביב הייתה גבוהה מ- 40%. באביב 2014 נבחנה במעבדה התגובה של 117 תבדידים שנדגמו ממטעים נגועים שהיו בכל אזורי הגידול. שכיחות התבדידים העמידים הייתה נמוכה מ- 30%. זאת, למרות שבחורף הקודם הייתה שכיחות דומה של תבדידים עמידים והיה חשש שהחידקים העמידים ישרדו ברקמות המעוצות ושבאביב 2014 שכיחותם רק תגבר (איור מספר 5).



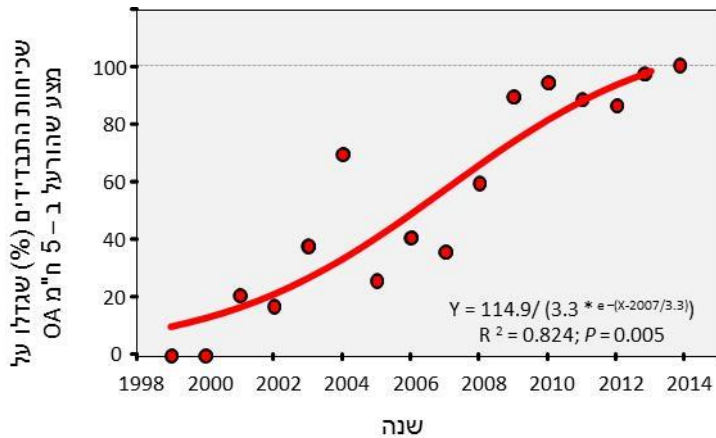
איור מספר 5: השינויים בשכיחות התבדידים העמידים (אלה שגדלו על מצע מזון שהורעל ב - OA בריכוז של 50 חלקי מיליון או יותר) בדגימות שבוצעו במהלך השנים 2009 ו - 2014. בכל שנה מוצגות הבדיקות שבוצעו באביב ובחורף. מעל כל גרף רשום התכשיר שיושם באותה השנה וחומרת הנגיעות בקנה מידה ארצי. הסימן * מציין שבאותה השנה היו חלקות בודדות עם נגיעות גבוהה יותר מהרשום; הסימן + מציין שבאותה השנה היה אזור אחד בו הייתה נגיעות גבוהה יותר מהרשום.

ד. 2.2. עמידות כמותית

התגובה הכמותית של אוכלוסיית תבדידי *E. amylovora* שבודדו בשנת 1999 ל - OA (קו הבסיס) מוצגת באיור מספר 6. כשהצלחות הורעלו ב - OA בריכוז של 1 חלקי מיליון חומר פעיל רק 50% מהתבדידים הצליחו להתפתח וכשהצלחות הורעלו ב - OA בריכוז של 5 חלקי מיליון אף אחד מהתבדידים לא גדל. אם כך, ערך ה - MIC של חומר ההדברה כלפי אוכלוסיית קו הבסיס הוא 5 חלקי מיליון. באיור מספר 7 מוצגת ההשתנות בתגובת החיידקים לתכשיר ההדברה ב - 15 השנים האחרונות. המדד בו השתמשנו לאיפיון השינויים הוא שכיחות התבדידים שגדלו על ערך ה - MIC של אוכלוסיית קו הבסיס. במשך השנים הייתה עלייה הדרגתית בשכיחות התבדידים שהצליחו לגדול על 5 חלקי מיליון ח"פ של OA, ומשנת 2009 ואילך מעל 90% מהתבדידים גדלו על ריכוז זה. בשנת 2014 כל התבדידים שנבחנו גדלו על מצע המזון המורעל (איור 7).

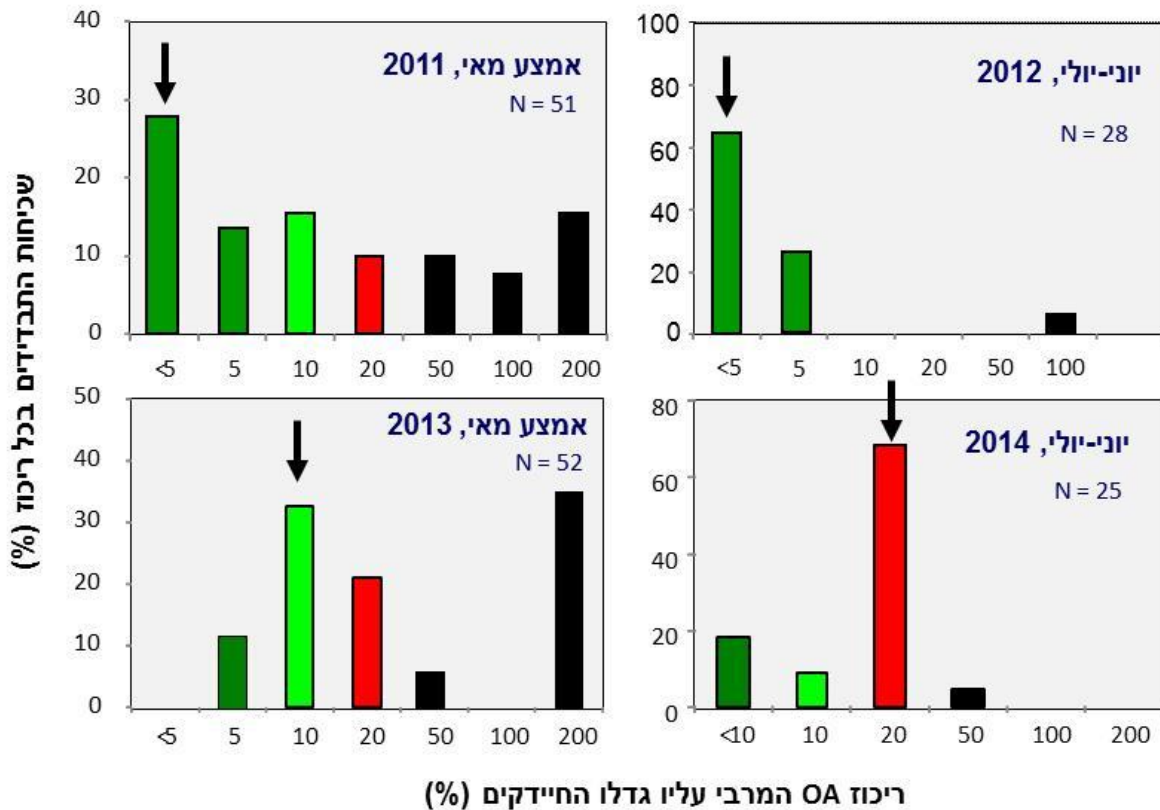


איור מספר 6: תגובת תבדידי *E. amylovora* שנדגמו בשנת 1999 ל - OA. זהו "קו הבסיס" לתגובת הפתוגן לתכשיר ההדברה.



איור מספר 7: השינויים בתגובת תבדירי *E. amylovora* ל-OA בין השנים 1999 ו-2013. המדד לשינוי תגובת התבדירים הוא שכיחות התבדירים שגדלו על מצע מזון שהורעל ב-OA בריכוז של 5 חלקי מליון ח"פ. ריכוז זה היה ערך ה-MIC בשנת 1999, בה נקבע קו הבסיס.

באיור מספר 8 מוצגת התפלגות התגובה של התבדירים לריכוזי OA שונים בסוף האביב-תחילת הקיץ בארבע השנים האחרונות. בארבע השנים האחרונות אוכלוסיית החיידקים הופכת להיות פחות ופחות רגישה לתכשיר. בעוד שבשנים 2011 ו-2012 השכיח של התגובה היה בריכוז של 5 חלקי מליון OA, או פחות, בשנת 2013 השכיח היה 10 חלקי מליון ובשנת 2014 השכיח היה 20 חלקי מליון חומר פעיל. אם מגמה זו תמשיך, בשנת 2015 מרבית התבדירים יוגדרו כ"עמידים" (בעמידות איכותית) לא בגלל שתפתח מוטציה אלא בגלל התזוזה ההדרגתית בתגובה של האוכלוסייה.

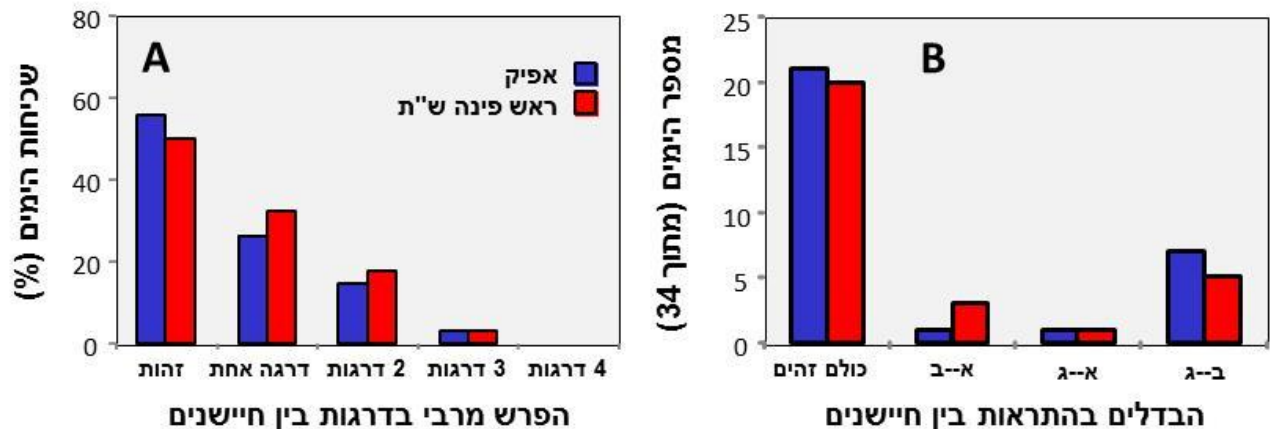


איור מספר 8: התגובה של תבדירי *E. amylovora* ל-OA בשנים 2011 עד 2014 כפי שנמדדה בסוף האביב-תחילת הקיץ. החיצים השחורים מייצגים את השכיח (הריכוז עליו גדלו מרבית התבדירים) בכל שנה.

ד.3. בחינת פתרונות אפשריים לבעייתיות של חיישני הרטיבות

ד.3.1. הגדלת מספר החיישנים בכל תחנה

המסקנות שעלו מניתוח המדידות של החיישנים שהוצבו בשתי התחנות המטאורולוגיות היו דומות. בחצי מיימי המדידה הייתה זהות בקבוצת הרטיבות שנקבעה עבור שלושת החיישנים. ב- 30% מהימים הפרש בין החיישנים הקיצוניים היה של דרגה אחת, ב- 15% מהימים הפרש היה בין שתי דרגות והיה יום אחד בו היה הפרש של 3 דרגות בין החיישנים הקיצוניים (איור מספר 9A). האינטרפרטציה של מדידות הרטיבות באמצעות מערכת גרעין ופרח מוצגת באיור 9B. ב- 60% מהימים, לערך, הייתה מתקבלת אותה המסקנה לגבי השפעת הרטיבות על ההדבקה בהסתמך על כל אחד משלושת החיישנים. אבל, בשאר הימים האינטרפרטציה הייתה שונה כתלות בחיישן בו היה נעשה שימוש. למשל, בתחנת אפיק היה יום אחד בו ההגדרה של תנאי מזג האוויר על פי חיישן אחד הייתה "א" (תנאים לא מתאימים להדבקה) אבל על פי חיישן אחר ההגדרה הייתה "ב" (תנאים מתאימים להדבקה) והיה גם ויום אחד בו ההגדרה הייתה "ג" (תנאים מתאימים מאד להדבקה). היו ששה ימים בהם ההגדרה על פי חיישן אחד הייתה "ב" ועל פי חיישן אחר ההגדרה הייתה "ג". כמובן שההחלטות לגבי הצורך בביצוע, או אי-ביצוע, של ריסוס היו משתנות על פי החיישן שלפיו בוצע החישוב.

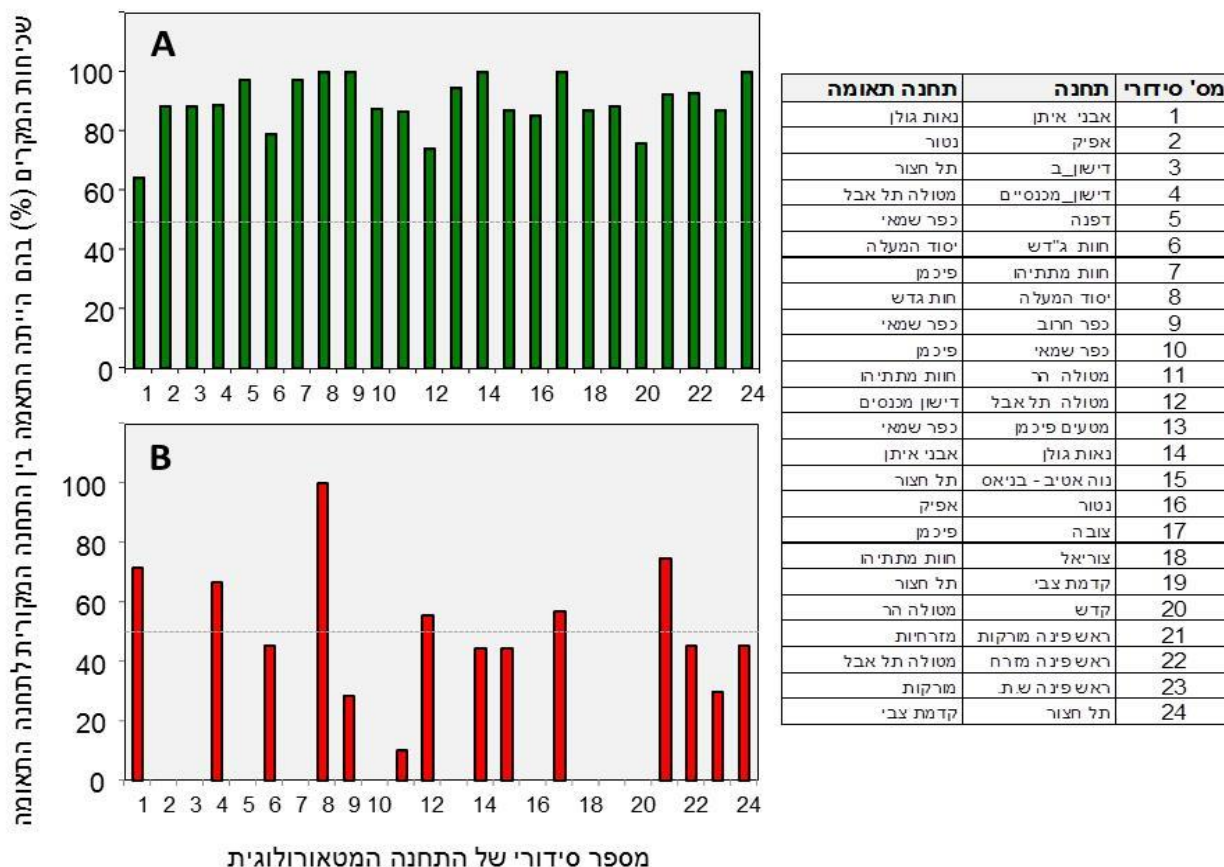


איור מספר 9: השוואה של מדידת הרטיבות שהתבצעה באמצעות שלושה חיישני קמבל שהוצבו בתחנות המטאורולוגיות באפיק ובראש פינה, שדה תעופה. **A.** ההפרש המרבי בדרגות בין החיישנים הקיצוניים (הסבר בטקסט). **B.** ההבדלים בהתראות בין החיישנים כפי שהוגדר על ידי מערכת גרעין ופרח.

ד.3.2. תחנות תאומות

על פי נתוני מזג האוויר שנמדדו עד שנת 2013 הוגדרו 24 תחנות תאומות. בחנו את תקפות ההגדרות תוך שימוש בנתונים שנאספו באביב 2014. בסך הכל נאספו בשנה זו נתונים במשך 42 ימים, מהתאריך 7 במרץ ועד לתאריך 14 באפריל. באיור מספר 10 מוצג עבור כל תחנה, התחנה התאומה המתאימה לה ביותר. ב- $89.2 \pm 9.2\%$ מהימים הייתה זהות בחיזוי הדרגה "א" בין התחנות הנבדקות לתחנות התאומות שלהן. ערך זהות זה גבוה במובהק מערך של 50%

המתאים לזהות מקרית. אבל, רק ב – $51.4 \pm 22.4\%$ מהימים הייתה זהות בחיזוי הדרגה "ב" בין התחנות הנבדקות לתחנות התאומות שלהן. ערך זהות זה לא שונה במובהק מערך של 50% המתאים לזהות מקרית.

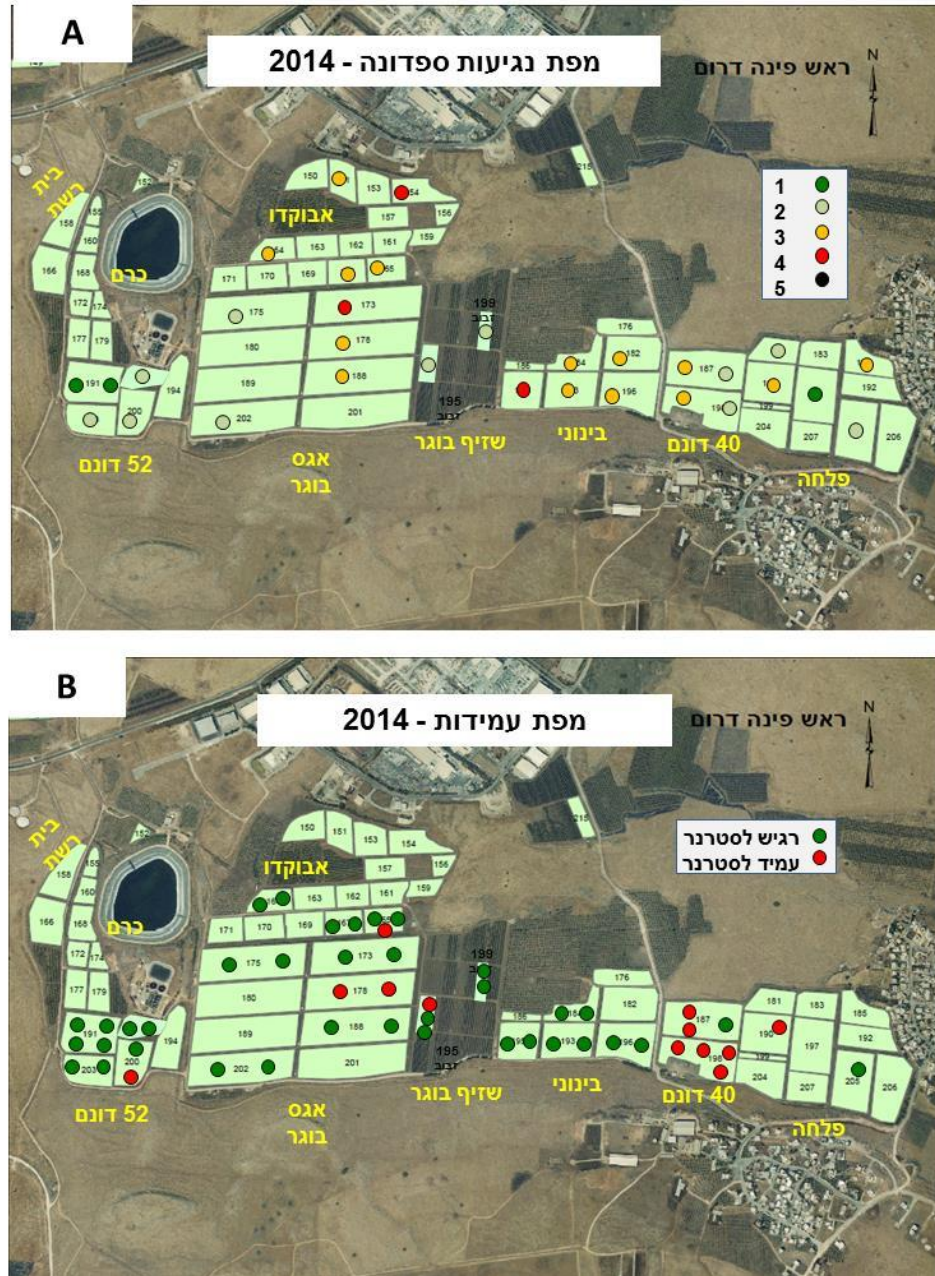


איור מספר 10. אימות (עם נתונים בלתי תלויים) של שיטת ה"תחנות התאומות". על פי הנתונים המטאורולוגיים היומיים שנמדדו באביב 2014. עבור כל יום נקבעה התאמה בחיזוי של כל אחת מהתחנות המטאורולוגיות לתחנה ה"תאומה" שלה. באיורים מוצגות ההשוואות בהם נחזתה דרגת התאמה של מזג האוויר "א" (איור A) וההשוואות בהן היו יותר מ – 6 ימים בהם דרגת ההתאמה של מזג האוויר הייתה "ב" (איור B). הקו האנכי המקווקו הוא קו ה – 50% המתאר התאמה אקראית בין התחנה לתחנה התאומה. שמות התחנות המטאורולוגיות והתחנות התאומות רשומים בצד ימין.

ד.4 תחקור אירוע הנגיעות בחלקות האגסים באזור ראש פינה דרום

במהלך החודשים מאי יוני 2014 הוערכה הנגיעות בחרכון ונבחנה התגובה של תבדידי *E. amylovora* לתכשיר OA ב – 34 חלקות אגסים באזור ראש פינה דרום. מפת הנגיעות ומפת התגובה מובאות באיור מספר 11. ניתן לראות שהיו בסמיכות חלקות עם נגיעות נמוכה וחלקות עם נגיעות גבוהה (למשל החלקה הערבית בגוש "בינוני" והחלקה המזרחית בגוש "שזיף בוגר"). באופן כללי ההבדלים בנגיעות בין גושים היו גדולים יותר מאשר ההבדלים בנגיעות בין חלקות באותו הגוש. כך למשל, הנגיעות בחלקת שהיו בגוש "52 דונס" הייתה נמוכה יחסית בעוד שהנגיעות בחלקות גוש "אבוקדו" הייתה גבוהה יותר. הבדל בולט נראה בין שתי החלקות המערביות של גוש "אגס בוגר" בהן הנגיעות הייתה

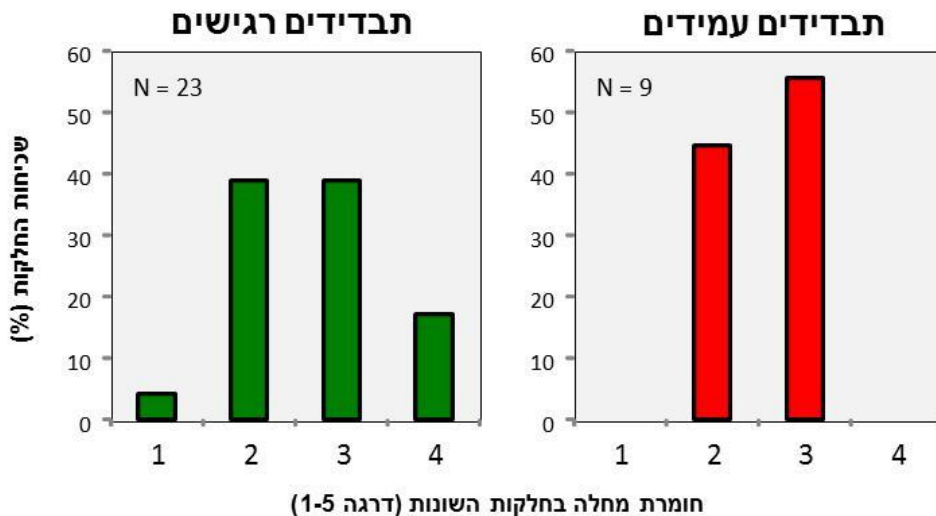
נמוכה לבין שלוש החלקות המזרחיות בגוש זה בהן הנגיעות הייתה בינונית עד גבוהה. באותו האופן, עמידות זוהתה בחלקות שהיו צמודות לחלקות בהן החיידקים היו רגישים ל - OA. צבר של עמידות התקבל בחלקות שהיו בגוש "40 דונם" (איור מספר 11B).



איור מספר 11. מפות של אזור גידול האגסים ראש פינה דרום בהן מסומנות חלקות האגסים בצבע ירוק בהיר. העיגולים באיור **A** מציינים את חומרת הנגיעות בחרכון בחלקות שנבדקו. העיגולים הירוקים באיור **B** מציינים שהתבדדים שנלקחו מהחלקות היו רגישים ל - OA והעיגולים האדומים מציינים שהתבדדים שנלקחו מהחלקות היו עמידים ל - OA.

מתוך 34 החלקות בהן בוצעה התחקיר, התבדדים שבודדו היו רגישים ל - OA ב - 23 חלקות. התפלגות חומרת הנגיעות בחלקות אלה מתוארת באיור מספר 12: היו חלקות בהן הנגיעות הייתה נמוכה (דרגות 1 ו - 2), חלקות בהן

הנגיעות הייתה בינונית (דרגה 3) וחלקות בהן הנגיעות הייתה גבוהה (דרגה 4). ב – 9 חלקות התבדידים שבודדו היו עמידים ל – OA. בחצי מחלקות אלה הנגיעות הייתה נמוכה (דרגה 2) ובחצי השני הנגיעות הייתה בינונית (דרגה 3).



איור מספר 12. התפלגות הנגיעות בחלקות אגסים באזור ראש פינה דרום מהם בודדו תבדידי *E. amylovora* שהיו רגישים ל – OA ובחלקת מהן בודדו תבדידים שהיו עמידים לתכשיר ההדברה.

ה. דיון

בניסוי שבצענו בדישון בשנת 2014 התפתחה נגיעות טבעית בחומרה נמוכה. תכשיר ההדברה היחיד שיש לו כיום רישוי לשימוש מסחרי כנגד החרכון, סטרנר, היה יעיל מאד. בניסויים שבצענו בשנים הקודמות התכשיר סטרנר לא היה יעיל בכל המקרים, במיוחד כאשר חומרת המחלה הייתה גבוהה. כל התכשירים האחרים שבחנו בניסוי זה היו גם כן יעילים מאד (איור מספר 3). חשוב להקפיד ולבחון באם התכשירים החדשים גורמים לתופעות פיטוטוקסיות נראות (איור מספר 4) או סמויות. המסקנה הכללית שעולה מהניסוי השנה ומהניסויים והבדיקות שבצענו בשנים הקודמות היא שישנם תכשירים שיש להם פעילות טובה כנגד החרכון. חלק מהתכשירים כבר קיבלו רישוי לשימוש מסחרי ובשנת 2014 הומלץ להשתמש בהם להתמודדות עם המחלה. במידה והיו תכשירים מורשים נוספים, אפשר יהיה ליישם גם אותם. כבר בשנים הראשונות בהם נעשה שימוש מסחרי בתכשיר סטרנר התפתחו תבדידים עם עמידות איכותית, וכך גם היה בשנים האחרונות (איור מספר 5). בדרך כלל התבדידים העמידים נוצרים אחרי שלב ההדבקה, כשיש אוכלוסיית חיידקים גדולה. במקרה זה התבדידים העמידים לא מסכנים את הגידול מפני שהם נוצרים אחרי שלב הפריחה. אבל החשש הוא שאם הם ישרדו במהלך החורף התבדידים העמידים יהיו את מקור המידבק ההתחלי באביב העוקב ואז תהיה בעיה להתמודד עם המחלה. הדרך להתמודד עם מנגנון עמידות זה הוא ליישם במשולב את התכשיר המועד להתפתחות עמידות (סטרנר) עם תכשיר שאינו מועד (למשל, נחושת). רק בעוד כמה שנים ניתן יהיה לדעת באם ההמלצה ליישם את תכשירי הנחושת במשולב עם התכשיר סטרנר הפחית את הסבירות שתפתח עמידות איכותית. במהלך השנים חלו שינויים איטיים בתגובת אוכלוסיית החיידקים ל – OA והתבדידים הפכו יותר ויותר עמידים (איורים מספר 7 ו 8). לא ירחק היום בו מרבית התבדידים יוגדרו כעמידים על פי הקריטריון של העמידות האיכותית (יגדלו על מצע מזון מורעל ב – 50 חלקי מיליון OA) לא בגלל שחלה בהם מוטציה אלא בגלל התפתחות העמידות הכמותית. אז לא ניתן יהיה עוד להשתמש בתכשיר סטרנר. רק בעוד כמה שנים נדע באם ההמלצה ליישם את תכשירי הנחושת במשולב עם התכשיר סטרנר האט, או אף מנע, את ההתפתחות של העמידות האיכותית.

המהימנות של חיישני הרטיבות בהם נעשה שימוש בתחנות המטאורולוגיות אינה גבוהה. בבדיקות שבצענו בשנתיים האחרונות התברר שמשך הרטיבות הנמדד על ידי חיישנים זהים, המוצבים זה בצד זה, עשוי להיות שונה מאד ולהביא לכך שהמסקנות לגבי ההתאמה של תנאי מזג האוויר להדבקה תהיה מוטא (איור מספר 9). בשנה האחרונה בחנו שתי גישות להתמודד עם הבעיה. נראה שניתן ליישם את שתיהן. הראשונה – הצבה של שלושה חיישנים בכל תחנה מטאורולוגית. כך נעשה בשנת 2015 בה הוצבו במרבית התחנות המטאורולוגיות של החרכון שלושה חיישנים. אז נשאלת השאלה לאיזה חיישן להתייחס. בשנת 2015 הוחלט להתייחס לחיישן המחמיר ביותר (החיישן בו נמדד המשך הארוך ביותר של רטיבות). בסיום שנת 2015 יש לנתח את הנתונים ולהחליט אם להמשיך בגישה מחמירה זו או לשנותה. כמובן שאימוץ הגישה המחמירה יקטין את הסבירות לביצוע של "טעות שלילית", משמע, החלטה לא ליישם ריסוס שיתברר בדיעבד כחיוני. הגישה השנייה היא שימוש בתחנות תאומות. ניתוח הנתונים שנמדדו בשנת 2014 הראה שניתן עבור 24 תחנות, להשתמש בתחנה התאומה כדי לאמת את התחזית שהתקבלה עבור התחנה האמורה. חשוב לציין שהתאמה טובה התקבלה רק עבור חיזוי דרגה "א" של גרעין ופרח (איור מספר 10). המשמעות היא שניתן במקרים שבהם נתוני מזג האוויר בתחנה מסוימת גבוליים, לבחון את התחנה התאומה ולהחליט באם ליישם, או לא ליישם, ריסוס. שימוש בנתוני התחנות התאומות יאפשר להפחית את הסבירות לביצוע "טעות חיובית", משמע, החלטה ליישם ריסוס שיתברר בדיעבד כמיותר. יישום של שתי השיטות (כמה חיישנים בתחנה ושתנות תאומות) ישפר את ההחלטות ויקטין את הסבירות שתתקבל החלטה שגויה.

ניתוח הנתונים שנאספו באזור ראש פינה דרום העלה בבירור שההבדלים בחומרת המחלה שהיו בין חלקות סמוכות לא נבעו מהתפתחות עמידות איכותית במטעים (איורים מספר 11 ו- 12). מאחר וכל חלקות האגסים באזור מטופלות מבחינת ההתמודדות עם החרכון במשותף, נראה שההבדלים בנגיעות בין החלקות נבעו ממועד הריסוס בתכשירי ההדברה. בגלל שהשטח כל-כך גדול, לאחר קבלת התראה על התרחשות הדבקה לוקח זמן רב מידי לרסס את כל השטח ובחלקות האחרונות הריסוס מיושם 24 שעות ולפעמים יותר, אחרי שההדבקה כבר התרחשה. לא מפתיע, אם כך, שבחלק מהמקרים יעילות הריסוס אינה מספקת. הפתרון הוא הפעלה של כמות מרססים גדולה יותר התאפשר זמן תגובה קצר יותר אחרי קבלת ההתראה להתרחשות אירוע הדבקה.

1. הבעות תודה

אנו רוצים להודות ליצחק אלבוז, בעל החלקה בדישון בה התבצע הניסוי שתואר כאן. ללא עזרתו לא ניתן היה לבצע את המחקר. לחברות ההדברה שהשתתפו בניסויים ולאנשיהם: אגן, גדות-אגרו ומכתשים. תודה מיוחדת לרמי רולף שריסס את חומרי ההדברה והיה חלק מצוות המחקר. תודה לשלומי כפיר ממו"פ צפון שתאם את הפעילות המחקרית. תודה לצוות המחקר במינהל המחקר החקלאי שעזרו בניסויי השדה רן שולחני ומנחם בורנשטיין ולאורית דרור ומיכל ראובן שבצעו את הניסויים לקביעת תגובת תבדידי החיידקים לתכשירי ההדברה. תודה למגדלים ונציגיהם ולחברי צוות החרכון: חגי שוורץ, עדי שוורץ, סמדר אידלין הררי, דוביק אופנהיים, יעל גרינבלט אברון, יוני גל, שלמה שמיאן ושרוליק דורון. תודה לצוות "תומך ההדרכה" בניהולה של מרים זילברשטיין ולסוקרים שבצעו את ובדיקות בחלקות המסחריות: טל ליבר וליאור בביש. המחקר מומן על ידי שולחן האגס בענף הפירות של מועצת הצמחים.