

132-0936-98

קוד מחקר:

נושא: מחלת החלפת בגזר: האם ניתן לצמצם את מספר הריסוסים

מוסד: מינהל המחקר החקלאי

פרופ' דן שטינברג

חוקר ראשי:

1

חוקרים שותפים:

1997-1998

תקופת מחקר:

מאמרים:

תקציר

מטרות המחקר: מחלת החלפת בגזר הנגרמת על ידי הפטרייה *Alternaria dauci*, המתפתחת על פני העלים וכן פוגעת באשרושים. על פני העלים גורמת המחלה לכתמים נקרוטיים שבמהרה מייבשים את העלים ובנגיעות חמורה - את כל הנוף. המחלה מתפתחת בכל אזורי גידול הגזר בארץ, בכל עונות הגידול, וחומרתה רבה במיוחד בעונת הסתיו (זריעות יולי) באזור הנגב הצפוני. שם מיישמים חקלאים ריסוסים בתכיפות רבה, עד שלשה-ארבעה בשבוע, ועד ל- 40 ריסוסים בעונה. למרות זאת לא מעטים המקרים בהם ההדברה נכשלת ונגרמים נזקים חמורים. המטרה ארוכת הטווח של המחקר הייתה ללמוד את הביולוגיה ואת האפידמיולוגיה של מחלת החלפת בגזר כדי שניתן יהיה לפתח גישות חדשניות, יעילות יותר לבקרתה. המטרות הספציפיות היו: 1. לבחון את השפעת עיתוי הפעלת ההדברה הכימית וסיומה על יעילות ההדברה של המחלה. 2. לאסוף מידע אודות תגובתם של זנים שונים לחלפת כדי שניתן יהיה לשלב את העמידות הגנטית וההדברה הכימית. 3. להגדיר את השפעת שיטת ההשקיה בנפרד ובמשולב עם הדברה הכימית על התפתחות המחלה ועל יכולת האשרושים.

מהלך ושיטות עבודה: במהלך תקופת המחקר בוצעו באזור הנגב הצפוני עשרה ניסויי שדה בהם נעשתה אופטימיזציה של ההדברה הכימית של המחלה, נבחנה תרומת העמידות הגנטית לבדה ובמשולב עם ההדברה הכימית, נבחנו ההשפעות המיקרואקלימיות של השקיה בטפטוף לעומת השקיה בהמטרה ונבחנו השפעות הגומלין שבין שיטת ההשקיה להדברה הכימית.

תוצאות עיקריות: הריסוסים החשובים ביותר להתמודדות עם מחלת החלפת הם אלה המיושמים בשלבים הראשונים של המגיפה, כנגד מחזורי המחלה הראשונים. לריסוסים המיושמים בשבועיים האחרונים של הגידול אין תרומה להדברה והם למעשה מיותרים. תכונת הסיסטמיות / פרוטקטנטיות של תכשירי ההדברה אינה הגורם העיקרי הקובע את יעילותם כנגד החלפת. התרומה היחסית של העמידות הגנטית בהפתחת המחלה משמעותית פחות מזו של ההדברה הכימית. אולם, מבין הזנים שנבחנו הזנים העמידים היו בעלי פוטנציאל יכול נמוך מזה של הזנים הרגישים. לכן העמידות הגנטית אינה, בשלב זה, אמצעי יעיל להדברה. לעומת זאת, שינוי שיטת ההשקיה מהמטרה לטפטוף עשויה לשפר במידה רבה את יעילות ההדברה מפני שהמחלה התפתחה בחומרה פחותה בחלקות המושקות בטפטוף ומפני שאי הרטבת הנוף שיפרה את משך פעילותם של תכשירי ההדברה הכימיים.

מסקנות והמלצות: יש להפעיל את ההדברה הכימית עוד לפני זיהוי הסימפטומים של המחלה בשדה: להשתמש בתכשירי הדברה יעילים לאו דווקא בתכשירים הסיסטמיים. יש לבחור את הזנים לפי פוטנציאל היכול שלהם ולא לפי עמידותם למחלה. כדאי ורצוי לעבור להשקיה בטפטוף כי קיימת השפעת גומלין חיובית בין שיטת השקיה זו להדברה הכימית.

לא לפרסום

דו"ח מסכם של תוכנית מחקר מספר 132-0936
מוגש לקרן המדען הראשי של משרד החקלאות

מחלת החלפת בגזר: האם ניתן לצמצם את מספר הריסוסים?

על ידי

דני שטיינברג¹ ואלי שליון²

¹המחלקה לפתולוגיה של צמחים, מינהל המחקר החקלאי, בית דגן; ²קיבוץ סעד

[E-mail: DANISH @ netvision.net.il]

Alternaria blight in carrot: can the number of fungicide sprays be reduced?

by

Shtienberg D.¹ and Shlevin E.²

¹Department of Plant Pathology, The Volcani Center, ARO, Bet Dagan 50250;

²Saad, northern Negev, Israel

[E-mail: DANISH @ netvision.net.il]

מבוא

מחלת החלפת בגזר הנגרמת על ידי הפטרייה *Alternaria dauci*, מתפתחת על פני העלים וכן פוגעת באשרושים. על פני העלים גורמת המחלה לכתמים נקרוטיים שבמהרה מייבשים את העלים ובנגיעות חמורה - את כל הנוף. הנזק הנגרם מכך הוא כפול: יש פגיעה במקור המוטמעים והיבול נפגע, ומאידך, הקטנת הנוף מפריעה לאסיף הממוכן מפני שהעלווה נדרשת לשליפת האשרושים מהקרקע. המחלה שכיחה בכל אזורי גידול הגזר בארץ, בכל עונות הגידול, וחומרתה רבה במיוחד בעונת הקיץ והסתיו (זריעות יולי-ספטמבר) באזור הנגב הצפוני. שם מיישמים חקלאים ריסוסים בתכיפות רבה, עד שלשה-ארבעה בשבוע, ועד ל-40 ריסוסים בעונה. צמחי הגזר רגישים להדבקה על ידי הפטרייה במהלך כל שלבי התפתחותם. מאחר ולא ניתן באמצעים כימיים למנוע את התפתחות המחלה אלא רק לדחות את מועד הופעתה ולהאט את קצב התפרצותה, יש צורך להתמודד עמה במהלך כל תקופת הגידול. לשם כך מיושמים ריסוסים שיגרתים. אסטרטגיית הדברה זו כוללת שלושה מרכיבים והם: מועד הפעלת ההדברה, המרווח בין ריסוסים עוקבים ומועד סיום ההדברה. כדי להקטין את עלויות הגידול, את חשיפת התוצרת החקלאית לתכשירי הדברה ואת הסיכון לפיתוח עמידות לתכשירי ההדברה הכימיים, יש לצמצם ככל האפשר את מספר הריסוסים המיושמים. ככל שמועד הפעלת ההדברה יהיה מאוחר יותר, המרווח בין הריסוסים יהיה ארוך יותר ומועד סיום ההדברה יהיה מוקדם יותר, כך יקטן מספר

הריסוסים. כדי שניתן יהיה לעשות זאת יש צורך לקבוע, בצורה מושכלת, את שלושת המרכיבים הללו.

אמצעי אחר המשמש להפחתת חומרתן של מגיפות הוא העמידות הגנטית. תגובתם של צמחי תרבות שונים, ובכלל זה הגזר, למחלות הנגרמות על ידי פטריית האלטרנריה היא כמותית. פירוש של דבר הוא שעשויים להיות הבדלים משמעותיים ברגישות בין זנים, מרגישות רבה ועד לעמידות רבה, אך לא קיימים זנים חסונים (כאלה שלא נפגעים מהמחלה כלל). הגדרת תגובתם של זני גזר שונים לחלפת חשובה מפני שניתן להשתמש במידע זה לקביעת הצורך לשימוש בתכשירי הדברה. בשנים האחרונות הצטברו עדויות שהצביעו על כך שחומרת מחלת החלפת בחלקות שהושקו בטפטוף הייתה נמוכה מזו של חלקות סמוכות שהושקו בהמטרה. נושא זה לא נבחן בניסויים מסודרים ולכן לא ניתן להגדיר האם ההתרשמות נכונה, ומה מידת ההשפעה של שיטת ההשקיה על התפתחות המחלה. הפחתת המחלה בחלקות שמושקות בטפטוף עשויה לנבוע משני גורמים. הראשון, עקב שינוי של תנאי המיקרו-אקלים בנוף הצמחים, ובעיקר - קיצור משך תקופת הרטיבות של העלווה, בחלקות המושקות בטפטוף. השני, עקב הארכת משך פעולתם של תכשירי ההדברה שיושמו לנוף הצמחים, בעקבות מניעת שטיפתם במהלך ההמטרה. יתכן כמובן ששני הגורמים גם יחד משפיעים על חומרת המחלה ובכך מתקיימת השפעת גומלין ביניהם.

מטרות המחקר

המטרה ארוכת הטווח של המחקר הייתה ללמוד את הביולוגיה ואת האפידמיולוגיה של מחלת החלפת בגזר כדי שניתן יהיה לפתח גישות חדשניות, יעילות יותר לבקרתה. המטרות הספציפיות היו:

1. לבחון את השפעת עיתוי הפעלת ההדברה הכימית וסיומה על יעילות ההדברה של המחלה.
2. לאסוף מידע אודות תגובתם של זנים שונים לחלפת כדי שניתן יהיה לשלב את העמידות הגנטית עם ההדברה הכימית.
3. להגדיר את השפעת שיטת ההשקיה בנפרד ובמשולב עם הדברה הכימית על התפתחות המחלה ועל יבול האשרושים.

פירוט הניסויים שבוצעו

פרטים כלליים על הניסויים

בשנים 8-1996 בוצעו באזור הנגב הצפוני בשטחי הקבוצים סעד, עלומים ודורות עשרה ניסויים. הניסויים שבוצעו בקיץ 1996, ובקיץ 1997 נזרעו בחלקות שיועדו במיוחד לביצוע הניסויים; שאר הניסויים בוצעו בתוך חלקות מסחריות של המשקים. הגזר נזרע בשלוש או ארבע שורות לערוגה שרוחבה 1.8 או 2.0 מטר בהתאמה; עומד הזריעה היה כ- 80 צמחים למטר שורה. ההשקיות בוצעו בהמטרה, כאשר במרבית שלבי הגידול החלקות הושקו פעמיים בשבוע בשעות הלילה. החלקות טופלו כנגד עשבים רעים ומזיקים כמקובל. הניסויים הוצבו במתכונת של בלוקים-באקראי או בחלקות מפוצלות ב- 4 או 5 חזרות; גודל חזרה היה ערוגה לאורך של 8 מטר. בניסויים ייושמו תכשירי הדברה פרוטקטנטיים וסיסטמיים: התכשירים הפרוטקטנטיים היו מנצידן (Mancozeb; א"ר 80% חומר פעיל) במנה של 250 גרם/דונם; רוברל (Iprodione, ת"ר 50% חומר פעיל) במנה של 100 סמ"ק תכשיר לדונם וברבו

(Chlorothalonil; ת"ר 50% חומר פעיל) במנה של 250 סמ"ק/דונם. התכשירים הסיסטמיים היו פוליקור (Tebuconazole; ת"ר 25% חומר פעיל) במנה של 75 סמ"ק/דונם וסקור (Difenoconazole; ת"ר 25% חומר פעיל) במנה של 75 סמ"ק/דונם. תכשירי ההדברה יושמו מידי כשבוע כ- 24 שעות לאחר סיום ההשקיה, בהתאם לתוכנית של הניסוי הרלוונטי. הריסוסים בוצעו באמצעות מרסס גב מוטורי מסוג ECHO המצויד במוט ריסוס ברוחב 1.8 מטר, בעל דיוזות Cone-Jet מדגם X8 בנפח תריסס של 25 ליטר לדונם.

מועדי ההתחלה והסיום של ההדברה

בכדי לבחון את ההשערה שניתן להתחיל את הריסוסים כנגד החלפת מאוחר יותר מהמקובל באזור הנגב הצפוני, מבלי להפחית את יעילות ההדברה, בוצעו שלושה ניסויי שדה. בניסויים אלה התחלנו את הריסוסים בטיפולים שונים בשלושה מועדים: (א) במועד המקובל להתחלת הריסוסים באזור (הטיפול "המקובל"); (ב) כשבועיים לאחר התחלת הריסוסים במועד המקובל (טיפול "מקובל+שבועיים"); (ג) כחודש לאחר התחלת הריסוסים במועד המקובל (טיפול "מקובל+חודשי"). השפעת עיתוי סיום הריסוסים על המחלה נבחנה בשני ניסויים; בכל אחד מהם נכללו טיפולים שנבדלו זה מזה במועד היישום של הריסוס האחרון יחסית למועד האסיף. המסקנות שעלו מניסויים אלו אומתו בניסוי נוסף בו בחנו את יעילותם של ריסוסים שיושמו רק בראשית העונה יחסית לאלה שיושמו במהלך המחצית השניה של העונה.

השפעת העמידות הגנטית וההדברה הכימית

בשני ניסויים שבוצעו בשנים 1996 ו- 1997 נבחנו השפעות הגומלין שבין העמידות הגנטית וההדברה הכימית. ניסויי הזנים הוצבו כניסויים דו-גורמיים במתכונת של חלקות-מפוצלות. גודל החלקות הראשיות היה ערוגה לרוחב ו- 16 מטר לאורך. גודל חלקת המשנה היה ערוגה לרוחב ו- 8 מטר לאורך. הגורם הראשון (החלקות הראשיות) היה זני גזר. בגורם זה נכללו 5 רמות (זנים): סניור, בולרו, פרדור, וולור ופרסטו. הגורם השני (חלקות המשנה) היה טיפולי הדברה ונכללו בו שתי רמות: היקש, וריסוס שבועי בתכשירי ההדברה.

השפעת שיטת ההשקיה וההדברה הכימית

בשנים 1997 ו- 1998 בוצעו שני ניסויי שדה בהם נבחנה השפעת שיטת ההשקיה על התפתחות מחלת החלפת ועל יעילות הדברת המחלה בתכשיר סיסטמי ובתכשיר פרוטקטנטי. השוואת התפתחות המחלה בחלקות לא מרוססות שהושקו בטפטוף לעומת חלקות שהושקו בהמטרה אפשרה לקבוע את השפעת שיטת ההשקיה על התפתחות המחלה. חומרת המחלה בחלקות שטופלו בתכשירי הדברה (בשתי שיטות ההשקיה) אפשרה לאמוד את השפעת שיטת ההשקיה על יעילות ההדברה; השפעה שנובעת עקב הבדלים במידת השטיפה של התכשירים בחלקות שהושקו בשתי שיטות ההשקיה.

הניסויים היו דו גורמיים והוצבו במתכונת של חלקות מפוצלות ב- 4 חזרות. הגורם הראשון (החלקות הראשיות) היה שיטת ההשקיה ובו שתי רמות: המטרה וטפטוף. הגורם השני (חלקות המשנה) היה טיפולי הדברה ובו שלוש רמות: (1) היקש; (2) ריסוס בתכשיר הדברה פרוטקטנטי; (3) ריסוס בתכשיר הדברה סיסטמי.

בכדי לבחון האם הפחתת המחלה בחלקות המרוססות בטפטוף נובעות מאפקט תוספתי של שני האמצעים (ריסוס, והשקייה בטפטוף) או מאפקט סינרגיסטי (שההסבר האפשרי להימצאותו הוא תוספת יעילות הדברה הנובעת מכך שתכשירי ההדברה לא נשטפו מהעלווה) חושב ערך "מקדם הסינרגיסטיות" (SF). החישוב בוצע בשני שלבים. בשלב הראשון חושב הערך הצפוי של יעילות ההדברה בחלקות "הריסוס-טפטוף" (CE_{exp}). ערך זה חושב על פי נוסחת Abbott:

$$CE_{exp} = a + b - (a + b) / 100$$

כאשר: a = יעילות ההדברה בחלקות "היקש-טפטוף"; זאת תרומת שיטת ההשקיה.

b = יעילות ההדברה בחלקות "ריסוס-המטרה"; זאת תרומת הריסוס.

בשלב השני חושב ערך מקדם הסינרגיזם (SF) על ידי השוואה של הערך האמיתי של יעילות

ההדברה בחלקות "ריסוס-טפטוף" (CE_{obs}) לערך הצפוי על פי החישוב (CE_{exp}).

$SF = CE_{obs} / CE_{exp}$. ערך מקדם הסינרגיזם קובע את אופי יחסי הגומלין שבין שני האמצעים. כאשר

$SF = 1$, הרי שאפקט השילוב הוא תוספתי (אדיטיבי). כאשר $SF < 1$ האפקט הוא שלילי

(אנטגוניסטי), וכאשר $SF > 1$ האפקט הוא סינרגיסטי.

הערכות הנגיעות

הנגיעות בחלפת הוערכה בניסויים על ידי שני דוגמים (אותם הדוגמים) ויזואלית, והמדד המוערך היה חומרת המחלה. מדד זה מבטא את החלק היחסי (באחוזים) של העלווה הפגועה מחלפת. הערכת הנגיעות הראשונה בוצעה לאחר שחומרת המחלה בחלקות ההיקש הייתה 0.5% לערך וההערכות בוצעו מידי שבוע עד לסיום הניסויים (אסיף היבול). עקומי התפתחות המחלה לאורך זמן שימשו לחישוב שני מדדים שאיפשרו להשוות את השפעת העמידות הגנטית וההדברה הכימית על התפתחות המחלה: הקצב היחסי של התפתחות המחלה (r , apparent infection rate) והשטח שמתחת לעקומת התפתחות המחלה (AUDPC, Area Under the Disease Progress Curve). קצב התפתחות המחלה חושב לאחר שערכי חומרת המחלה באחוזים עברו טרנספורמציה לערכי \logit [$\logit = \ln(y/(100-y))$], כאשר y מבטא את חומרת המחלה באחוזים. עקומי התפתחות המחלה בערכי \logit לאורך זמן הם קווים ישרים. שיפוע העקום הליניארי מבטא את הקצב היחסי של התפתחות המחלה. הערך של AUDPC (אינטגרל הנגיעות) הוא מדד לחומרת המגיפה במהלך העונה: ככל שהערך של AUDPC גבוה יותר, כך המגיפה חמורה יותר. בכדי לאפשר ניתוח של שני הניסויים יחדיו חושב המדד היחסי RAUDPC שהינו ערך ה-AUDPC המחולק במספר ימי המגיפה; ערך זה מבטא באחוזים. ערכי ה-RAUDPC בחלקות המטופלות ובחלקות ההיקש (R_t ו- R_c , בהתאמה) שימשו לחישוב יעילות ההדברה בטיפול (CE_t) על פי הנוסחה הבאה:

$$CE_t = 100 - (R_t/R_c) \times 100$$

בסמוך להוצאת האשרושים בחלקות המסחריות הסמוכות, נאסף היבול גם מחלקות הניסוי.

מכל חלקת ניסוי נדגמו 2 מטר מהשורה האמצעית או מטר אחד משתי השורות האמצעיות.

האשרושים הוצאו ידנית, מוינו ונשקלו.

ניתוח הנתונים

לנתונים בוצעו ניתוחים סטטיסטיים מתאימים. ברוב המקרים בוצע ניתוח שונות, ANOVA) וכשהערך של F היה מובהק ברמה של $P > 0.05$ בוצע ניתוח נוסף (LSD) לקביעת מובהקות ההבדלים בין הטיפולים. בוצעו גם ניתוחי רגרסיה ליניארית פשוטה ונקבע מובהקות מקדם המתאם המרובה (r^2). בכמה מקרים בוצעו ניתוחי רגרסיה רבת משתנים. ניתוחים אלה מאפשרים להגדיר את ההשפעה המשולבת של כמה משתנים (המשתנים הבלתי תלויים) על משתנה אחד (המשתנה התלוי). בניסויים נבחנה השפעתם של משתנים בלתי תלויים משני סוגים – משתנים כמותיים ומשתנים איכותיים (משתני דמה). המשתנים הבלתי תלויים הכמותיים היו מועד הופעת המחלה (ימים מזריעה) ומועד תחילת יישום הריסוסים יחסית למועד הופעת הסימפטומים. משתני הדמה מקבלים לצורך הניתוח הסטטיסטי ערך של 0 או ערך של 1. בנייתו של השוואה בין משתני הדמה: סוג תכשיר ההדברה (התכשיר פוליקור קיבל את הערך 1 והמנצידן את הערך 0) ומועד ביצוע הניסוי (עונת הקיץ קיבלה את הערך 0 ועונת האביב את הערך 1). המדד ששימש בכל הניתוחים כמשתנה התלוי היה יעילות ההדברה.

תוצאות

1. מועדי ההתחלה והסיום של ההדברה

יעיתי התחלת הריסוסים. בניסוי בקיץ 1996 נצפו סימני המחלה הראשונים כ- 45 ימים מזריעה. המחלה התפתחה בחלקות ההיקש בקצב איטי בהתחלה אך החל מ- 70 ימים מזריעה חלה עליה בחומרתה ובסוף עונת הגידול (91 ימים מזריעה) הגיעה חומרת המחלה בחלקות ההיקש ל- 96%. הריסוסים הפחיתו את הנגיעות במובהק יחסית לחלקות ההיקש במהלך רוב העונה. לא היה הבדל ביעילות ההדברה בין טיפולי הפוליקור, אך בין טיפולי המנצידן התקבל (באופן לא מוסבר) יתרון מובהק לטיפול "מקובל+שבועיים" בהשוואה לשני הטיפולים האחרים. השפעת הטיפולים על היבול הייתה דומה להשפעתם על המחלה. היבול הגבוה ביותר התקבל בחלקות הטיפול "פוליקור מקובל", ויבול זה היה גבוה ב- 2.5 טון לדונם (52%) מיבול חלקות ההיקש (טבלה מספר 1).

בניסוי באביב 1997 נצפו סימני המחלה הראשונים כ- 100 ימים מזריעה. הנגיעות בחלקות ההיקש הייתה נמוכה בהתחלה אך החל מ- 116 ימים מזריעה חלה עליה מהירה בחומרתה ובסוף עונת הגידול (135 ימים מזריעה) חומרת המחלה הגיעה בחלקות ההיקש ל- 90%. הריסוסים הפחיתו את הנגיעות במובהק יחסית לחלקות ההיקש במהלך רוב העונה. בניסוי זה היה יתרון מובהק להקדמת הפעלת ההדברה. בטיפולים בהם החלו הריסוסים מוקדם הייתה הנגיעות נמוכה במובהק מזו שבטיפולים בהם התחילו הריסוסים מאוחר יותר (טבלה 1). השפעת הטיפולים על היבול הייתה דומה להשפעתם על המחלה. אולם, מכיוון שבועונה זו (אביב) הופיעה המחלה מאוחר יחסית, לאחר שרוב היבול כבר נצבר, הייתה השפעת המחלה על היבול נמוכה מזו שהתקבלה בניסויים שבוצעו בעונת הקיץ. היבול הגבוה ביותר התקבל בחלקות הטיפול "פוליקור-מקובל" והיה גבוה ב- 2.4 טון לדונם (28%) מיבול חלקות ההיקש (טבלה 1).

בניסוי שבוצע בקיץ 1997 נצפו סימני המחלה הראשונים כ- 50 ימים מהזריעה. המחלה התפתחה בחלקות ההיקש בקצב מהיר ביותר וחומרתה הגיעה ל- 80% בתוך כשלושה שבועות (73

ימים מזריעה). בסוף עונת הגידול (87 ימים מזריעה) חומרת המחלה הגיעה בחלקות ההיקש ל-99%. הריסוסים הפחיתו את הנגיעות במובהק יחסית לחלקות ההיקש במהלך רוב העונה. בין טיפולי המנצידן לא היה הבדל מובהק ביעילות ההדברה, למרות שהתקבל יתרון מסוים לטיפול המקובל. בין טיפולי הפוליקור היה יתרון מובהק לטיפול המקובל. היבול הגבוה ביותר התקבל בחלקות הטיפול "פוליקור-מקובל" והוא היה גבוה ב- 2.6 טון לדונם (66%) מיבול חלקות ההיקש (טבלה 1).

טבלה 1: השפעת עיתוי התחלת הריסוסים וסוג תכשיר ההדברה על מחלת החלפת בגזר ועל היבול *

מקום ומועד הניסוי	טיפול	נגיעות סופית (%)	RAUDPC (%)	יבול (טון לדונם)
סעד, קיץ 1996	היקש	א 96.2	א 37.6	ה 2.69
	מנצידן מקובל	ב 75.0	בג 20.7	ד 3.65
	מנצידן מקובל+שבועיים	ג 53.0	גד 14.5	בג 4.36
	מנצידן מקובל+חודש	ב 74.4	ב 24.1	גד 3.81
	פוליקור מקובל	ג 42.3	ד 9.1	א 5.21
	פוליקור מקובל+שבועיים	ג 48.0	ד 12.1	אב 4.84
	פוליקור מקובל+חודש	ג 51.5	גד 15.8	אבג 4.50
סעד, אביב 1997	היקש	א 90.0	א 37.6	ג 8.48
	מנצידן מקובל	ג 54.0	ג 17.2	ב 9.67
	מנצידן מקובל+שבועיים	ג 58.4	ג 20.2	ב 9.52
	מנצידן מקובל+חודש	ב 73.2	ב 29.2	ב 9.59
	פוליקור מקובל	ה 16.2	ה 4.2	א 10.88
	פוליקור מקובל+שבועיים	ד 30.6	ד 10.4	ב 9.66
	פוליקור מקובל+חודש	ג 63.1	ב 27.3	ב 9.34
סעד, קיץ 1997	היקש	א 98.6	א 51.9	ג 3.90
	מנצידן מקובל	אב 92.3	ב 29.6	אב 5.72
	מנצידן מקובל+שבועיים	אב 92.0	ב 36.0	בג 4.89
	פוליקור מקובל	ג 76.0	ג 19.3	א 6.47
	פוליקור מקובל+שבועיים	ב 86.3	ב 30.2	אב 5.52

* מספרים באותו הטור, באותו הניסוי, שלידם אותיות שונות, שונים זה מזה במובהק ($P > 0.05$) נקבע

על פי מבחן LSD

כדי לקבוע אם למועד הפעלת ההדברה יחסית למועד הופעת הסימפטומים השפעה על יעילות ההדברה המושגת, נותחו התוצאות באמצעות רגרסיה רבת משתנים. מאחר ויעילות התכשירים אינה זהה (יעילות הפוליקור רבה מזו של המנצידן), נכלל בניתוח משתנה נוסף, משתנה דמה. משתנה זה מבטא את התרומה של הפוליקור להדברה, יחסית לזו של המנצידן. משוואת הרגרסיה שהתקבלה היא: $CE = 36.6 + 19.0 \cdot (Fu) - 0.82 \cdot (t)$.

כאשר: CE = יעילות הדברה (%); Fu = ההבדל ביעילות ההדברה בין הפוליקור למנצידן (%); t =

ההפרש בזמן ממועד יישום הריסוס הראשון למועד זיהוי הסימפטומים (ימים). ערך מקדם המתאם המרובה של משוואת הרגרסיה ($R^2 = 0.59$) היה מובהק ($P = 0.0028$). ככל שמועד הפעלת ההדברה היה מוקדם יותר יחסית למועד זיהוי הסימפטומים, כך הייתה יעילות ההדברה גבוהה יותר. לדוגמא, הפעלת ההדברה 20 יום לפני מועד זיהוי הסימפטומים שיפרה את יעילות ההדברה מ- 56% ל- 72% לגבי הפוליקור, ומ- 37% ל- 53% לגבי המנצידן. איחור של 10 ימים בהפעלת

ההדברה יחסית למועד זיהוי הסימפטומים הביא בעקבותיו לירידה ביעילות ההדברה של 8.2% בשני התכשירים.

בניתוח דומה נבחן האם למועד הפעלת ההדברה יחסית למועד הזריעה (t) השפעה על יעילות ההדברה המושגת (CE). בניתוח זה נכלל בנוסף למשתנה הקובע את השפעת תכשיר ההדברה (Fu) משתנה המתייחס להשפעה של עונת השנה (S). זאת משום שהמחלה הופיעה מאוחר יותר בעונת האביב מאשר בעונת הקיץ. משוואת הרגרסיה שהתקבלה בניתוח זה היא:

$$CE = 83.4 + 19.0 * (Fu) + 46.9 * (S) - 0.98 * (t)$$

ערך מקדם המתאם המרובה של משוואת הרגרסיה $R^2 = 0.69$ היה מובהק גם במבחן זה ($P = 0.0022$).

2) עיתוי סיום הריסוסים. בניסוי באביב 1998 נצפו סימני המחלה הראשונים כ- 110 ימים מהזריעה (29 ימים מאסיף). המחלה התפתחה בחלקות ההיקש בקצב איטי בהתחלה אך החל מ- 118 ימים מזריעה (21 ימים מאסיף) חלה עליה בחומרתה ובסוף עונת הגידול (139 ימים מזריעה), הייתה חומרת המחלה בחלקות ההיקש כ- 92% (טבלה 2). הריסוסים הפחיתו את הנגיעות במובהק יחסית לחלקות ההיקש, כמו כן היה הבדל מובהק בחומרת המחלה בין הטיפולים השונים: ככל שהטיפולים הכימיים הסתיימו מוקדם יותר, רמת הנגיעות בחלפת בסוף העונה הייתה גבוהה יותר. ההבדלים ביבול בין טיפולי ההדברה השונים (0.65 טון/דונם) היו קטנים מההבדל ביבול בין החלקות המרוססות לחלקות היקש (1.6-2.3 טון/דונם; טבלה 2). בין חלק מטיפולי ההדברה התקבל הבדל מובהק ביבול, הבדל שלא ניתן להסבירו על פי חומרת הנגיעות בחלפת.

טבלה 2: השפעת עיתוי סיום הריסוסים על חומרת מחלת החלפת בגזר ועל היבול בניסוי שבוצע בסעד באביב 1998

טיפול***	נגיעות סופית (%)	RAUDPC (%)	יבול (טון לדונם)
היקש	א 92.3	א 49.8	ב 11.25
-42	ב 48.8	ב 13.0	אב 13.06
-29	ג 25.6	ג 5.6	א 13.49
-21	ד 14.4	גד 3.3	ב 12.86
-14	ה 5.1	ד 1.9	א 13.51

*מספרים באותו הטור, שלידם אותיות שונות, שונים זה מזה במובהק ($P > 0.05$) כנקבע על פי מבחן LSD

** מועד הריסוס האחרון (בימים) ביחס למועד האסיף

בניסוי בסתיו 1998 נצפו סימני המחלה הראשונים כ- 65 ימים מזריעה (34 ימים מאסיף). המחלה התפתחה בחלקה המסחרית בקצב איטי ובתאריך התחלת הניסוי 28/10 (24 ימים לפני האסיף) הנגיעות בחלקה הייתה 5-10%. ביום האסיף היה הבדל מובהק בחומרת המחלה בין הטיפולים השונים (טבלה 3). ככל שהטיפולים הכימיים הסתיימו מוקדם יותר, רמת הנגיעות בחלפת בסוף העונה הייתה גבוהה יותר. ההבדלים ביבול בין טיפולי ההדברה השונים היו קטנים ובלתי מובהקים סטטיסטית.

טבלה 3: השפעת עיתוי סיום הריסוסים על חומרת מחלת החלפת בגזר ועל היבול בניסוי שבוצע בסעד בסתיו

1998*

טיפול**	נגיעות סופית (%)	יבול (טון לדונם)
-24	א 66.0	א 10.17
-19	ב 42.0	א 10.27
-13	ג 32.5	א 9.85
-7	ד 25.0	א 9.93

*מספרים באותו הטור, שלידם אותיות שונות, שונים זה מזה במובהק ($P>0.05$) כנקבע על פי מבחן LSD

** מועד הריסוס האחרון (בימים) ביחס למועד האסיף

אימות המסקנות שעלו בניסויים הראשונים. המסקנה העיקרית שעלתה מהניסויים הראשונים היא שהריסוסים המיושמים בחלק הראשון של העונה, בסמוך למועד זיהוי הסימפטומים הראשונים של המחלה בשדה, חשובים יותר מאלה המיושמים לאחר שכבר זוהו הסימפטומים. בניסוי שבוצע בסתיו 1998 בדורות נבחנה מסקנה זו. בניסוי זה נצפו סימני המחלה הראשונים 74 ימים מזריעה. המחלה התפתחה בחלקות ההיקש בקצב איטי בהתחלה אך החל מ-87 ימים מזריעה חלה עליה מהירה בחומרתה והיא הגיעה ל-85% תוך כשלושה שבועות. הריסוסים הפחיתו את הנגיעות במובהק יחסית לחלקות ההיקש במהלך רוב העונה אך יעילות ההדברה הייתה שונה בטיפולים השונים. בטיפול המקובל הייתה התפתחות המחלה איטית במהלך כל תקופת הניסוי וחומרתה בסוף העונה הייתה נמוכה. בטיפול בו יושמו ארבעת הריסוסים הראשונים בלבד, הייתה התפתחות המחלה איטית עד ל-100 ימים מזריעה (כחודש לאחר שיושם הריסוס האחרון בטיפול). לאחר מכן התפתחה המחלה בטיפול זה בקצב מהיר, ותוך כשלושה שבועות הגיעה חומרתה ל-62%. בטיפול בו יושמו ארבעת הריסוסים האחרונים בלבד לא מנעו הריסוסים את התפרצות המחלה, למרות שהם יושמו ברציפות במהלך כל תקופת המגיפה. חומרת המחלה ביום האסיף בטיפול זה הייתה 70%. היבול הגבוה ביותר התקבל בחלקות הטיפול המקובל והוא היה גבוה ב-2.2 טון לדונם (31%) מיבול חלקות ההיקש. היבול בחלקות הטיפול בו יושמו ארבעת הריסוסים האחרונים בלבד לא היה שונה במובהק מיבול חלקות (טבלה 4).

טבלה 4: השפעת ההדברה הכימית על חומרת מחלת החלפת בגזר ועל היבול בניסוי שבוצע בדורות בסתיו

1998*

טיפול	נגיעות סופית (%)	RAUDPC (%)	יבול (טון לדונם)
היקש	א 91	א 48.0	ג 7.19
ארבעת הריסוסים האחרונים	ב 70	ב 30.2	ג 7.24
ארבעת הריסוסים הראשונים	ב 62	ג 21.1	ב 8.52
מקובל	ג 24	ד 6.6	א 9.40

*מספרים באותו הטור שלידם אותיות שונות, שונים זה מזה במובהק ($P>0.05$) כנקבע על פי

מבחן LSD

2. השפעת העמידות הגנטית וההדברה הכימית

השפעת העמידות הגנטית על המחלה. בשני הניסויים היה הבדל מובהק בתגובת הזנים למחלת החלפת. על פי ערכי הנגיעות בחלקות ההיקש ניתן לדרג את הזנים על פי סדר רגישותם כלהלן:

פרסטו (הרגיש ביותר), פרדור, וולור, סניור ובולרו (העמידים ביותר). הבדלים אלו באו לידי ביטוי בערכי חומרת המחלה, בערכי קצב התפתחות המחלה ובערכי ה-RAUDPC (טבלה 5). בזנים הרגישים (פרסטו לדוגמא) הייתה התפרצות המגיפה מוקדמת בכשבעים בהשוואה לזנים העמידים יותר (סניור או בולרו). קצב התפתחות המחלה בזנים הרגישים היה מהיר במידה רבה מזו של הקצב בזנים העמידים (טבלה 5). הנתונים שמשו לחישוב תרומת העמידות הגנטית להפחתת חומרת המחלה יחסית לחומרת המחלה בון פרסטו. החישוב בוצע כלהלן: הערך של ה-RAUDPC בכל זן הושווה לערך של ה-RAUDPC של הזן פרסטו. לדוגמא בשנת 1996 הייתה תרומת העמידות הגנטית של הזן פרדור יחסית לזן פרסטו $100 - ((42.9/60.3) \times 100) = 28.8\%$. ניתן לראות שתרומת העמידות הגנטית עשויה להיות משמעותית והגיעה עד לערך של 73% (תרומת העמידות של הזן סניור בשנת 1996, טבלה 6).

טבלה 5: השפעת העמידות הגנטית וטיפול ההדברה על חומרת מחלת החלפת ויבול הגזר, בניסויים שבוצעו בסעד (1996) ובעלומים (1997)

ניסוי	זן	קצב התפתחות המגיפה ¹		RAUDPC (%)		יבול (טון לדונם)	
		היקף	מרוסס	היקף	מרוסס	היקף	מרוסס
סעד	פרסטו	0.250 א	0.182 א	60.3 א	39.5 א	2.89 א	4.21 א
	פרדור	0.176 ב	0.148 א	42.9 ב	18.0 ב	3.07 א	4.65 א
	וולור	0.165 בג	0.139 א	43.8 ב	13.3 ג	2.15 א	4.58 א
	סניור	0.136 בג	0.141 א	16.4 ד	8.3 ד	-----	-----
	בולרו	0.124 ג	0.109 א	26.9 ג	5.9 ד	2.89 א	4.53 א
עלומים	פרסטו	0.205 א	0.169 א	51.2 א	12.2 א	6.52 א	12.28 א
	פרדור	0.173 אב	0.161 א	44.8 א	9.1 ב	4.78 א	9.37 ב
	וולור	0.181 אב	0.154 א	35.5 ב	7.5 ב	6.07 א	9.18 ב
	סניור	0.148 ב	0.139 א	24.0 ג	4.9 ג	5.77 א	7.71 ג
	בולרו	0.115 ב	0.102 א	19.1 ג	2.0 ד	6.17 א	7.53 ג

¹ קצב התפתחות המחלה על פי העקומים הליניאריים בצירים 2 ו-3.
² מספרים באותו הטור (באותה השנה) שלידם אותיות שונות, שונים זה מזה במובהק ($P > 0.05$) כנקבע על פי מבחן LSD.
 לא נמצא הבדל מובהק (על פי מבחן t) בקצב התפתחות המחלה בין חלקות ההיקש למטופלות באותו הזן, אולם ההבדלים בערכי ה-RAUDPC וביבול בין חלקות ההיקש לחלקות המטופלות באותו הזן (מלבד מיבול הזן בולרו בשנת 1997) היו מובהקים.

השפעת ההדברה הכימית על המחלה. טיפולי ההדברה הכימיים הפחיתו בשני הניסויים את הנגיעות במובהק במהלך כל העונה, בכל הזנים. קצב התפתחות המחלה לא היה שונה במובהק בין חלקות ההיקש לחלקות המטופלות (באותו הזן). מכאן, שהפחיתה בחומרת המחלה בחלקות המרוססות נגרמה על ידי דחיית מועד הופעת המחלה והתפרצות המגיפה (טבלה 5). ההדברה הכימית הייתה יעילה יותר בניסוי שבוצע בעלומים בהשוואה לזו שהושגה בניסוי שבוצע בסעד. בניסוי בסעד הגיעה הנגיעות בסוף העונה לערכים גבוהים ביותר (בזנים הרגישים) למרות טיפולי ההדברה. הסיבה לכך היא כנראה תכיפות הריסוסים: בעלומים הריסוסים יושמו פעמיים בשבוע (אחר כל השקיה) ובסעד - אחת לשבוע (לאחר כל השקיה שניה).

בכדי לנתח את יעילותם של הטיפולים הכימיים חושבה התרומה היחסית של ההדברה הכימית בכל זן. החישוב בוצע על ידי השוואת ערכי ה-RAUDPC בכל זן בחלקה המטופלת

בערכו של ה-RAUDPC באותו הזן בחלקת ההיקש. לדוגמא בשנת 1996 בזן פרדור תרומת ההדברה הכימית הייתה $58.0\% = 100 - ((18.0/42.9) \times 100)$. תרומת ההדברה הכימית בשנת 1996 נעה בין 34% ל- 78%, ואילו בשנת 1997 בין 76% ל- 90% (טבלה 6).

טבלה 6. תרומת העמידות הגנטית ותרומת ההדברה הכימית בצמצום חומרת מחלת החלפת¹

זן	תרומת העמידות הגנטית		תרומת ההדברה הכימית	
	1996	1997	1996	1997
פרסטו	---	---	34.5	76.2
פרדור	28.8	12.5	58.0	79.6
וולור	27.4	30.6	69.6	78.8
סניור	72.8	53.1	49.4	79.6
בולרו	55.4	62.6	78.0	89.8

¹המספרים מציניים את ההפחתה בנגיעות (בערכי AUDPC) שהושגה על ידי כל אמצעי באחוזים; לגבי העמידות הגנטית ההשוואה היא יחסית לזן פרסטו. לגבי ההדברה הכימית ההשוואה היא בכל זן לגבי חלקות ההיקש שלו.

השפעת העמידות הגנטית וההדברה הכימית על היבול. מחלת החלפת הפחית בצורה משמעותית את יבול האשורשים. בשני הניסויים לא היה הבדל מובהק ביבול בין הזנים בחלקות ההיקש (טבלה 5). תרומת טיפולי ההדברה הייתה שונה בין הזנים ובין הניסויים. ההבדלים ביבול בין חלקות ההיקש לחלקות המרוססות נעו בין 1.32 ל- 2.43 טון לדונם (בזנים פרסטו ווולור, בהתאמה) בניסוי 1996, ובין 1.36 ל- 5.76 טון לדונם (בזנים בולרו ופרסטו, בהתאמה) בניסוי 1997. בניסוי 1996 לא היה הבדל ביבול בין הזנים בחלקות המרוססות אך בניסוי 1997 ההבדלים היו מובהקים, כשיבול הזן פרסטו בחלקות המרוססות היה גבוה במובהק מיבול שאר הזנים (הבדל של 2.91 - 4.75 טון לדונם).

3. השפעת שיטת ההשקיה וההדברה הכימית

בניסוי שבוצע בקיץ 1997 נצפו סימני המחלה הראשונים כ- 50 ימים מהזריעה. בחלקות הטיפול "היקש-המטרה" המחלה התפתחה בקצב מהיר ביותר ($r=0.27$) וחומרתה הגיעה ל- 80% בתוך כשלושה שבועות (73 ימים מזריעה) ממועד הופעתה. בסוף עונת הגידול (87 ימים מזריעה) הגיעה חומרת המחלה ל- 100%. בחלקות הטיפול "היקש-טפטוף" נצפו סימני המחלה הראשונים כ- 60 ימים מזריעה, והמחלה התפתחה בקצב מתון יותר ($r=0.21$) (טבלה 7). הריסוסים הפחיתו את הנגיעות במובהק יחסית לחלקות ההיקש (באותו טיפול השקיה) במהלך רוב העונה, אך הם לא השפיעו על קצב התפתחות המחלה (טבלה 7). בחלקות שהושקו בטפטוף הייתה חומרת המחלה נמוכה יותר (באותו טיפול ריסוס) וקצב התפתחות המחלה היה איטי יותר מהטיפולים המקבילים שהושקו בהמטרה. השפעת הטיפולים על היבול הייתה דומה להשפעתם על המחלה (טבלה 7). מכיוון שחלקות הטפטוף וההמטרה לא נאספו באותו המועד, ניתן להשוות את היבולים רק בין טיפולי הריסוס בכל שיטת השקיה.

בניסוי שבוצע בקיץ 1998 נצפו סימני המחלה הראשונים כ- 55 ימים מהזריעה, ובדומה לניסוי שנערך בשנת 1997 הם התגלו בחלקות הטיפול "היקש-המטרה". המחלה התפתחה בחלקות אלו

בקצב מהיר ביותר ($r=0.29$) וחומרתה הגיעה ל- 90% בתוך כשלושה שבועות (79 ימים מזריעה) ממועד הופעתה (טבלה 8). בחלקות הטיפול "היקש-טפטוף" התפתחה המחלה בקצב מתון יותר ($r=0.21$). הריסוסים הפחיתו את הנגיעות במובהק יחסית לחלקות ההיקש (באותו טיפול השקיה) במהלך רוב העונה. אולם, גם בניסוי זה לא השפיעו הריסוסים במובהק על קצב התפתחות המחלה (טבלה 8). בחלקות שהושקו בטפטוף הייתה חומרת המחלה נמוכה יותר (באותו טיפול ריסוס) בהשוואה לטיפולים המקבילים שהושקו בהמטרה. השפעת הטיפולים על היבול הייתה דומה להשפעתם על המחלה (טבלה 8).

ההשקיות התבצעו בשעות הלילה. ההשקיה בהמטרה גרמה לכך שהעלווה נשארה רטובה למשך זמן ארוך יותר, והיא התייבשה מאוחר יותר בבוקר שלאחר ביצוע השקיה, מאשר בבוקר שלא היה לאחר ביצוע השקיה. כלומר, בעקבות ההשקיה בהמטרה נשארה העלווה רטובה לפרקי זמן ארוכים יותר בהשוואה לחלקות שלא הושקו בהמטרה.

חומרת המחלה בחלקות שהושקו בטפטוף וריסוס בתכשירי הדברה הייתה נמוכה יותר מזו של החלקות המקבילות שהושקו בהמטרה (טבלאות 7 ו- 8). בכדי לבחון אם הבדלים אלה נבעו רק בגלל השפעת שיטת ההשקיה על תנאי המיקרו-אקלים, או שהייתה לשיטת ההשקיה גם השפעה על יעילות ההדברה (למשל, עקב מניעת שטיפת התכשירים) חושב מקדם הסינרגיזם (SF). הערך המדוד של יעילות ההדברה בטפול המשולב (ריסוס + טפטוף) הושווה לערך שחושב על פי נוסחת Abbott. בשלוש מתוך ארבעת ההשוואות היה מקדם הסינרגיזם גדול במובהק מ- 1 (טבלה 9). מכאן ניתן ללמוד שקיים אפקט סינרגיסטי, בין שני הטיפולים. ניתן להניח שמקורו בהפחתת השטיפה של התכשירים בחלקות המושקות בטפטוף.

טבלה 7: השפעת שיטת ההשקיה וטיפול ההדברה על מחלת החלפת בגזר ועל היבול בניסוי שנערך בקיץ

1997

שיטת השקיה	טיפול	נגיעות סופית (%)	קצב התפתחות המחלה (r)	RAUDPC (%)	יבול (טון לדונם) ¹
המטרה	היקש	98.6	0.266	51.9	3.90
	מנצידן	92.3	0.240	29.6	5.72
	פוליקור	76.0	0.225	19.5	6.48
טפטוף	היקש	82.3	0.213	28.8	5.72
	מנצידן	31.3	0.167	7.9	9.20
	פוליקור	28.1	0.175	5.8	8.58

ערכי P מטבלת ניתוח השונות

גורם	שיטת השקיה	<0.0001	0.008	<0.0001
	טיפול הדברה	<0.0001	0.41	<0.0001
	השפעת גומלין	0.0021	0.75	0.13

¹ היבול נאסף בחלקות הטפטוף וההמטרה במועדים שונים ולכן לא ניתן לאמוד את השפעת שיטת ההשקיה על היבול. בכל אחת משיטות ההשקיה נמצא הבדל מובהק ביבול בין החלקות המרוססות לחלקות ההיקש ($P < 0.002$).

טבלה 8: השפעת שיטת ההשקיה וטיפול ההדברה על מחלת החלפת בגזר ועל היבול בניסוי שנערך בקיץ

1998

שיטת השקיה	טיפול	נגיעות סופית (%)	קצב התפתחות המחלה (r)	RAUDPC (%)	יבול (טון לדונם)
המטרה	היקש	96.3	0.294	42.5	4.07
	מנצידן	70.0	0.229	20.9	4.91
	פוליקור	68.8	0.275	23.1	5.22
טפטוף	היקש	75.0	0.211	28.7	4.51
	מנצידן	31.3	0.178	11.4	5.92
	פוליקור	25.0	0.188	10.9	5.71

ערכי P מטבלת ניתוח השוואות

גורם	שיטת השקיה	<0.0001	0.006	<0.0001	0.041
	טיפול הדברה	<0.0001	0.60	<0.0001	0.007
	השפעת גומלין	0.29	0.95	0.50	0.67

טבלה 9: השפעת שיטת ההשקיה וטיפול ההדברה על יעילות ההדברה ועל ערך מקדם הסינרגיזם, בשני

הניסויים

ערך מקדם הסינרגיזם ¹		יעילות הדברה מחושבת (%)		יעילות הדברה מדודה (%)			
1998	1997	1998	1997	1998	1997	הטיפול	מקור התרומה
—	—	—	—	31.7	44.4	"היקש-טפטוף"	טפטוף
—	—	—	—	49.9	42.6	"מנצידן-המטרה"	ריסוס
1.12	*1.26	65.2	68.1	72.4	85.3	"מנצידן-טפטוף"	ריסוס+טפטוף
—	—	—	—	31.7	44.4	"היקש-טפטוף"	טפטוף
—	—	—	—	44.7	62.3	"פוליקור-המטרה"	ריסוס
*1.20	*1.16	61.8	77.5	73.4	89.1	"פוליקור-טפטוף"	ריסוס+טפטוף

¹ השערת האפס שערך מקדם הסינרגיזם שונה במובהק מ-1 נבחנה באמצעות מבחן t חד זנבי.
* = השערת האפס נכונה בהסתברות של $P < 0.05$.

דיון ומסקנות

1. מועדי ההתחלה והסיום של ההדברה

בעבודה זו נמצא שדחיית מועד התחלת הריסוסים כנגד מחלת החלפת בגזר מביאה בעקבותיה לירידה משמעותית ביעילות ההדברה. הפחיתה הייתה דומה בעונות שונות, בתכשירים שונים ובזנים שונים. הירידה ביעילות ההדברה גרמה לנזק ביבול. מכאן עולה שלא ניתן ליישם את עקרונות שיטת סף הפעולה כנגד מחלת החלפת בגזר. על פי עקרונות שיטת סף-הפעולה מפעילים את ההדברה רק לאחר זיהוי המחלה בשטח, ורק אחרי שחומרתה מגיעה לרמה

מסוימת. בכל הניסויים שבצענו הייתה פחיתה ביעילות ההדברה כשהריסוסים יושמו לאחר זיהוי הסימפטומים, יחסית ליעילותם כשיושמו לפני זיהוי הסימפטומים. יותר מכך, יעילות ההדברה הייתה הגבוהה ביותר כשהריסוסים יושמו שבועיים-שלושה לפני זיהוי הסימפטומים (הטיפול המקובל). ניתן להניח שבעת זיהוי הסימפטומים הראשונים של המחלה בשדה כבר התרחשו בשדה מספר מחזורי מחלה. אם זמן מחזור מחלה הוא כשבוע ימים, הרי שבעת מועד זיהוי הסימפטומים בשדה, הפתוגן כבר השלים 2-4 מחזורי מחלה. על פי התוצאות נראה שהמפתח להצלחת ההדברה תלוי במניעת מחזורי המחלה הראשונים. אחת הסיבות האפשריות ליעילות הרבה של הריסוסים המוקדמים היא שהם מיושמים כשרמת המידבק בשדה נמוכה. בתחילת העונה רמת המידבק נמוכה כי מקור המידבק הוא מחלקות סמוכות. בהמשך העונה (לאחר שבחלקה כבר התפתחה המחלה), רמת המידבק גבוהה יותר ומקור המידבק הוא מצמחים נגועים הנמצאים בתוך החלקה עצמה. ירידה ביעילות ההדברה עם העלייה בכמות המידבק היא תופעה שכיחה והודגמה במערכות פתוגן-פונדקאי רבות.

מסקנות אלה נבחנו ואוששו בניסוי שבוצע בדורות בסתיו 1998. בניסוי זה יושמו ריסוסים בטיפול אחד עד למועד זיהוי הסימפטומים בחלקה. ריסוסים אלה מנעו כנראה את ההדבקות הראשונות והנגיעות בחלקות אלה נשארה נמוכה עד ליום 100 מזריעה, כחודש ויותר לאחר הפסקת הריסוסים. ממועד זה ואילך עלתה הנגיעות בחלקות בהם יושם טיפול זה אך תוצאה זו אינה מפתיעה מפני שהצמחים שכבר לא היו מוגנים בתכשירי הדברה אולחו מחלקות נגועות, סמוכות. באותו האופן נמצא בניסוי שהתחלת הריסוסים לאחר שהמחלה כבר התבססה בצמחים (כפי שהיה בטיפול בו יושמו רק ארבעת הריסוסים האחרונים) כבר לא איפשרה להדביר את המחלה ביעילות. זאת למרות שבטיפול זה יושמו הריסוסים במשך כל תקופת התפתחות המגיפה. מכל זה עולה שלא ניתן ליישם כנגד חלפת בגזר את שיטת הטיפול התגובתי באמצעות סף-פעולה; להשגת הדברה מיטבית יש להתחיל את הריסוסים לפני הופעת המחלה בשדה.

על פי ניתוח הניסויים נראה שתגובת צמחי הגזר לפטרייה *A. dauci* לא משתנה באופן משמעותי במהלך התבגרותם (בטווח של 30 - 110 ימים מזריעה). ניתוח של השפעת מועד התחלת הטיפולים יחסית לגיל הצמחים על יעילות ההדברה (ניתוח רגרסיה רבת משתנים) העלה שהפחיתה ביעילות ההדברה דומה בעונת הקיץ ובעונת האביב. אם רגישות הצמחים רבה יותר בהתבגרותם אזי ניתן היה לצפות שקצב הירידה ביעילות ההדברה באביב יהיה מהיר יותר מאשר בקיץ. זאת משום מכיוון שבאביב הצמחים היו מבוגרים יותר בעת התחלת המגיפה. מניסויים שבוצעו בתנאים מבוקרים נמצא שקיימים הבדלים ברגישות עלים בודדים להדבקה כתלות בגילם (התוצאות לא פורסמו). עלים צעירים היו עמידים להדבקה אך ככל שהם התבגרו יותר, כך הייתה רגישותם להדבקה גבוהה יותר. לכן, צמחים צעירים (שרוב עליהם עדיין עמידים) נפגעים פחות. מצמחים מבוגרים (שלם יותר עלים רגישים). לממצאים אלה אין משמעות רבה לגבי מגיפות שמתפתחות בשדה מכיוון שעלים בודדים הופכים להיות רגישים בתוך 10-20 ימים ממועד היווצרותם. פירושו של דבר, שצמחים בני 20-30 יום ומעלה כבר עלולים להיפגע במחלה. ואכן, בדרך כלל לא מתגלים סימני המחלה הראשונים על עלים אמיתיים לפני גיל זה. ניתן אולי להסיק מכך שגם בעונות בהם המחלה מופיעה מוקדם (עונת הקיץ) אין צורך להתחיל לרסס לפני 20-30 ימים מההצצה.

הפסקת הריסוסים לפני המועד המקובל בגידול המסחרי לא פוגעת ביבול גם בחלקות בהן הופסקו הריסוסים מספר שבועות לפני האסיף. זאת למרות שחומרת המחלה בחלקות אלה הייתה גבוהה יותר מחלקות שרוססו עד סמוך לאסיף. למרות זאת אין להסיק מכך שניתן להפסיק את הריסוסים כה מוקדם, מפני שרמות נגיעות גבוהות יביאו לנוזק כלכלי שמקורו בחוסר היכולת לאסוף את היבול בצורה ממוכנת. בנוסף, ישנן עדויות לכך שחלקות מבוגרות נגיעות מהוות מקור מדבק לחלקות שכנות, צעירות. המועד בו ניתן לסיים את הריסוסים לפני סוף העונה, בלי שתהיה עליה משמעותית בחומרת המחלה, תלוי בעונת השנה ובחומרת המחלה הקיימת בשטח. בניסוי שבוצע באביב 1998 הגיעה חומרת המחלה בחלקות שרוססו בפעם האחרונה 42 ימים מאסיף לנגיעות של כ- 40% בתוך כששה שבועות; בניסוי שבוצע בסתיו 1998 הגיעה חומרת המחלה בחלקות שרוססו לאחרונה 24 יום מהאסיף ל- 40% בתוך שלושה שבועות (טבלאות 2 ו- 3). הסיבה להבדלים בין שני הניסויים היא חומרת המחלה בחלקה: בניסוי שבוצע בסתיו 1998 הנגיעות הייתה גבוהה משמעותית מזו שהייתה בניסוי באביב 1998. בכל מקרה, מהניסויים עולה שניתן ליישם את הריסוס האחרון כשבועיים לפני האסיף מבלי שתהיה לכך השפעה על חומרת המחלה בזמן האסיף ועל היבול.

2. השפעת העמידות הגנטית וההדברה הכימית

בין הזנים שנבחנו קיימים הבדלים מהותיים בתגובה למחלת החלפת. הבדלים אלה גרמו לדחייה בהופעת המחלה, ולהפחתת קצב התפתחות המגיפה. ניתן להסביר את הדחייה בהופעת המחלה על-ידי קיום הבדלים בצורת צימוח הנוף שגרמו להבדלים בתנאי המיקרו-אקלים בין הזנים השונים, או עקב שכיחות הדבקה פחותה יותר בזנים העמידים. ההדברה הכימית השפיעה על ידי דחיית הופעת המחלה, אך לא הפחיתה במובהק את קצב התפתחותה. אמנם בחלק מהמקרים היו הבדלים משמעותיים בקצב התפתחות המחלה בין החלקות המרוססות לחלקות ההיקש (כגון בזן פרסטו בשנת 1996, שם היה הקצב בחלקות ההיקש- 0.25 ובחלקות המטופלות- 0.18) אך הבדלים אלו לא היו מובהקים (טבלה 5). ככל הנראה התכשירים הכימיים משפיעים ביעילות רבה יותר על ההדבקות בראשית המגיפה, אך יכולתם למנוע את המגיפה לאחר שהיא החלה להתפרץ, מוגבלת. פעילות זו לא קשורה לאופי תכשיר ההדברה (סיסטמי או פרוטקטנטי) מכיוון שבניסויים אלה יושמו בעיקר תכשירי הדברה סיסטמיים. תופעה דומה התקבלה בסדרת ניסויים אחרת בה נבחנו יעילותם של תכשירים שונים, סיסטמיים ופרוטקטנטיים נגד החלפת בגזר. בחמשת הזנים שנבחנו התקבל קשר חיובי בין יכולת גבוהה לרגישות לחלפת. כך היה יכול הזן פרסטו (הרגיש ביותר למחלה) הגבוה ויבול הזן בולרו (העמיד ביותר) היה הנמוך ביותר (טבלה 5). כמו כן לא נמצא (בין הזנים שנבחנו) זן סביל. עובדות אלו, והעובדה שהעלות היחסית של ההדברה הכימית (עלות כל הריסוסים שוות ערך ל- 3-5% מערך היבול), נמוכה במידה משמעותית מהנוזק הפוטנציאלי של המחלה (עד 60% מהיבול), מביאים למסקנה שכדאי לגדל את הזנים בעלי פוטנציאל היבול המירבי, גם אם הם רגישים לחלפת. השוואת תרומת ההדברה הכימית ביחס לתרומת העמידות הגנטית מלמדת שלעמידות הגנטית הייתה ברוב המקרים השפעה קטנה מזו של ההדברה הכימית (טבלה 6). יותר מכך, כשהדברה הכימית יושמה אחרי כל השקיה, לא היו הבדלים ביעילותה בין זנים בעלי עמידות

שונה למחלה (טבלה 6). לכן, ההדברה הכימית צריכה (בשלב זה) להיות הגורם המוביל בהדברת המחלה, והעמידות הגנטית (אם קיימת) תהווה רק גורם משלים. אולם, גם כשייושמו שני ריסוסים כימיים בשבוע (ניסוי עלומים, 1997), לא היה ניתן למנוע כליל את התפתחות המחלה בכל הזנים. ניתן להסיק מכך שהדברה מיטבית של המחלה (בזנים המקובלים כיום) אפשרית רק אם ינקטו מספר גישות לבקרת המחלה, ובמשולב. טיפול בתכשירים כימיים בלבד (וגם שימוש בתכשירים שהם לכאורה יעילים ביותר) גם אם ייושם לעיתים תכופות, אינו מספיק למניעת התפתחות המחלה. העובדה שמבין שני אמצעי ההדברה שנבחנו (תכשירי הדברה ועמידות גנטית) ההשפעה על מועד התפרצות המגיפה, ולא ההשפעה על קצב התפתחותה, הייתה הגורם המרכזי בהפחתת המחלה, מרמזת שיש להשקיע מאמצים לחיפוש אמצעים שיאפשרו לדחות עוד יותר את מועד התפרצות המגיפה. אמצעים אלה עשויים להיות קשורים להפחתת המידבק ההתחלי (למשל חריש שדות גזר לאחר האסיף להטמנת העלים הנגועים בקרקע, או זריעה על פי כיווני הרוחות, כאשר יש להימנע מזריעה בכיוון הרוח משדות מבוגרים) או לשינוי תנאי המיקרו-אקלים בנוף הצמחים (למשל, השקיה בטפטוף).

3. השפעת שיטת ההשקיה וההדברה הכימית

בשורות שלהלן נדון בהשפעות של שיטת ההשקיה ושל ההדברה הכימית, בנפרד ובמשולב, על התפתחות מחלת החלפת בגזר. בתחילה, נבחן איך השפיעו טיפולי ההשקיה על המחלה, לאחר מכן, נעסוק בהשפעת תכשירי ההדברה, ולבסוף נבחן את השפעת הגומלין שבין שיטת ההשקיה והדברה הכימית.

בכדי לנטרל את ההשפעה האפשרית של שיטת ההשקיה על פעילותם של תכשירי ההדברה, ננתח תחילה את השפעת שיטת ההשקיה על התפתחות המחלה בחלקות ההיקש. שיטת ההשקיה השפיעה על הופעת המחלה והתפתחותה. בחלקות שהושקו בטפטוף הופיעה המחלה כשבעה עד עשרה ימים מאוחר יותר ממועד הופעתה בחלקות שהושקו בהמטרה. בנוסף לכך, במהלך המגיפה היה קצב התפתחות המחלה מתון יותר בחלקות שהושקו בטפטוף מאשר בחלקות שהושקו בהמטרה. עקב הדחייה בהופעת המחלה והפחתת קצב התפרצותה התקבלו הבדלים משמעותיים בחומרת המחלה (בערכי RAUDPC), בחלקות שהושקו בטפטוף, בשיעור של 32%-44% בהשוואה לחומרת המחלה בחלקות שהושקו בהמטרה.

טיפול ההדברה הכימיים הפחיתו את הנגיעות במחלה במובהק במהלך כל העונה. בשני טיפולי ההשקיה ובשני הניסויים. קצב התפתחות המחלה היה דומה בחלקות ההיקש ובחלקות המרוססות (באותו טיפול השקיה) (טבלאות 7 ו-8). מכאן, שההבדלים בחומרת המחלה בין טיפולי ההדברה השונים נגרמה על ידי דחיית מועד הופעתה ומועד התפרצותה. לא נמצאו הבדלים ביעילות ההדברה בין התכשיר הסיסטמי פוליקור לתכשיר הפרוטקטנטי מנצידן. ממצאים דומים התקבלו גם בניסויים אחרים שבוצעו לאחרונה בהם לא הייתה יעילות ההדברה תלויה באופי תכשיר ההדברה (מבחינת תכונות הסיסטמיות/פרוטקטנטיות). כך היו התכשירים היעילים ביותר כנגד החלפת בגזר התכשיר הסיסטמי סקור (Difenoconazole) והתכשיר הפרוטקטנטי ברבו (Chlorothalonil). תוצאות אלו סותרות את ההנחה המקובלת שתכשירי ההדברה הסיסטמיים יעילים יותר מהתכשירים הפרוטקטנטיים. ניתן אולי להסביר ממצאים אלה על ידי ניתוח המבנה המיוחד של עלי הגזר, ובצורה האופיינית של התפתחות החלפת עליהם ועל ידי התנועה של תכשירי הדברה הסיסטמיים בהם. לגזר עלה אופייני למשפחת הסוככים. טרפי העלים מנוצים

וגזורים ל 3-5 אונות, הפטורות ארוכות ולפתות גבעול קצר. כתמי מחלת החלפת מתפתחים על העלעלים, עם גדילת הכתמים עלולים העלעלים להתייבש. בנגיעות חמורה כשישנם כתמי מחלה רבים על פני העלעלים עלול כל העלה להתייבש. המחלה עלולה להתפתח גם על הפטורות והכתם הגדל עלול גם לגרום לחיגור של הפטורת. במקרים אלה העלים מתייבשים גם אם הטרפים שלהם לא נגועים כלל. כשחומרת המחלה גבוהה מירב הפגיעה בעלווה היא תוצאה של התפתחות הפתוגן על פטורות העלים. תכשירי ההדברה הסיסטמיים הנמצאים כיום בשימוש הם אפופלסטיים, כלומר נעים בצינורות העיצה בזרם הדיות לכיוון קצוות העלים. שיעור התנועה הסימפלסטית שלהם, כלומר, התנועה מהטרף אל הפטורת וכלפי מטה היא זניחה. מבנה המיוחד של עלה הגזר והאפשרות שמספר כתמים מועט על הפטורת יגרומם להתייבשות של עלה שלם יכולים להסביר מדוע אין יתרון לקבוצת התכשירים הסיסטמיים בהשוואה לתכשירים הפרוטקטנטיים. החומרים הסיסטמיים לא מספקים הגנה לפטורות כי מולקולות התכשיר מוסעות בצינורות העיצה לקצוות העלים. מכאן, שלגבי הגנה על הפטורות אין משמעות לתכונות הסיסטמיות/פרוטקטנטיות של התכשירים. לתכשירים השורדים על פני הפטורת, מבחוץ או מבפנים למשך זמן ארוך יותר, יש יתרון. זו כנראה הסיבה מדוע התכשיר ברבו, שנשטף פחות מתכשירי ההדברה האחרים, יעיל כל-כך כנגד החלפת גזר.

נראה שניתן להסביר את השפעת שיטת ההשקיה על התפתחות המחלה על פי עקרון הפיצוי (קומפנסציה). עקרון זה מסביר את יכולתו של גורם אחד הנמצא באופטימום לפצות על גורם אחר שאינו באופטימום. לדוגמא, מחלה עלולה להתפתח גם אם הטמפרטורה אינה מיטבית להשלמת מחזור מחלה אם כמות המידבק של הפתוגן רבה ביותר. ההבדל המרכזי (מבחינת ההשפעה על תנאי המיקרו-אקלים) בין השקיה בטפטוף להשקיה בהמטרה הוא הרטבת הנוף. אולם, מאחר וההשקיות בהמטרה מתבצעות בלילה כשרטוב ממילא, ההשפעה מתמקדת בהארכת משך תקופת הרטיבות בבוקר שלאחר ההשקיה. הארכת משך תקופת הרטיבות בבוקרם שלאחר ההשקיה גרמה להקדמת מועד הופעת המחלה, ולקצב התפתחות מהיר יותר בחלקות המושקות בהמטרה יחסית לחלקות שהושקו בטפטוף. בשלבים הראשונים של המגיפה הגורם המגביל את מועד הופעתה הוא נוכחות מידבק בכמות מספקת. בשלב זה, הבדלים קטנים במשך תקופת הרטיבות בין חלקות שהושקו בהמטרה לחלקות הטפטוף גורמים להבדלים ביכולת הפתוגן לגרום להדבקה. לכן התבססה המחלה מוקדם יותר בחלקות שהושקו בהמטרה מאשר בחלקות שהושקו בטפטוף. בהמשך המגיפה כאשר כמות המידבק כבר לא מהווה יותר גורם מגביל, מתפתחת המחלה גם בחלקות המושקות בטפטוף. ההבדלים במהלך העונה במשך הרטיבות בין חלקות שהושקו בהמטרה וטפטוף, משפיעים כנראה גם על קצב התפתחות המחלה (x). מפני שתנאי המיקרו-אקלים מהווים גורם שהגביל את התפתחות המחלה בחלקות המושקות בטפטוף. בשני הניסויים הגיעה הנגיעות בחלקות המרוססות שהושקו בהמטרה בסוף העונה לערכים גבוהים (70%-90%) למרות שהריסוסים בוצעו מידי שבוע והחלו בשלב מוקדם של העונה. לעומת זאת, בחלקות המרוססות שהושקו בטפטוף הייתה חומרת המחלה נמוכה יחסית (כ-30%) גם בסוף העונה. יעילות ההדברה הממוצעת בחלקות המרוססות שהושקו בהמטרה הייתה כ-50% לעומת כ-80% בחלקות שהושקו בטפטוף (טבלאות 7 ו-8).

אחת מהשאלות שבחנו בניסויים הייתה האם קיימים יחסי גומלין בין תרומת שיטת ההשקיה לתרומת הריסוסים בהפחתת הנגיעות. לשם כך חישבנו את ערך מקדם הסינרגיזם בין

שיטת השקיה לריסוס. הנחנו שאם קיים אפקט סינרגיסטי אזי מקורו באי שטיפת התכשירים בחלקות שהושקו בטפטוף. על פי הממצאים נראה שאכן קיים אפקט סינרגיסטי מובהק (טבלה 9). אולם, השפעת הטפטוף דרך אי שטיפת תכשירי ההדברה הייתה קטנה בחצי מההשפעה דרך שינוי תנאי המיקרו-אקלים בנוף הצמחים: הפחתת שעות הרטיבות הביאה ליעילות הדברה של כ- 35%, ואילו יעילות הדברה כתוצאה מאי שטיפת תכשירי ההדברה הייתה של כ- 15% בלבד (טבלה 9). המסקנה העיקרית שעולה מחלק זה של המחקר היא שניתן לשפר בצורה משמעותית את יעילות ההדברה של מחלת החלפת בגזר ולמנוע את הנזק שהיא גורמת על ידי מעבר משיטת ההשקיה המקובלת, השקיה בהמטרה, להשקיה בטפטוף. החשש ששינוי כזה יגרום להקטנת היבול או לפגיעה באיכות האשרושים התבררה בניסויים שבצענו כלא נכונה. היבול בחלקות שהושקו בטפטוף היה גבוהה במובהק מיבול החלקות שהושקו בהמטרה (טבלאות 7 ו- 8) ולא היה הבדל באיכות היבול (תוצאות לא מצורפות). בכל מקרה, יש לבחון את כל ההשלכות הנובעות משינוי אגרוטכני זה ולבצעו בצורה מושכלת. גידול גזר בטפטוף מקובל מזה מספר שנים באזור השרון, ובהצלחה רבה.

פרסומים מדעיים

בכתב

בן-נון, א., שטיינברג, ד., שליון, א., דינור, ע., יניב, ע., ברקאי, ק., וילד, י., רוזנברג, א., אליהו, צ., 1997. יעילותם של תכשירי הדברה כימיים כנגד חלפת בגזר. גן שדה ומשק 58-62 (2).

בן-נון, א., שטיינברג, ד., שליון, א., גוטמן, מ., ביגל, ז., דינור, ע., ויניב, ע., 1998. השפעת העמידות הגנטית וההדברה הכימית על מחלת החלפת בגזר. גן שדה ומשק 43-50 (7).

רב-דוד, ד., וינטל, ח. ושטיינברג, ד., 1999. ניסויי מעבדה לקביעת יעילות תכשירי הדברה שונים כנגד *Alternaria dauci*, הפטרייה המחוללת את מחלת החלפת בגזר. גן שדה ומשק 60-64 (1).

בן-נון, א., שטיינברג, ד., שליון, א., דינור, ע., יניב, ע. וברכה, א., 1999. השפעת עיתוי הפעלת ההדברה הכימית וסיומה על מחלת החלפת בגזר. גן שדה ומשק. בהדפסה.

בן-נון, א., שטיינברג, ד., שליון, א., דינור, ע. ויניב, ע., 1999. השפעת שיטת ההשקיה וההדברה הכימית על מחלת החלפת בגזר. נשלח לפרסום לגן שדה ומשק.

Vintal, H., E. Ben-Noon, E. Shlevin, U. Yermiyahu, D. Shtienberg, and A. Dinoor. Influence of excess rate of soil fertilization on *Alternaria* leaf blight (*Alternaria dauci*) in carrots. Submitted to *Phytoparasitica*.

בעל פה

בן-נון, א., שליון, א., דינור, ע. ושטיינברג, ד. (1998). השפעת שיטת ההשקיה על התפתחות מחלת החלפת בגזר. תקצירי הועידה השנתית של החברה הישראלית לפיטופתולוגיה, עמ' 59.
מידי שנה – הרצאות בימי הסיכום של ענף הגזר המאורגנים על ידי מדריכי שה"מ בתקופת הסתיו.
מידי שנה – הרצאות בפני מדריכים וחקלאים באזורי הארץ השונים.
מידי שנה – סיורי מדריכים ומגדלים בניסויים שבוצעו באזור הנגב הצפוני (בסעד, עלומים ודורות).

סיכום

1. מטרת המחקר

המטרה ארוכת הטווח של המחקר הייתה ללמוד את הביולוגיה ואת האפידמיולוגיה של מחלת החלפת בגזר כדי שניתן יהיה לפתח גישות חדשניות, יעילות יותר לבקרתה. המטרות הספציפיות היו: 1. לבחון את השפעת עיתוי הפעלת ההדברה הכימית וסיומה על יעילות ההדברה של המחלה. 2. לאסוף מידע אודות תגובתם של זנים שונים לחלפת כדי שניתן יהיה לשלב את העמידות הגנטית וההדברה הכימית. 3. להגדיר את השפעת שיטת ההשקיה בנפרד ובמשולב עם הדברה הכימית על התפתחות המחלה ועל יכולת האשרושים.

2. עיקרי הניסויים והתוצאות

בשנים 1996-8 בוצעו באזור הנגב הצפוני בשטחי הקבוצים סעד, עלומים ודורות עשרה ניסויי שדה בהם נבחנו נושאים שונים הקשורים לאפידמיולוגיה וההדברה של מחלת החלפת בגזר. הנושאים העיקריים היו: אופטימיזציה של ההדברה הכימית; שילוב של העמידות הגנטית וההדברה הכימית ושילוב של שיטת ההשקיה וההדברה הכימית.

3. המסקנות המדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו

הדברה יעילה של המחלה במהלך כל העונה תלויה במניעת מחזורי המחלה הראשונים. לכן יש להקפיד וליישם את הריסוסים הראשונים עוד לפני זיהוי הסימפטומים בשטח. העמידות הגנטית אינה כלי יעיל להתמודדות עם החלפת מפני שיכול הזנים העמידים (מבין אלה שנבחנו) היה נמוך מזה של הזנים הרגישים יותר. השקיה בטפטוף גרמה לשינויים בתנאי המיקרואקלים ומנעה את שטיפת תכשירי ההדברה. בחלקות שהושקו בטפטוף ובהם יושמו תכשירי הדברה יעילים בעלי כושר הישרדות גבוה, הייתה יעילות ההדברה גבוהה במיוחד.

4. הבעיות שנותרו לפתרון

לפתח גישה להדברה משולבת של כל האמצעים שנבחנו, תוך התייחסות לתנאי הסביבה השוררים בעונות השנה השונות.

5. הפצת הידע שנוצר

הידע שנצבר פורסם וממשיך להיות מפורסם בעיתונות מדעית בעברית ובאנגלית. במהלך כל תקופת המחקר היה קשר שוטף עם מדריכי הגידול והגנת הצומח ובוצעו סיורים של מדריכים ומגדלים בניסויי השדה.