

דו"ח לתוכנית מחקר מספר 15-1730-132

# 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
4	ג. פירוט עיקרי הניסויים שבוצעו
4	ג.1 היעילות של תכשירי הדברה כנגד <i>E. amylovora</i>
6	ג.2 ניטור תגובת תבדידי <i>Erwinia amylovora</i> לסטרנר
6	ד. עיקרי הממצאים
6	ד.1 היעילות של תכשירי הדברה כנגד <i>E. amylovora</i>
9	ד.2 ניטור תגובת תבדידי <i>Erwinia amylovora</i> לסטרנר
12	ה. דיון
13	ו. הבעות תודה

### א. תקציר

במשך שנים תכשיר ההדברה היחיד שהיה 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 חלו גם שינויים הדרגתיים בתגובת תבדידי הפתוגן לחומר ההדברה ויעילותו ירדה עם הזמן; זו עמידות כמותית (בדומה לעמידות פוליגנית). השינויים מחייבים שינוי בגישה של ההדברה – שימוש בתכשירי הדברה חדשים ויישום במשולב של התכשיר סטרנר עם תכשירים אחרים בעלי מנגנון פעולה שונה. בניסויים שבצענו בשנת 2015 בחנו את היעילות של תכשירים חדשים כנגד הפתוגן והתברר שהיעילות של חלק מהתכשירים שנבחנו הייתה טובה. בנוסף, המשכנו ובחנו את התגובה של תבדידי חיידקים שונים לתכשיר סטרנר. התברר, שיישום משולב של סטרנר עם תכשירי נחושת גרם להיפוך מגמה בהתפתחות של העמידות הכמותית ובשנת 2015 רק 40% מהתבדידים גדלו על צלחות שהורעלו בריכוז של 20 חלקי מיליון OA בהשוואה לשכיחות של 80% מהתבדידים שגדלו על מצע המזון המורעל בשנת 2014. מכאן עולה שהמשך יישום של שני התכשירים במשולב יגרום בעתיד לעלייה ביעילות של התכשיר סטרנר, גם אם ייושם לבדו.

## ב. מבוא

במשך שנים תכשיר ההדברה היחיד שהיה 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 שכחים 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 ישלטו 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 בנאות גולן בשנת 2015. בנוסף, המשכנו ובחנו את התגובה של תבדידי *E. amylovora* שבודדו מחומר צמחי סימפטומטי שנדגם מחלקות מסחריות ל - OA. כמו כן יוצגו ממצאים המסכמים את בדיקות העמידות הכמותית של החיידקים ל - OA במהלך 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.

## ג. פירוט עיקרי הניסויים שבוצעו

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

בחלקת אגסים של נאות גולן בוצעו שלושה ניסויים לבחינת היעילות של תכשירי הדברה שונים כנגד החיידק *E. amylovora*, הפתוגן המחולל את מחלת החרכון באגסים. בנוסף בוצעה בחלקה תצפית מסחרית לקביעת התרומה של ריסוס נחושת לפני הפריחה על הנגיעות של תפרחות. החלקה בה בוצעו הניסויים והתצפית היא חלקה מסחרית המטופלת על ידי הנוטע כמקובל באזור אבל לא יושמו בה כלל ריסוסים או טיפולים אחרים כנגד מחלת החרכון. באביב 2014 התפתחה בחלקה מחלת החרכון ברמת נגיעות בינונית. שני הניסויים הראשונים רוססו באמצעות מרסס רובים והם היו דומים במתכונתם, אך נבדלו זה מזה בזן האגסים. הניסוי הראשון (להלן ניסוי מספר 1) הוצב בזן ספדונה והניסוי השני (להלן ניסוי מספר 2) הוצב בזן קוסטיה. בשני הניסויים נכללו הטיפולים הבאים: (1) **היקש**. חלקות טיפול זה לא רוססו כנגד חרכון 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 190 copper tribasic sulfate (g/L, SC as 340 g/L) המשווק בארץ על ידי חברת אגן, בריכוז של 0.1%. (4) **סטרנר + נחושתן**. חלקות טיפול זה רוססו בתערובת של סטרנר (בריכוז של 0.2%) ונחושתן (בריכוז של 0.1%). (5) **MB5KE-1** תכשיר ניסיוני של חברת מכתשים שיושם בריכוז של 0.1%. (6) **MasterCrop**. חלקות טיפול זה רוססו בתכשיר המשווק על ידי חברת מכתשים בריכוז של 0.1%. (7). חלקות טיפול זה רוססו בתכשיר **MasterCrop** המשווק על ידי חברת מכתשים בריכוז של 0.1%. (8) **MasterCrop + MB5KE-1**. חלקות טיפול זה רוססו בתערובת של שני התכשירים הניסיוניים בריכוזים

של 0.1% ו - 0.1%, בהתאמה. **MasterCrop + MB5KE-1 (9)**. חלקות טיפול זה רוססו בתערובת של שני התכשירים הניסיוניים בריכוזים של 0.2% ו - 0.25%, בהתאמה. **Yethi (10)**. חלקות טיפול זה רוססו בתכשיר ניסיוני זה שיובא מאיטליה בריכוז של 0.3%. גודל כל חלקת ניסוי היה 4-6 עצים לאורך שורה והניסויים הוצב במתכונת של בלוקים באקראי עם 4 חזרות לכל טיפול. תכשירי ההדברה יושמו באמצעות מרסס רובים בנפח תרסיס של כ - 4.5 ליטר לעץ. בניסוי מספר 1 יושם הריסוס הראשון בתאריך 13 במרץ, 2015 עם תחילת הפריחה; הריסוסים העוקבים יושמו מידי 3-4 ימים והריסוס האחרון יושם בתאריך 2 באפריל במרץ 2015 (סוף פריחה). בסך הכול יושמו בניסוי זה 7 ריסוסים. בניסוי מספר 2 יושם הריסוס הראשון בתאריך 20 במרץ, 2015 עם תחילת הפריחה; הריסוסים העוקבים יושמו מידי 3-4 ימים והריסוס האחרון יושם בתאריך 9 באפריל במרץ 2015 (סוף פריחה). גם בניסוי זה יושמו 7 ריסוסים בסך הכול.

באותה החלקה הוצב ניסוי נוסף, שלישי, בעצים מהזן ספדונה. הניסוי כלל שלושה טיפולים, כלהלן: (1) **היקש**. חלקות טיפול זה לא רוססו כנגד חרכון כלל; (2) **סטרונו + נחושתן**. חלקות טיפול זה רוססו בתערובת של סטרנר (בריכוז של 0.2%) ונחושתן (בריכוז של 0.1%). (3) **מונח**. חלקות טיפול זה רוססו בתכשיר מונח המיוצר על ידי חברת לקט בר בריכוז 7.5%. כל טיפול חזר 3 פעמים וגודל חלקה היה 50 עצים לאורך שורה. בין כל שתי שורות מטופלות היו שתי שורות של עצי ביניים (שלא רוססו) ושלא נכללו בניסוי. הריסוסים יושמו באמצעות מרססים משקיים; בטיפול מספר 2 נעשה שימוש במרסס מפוח מדגם אוהד ותכשירי ההדברה יושמו בנפח תרסיס של 100 ליטר לדונם; בטיפול מספר 3 נעשה שימוש במרסס טיפה זעירה ותכשיר ההדברה יושם בנפח תרסיס של 15 ליטר לדונם. בשני הטיפולים וישם הריסוס הראשון בתאריך 19 במרץ, 2015 עם תחילת הפריחה; הריסוסים העוקבים יושמו מידי 3-4 ימים והריסוס האחרון יושם בתאריך 2 באפריל במרץ 2015 (סוף פריחה). בסך הכול יושמו בניסוי זה 5 ריסוסים.

בחלקה האמורה בוצעה גם תצפית בה נבחנה התרומה של ריסוסי נחושת שיושמו על שלד העץ לפני הפריחה (להלן תצפית מספר 4). הכוונה הייתה לבחון באם ריסוסי הנחושת אכן מפחיתים את כמות המידבק הראשוני ובכך מונעים (או מפחיתים) את התפתחות המחלה בפרחים. תכשיר הנחושת רוסס בתחילת חודש מרץ במרסס משקי על 19 שורות עצים (בכל שורה היו 50 עצים). כהשוואה, היו במטע עוד 15 שורות (שבכל אחת מהן היו 50 עצים) שלא רוססו בנחושת.

תסמיני המחלה הראשונים נראו בחלקת הניסוי בסוף חודש מרץ. המחלה הייתה תוצאה של הדבקה טבעית שהתרחשה כנראה באירועי הדבקה שהיו בשבוע השני ובשבוע השלישי של חודש מרץ. לאחר זיהוי תסמיני המחלה הנגיעות בחלקות הניסוי הוערכה פעמים, ההערכה הראשונה הייתה ב - 26 באפריל. בהערכה הראשונה 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 (ניסויים 1 ו - 2) או של 20 עצים במרכז השורה (ניסוי מספר 3 ותצפית מספר 1). הממצאים שימשו לחישוב חומרת המחלה (מס' תפרחות נגיעות לעץ) בכל חזרה והערכים שחושבו עבור החזרות השונות שימשו לחישוב חומרת המחלה הממוצעת בכל טיפול. הערכת הנגיעות השנייה הייתה ב - 16 ביוני. בהערכה זו נעשה שימוש בסולם הכולל 5 דרגות (טבלה מספר 1) שבאמצעותו הוערכה רמת הנגיעות של 20 עצים שהיו במרכז השורות המטופלות או במרכז שורות ההיקש. לאחר מכן חושבה עבור כל חלקת ניסוי שכיחות העצים שהנגיעות בהם הייתה בינונית או יותר (דרגה  $\leq 2$ ). השפעת הטיפולים בכל הניסויים נאמדה על ידי מבחני שונות חד כיווניים ברמת

מובהקות של  $P=0.05$  באמצעות מבחן HSD.

## טבלה מספר 1: סולם להערכת הנגיעות בחירכון

דרגה	שם הדירוג	תיאור מילולי
0	עץ בריא	תסמיני המחלה לא נראים כלל.
1	נגיעות נמוכה	1-2 תפרחות או ענפונים נגועים
2	נגיעות בינונית	3-5 תפרחות או ענפונים נגועים
3	נגיעות גבוהה	6-15 תפרחות או ענפונים נגועים
4	נגיעות גבוהה מאד	יותר מ- 15 תפרחות או ענפונים נגועים

### ג.2 ניטור תגובת תבדידי *Erwinia amylovora* לוטרנר

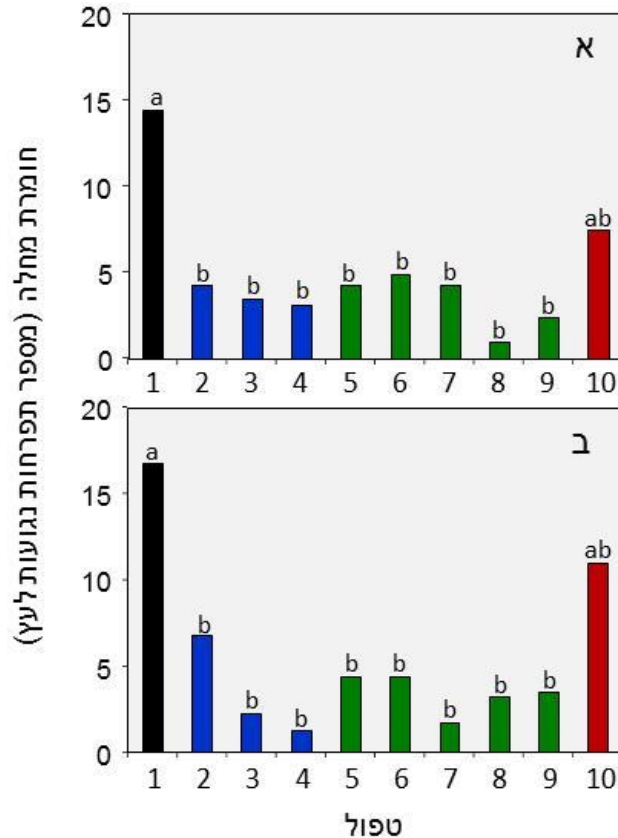
שימוש מסחרי בתכשיר ההדברה סטרנר החל כבר בשנת 1998. משנת 1999 נדגמים מידי שנה אברי צמח סימפטומטיים מעצי נגועים בחלקות אגס מסחריות בכל רחבי הצפון. הדגימות מבוצעות באביב, בסמוך למועד הופעת תסמיני המחלה בחלקה – אז האיברים הסימפטומטיים הם תפרחות או ענפים חד- או דו-שנתיים. הערכות מבוצעות גם בחורף, אז האיברים 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 של 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 שעיקב 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). - ריכוז של 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) שהצליחו לגדול 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. השינויים בשכיחות התבדידים שהצליחו לגדול על מצע מזון שהורעל ב – OA בריכוז של 5 חלקי מיליון מהווים מדד לעליה, או לירידה, בעמידות הכמותית.

## ד. עיקרי הממצאים

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

חומרת הנגיעות בחלקות ההיקש של הניסויים הייתה במרבית העצים בינונית. היו עצים בהם התפתחה נגיעות גבוהה והיו גם עצים (בודדים) בהם התפתחה נגיעות גבוהה מאד אבל בשני הזנים היו כ – 15 תפרחות נגועות לעץ, בממוצע (איור מספר 1). הנגיעות בכל החלקות המרוססות הייתה נמוכה במובהק מהנגיעות של חלקות ההיקש ולא היו הבדלים מובהקים בנגיעות בין הטיפולים השונים. יעילות ההדברה הייתה בטווח שבין 60 ו – 93%. ממצאים דומים התקבלו גם כשנתחו תוצאו הערכת הנגיעות השנייה. בהערכה זו היו טיפולים בהם הריסוסים מנעו לגמרי את התייבשות הענפים

ויעילות ההדברה הייתה בטווח שבין 60 ו- 100% (איור מספר 2). בגלל ששתי הערכות הנגיעות בוצעו בשיטות שונות, בחנו באם קיים מתאם בניהם ונמצא מתאם גבוה מאד ( $R^2=0.890$ ) בין שתי ההערכות (איור מספר 3). לכן יוצגו באיורים הבאים רק תוצאות הערכת הנגיעות השנייה.

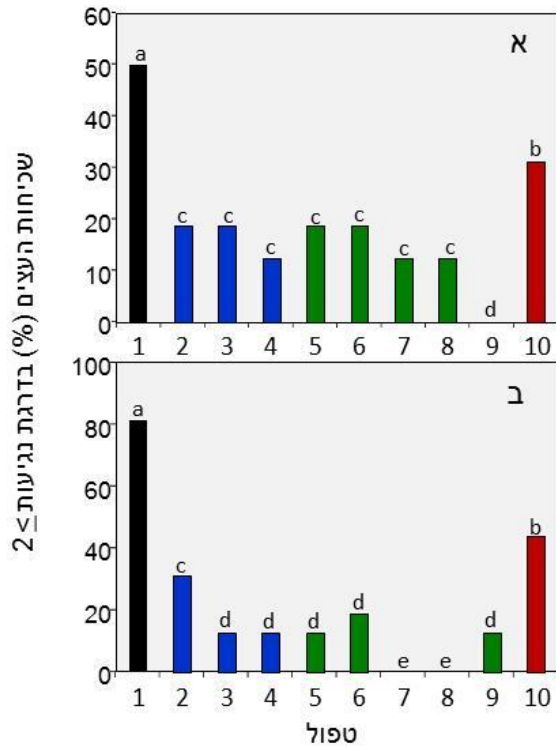


### טיפולים

היקש	1
סטרנר (0.2%)	2
נחשתן (0.1%)	3
סטרנר+נחשתן	4
מכתשים א (0.1%)	5
מכתשים ב (0.1%)	6
מכתשים ב (0.25%)	7
מכתשים א+ב (0.1%+0.1%)	8
מכתשים א+ב (0.2%+0.2%)	9
יאטי (0.3%)	10

**איור מספר 1.** השפעת תכשירי הדברה שיושמו לבדם או בתערובת על חומרת הנגיעות במחלת החירכון בשני ניסויים שבוצעו בשנת 2015 בקיבוץ נאות גולן. א. הזן ספדונה; ב. הזן קוסטיה. הנגיעות הוערכו בתאריך 26 באפריל 2015 על ידי שני דוגמים שהיו משני צידי העץ וספרו את מספר התפרחות הנגועות שהיו עליו. ערכי עמודות שלידן אותיות שונים זה מזה במובהק כנקבע על ידי מבחן HSD ברמת מובהקות של  $P < 0.05$ .

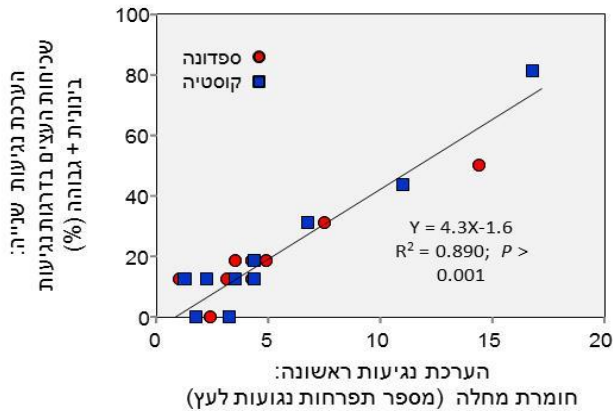
מאחר שבוצעו באותה חלקת גידול שני ניסויים בהם התכשירים סטרנר+נחשתן יושמו במרסס רובים ובצמוד אליהם ניסוי בו יושמו אותם התכשירים במרסס מטעים משקי, מעניין להשוות את יעילות ההדברה שהתקבלה בניסויים הצמודים. בניסוי בו התכשירים יושמו באמצעות מרסס רובים הריסוס הפחית את הנגיעות במובהק יחסית לזו שהתפתחה בחלקות ההיקש ויעילות ההדברה הייתה 85% (איור 4א). אבל בניסוי הצמוד בו התכשירים יושמו באמצעות מרסס מפוח משקי מדגם אוהד התכשירים לא הפחיתו את הנגיעות במובהק ויעילות ההדברה הייתה 12% (איור 4ב).



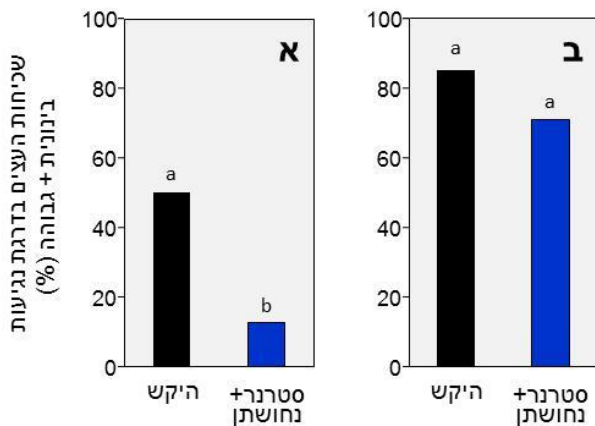
### טיפולים

היקש	1
סטרנר (0.2%)	2
נחושתן (0.1%)	3
סטרנר+נחושתן	4
מכתשים א (0.1%)	5
מכתשים ב (0.1%)	6
מכתשים ב (0.25%)	7
מכתשים א+ב (0.1%+0.1%)	8
מכתשים א+ב (0.2%+0.2%)	9
יאטי (0.3%)	10

**איור מספר 2.** השפעת תכשירי הדברה שיושמו לבדם או בתערובת על חומרת הנגיעות במחלת החירכון בשני ניסויים שבוצעו בשנת 2015 בקיבוץ נאות גולן. א. הזן ספדונה; ב. הזן קוסטיה. הנגיעות הוערכה בתאריך 16 ביוני 2015 על ידי שני דוגמים שהיו משני צידי העץ והעריכו את הנגיעות באמצעות סולם הכולל 5 דרגות (טבלה מספר 1). ערכי עמודות שלידן אותיות שונים זה מזה במובהק נקבע על ידי מבחן HSD ברמת מובהקות של  $P < 0.05$ .



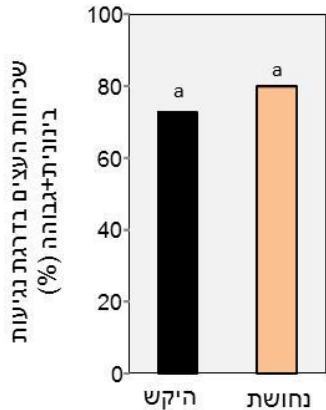
**איור מספר 3.** המתאם בין תוצאות הערכת הנגיעות הראשונה (שבוצעה ב- 26 באפריל) והערכת הנגיעות השנייה (שהתבצעה ב- 16 ביוני) בחלקות הטיפול של ניסויים 1 (זן ספדונה) ו- 2 (זן קוסטיה) בנאות גולן.



**איור מספר 4.** יעילות הטיפול בסטרנר+נחושתן בשני ניסויים שהוצבו בחלקה של הזן ספדונה בנאות גולן. א. ניסוי מספר 1 – תכשיר ההדברה יושם במרסס רובים; ב. ניסוי מספר 3. תכשיר ההדברה יושם במרסס מפוח משקי מדגם אוהד. ערכי עמודות שלידן אותיות שונות שונים זה מזה במובהק נקבע על ידי מבחן HSD ברמת מובהקות של  $P < 0.05$ .



בעבר היה מקובל לרסס את השלד של עצי האגס לפני הפריחה בתכשירי נחושת בהנחה שהתכשיר קוטל את החיידקים המתפתחים בכיבים בכך מפחית את כמות המידבק ההתחלי וכתוצאה מכך יש הפחתה בנגיעות הפרחים. בתצפית שבוצעה בחלקת האגסים בנאות גולן התברר שריסוס הנחושת לפני הפריחה לא הפחית את הנגיעות של התפרחות והענפים באביב (איור מספר 5).

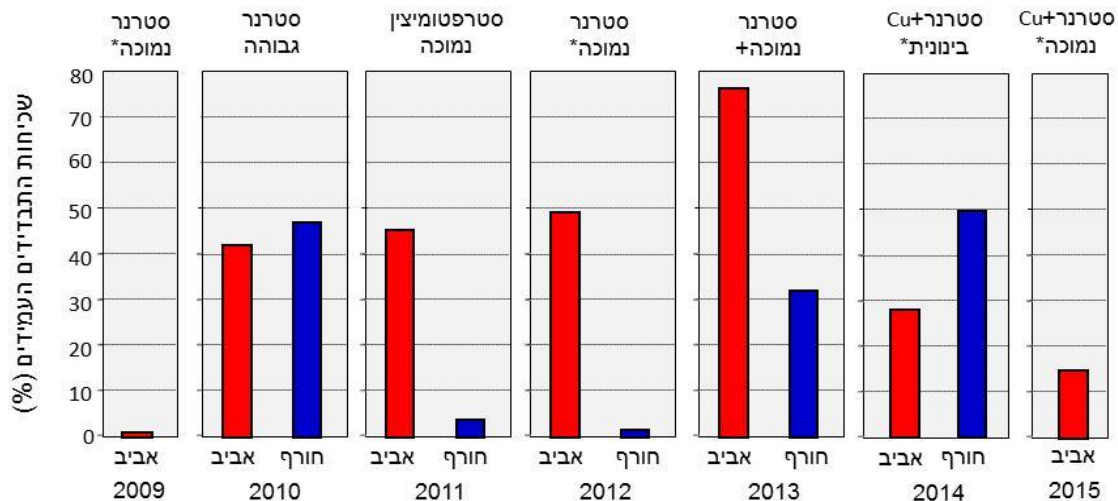


**איור מספר 5.** יעילות הטיפול בנחושת לפני הפריחה בתצפית מספר 4 שהוצבה בחלקה של הזן ספדונה בנאות גולן. ערכי עמודות שלידן אותיות שונות שונים זה מזה במובהק נקבע על ידי מבחן HSD ברמת מובהקות של  $P < 0.05$ .

## 2. ד. תגובת תבדידי *Erwinia amylovora* לטרנר

### ד. 2.1. עמידות איכותית

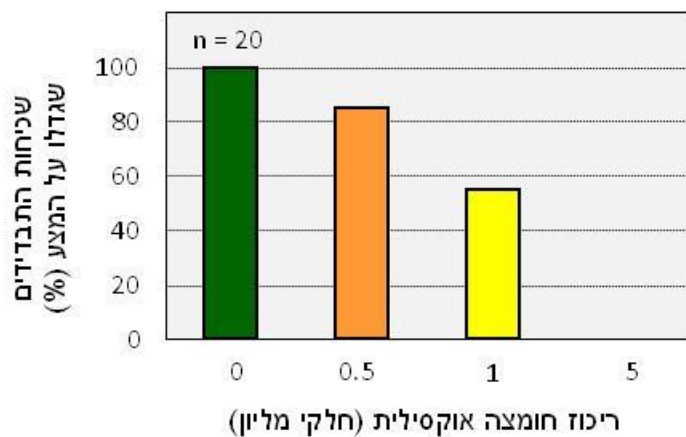
בארבע מתוך שש השנים האחרונות השכיחות של התבדידים העמידים כנגד OA באביב הייתה גבוהה מ- 40%. באביב 2015 נבחנה במעבדה התגובה של 45 תבדידים שנדגמו ממטעים נגועים שהיו בכל אזורי הגידול. שכיחות התבדידים העמידים הייתה 15%. זאת, למרות שבחורף הקודם הייתה שכיחות גבוהה של תבדידים עמידים (50%) והיה חשש שהחיידקים העמידים ישרדו ברקמות המעוצות ושבאביב 2015 שכיחותם רק תגבר (איור מספר 6).



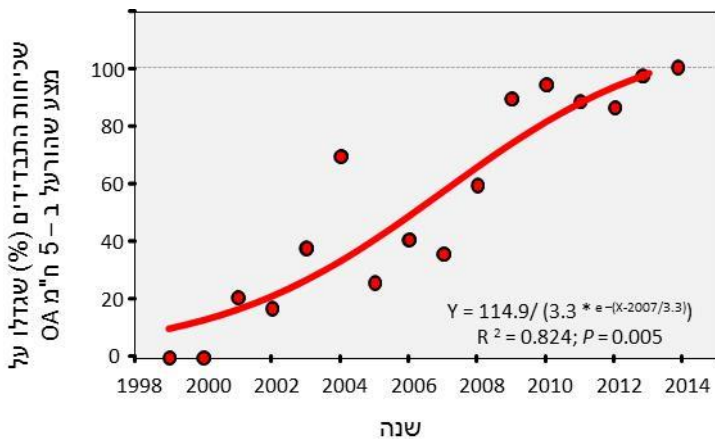
**איור מספר 6:** השינויים בשכיחות התבדידים העמידים (אלה שגדלו על מצע מזון שהורעל ב- OA בריכוז של 50 חלקי מיליון או יותר) בדגימות שבוצעו במהלך השנים 2009 – 2015. בכל שנה מוצגות הבדיקות שבוצעו באביב ובחורף. מעל כל גרף רשום התכשיר שיושם באותה השנה וחומרת הנגיעות בקנה מידה ארצי. הסימן \* מציינ שבאותה השנה היו חלקות בודדות עם נגיעות גבוהה יותר מהרשום; הסימן + מציינ 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 7. 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 8 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 (איור 8). בשנת 2015 כל התבדידים שנבחנו גדלו על מצע המזון המורעל.



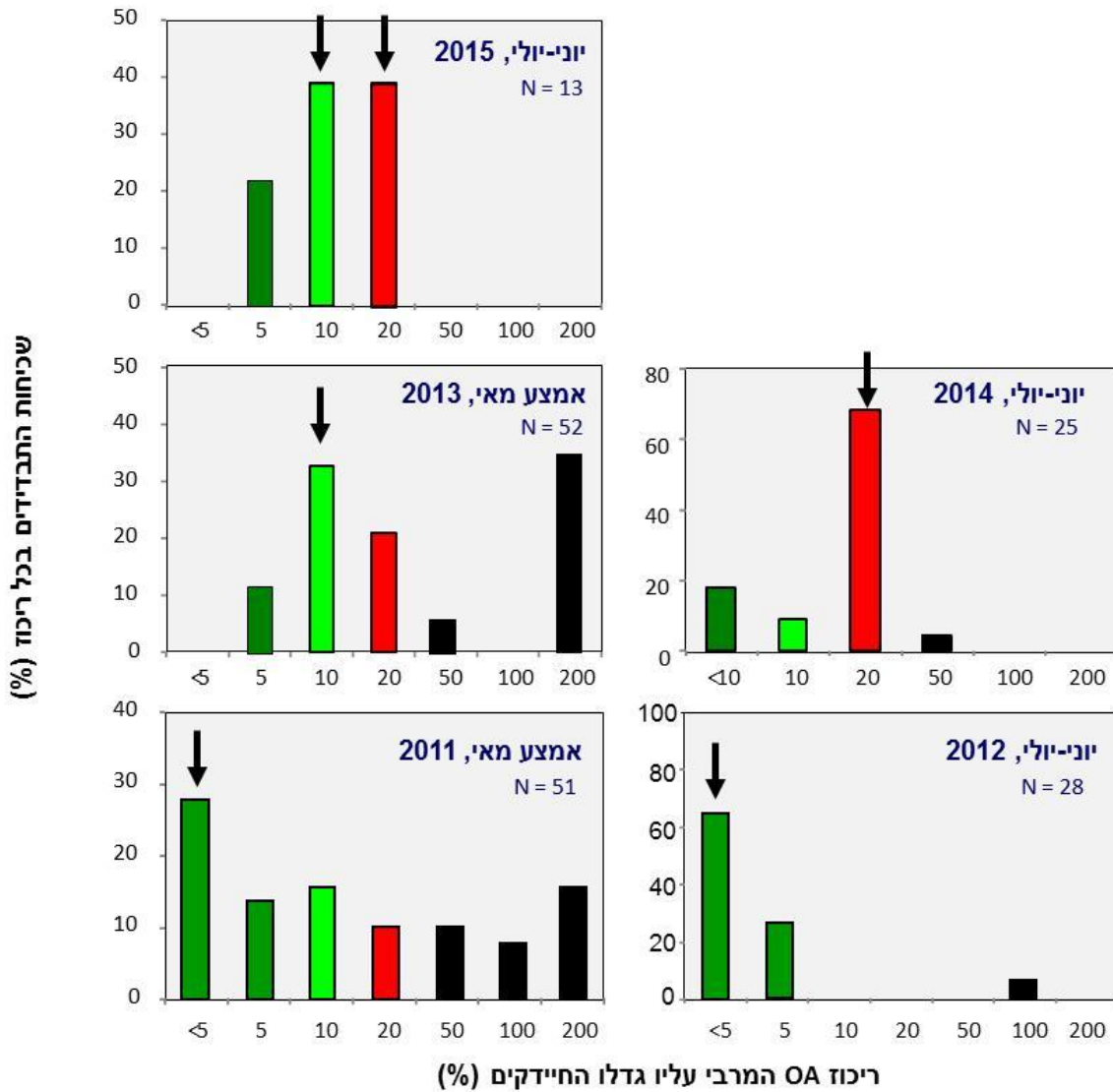
**איור מספר 7:** תגובת תבדידי *E. amylovora* שנגדמו בשנת 1999 ל-OA. זהו "קו הבסיס" לתגובת הפתוגן לתכשיר ההדברה.



**איור מספר 8:** השינויים בתגובת תבדידי *E. amylovora* ל-OA בין השנים 1999 ו-2014. המדד לשינוי תגובת התבדידים הוא שכיחות התבדידים שגדלו על מצע מזון שהורעל ב-OA בריכוז של 5 חלקי מיליון ח"פ. ריכוז זה היה ערך ה-MIC בשנת 1999, בה נקבע קו הבסיס.

באיור מספר 9 מוצגת התפלגות התגובה של התבדידים לריכוזי OA שונים בסוף האביב-תחילת הקיץ בחמש השנים האחרונות. בין השנים 2011 ו-2014 אוכלוסיית החיידקים הפכה להיות פחות ופחות רגישה לתכשיר. בעוד שבשנים 2011 ו-2012 השכיח של התגובה היה בריכוז של 5 חלקי מיליון OA, או פחות, בשנת 2013 השכיח היה 10 חלקי מיליון ובשנת 2014 השכיח היה 20 חלקי מיליון חומר פעיל ו-75% מהתבדידים גדלו עם ריכוז זה. בשנת 2015 המגמה

השתנתה: רק 40% מהתבדידים גדלו על מצע מזון שהורעל ב – 20 חלקי מיליון חומר פעיל של OA והשכיח היה 10-20 חלקי מיליון (איור מספר 9).



איור מספר 9: התגובה של תבדידי *E. amylovora* ל – OA בשנים 2011 עד 2015 כפי שנמדדה בסוף האביב-תחילת הקיץ. החיצים השחורים מייצגים את השכיח (הריכוז עליו גדלו מרבית התבדידים) בכל שנה.

## ה. דיון

בניסויים שבצענו בנאות גולן בשנת 2015 התפתחה נגיעות טבעית בחומרה בינונית. בניסויים מספר 1 ו- 2 תכשיר ההדברה היחיד שיש לו כיום רישוי לשימוש מסחרי כנגד החרכון, סטרנר, היה יעיל והפחית את חומרת המחלה במובהק יחסית לזו שהתפתחה בחלקות ההיקש. כך היה גם בטיפול המומלץ בו שולב הסטרנר עם הנחושת. כל התכשירים האחרים שנבחנו בניסויים היו יעילים גם כן (איורים מספר 1 ו- 2). בניסוי מספר 3 שבוצע באותו המטע ריסוס של סטרנר+נחושת לא היה יעיל (איור מספר 4). יתכן שההבדלים ביעילות הריסוס בין שני הניסויים נובעים מהמועדים השונים בהם התחילו ריסוסי ההדברה (13 במרץ בניסוי מספר 1 ו- 19 במרץ בניסוי מספר 3) או שהם נובעים משיטת הריסוס – מרסס רובים בניסוי מספר 1 ומרסס מפוח משקי מדגם אוהד בניסוי מספר 3. חשוב להבין מה הסיבה להבדלים בהדברה כי יתכן ויש לכך משמעות לכישלונות שהיו בשנים האחרונות בהדברת החרכון בחלקות המסחריות. בהקשר זה חשוב לציין את היעילות הגבוהה של הריסוס בתכשיר מונח בניסוי מספר 3 (איור מספר 5). שוב, חשוב להבין באם היעילות של היא תוצאה של תכשיר יותר רעיל או שהיא תוצאה של שיטת הריסוס, מאחר והמונח יושם במרסס עם טיפות זעירות.

בעבר היה מקובל לרסס את השלד של עצי האגס לפני הפריחה בתכשירי נחושת בהנחה שהתכשיר קוטל את החיידקים המתפתחים בכיבים בכך מפחית את כמות המידבק ההתחלי וכתוצאה מכך יש הפחתה בנגיעות הפרחים. בניסויים ותצפיות שבצענו בעבר התברר שלריסוסי השלד בנחושת אין השפעה על התפתחות המחלה באביב. מאחר והנושא עלה שוב, בחנו בתצפית שבצענו בחלקה בנאות גולן את הסוגיה והממצאים שהתקבלו חזרו ואוששו את הממצאים הקודמים: ריסוס בנחושת לפני הפריחה לא מפחית את הנגיעות של התפרחות והענפים באביב (איור מספר 5).

מיד לאחר הכנסת התכשיר סטרנר לשימוש מסחרי התפתחו תבדידים עם עמידות איכותית, וכך גם היה בשנים האחרונות (איור מספר 6). 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). בחורף 2014 50% מהתבדידים היו עם עמידות כמותית ל-OA. באביב 2015 מגדלים רבים ריסוסו תערובת של סטרנר+נחושת ולמרות החשש, רק 15% מהתבדידים באביב 2015 היו בעלי עמידות כמותית לסטרנר (איור מספר 6) זו תוצאה מאד מעודדת והמשמעות שלה היא שהמשך היישום של שני התכשירים במשולב יאפשר להפחית את הסיכון מכישלונות בהדברה הנובעים מעמידות כמותית.

במהלך השנים חלו שינויים איטיים בתגובת אוכלוסיית החיידקים ל-OA והתבדידים הפכו יותר ויותר עמידים (איורים מספר 7 ו- 8). אם מגמה זו הייתה ממשיכה, מרבית התבדידים היו הופכים לעמידים על פי הקריטריון של העמידות האיכותית (כי הם היו גדלים 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. ההמלצה ליישם את תכשירי הנחושת במשולב עם התכשיר סטרנר שיושמה באביב 2015 גרמה, כנראה להיפוך במגמה והאטה, או אף מנעה, את ההתפתחות של העמידות האיכותית (איור מספר 9). אם המגדלים ימשיכו ליישם את שני התכשירים במשולב גם בעונות הבאות סביר להניח שהיעילות של הסטרנר תשתפר עם הזמן.

## ו. הבעות תודה

אנו רוצים להודות לליאור בביש מנאות גולן שללא עזרתו לא ניתן היה לבצע את המחקר. לחברת אדמה שהשתתפה בניסויים ולרמי 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.