

2002-2004

תקופת המחקר:

132-1104-04

קוד מחקר:

Subject: EPIDEMIOLOGY AND REDUCTION OF
DAMAGE CAUSED BY POWDERY MILDEW IN
STRAWBERRY

Principal investigator: YIGAL ELAD

Cooperative investigator: ZURIEL SANDO, NABIL
GANAIM, STANLEY FREEMAN, SHAY DOTAN

Institute: Agricultural Research Organization (A.R.O)

שם המחקר: הבטים אפידמיולוגיים והפחתת
נזקי קימחון בתות-שדה הנגרמת ע"י
phaerotheca macularis

חוקר ראשי: יגאל אלעד

חוקרים שותפים: צוריאל סנדו, נביל גנאים,
סטנלי פרימן, שי דותן

מוסד: מינהל המחקר החקלאי, ת.ד. 6 בית דגן
50250

תקציר

הבעיה: מחלת הקימחון הנה פגע חמור בתות שדה בארץ ובעולם. מחוללת המחלה פוגעת בעלווה, בפרחים ובפירות. נגיעות קשה מתרחשת בתות שדה שגדל תחת חיפוי פוליאיתילן במנהרות נמוכות ובחממות. מטרות העבודה הן לימוד מחלת הקימחון ובניית מערך הדברה תוך פחיתה בשימוש בתכשירים כימיים.

מהלך עבודה: אפיון הפרמטרים המעודדים את שלבי המחלה השונים (נביטת נבגים ואכלוס, הנבגה והישרדות) של הקימחון בתות במעבדה ובחממה; איתור תנאים להתפתחות המחלה; אפיון הרכב אוכלוסיית הפתוגן באמצעים מולקולאריים; בחינת אמצעי הדברה.

תוצאות: מיטב הנביטה מתרחש על גבי עלים ב 15-30 מ"צ. גידול הקורים מיטבי ב- 20 מ"צ ובעל טווח טמפרטורות מצומצם יותר. שעור נביטה וגידול קורים מרבי נצפה בלחיות יחסיות מעל 95%. ייצור והפצת הנבגים המרביים על גבי עלים נגועים התקבל בלחות נמוכה יחסית. נבגים שרדו לתקופה ארוכה עד כדי 5 חודשים. מחלה מיטבית נמצאה ב- 20 מ"צ ולחות 80-90%. גופי פרי מיניים לא נצפו באופן תדיר. המגוון הגנטי נמוך. תכשירי הדברה רבים יעילים כנגד קימחון.

המסקנות: אותרו תנאים מעודדי מחלה – טמפרטורה 20 מ"צ, לחות עד 90%, צל ורקמה צעירה. אותרו גופי פרי מיניים רק פעם אחת ונראה שהם אינם חשובים להישרדות או למגוון גנטי. נבגים אל מיניים שורדים תקופה ארוכה ומבטיחים הדבקת עלים ופירות בחממה בכל השנה. במנהרות נמוכות המחלה מתקיימת על פירות יותר מאשר בעלים בחורף. שילוב תכשירים ידידותיים באלטרנציה ועם עמידות גנטית נמצא יעיל ביותר. יש לפתח זנים עמידים מתאימים. תיבדק האפשרות למניפולציה של תנאי אקלים בחממות בעתיד.

היבטים אפידמיולוגיים והפחתת נזקי מחלת הקימחון בתות שדה הנגרמת ע"י הפטרייה

Sphaerotheca macularis

Epidemiological aspects and management of strawberry powdery mildew caused by *Sphaerotheca macularis*

מוגש לקרן המדען הראשי במשרד החקלאות ולענף ירקות
על ידי

יגאל אלעד, סטנלי פרימן, בני קירשנר, דליה רב דוד – פתולוגיה של צמחים, מרכז וולקני

אברהם שטיינברג – מחלות צמחים, הפקולטה למדעי החקלאות, מדעי המזון והסביבה

סנדו צוריאל, נביל גנאים, נטע מור, זקס יאיר, דותן שי – שה"ם

Yigal Elad, Stanley Freeman, Benny Kirshner, Dalia Rav David - Department of Plant Pathology, The Volcani Center, Bet Dagan 50250, Email: elady@volcani.agri.gov.il

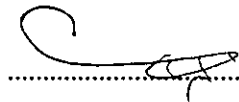
Abraham Sztjenberg - Department of Plant Diseases, Faculty of Agriculture, Rehovot 76100

Sando Izuriel, Nabil Ganaem, Neta More, Zags Yair, Dotan Shai – Extension Service, Ministry of Agriculture, Bet Dagan 50250

פברואר 2004

שבט, תשס"ד

הממצאים בד"ר זה הנם תוצאות ניסויים ואינם מהווים המלצות לחקלאים, לא לפרסום. כן



חתימת החוקר.....

תקציר

הבעיה: מחלת הקימחון הנה פגע חמור בתות שדה בארץ ובעולם. מחוללת המחלה פוגעת בעלווה, בפרחים ובפירות. נגיעות קשה מתרחשת בתות שדה שגדל תחת חיפוי פוליאתילן במנהרות נמוכות ובחממות. מטרות העבודה הן לימוד מחלת הקימחון ובניית מערך הדברה תוך פחיתה בשימוש בתכשירים כימיים.

מהלך עבודה: אפיון הפרמטרים המעודדים את שלבי המחלה השונים (נביטת נבגים ואכלוס, הנבגה והישרדות) של הקימחון בתות במעבדה ובחממה; איתור תנאים להתפתחות המחלה; אפיון הרכב אוכלוסיית הפתוגן באמצעים מולקולריים; בחינת אמצעי הדברה.

תוצאות: מיטב הנביטה מתרחש על גבי עלים ב 15-30 מ"צ. גידול הקורים מיטבי ב- 20 מ"צ ובעל טווח טמפרטורות מצומצם יותר. שעור נביטה וגידול קורים מירבי נצפה בלחוויות יחסיות מעל 95%. ייצור והפצת הנבגים המירביים על גבי עלים נגיעים התקבל בלחות נמוכה יחסית. נבגים שרדו לתקופה ארוכה עד כדי 5 חודשים. מחלה מיטבית נמצאה ב- 20 מ"צ ולחות 80-90%. גופי פרי מיניים לא נצפו באופן תדיר. המגוון הגנטי נמוך. תכשירי הדברה רבים יעילים כנגד קימחון.

המסקנות: אותרו תנאים מעודדי מחלה – טמפרטורה 20 מ"צ, לחות עד 90%, צל ורקמה צעירה. אותרו גופי פרי מיניים רק פעם אחת ונראה שהם אינם חשובים להישרדות או למיגוון גנטי. נבגים אל מיניים שורדים תקופה ארוכה ומבטיחים הדבקת עלים ופירות בחממה בכל השנה. במנהרות נמוכות המחלה מתקיימת על פירות יותר מאשר בעלים בחורף. שילוב תכשירים ידידותיים באלטרנציה ועם עמידות גנטית נמצא יעיל ביותר. יש לפתח זנים עמידים מתאימים. תיבדק האפשרות למניפולציה של תנאי אקלים בחממות בעתיד.

מבוא וסקירת ספרות

מחלת הקימחון הנה פגע חמור בתות שדה בארץ ובעולם. המחלה נגרמת על ידי הפטרייה האובליגטורית *Sphaerotheca macularis* f. sp. *fragariae* (Maas, 1998) הפוגעת בעלווה, בפרחים ובפירות והיא ייחודית לתות. *S. macularis* תוארה לראשונה בבריטניה ע"י Berkeley ב-1854 (Peries, 1962). בעלווה, הנזק מתבטא בכיסוי בתפטיר סבון עם הרבה נבגים, שמפחית מיכולת העלה להטמיע, גורם לנקרוזה ולנשירת העלווה. הפתוגן מופיע גם על פטוטורות. נגרמת פחיתה רבה ביכולת הצמח להניב פרי כתוצאה מהפחתת יצור האבקה בפרח ובעקבותיה, ירידה בחנטה. כמו כן נגרמים נזקים ישירים של אובדן פרחים ופירות ופסילת פירות. פרחים ופירות רגישים למחלה בכל שלבי התפתחותם. פרחים נגועים מתכסים בתפטיר, מתעוותים ונקטלים. פרי ירוק שנידבק בקימחון מתקשה ולא מגיע לבשלות ולעומת זה, פרי בשל שנוגע מתרכך (Spencer, 1978). לבסוף נגרמת פחיתה רבה ביכולת הצמח להניב פרי. אפילו נגיעות מעטה בפרי מתבטאת בנזקים לאחר הקטיפה מאחר וחיי המדף של פירות נגועים מתקצרים. מבחיני הדבקות צולבות הוכחו שהפטרייה ספציפית מאוד. אין עדות לקיום גזעים או פטוטיפים של הפטרייה, אך רמת הרגישות שונה בגנוטיפים שונים של תות שדה (Mass, 1998). נגיעות קשה מתרחשת בכל צורות גידול התות בארץ ובכל העונות. המעבר לחממות ומצעים מנותקים מחמיר את בעיות הקימחון מאחר וכנראה תנאי הגידול מתאימים להתפתחות המחלה. בפלורידה נמצא בזן תות השדה הרגיש (קמרוסה) בגידול במנהרות קימחון חמור יותר מאשר בשטח הפתוח. התוצאה יוחסה לתקופות קצרות של רטיבות עלה וטמפרטורות גבוהות שתרמו לשכיחות נמוכה של בוטריטים וגבוהה יותר של קימחון על הפירות ביחס לגידול בשטח פתוח (Xiao et al., 2001).

נבגי *S. macularis* דמויי חבית או אליפסה, במימדים $23-44 \times 15-26$ מיקרון (Braun, 1987). לפי הספרות, הנבגים הנם קצרי חיים ונחוצים להם 4-6 שעות של לחות גבוהה, אך משטח עלה יבש, בכדי לחדור ולהתבסס בעלה. 12 שעות לאחר הנביטה נוצרות כריות הדבקה לעיגון התפטיר וחדירה מכאנית לפונדקאי מושגת לאחר 24 ש' (Mass, 1998; Peries, 1962). קורי הנביטה מסתעפים ונצמדים אל שטח העלים בעזרת כריות הצמדה הנוצרות ע"י התרחבות קצוות קורים והסתעפותם. ממרכז הכריות יוצאים קורים דקים דמויי צינור, חודרים אל תאי האפידרמיס ויוצרים מצעים (פלטי, 2000). בניסויים על גבי עלים מנותקים של תות שדה שאלחו בנבגים של *S. macularis*, והודגרו ב-21 מ"צ באווירה רוויה, תארו Jhooty and McKeen (1965) את נביטת הנבגים שהחלה לאחר 6 שעות וכעבור 12 שעות רוב הנבגים נבטו. בתום 24 שעות כ-75% מהנבגים הנובטים פיתחו 2 נחשוני נביטה והשאר פיתחו נחשון יחיד. בתום 24 שעות החלה הסתעפות של הקור. נחשון הנביטה הראשון לא תמיד הסתיים בכרית הדבקה והמשיך לגדול ולהתנפח לקצה שייצר קור שניוני. כרית ההדבקה שטוחה וצורתה דסקית. לאחר 48 שעות כל נחשוני הנביטה היו מפותחים והסיעוף של קור ראשוני ושניוני הפך לצורה התיישבותית. בתום 48 שעות התפתחו מצעים בתא הפונדקאי. לאחר 96 שעות נושאי הנבגים החלו להופיע. נושאי הנבגים של *S. macularis* זקופים וישרים בעלי תאים דמויי רגל גלילית באורך 50-160 מיקרון ורוחב 8-13.5 מיקרון קרוב לבסיס, מעליהם מצויים 2-3 תאים קצרים יותר בעלי מחיצות בזליות (Braun, 1987). Mass (1998) ו-Peries (1962) טענו שניתן להבחין ביצירת נבגים כ-5-6 ימים לאחר ההדבקה. שרשרות נבגים נוצרות בתנאי טמפרטורות שבין 15-27 מ"צ, לחות גבוהה (משקעים) ואורך יום קצר. על פי Miller et al. (2003) הנבגה של *S. macularis* נצפתה בטמפרטורות מ-5 ועד 30 מ"צ, אך לא ב-35 מ"צ. Peries (1962) תאר שחרור יומי של נבגי *S. macularis* עם שיא בשעות אחה"צ (12:00-16:00). גשם הפחית את פיזור הנבגים ומספר הנבגים שנלכדו. הייתה ירידה תלולה במספר הנבגים שנלכדו עם העלייה במרחק ובגובה מהמקור. 90% מנבגי קימחון תות נתפסו במרחק 1.6 מ' ממקור המידבק.

Schnathorst (1965) חילק את מיני הקימחונות לשלוש קבוצות על פי נביטת הנבגים בתנאי לחויות יחסיות שונות: בקבוצה ב' אליה משתייכים *S. macularis*, *Erysiphe graminis*, *Erysiphe cichoracearum* ו-1.

Leveillula taurica, השיעורים הגבוהים ביותר של הנביטה מתקבלים בטווחים הדורשים לחויות יחסיות שבין 75 - 100% (כולל מים חופשיים) לקיום תהליך הנביטה, עם נביטה מיטבית בין 99%-96% לחות יחסית, שיעור מסוים של נביטה (משתנה בהתאם למין, לטמפרטורה ולגיל הנבג) מתקבל גם בלחיות שבין 75% - 50. מתחת ללחיות של 50% מתרחשת נביטה, אך בשיעורים נמוכים. Miller et al. (2003) לא מצאו מתאם בין לחות יחסית וגירעון לחץ אדים (VPD) עם שיעור התרחבות כתם קימחון התות. Peries (1962) שלא מצא הבדל מובהק בקצב התפתחות הפטרייה בלחיות שבין 100%-12 בכל טמפרטורה נתונה, טען שלחות אינה משפיעה על תהליכי הגידול שלאחר נביטה של *S. macularis* ושההבדלים בכמות התפטיר ע"ג העלים בתנאי הלחות השונים, שיקפו את השפעת הלחות על שיעור הנביטה. Miller et al. (2003) תארו את גידול פטריית קימחון תות- שדה כפונקציה של יחסי טמפרטורה ולחץ אדי מים. הגידול נחלק לשלבי נביטה, התרחבות כתם ונביגה. שיעור התרחבות כתם אופטימאלי נחזה עפ"י המודלים בטווח טמפ' 22-27 מ"צ ו/או 17-27 מ"צ לחץ אדי מים. עוד הם מצאו שנבגים נבטו בכל הטמפרטורות שבין 4-36 מ"צ 6 שעות, לאחר אילוח והגיעו לנביטה מרבית לאחר 48 שעות. נביטה מיטבית נמצאה קרוב ל- 20 מ"צ. גם Jhooty and McKeen (1965) מצאו שיעור נביטה מרבי של נבגי *S. macularis* ב- 20 מ"צ ובסביבה יבשה מאד, אלא שהלחות היחסית של שטח פני העלה הייתה 96% (מעיד על קיום מנגנון שאיבת מים מהעלה). גם אורך נחשון מרבי התקבל ב- 20 מ"צ. בטמפרטורה זו בחשכה, נביטה התרחשה גם ב- 8% לחות יחסית אך הנביטה הטובה ביותר התקבלה ב- 100% לחות יחסית. ב- 20 מ"צ ו- 100% לחות יחסית נתקבלה הדבקה מרבית. טמפרטורות 10 ו- 30 מ"צ לא סייעו להתפתחות המחלה. Peries (1962) מצא שנביטת נבגים של *S. macularis* התרחשה באופן עקבי על שטח פני עלה יבש ובריא וגם כאן נמצאה הטמפרטורה העיקרית לנביטה 20 מ"צ, בעוד שהדבקה והנבגה לא נצפו מתחת ל- 5 מ"צ ו- 13 מ"צ, בהתאמה. טמפרטורות מיטביות להדבקה, גידול והנבגה היו 18-22.5 מ"צ. נבגים שמרו על חיוניות לתקופה של עד 5 שבועות באפס מ"צ, בסביבה רוויה, ולזמן קצר בתנאים סביבתיים קיצוניים יותר. ללחיות נמוכות למרות שהן מזיקות לנבגים, בפרט בטמפרטורה גבוהה, אין אפקט על גידול והנבגה של הפטרייה. מים חופשיים גרמו לתמותה של הנבגים ולא התרחשה נביטה על פני עלה רטוב.

בשיטת גידול התות החד עונתית כמקובל בארץ, בארצות אגן הים התיכון ובקליפורניה אין דיווחים על הישרדות גורם המחלה באמצעות גופי פרי מיניים, קלסטוטציה, אלא רק בצורת תפטיר רדום ונבגים אל-מיניים. דווח שהפטרייה שורדת את החורף כתפטיר רדום על גבי עלים נגועים, מבוגרים אך חיים. נבגים שנוצרים על גבי העלים הללו, מתחילים הדבקות באביב על גבי עלים צעירים. כמות גדולה של מדבק שניוני מיוצרת במהירות. בעיקר על זני תות רגישים (Spencer, 1978; Mass, 1998). ישנם דיווחים מחר"ל ולא מישראל על קיום השלב המיני (קליסטוטציה הנמצאים על העלה) של *S. macularis*, אך רק לעיתים רחוקות. Peries (1962) קבע שלגופי הפרי המיניים של קימחון התות, אין תפקיד חיוני בחיי הפטרייה, לאחר שצפה ותעד היווצרות גוף פרי על גבי צמחים נגועים מאד בתנאי תאורה נמוכה, לחות של 50-90% וטמפרטורה בין 15-26 מ"צ. גופי פרי לא נוצרו בחממה כשהטמפרטורה עלתה על 32 מ"צ. עוד דיווח Peries שבאביב קליסטוטציות שחרפו, הכילו Ascii ואסקוספורות מנוונים. מכל מקום, בתנאים הממוזגים של דרום מערב אנגליה, עלים ירוקים נכחו בחוץ במשך החורף ונבגים אל מיניים נוצרו על העלים הנגועים לפני שחלה עליה בטמפרטורה (Spencer, 1978). בשדות תות דו שנתיים באירופה נמצאה הישרדות קליסטוטציה בחורף והם חשובים כמקור מדבק ראשוני המפיץ אסקוספורות באביב. מערכת לבקרת קימחון באנגליה מתחשבת בנוכחותם בקרב הגידול (Berrie et al., 2000).

טיפול הדברה סומכים בעיקר על ריסוסים תכופים של תכשירי הדברה פרוטקטנטים וסיסטמיים ומומלץ היום ריסוס תכשירים לחילופין כדי לדחות את התפתחות העמידות באוכלוסיות הפתוגן (Okayama et al; 1995; Wang and Tzeng, 1998). מומלץ להשתמש בחומר ריבוי נקי מהמחלה, לטפל בשתילי בת לפני העברתם לשדות המניבים ולרסס בשטח המניב מתחילת הופעת המחלה להגנת פרחים, פירות ועלווה. מערך ההדברה של קימחון

התות ליצוא מישראל נסמך על התכשירים כגון (בסוגריים שם התוארית ומגבלות השימוש): penconazole (אופיר, 3 ימי המתנה לפני קטיף), hexaconazole (אנויל, רק עד לפריחה), trifloxystrobin (פלינט, עד לראשית החנטה), kresoxim methyl (סטרוכי, עד לראשית החנטה), polyoxin AL (פולאר, חשוב לטפל כבר משלב המשתלה) ו-K-bicarbonate (קליגרין, חשוב לטפל כבר משלב המשתלה) (אנוני, 2001). תוצאת הריסוסים התכופים עשויה להיות שאריות אסורות של תכשירים כימיים בפרי הנקטף, זיהום הסביבה ופיתוח עמידות עד כדי כשלון הדברה.

מטרת המחקר הכללית הייתה לימוד מחלת הקימחון בתות ובניית מערך הדברה כוללני המבוסס על שילוב אמצעים אשר יאפשר בקרת מחלה תוך פחיתה בשימוש בתכשירים כימיים. המטרות הספציפיות בהן עסקנו היו: 1. אפיון הפרמטרים (מיקרו אקלים, תנאי גידול ואגרו טכניקה) המעודדים את שלבי המחלה השונים; 2. איתור תנאים מגבילים להתפתחות הקימחון בתות; 3. פיתוח מבחן ביולוגי להערכת יעילות חומרי הדברה; 4. אפיון הרכב אוכלוסיית מחולל המחלה; 5. בחינת תכשירי הדברה ידידותיים בצד אמצעים שמקובלים היום; 6. שילוב אמצעי הדברה.

תוצאות

במהלך המחקר נלמדו השפעת גיל צמח, זן התות, מקור המידבק (עלים צעירים, מבוגרים), טמפרטורות, לחויות, עוצמת קרינה והרכבה והשפעתם על נביטת נבגים, אכלוס רקמה, הנבגה וכלל חומרת המחלה. נקטנו בשיטות מקובלות להדבקה בקימחונות: הדבקה ביבש על ידי העמדת צמח נגוע בסביבת צמחים המיועדים להדבקה לשם פיזור נבגים פאסיבי או פיזור אקטיבי של נבגים על ידי ניעור עלים נושאי נבגים (עלים עם סימפטומים המכילים למעשה נושאי נבגים ונבגים). הצלחנו לצפות בנביטת נבגים ובמבנה נושאי הנבגים באמצעות מיקרוסקופ אלקטרוני סורק. נביטת נבגים וגידול נחשוני נביטה וקורים ניצפו במועדים שונים מבעד למיקרוסקופ אור לאחר הדבקה לסלוטיפ וצביעה באנילין בלו. מידת יצור הנבגים נבדקה על ידי שטיפת עלים במים עם משטח והערכת ריכוזם בתא ספירת דם. הזן תמר – 328, שנמצא רגיש לקימחון שימש אותנו ברוב הניסויים.

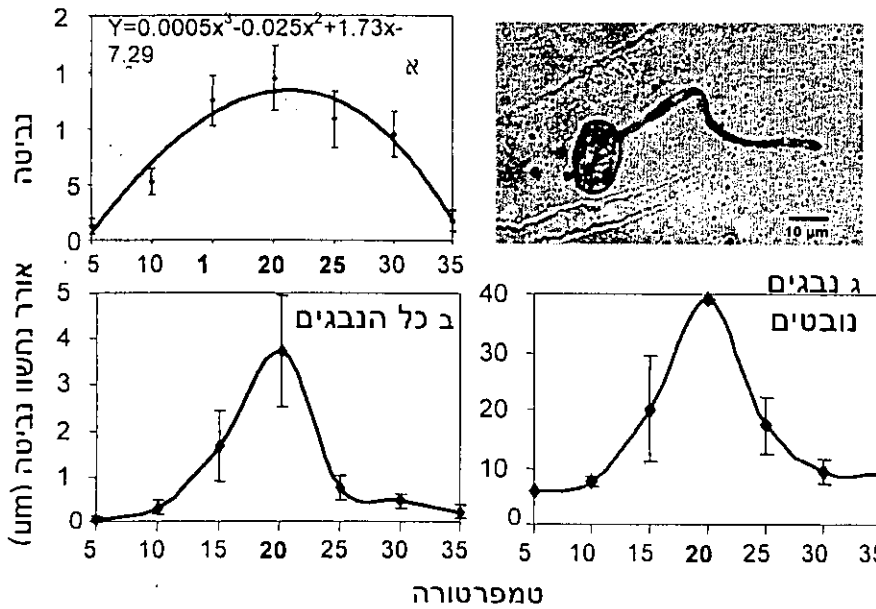
נביטה וגידול של *Sphaerotheca macularis*

השפעת הטמפרטורה והלחות היחסית

עלים מנותקים של תות שדה מזן תמר (328) אולחו בנבגי הפטרייה והודגרו למשך 24 שעות באינקובטורים בעלי טמפרטורות שונות. לאחר ההדגרה, נבדקה שכיחות הנביטה והתארכות נחשון הנביטה. אורך הנחשון חושב פעמיים. פעם אחת לגבי כלל הנבגים כולל אלה שלא נבטו ופעם שנייה לגבי הנובטים בלבד. החישובים נועדו לאתר תופעות של יצירת קורים ארוכים על ידי מעט נבגים ולהיפך. הנביטה נבדקה בטווח טמפרטורות בין 5-35 מ"צ (ציור 1). נביטה בשיעור מרבי, עד כדי 15%, נצפתה בתחום הטמפרטורות 15-30 מ"צ. בטמפרטורות גבוהות או נמוכות יותר, נצפתה נביטה בשיעור נמוך יותר, כדי אחוז בודד ב- 5 ו- 35 מ"צ (ציור 1 א'). אורך הנחשון הכללי (ממוצע כלל הנבגים, הנובטים והלא נובטים) ושל הנבגים הנובטים בלבד, היה מרבי ב- 20 מ"צ, 38 ו- 400 מיקרון בהתאמה (ציור 1 ב' ג'). נצפתה ירידה באורך הנחשון בטמפרטורות גבוהות ונמוכות יותר. ההבדל בין הגידול המרבי בטמפרטורה 20 מ"צ, לבין גידול הנחשון בטמפרטורות נמוכות וגבוהות יותר, היה רב.

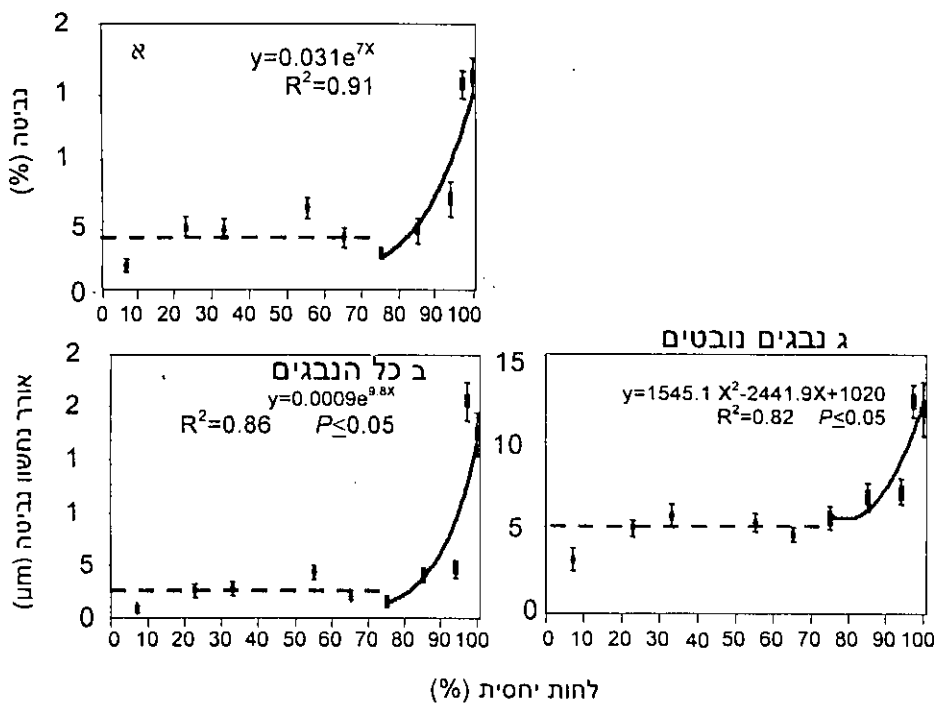
הנביטה נבדקה בטווח לחויות יחסיות בין 100%-5. הלחות היחסיות הושגו על ידי תמיסות מלח רוויות, המשרות לחויות יחסיות מוגדרות מעליהן בטמפרטורה מוגדרת. העלים המאולחים בנבגי *S. macularis* הודגרו בטמפרטורה קבועה של 20 מ"צ. לאחר 24 שעות, שיעור נביטה מרבי (17%) התקבל בתנאי לחות יחסית גבוהה מאד 100%-97. בתנאים שמתחת ל- 75% לחות יחסית, לא נבדל שיעור הנביטה והיה כ- 5%. בטווח שבין 100%-75, נצפתה עליה מעריכית בשיעור הנביטה עם העלייה באחוזי הלחות היחסית (ציור 2 א'). תוצאה דומה נצפתה בבחינת אורך נחשון נביטה של כלל הנבגים: עד ל- 75% לחות יחסית, אורך הנחשון הממוצע כ- 4 מיקרון ועם

העלייה באחוזי הלחות היחסית, הוא הגיע לכדי 20 מיקרון (ציור 2 ב'). אורך הנחשון של הנבגים הנובטים בלבד, היה 50 מיקרון בטווח 75%-5 לחות יחסית והוא עלה בטווח 100%-75 ל-100 מיקרון (ציור 2 ג').



תמונה 1: נבג נובט, בעל נחשון נביטה, של הפטרייה *S. macularis*, צבוע ב-Cotton blue. הקו בתחתית התמונה מציין את קנה המידה - 10 מיקרון.

ציור 1: השפעת הטמפרטורה על שיעור הנביטה (א') והתארכות נחשון הנביטה, של כלל הנבגים שנצפו (ב') ושל הנבגים הנובטים בלבד של *S. macularis* (ג') על עלי תות מזן תמר. הקווים האנכיים מציינים את שגיאת התקן (S.E.).

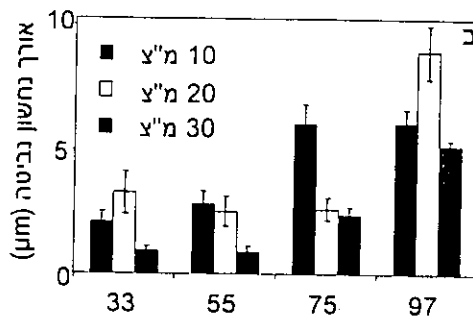
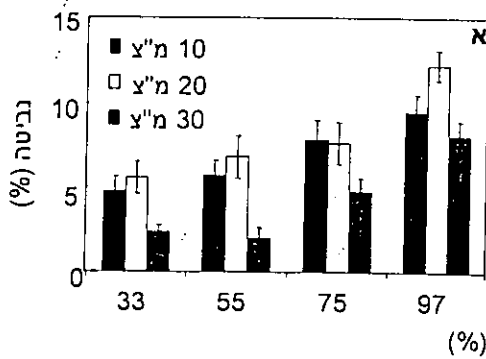


ציור 2: השפעת הלחות היחסית על שיעור הנביטה (א') התארכות נחשון נביטה של כלל הנבגים (ב') ושל הנבגים הנובטים בלבד של *S. macularis* (ג') על עלי תות מזן תמר. הקווים האנכיים מציינים את שגיאת התקן (S.E.).

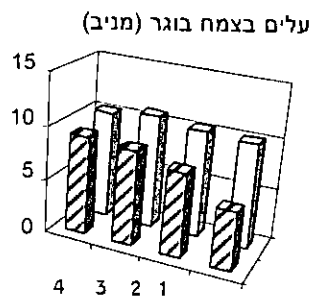
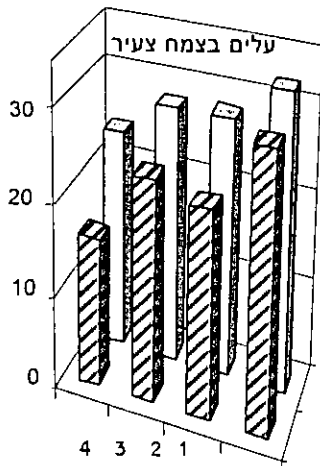
שילוב של לחות גבוהה ו-20 מ"צ היה כרוך בנביטה וגידול מירביים אך בלחות גבוהה התפתח הקימחון גם בטמפרטורה שולית (30 מ"צ) ובלחות יחסית 75% נבטו הנבגים גם בטמפרטורה שולית נמוכה (ציור 3).

השפעת גיל הצמח

עלים בצמחים מארבעה זנים הנבדלים ברגישותם לקימחון התות הודבקו בנבגים של הפתוגן. שיעור הנביטה וגידול הקורים היו גבוהים יותר על גבי העלים הצעירים (ציור 4).



ציור 3: השפעת תנאי טמפרטורה ולחות יחסית בשילוב, על שיעור הנבילה (א') והתארכות נחשון נבילה של כלל הנבגים של *S. macularis* (ב') על עלי תות שדה מהזן תמר. הקווים האנכיים מציינים את שגיאת התקן (S.E.).

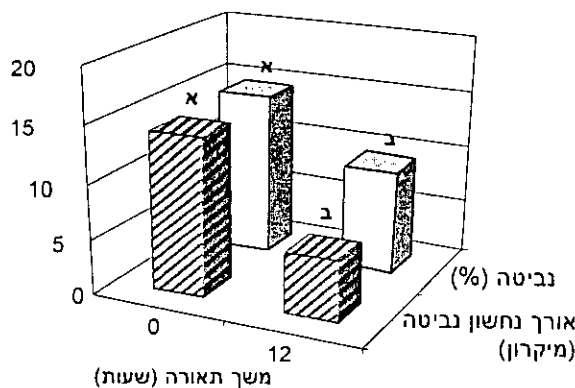


ציור 4: השפעת גיל הצמחים בארבעה זני תות שדה, על שיעור הנבילה, ואורך נחשון נבילה כללי של *S. macularis* על גבי עלים. הבדל בין גילי הצמח היה מובהק בכל הזנים ($P \leq 0.05$), לפי מבחן LSD.

זנים: 1=גביטה; 2=מלאך; 3=הדס; 4=תמר

השפעת משטר התאורה

נבגי *S. macularis* הודגרו על גבי עלים מנותקים, למשך 24 שעות בתא לח, בשני משטרי תאורה: האחד כלל העדר אור במשך 24 שעות והשני, 12 שעות אור ו-12 שעות חושך. אחוז הנבילה הגבוה ביותר (כ-15%) התקבל בתנאי חושך ממושך (ציור 5). גם בבחינת אורך נחשון הנבילה, התקבל יתרון של החשכה על פני 12 שעות אור / 12 שעות חושך, כ-15 ו-100 מיקרון בהתאמה (ציור 5).

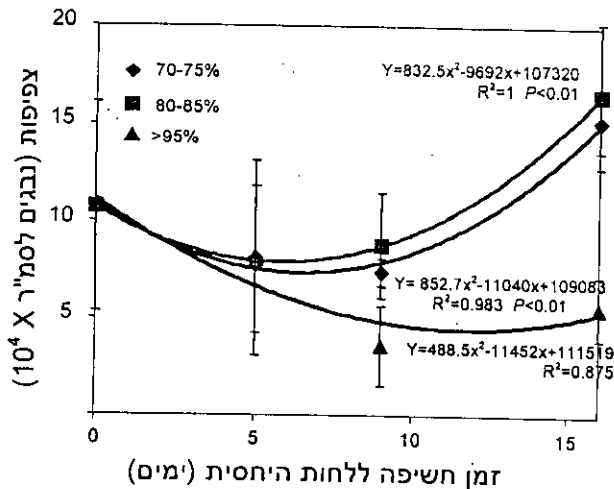


ציור 5: השפעת משך התאורה על נבילה והתארכות נחשון נבילה כללי של נבגי *S. macularis* על עלי זן תמר. האותיות השונות בכל מדד, מעידות על הבדל מובהק בין הטיפולים ($P \leq 0.05$) לפי מבחן LSD.

ההנבגה של קימחון התות

צמחים בעלי סימפטומים של קימחון הונחו בשלוש סביבות לחות יחסית, שהושגו על ידי כיסוי ביריעת פוליאטילן אטומה (>95%) מחוררת (80-85%), וללא יריעה כלל (כ-70-75%). הצמחים הודגרו בחדרי צמיחה בטמפרטורה של 20 מ"צ ותאורה של 12 שעות ביממה. שלושה עלים נדגמו מכל טיפול, במועדים שונים מתחילת הניסוי. וחושב השטח הנגוע. תפטיר הקימחון על גבי העלים נשטף והוערך לקביעת מידת יצור הנבגים לשטח (צפיפותם). בלחות יחסית בטווחי 70-75% ו-80-85% התקבלה עלייה מובהקת בכושר ההנבגה עם הזמן. לא

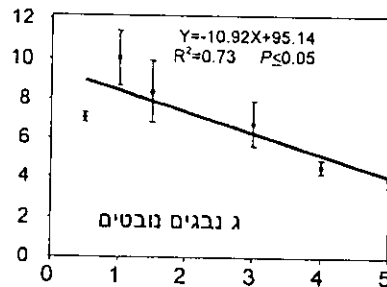
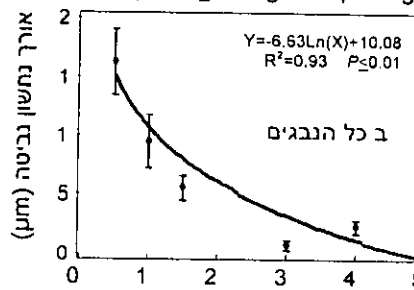
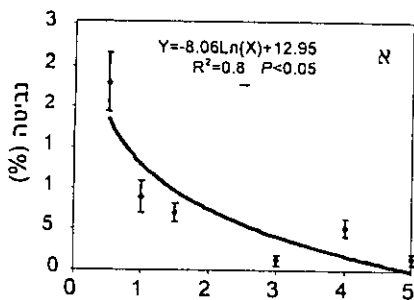
נצפתה הגדלה בהנבגה בשני תחומי לחות אלה. עקומות אלה מבטאות צפיפות נבגים גדולה יותר מצפיפותם ב- 95% לחות ומעלה. העקומה המתקבלת ב- 95% לחות יחסית ומעלה אמנם לא מובהקת אך ניתן לראות שהערכים שהתקבלו נמוכים יותר מהערכים בעקומות האחרות, החל מ- 9 ימי הדגרה (ציור 6).



ציור 6: השפעת הלחות היחסית (ב- 20 מ"צ) על מידת ההנבגה של *S. macularis* על עלי תות מהזן תמר. הקווים האנכיים מציינים את שגיאת התקן (S.E.).

הישרדות נבגים

נבדקה יכולת הנבגים לנבט בעקבות שימור המידבק עד לחמישה חודשים. מקור המידבק היה עלים בעלי סימפטומים של קימחון שנקטפו מחלקת תות שדה נגועה ונשמרו בשקית פוליאטילן בטמפרטורת החדר. עלי תות טריים אך מנותקים, אולחו במידבק שמקורו בעלים הנגועים מהשדה, במועדים המפורטים בציור 7 והודגרו ל- 24 שעות. שעור הנביטה פחת באופן לוגריתמי מ- 18% ועד לקרוב לאפס במהלך חמשת חודשי השימור. גם בחישוב התארכות נחשון נביטה של כלל הנבגים נמצאה ירידה לוגריתמית במהלך השימור מ- 15 מיקרון למידה קטנה ביותר (ציור 7 ב'). אורך הנחשון של הנבגים הנובטים, פחת באופן ליניארי מ- 90 מיקרון, במועד הבדיקה הראשון ועד ל- 40 מיקרון בתום התקופה (ציור 7 ג'). נראה שפוטנציאל הנביטה ופוטנציאל גידול נחשון נביטה בקרב הנבגים הנובטים פחת עם זמן ההדגרה.

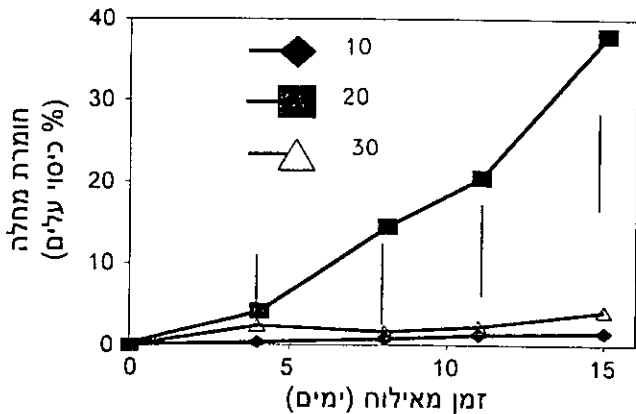


ציור 7: השפעת משך שימור המידבק על שעור הנביטה (א'), התארכות נחשון נביטה של כלל הנבגים (ב') והתארכות נחשון נביטת הנבגים הנובטים בלבד (ג') של *S. macularis* על עלי תות מהזן תמר. הקווים האנכיים מציינים את שגיאת התקן (S.E.).

התפתחות מחלה בצמחי תות מודבקים ב- *S. macularis*

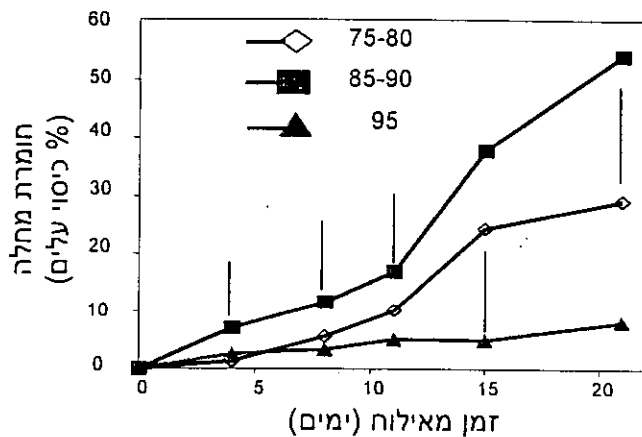
השפעת הטמפרטורה והלחות היחסית נבדקה השפעת טמפרטורה על התפתחות המחלה. צמחי התות אולחו יבש בו זמנית והודגרו בתאי הגידול ב- 10, 20, 30 מ"צ. נערך מעקב אחר הופעת סימפטומים של קימחון (ציור 8). בטמפרטורה 20 מ"צ, נמצאו ערכי

חומרת המחלה הסופית ושטח מתחת לעקומות (AUDPC) הגבוהים ביותר, שנבדלו באופן מובהק מהערכים שהתקבלו ב 10 ו- 30 מ"צ (ציור 8 וטבלה 1). נבדקה התפתחות המחלה ב- 20 מ"צ ברמות לחות יחסית 75-80%, 85-90% וגבוהה 95%. חומרת נגיעות צמחי התות במחלת הקימחון בתום הניסוי נמצאה הגבוהה ביותר, כ- 55%, בתנאי לחות 85-90% ונמוכה ביותר, 8%, בתנאי הלחות הגבוהה- 95%. הנגיעות בתחום 75-80% לחות יחסית, היתה בינוני (כ-30%). ההבדלים בין רמות הלחות היחסית נמצאו מובהקים (ציור 9). השטח מתחת לעקומת התפתחות מחלה בתנאי הלחות 85-90% נבדל מהשטח בתנאי הלחות הגבוהה. השטח שהתקבל בתנאי לחות 75-80% לא נבדל מהרמות האחרות (טבלה 2).



טמפ. (מ"צ)	חומרת מחלה בתום הניסוי (%)	AUDPC (ימים * % כסוי)
10	1.5	27.2
20	37.5	266.9
30	4.1	11.7

ציור 8 וטבלה 1: התפתחות קימחון תות שדה בזן תמר בטמפרטורות שונות. הקווים האנכיים בציור מציינים את ההפרש המובהק הקטן ביותר ($P \leq 0.05$), עפ"י מבחן LSD. המספרים בכל טור בטבלה, המלווים באותיות שונות, שונים זה מזה באופן מובהק ($P \leq 0.05$) לפי מבחן LSD.



לחות יחסית (%)	חומרת מחלה בתום הניסוי (%)	AUDPC (ימים * % כסוי)
75-80	29.5	269.0
85-90	54.2	480.5
95	8.0	78.9

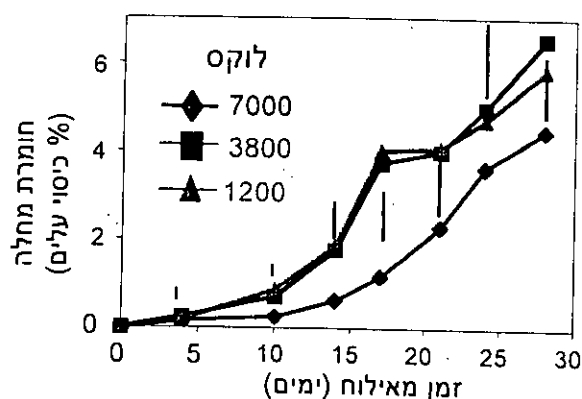
ציור 9 וטבלה 2: התפתחות קימחון תות שדה ברמות לחות יחסית שונות, ב- 20 מ"צ. הקווים האנכיים בציור מציינים את ההפרש המובהק הקטן ביותר ($P \leq 0.05$), על פי מבחן LSD. המספרים בכל טור בטבלה, המלווים באותיות שונות, שונים זה מזה באופן מובהק ($P \leq 0.05$) לפי מבחן LSD.

השפעת עוצמת התאורה

בניסוי שמטרתו לבחון כיצד משפיעה עוצמת ההארה על התפתחות המחלה, נבחנו שלוש עוצמות הארה: 1200, 3800 ו- 7000 לוקס, במשטר תאורה של 12 שעות אור, בטמפרטורה של 20 מ"צ. במשך 28 ימים מיום האילוח, נערכו הערכות חומרת מחלה (אחוז שטח עלה נגוע מכלל שטח העלה) ותוארו עקומות התפתחות מחלה (ציור 10 וטבלה 3). נראה שבתנאי התאורה החזקה (7000 לוקס) חומרת המחלה פחותה, באופן מובהק, מהחומרה בצמחים שנחשפו לעוצמות התאורה הנמוכות 1200 ו- 3800 לוקס. לא נמצאו הבדלים בעוצמת המחלה בעוצמות התאורה הנמוכות.

משך דור

ממגוון הניסויים שנערכו במסגרת המחקר, ניתן להסיק על משך דור, היינו משך הזמן מאילוח ועד להופעת נושאי נבגים שעל גביהם נבגים אל מיניים בתנאים מיטביים. הזמן הקצר ביותר מרגע האילוח ועד לאבחנה בראשוני הסימפטומים היה 4 ימים שהתרחש בטמפרטורה 20 ו- 30 מ"צ ולחות יחסית ממוצעת גבוהה מ-75% (ציורים 8-10).



עוצמת תאורה (לוקס)	נגיעות סופית (%) (כיסוי)	AUDPC (ימים * % כיסוי עלים)
1200	59.6 א	672.4 א
3800	65.3 א	674.6 א
7000	45.5 ב	378.4 ב

ציור 10: התפתחות קימחון תות שדה מהזן תמר בעוצמות הארה שונות, ב- 20 מ"צ. הקווים האנכיים בציור מציינים את ההפרש המובהק הקטן ביותר ($P \leq 0.05$) לפי מבחן LSD. המספרים בכל טור בטבלה, המלווים באותיות שונות, שונים זה מזה באופן מובהק ($P \leq 0.05$) לפי מבחן LSD.

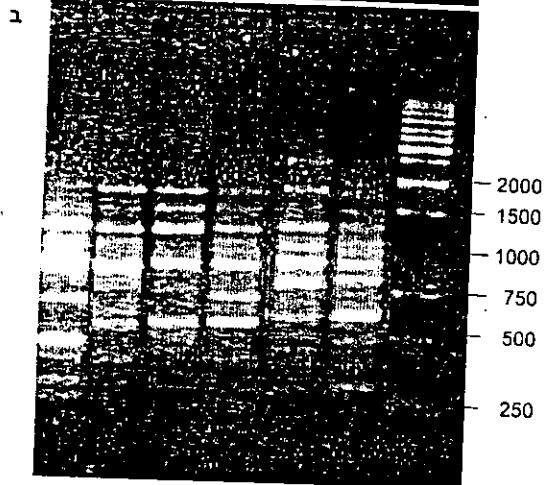
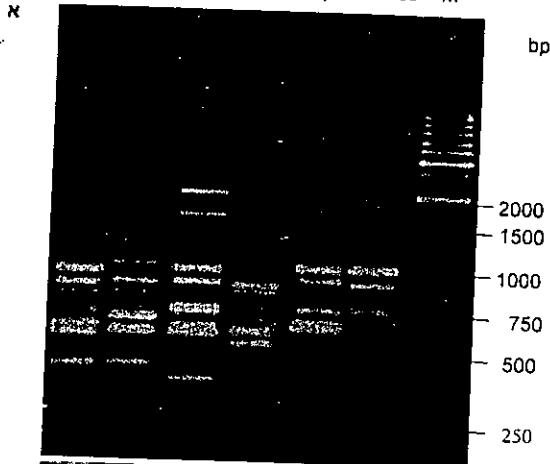
אפיון מבנה האוכלוסייה על פי סמנים מולקולאריים

באפריל 2002 מצאנו גופים שנראו מבעד למיקרוסקופ כגופי פרי מיניים. ממצא זה לא חזר באף אחת מהעונות שלאחר מכן. בנוסף נמצא שפירות תות נגועים בקימחון בחורף ולא עלים. נראה שזאת דרך מעבר החורף של קימחון התות בחלקות של מנהרות נמוכות. בחממות מתקיים הקימחון כל הזמן על עלים ופירות כאחד. בניסיון לבחון את מידת השונות הגנטית של אוכלוסיית הפתוגן, לא יכולנו לאסוף ולסווג את תבדידי הפתוגן לפי גזעים פסילוגיים. לכן, נאספו תבדידי פטרייה מחומר צמחי נגוע מאזורים שונים בארץ, DNA מהתבדידים הופק והשווה בשיטות מולקולאריות (Freeman, 2000). כשלב ראשון, נבדקה מידת הדמיון בין שתי אוכלוסיות קימחון: מהארץ (חממות במרכז וולקני) ומאיטליה (Valsugana, Trento), DNA גנומי של הפטריות משני המקורות (ישראלי-IS ואיטלקי-IT), הוגבר בשיטת ה-PCR-ap, בעזרת תחלים בעלי מוטיף חוזר: $(GACAC)_3$, $(GACA)_4$ ובשיטת ה-RAPD-PCR בעזרת זוג תחלים OPF-4 ו-OPF-6, תוצרת Operon Technologies, Alameda, CA (תמונה 2; Freeman et al., 2000), ניתן להבחין בתבנית פסים זהה, המתקבלת בהגברה על ידי תחלים מסוג OPF בשני המקורות. בתבנית הפסים המתקבלת בעזרת הגברה בתחלים $(GACAC)_3$ ניתן למצוא פסים רבים יותר במקור האיטלקי מאשר בישראלי אך נצפו פסים משותפים לשני המקורות.

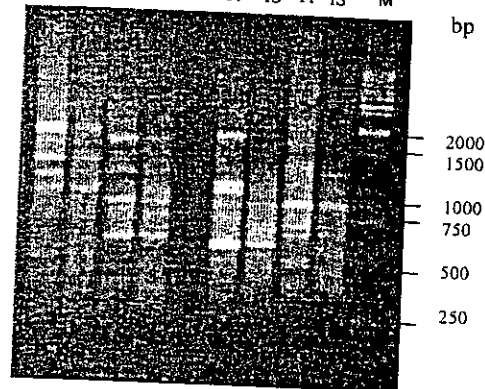
נערכה השוואה בין DNA של תבדידים ממקורות שונים בארץ, מהישובים גבעת חן, כפר מעש, קדימה, פורת וצופית שהוגברו בעזרת התחלים OPF-4 ו-OPF-6 בלבד, נכלל DNA גנומי שהופק מצמח תות, זן תמר (328). אשר שימש כפונדקאי לכל התבדידים שנאספו. ואכן, מרבית הפסים המופיעים ב-328 ללא קימחון, נמצאו גם בחלק מהתבדידים. במספר ובעוצמות משתנות. קיים מספר בודד של פסים הנמצאים בחלק מהתבדידים ולא מופיעים ב-328, ולכן קשה להשוות בין התבדידים השונים על סמך התוצאות הנ"ל (תמונה 3).

במקביל, בוצעה הגברה ב-PCR באמצעות תחלים אוניברסאליים לאזורי ה-ITS השמורים של ה-DNA הריבוזומלי. מקטעים אלה הושוו על בסיס גודל והרכב לאחר קביעת מעקובת הרצפים, במטרה לסווג את התבדידים לאוכלוסיות או תת אוכלוסיות. התוצאות (ציור 11) מצביעות על מידת ההומוגניות הגנטית באוכלוסיות קימחון התות. ניתן לראות כי קיימת זהות מלאה בין הקימחון הישראלי לאיטלקי. קיימת זהות של 99% בין התבדידים השונים בארץ והם קרובים ב-98% לקימחון הוורד והאפסרסק (*S. pannosa*), ב-96% לקימחון עץ התות (*S. aphanis*) וב-91% לקמחון הדלועיים (*S. fuliginea*). נמצא רק 74% דמיון קיימים בין קימחונית (*L. taurica*) ליתר הקימחונות בדנדוגרמה.

M 328 ג. חן כ. מעש קדימה פורת צופית

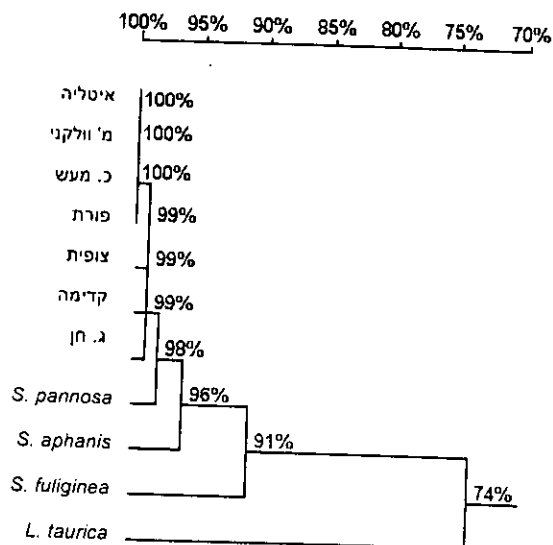
OPF-6 OPF-4 (GACA)₄ (GACAC)₃

IT IS IT IS IT IS IT IS M



תמונה 3 (למעלה): תוצרי PCR של תפטיר קימחון תות שדה ממוצא איטלקי (IT) ותפטיר ממוצא ישראלי (IS) עם התחלים (GACA)₄, (GACAC)₃, OPF-6 ו- OPF-4, לאחר אלקטרופורזה בג'ל 1.8% אגארוז. M- סמן גודל.

תמונה 4 (משמאל): תוצרי PCR של תפטירים של קימחון תות שדה ממקורות שונים בארץ (שהודבקו על עלי הזן תמר) בעזרת התחלים OPF-4 ('א') ו- OPF-6 ('ב'), לאחר אלקטרופורזה בג'ל 1.8% אגארוז. M- סמן גודל, 328 - DNA שמקורו בתות שדה זן 328 לא נגוע.



ציור 11: דנדוגרמה המבטאת את מידת ההטרוגניות הגנטית באוכלוסיות קימחון התות באחוזים. הניתוח נעשה בתוכנת DNAMAN שהתבססה על חישוב אלגוריתם מהיר על פי שיטת היגינס ושארפ.

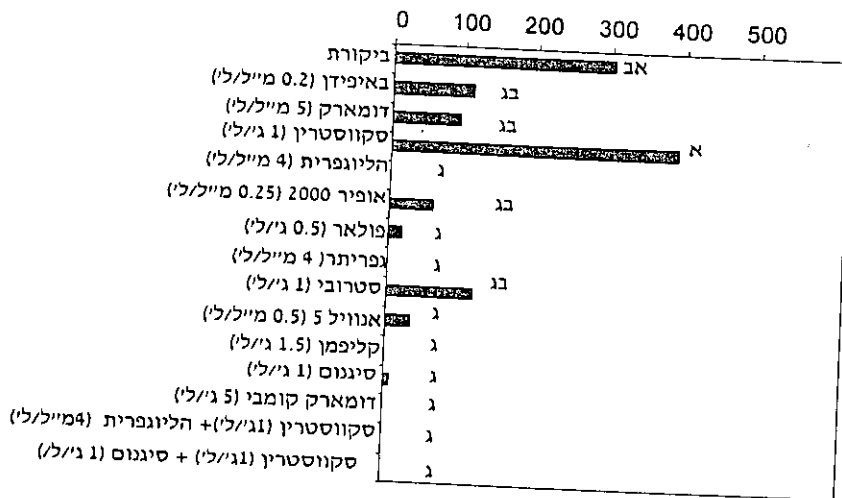
תכשירי הדברה

השפעה על הפטרייה בתנאי מעבדה

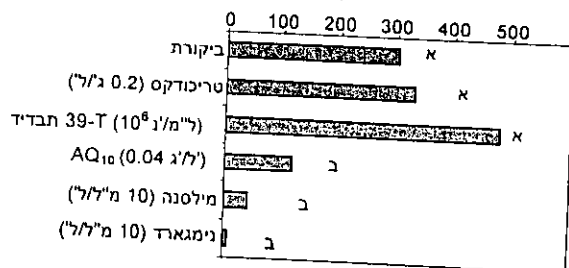
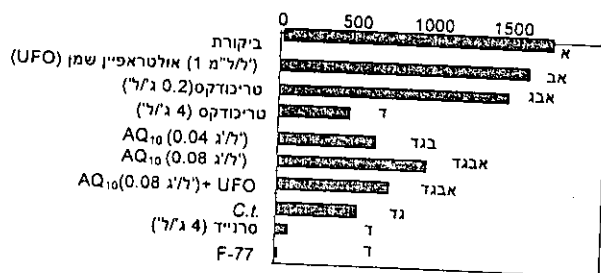
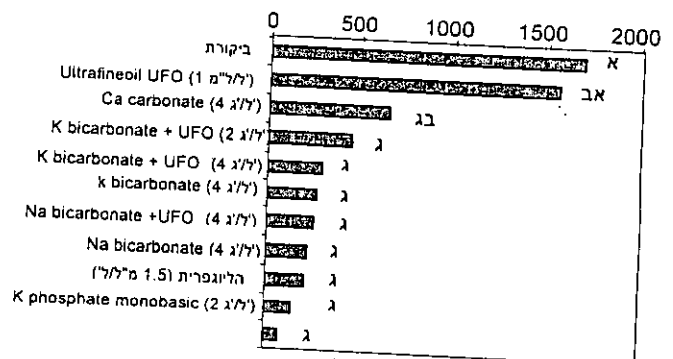
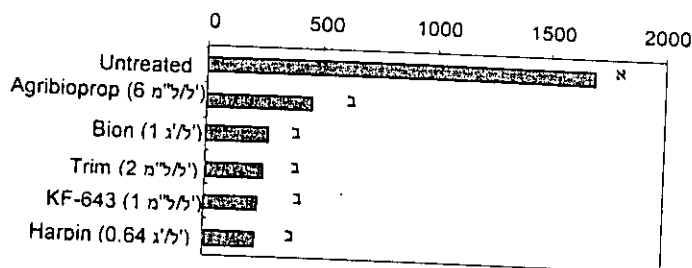
הניסויים לבדיקת ההשפעה של תכשירים שונים על מחולל המחלה ועל המחלה נעשו בתנאי מעבדה על ידי ריסוס על גבי זכוכית נושאת ועל עלים מנותקים של תות שדה. נבחנו הנביטה והגידול וחושבה ביומסת הקורים. בציור 12 מוצגים רק ניסויים עם עלים מנותקים. מבין תכשירי ההדברה הקונבנציונליים נבחנו כימיקלים מקבוצות שונות: סטרובילורינים, אזולים, טריאזולים וכו' ותכשירי גפרית. על גבי עלים, הופחתה ביומסת קורים על ידי רוב

הפונגיצידים. על גבי זכוכיות, כל הטיפולים לא נבדלו מהביקורת, מלבד תיוביט. ככלל, ביומסת הקורים ע"ג זכוכיות, הייתה נמוכה מזו שהתקבלה ע"ג עלים מנותקים בגלל משכיחות הנביטה הגבוהה יותר ע"ג עלים. התכשירים הביולוגיים בדרך כלל ומשרי העמידות לא פעלו על גבי זכוכית מפני שהם אינם רעילים לפטריה אך ע"ג עלים הם נמצאו יעילים ונבדלו באופן מובהק מהביקורת. מדברים יעילים על עלים היו AQ10 (0.04 ג/ל), טריכודקס (4 ג/ל-הריכוז המומלץ) לעומת זה נבגי תבדיד T-39 שהוא הגורם הפעיל בתכשיר טריכודקס לבדם בריכוז 10^6 נבגים למ"ל, לא היו יעילים. תמציות צמחים שנמצאו יעילות הינן מילסנה ונימגארד. כל המלחים שנבדקו נמצאו יעילים בהפחתת ביומסת הקורים בעוד השמן UFO לא היה יעיל לבדו. על גבי זכוכיות לא נתקבלה הפחתה על ידי המלחים והשמן (ציור 12).

ביומסה (מ"מ ונבגים/100)



ציור 12: ביומסת קורים של אוכלוסיות *S. macularis* על עלים מהזן תמר שטופלו בתכשירים שונים. אותיות שונות בכל גרף, מעידות על הבדל מובהק בין הטיפולים ($P \leq 0.05$) לפי מבחן LSD.



ניסויי שדה

נערכו שלושה ניסויי שדה בחלקות מסחריות עם מנהרות נמוכות (אחד באביב 2002 ושניים באביב 2004) אשר תוצאותיהם פורסמו כבר. באביב 2002 בוצע הניסוי במשקו של אפי יוסף בהוד השרון, בצמחי תות מהזן תמר (328) שנשתלו ב-25.9.2001 וגודלו במנהרות נמוכות. הניסוי החל בחלקה נגועה קשה במחלת הקימחון ונערך במתכונת בלוקים באקראי ב-4 חזרות. כל חזרה כללה קטע ערוגה באורך 10 מטר. הריסוסים בוצעו במרסס גב נישא עם הדף אוויר (מרסס גב מפוח), בנפח תרסיס של 50 ליטר לדונם בריסוס הלוך ושוב. במהלך הריסוסים בניסי זה ובשאר הניסויים נמנעה חשיפה לרוחף בחלקות לא מרוססות, על ידי כסוי בריעות פלסטיק של חלקות סמוכות לחלקה

המטופלת. סה"כ ניתנו 6 ריסוסים בתדירות של אחת לשבוע לערך, הראשון ב- 18.4.02 והאחרון ב- 22.5.02. התכשירים שנבדקו בניסוי היו סולפורון (200 סמ"ק/ד'), אאופרן מולטי (200 ו- 400 ג"ד/ד'), אאופרן מולטי (200 ג"ד/ד'), פולאר (20 ג"ד/ד') + סולפורון (100 סמ"ק/ד') דומארק קומבי (500 ג"ד/ד'), פולאר (30 ג"ד/ד') + ביופילם (0.05%) ו- Bas 516 (200 ו- 150 סמ"ק/ד').

באביב 2004 במושב גבעת חן אצל המגדל רונן ברקאי בזן תמר (328) שנישתל ב- 26.09.2003 וגודל במינהרות נמוכות. הניסויים נערכו במקביל, וסומנו "ניסוי 2004 א" ו"ניסוי 2004 ב". בניסוי א' היו ארבע חזרות ובניסוי ב' היו חמש חזרות ובשניהם החלקות הוצבו בבלוקים באקראי. כל חזרה היתה קטע ערוגה באורך 8 מ'. הטיפולים בניסויים היו: ניסוי 2004 א': 1- היקש; 2- טימורקס 1%; 3- EOS 0.5%; 4- ארמי קרב 300 ג"ד/ד'; 5- פולאר 30 ג"ד/ד' + ביופילם 0.1%; 6- אופיר 2000 35 סמ"ק/ד'; 7- תיוביט 200 ג"ד/ד'; 8- נמרוד 50 סמ"ק + פולאר 30 ג"ד/ד'; 9- דומרק 50 סמ"ק/ד' + פולאר 30 ג"ד/ד'; 10- נמרוד 50 סמ"ק/ד' + גופריתר 200 סמ"ק/ד'. ניסוי 2004 ב': 1- היקש; 2- טימור 1%; 3- Prev-M 1%; 4- דומרק קומבי 200 סמ"ק/ד'; 5- פולאר 30 ג"ד/ד' + 0.05% ביופילם; 6- גופריתר 200 סמ"ק/ד'; 7- סיגנום 50 ג"ד/ד'; 8- סטרובי 20 ג"ד/ד'; 9- נמרוד 100 סמ"ק/ד'; 10- אלטרנציה- גופריתר/ סטרובי/ פולאר. הריסוס נעשה באמצעות מרסס נישא עם הדף אוויר, בנפח תרסיס של 40 ליטר/דונם, בריסוס הלוך ושוב במועדים 15.03.04, 22.03.04, 29.03.04, 5.04.04, 13.04.04, 19.04.04, 26.04.04. במהלך הניסויים נמנעה חשיפה לרחף בחלקות לא מרוססות על ידי כסוי ביריעות פוליאאתילן. הערכות נגיעות בקימחון בוצעו בתאריכים 15.03.04, 04.04.04, 13.04.04, 25.04.04, 09.05.04. ההערכה האחרונה בוצעה שבועיים לאחר הריסוס האחרון.

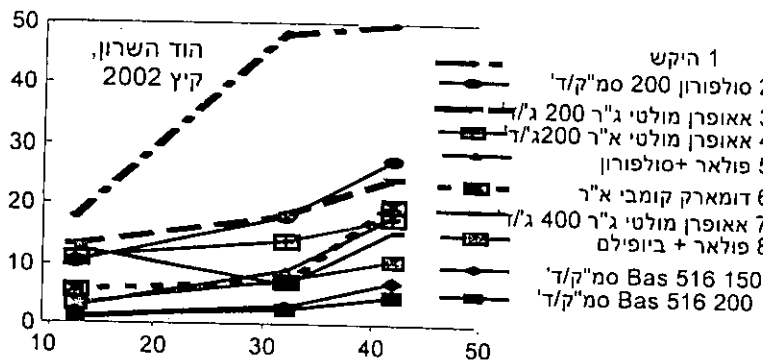
לשם הערכות נגיעות, מכל חזרה נדגמו 20 עלים מפותחים אך לא מבוגרים מדי ובכל עלה הוערכה חומרת המחלה כאחוז כיסוי בתפטיר ונבגים של הפטרייה על פני העלה. פרט לניתוח של כל דגימה חישבנו את ערכי AUDPC המבטאים את השטח שמתחת לעקום של כל אחד מן הטיפולים. שיטה זו מסייעת להבדיל בין הטיפולים במהלך כל הניסוי.

בניסוי 2004 א' רמת הנגיעות מיום ארבעים מהערכה הראשונה נשארה נמוכה יחסית, פרט להיקש והתכשיר "טימורקס" (ציור 2, טבלה ניסוי א'). הירידה בנגיעות מיום השלושים ליום לארבעים נובעת ככל הנראה ממיעוט הצימות, לכן נדגמו עלים "מבוגרים" יותר שהנגיעות בהם היתה נמוכה יותר. עד ליום הארבעים מהערכה הראשונה לא נמצאו פירות נגועים, אולם ממועד זה ואילך החלה נגיעות גם בפרי בהתאם לרמת הנגיעות בטיפול. באשר לשמנים ותכשירים "הידידותיים", היחידי שהראה פעילות הדברה סבירה היה התכשיר PREV-M אשר לא נפל סטטיסטית בייעילותו משאר התכשירים (ציור 13, טבלה ניסוי א').

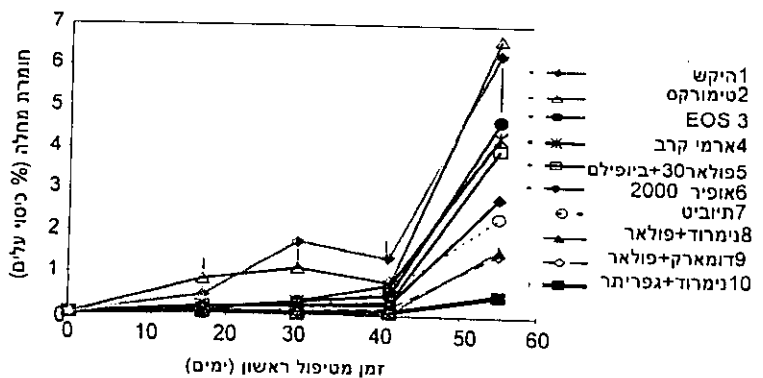
בניסוי ב' נבדלו טיפולי ההיקש והתכשיר טימור משאר הטיפולים עד להערכה האחרונה, כל יתר הטיפולים היו יעילים ולא נבדלו סטטיסטית זה מזה עד להערכה שלפני האחרונה (25.04.04) (ציור 2, טבלה ניסוי ב'). כל עוד הערכות הנגיעות נעשו כאשר תכיפות הריסוסים הייתה פעם בשבוע, רמת הנגיעות במחלה נשארה נמוכה (פרט להיקש ולטיפול בתכשיר טימור). בהערכה האחרונה אשר נעשתה שבועיים לאחר הריסוס האחרון, רמת הנגיעות עלתה מאד. בהערכה האחרונה שני הטיפולים נמרוד וסטרוי נבדלו באופן מובהק משאר הטיפולים. ראוי לציין שכל עוד הערכות הנגיעות נעשו כאשר תכיפות הריסוסים היתה פעם בשבוע, פרט לתכשיר טימור, לא נבדלו סטטיסטית הטיפולים זה מזה אך היו בעלי נגיעות נמוכה מהביקורת. בניסוי ב' נבדקה גם מתכונת ריסוסים לחילופין של גופרית, סטרובי ופולאר. טיפול זה נמצא יעיל ודומה לתכשירים הכימיים היעילים שנבדקו בטיפולים האחרים בניסוי (ציור 13, טבלה ניסוי ב').

הדברה משולבת – שילוב תכשירי הדברה עם עמידות גנטית
בניסוי נוסף בחממה בתנאי שדה בו השתילים נשתלו באדמה. הריסוסים נעשו הלוך ושוב ונמנעה חשיפה לרחף בחלקות לא מרוססות על ידי כיסוי ביריעות פוליאאתילן של חלקות סמוכות לחלקה המטופלת. הערכות הנגיעות נערכו אחת לעשרה ימים בכל חלקות הניסוי, לפני ביצוע הטיפולים בתאריכים: 14.4.04, 25.4.04, 5.5.04, 16.5.04, 27.5.04 ו- 6.6.04. נוסו טיפולים בריסוסים לחילופין בשילוב עם עמידות זן (ציור 3).

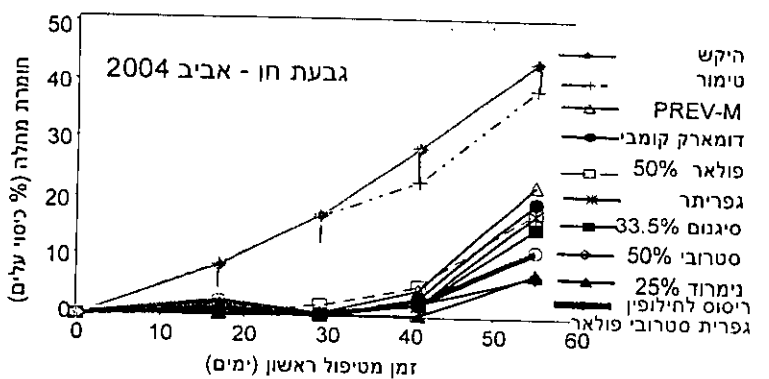
ריסוסים אחת ל 10 ימים בזן תמר (328) הרגיש ובזן מלאך (156) העמיד בתכשירים היו ביון (0.1%), הליוגפרית (1%), קליגרין (0.1%), פולאר (0.05%) ושוב הליוגפרית (1%). מתכונת ריסוסים זו נמצאה יעילה. עמידות הזן אף היא הביאה לרמת מחלה נמוכה. בנוסף, טיפול במתכונת מופחתת ריסוסים, אחת ל- 20 ימים (ביון, קליגרין והליוגפרית באותם הריכוזים) הביא להפחתה מוחלטת של המחלה בזן העמיד 156 (ציור 14).



טיפול	נגיעות בתום הניסוי (% כיסוי עלים)	AUDPC (ימים * % כיסוי)
1	49.9 א	787.3 א
2	26.6 ב	354.0 ב
3	24.3 בג	354.0 ב
4	14.8 דה	256.5 בג
5	18.0 גדה	191.3 בג
6	19.9 בגד	189.6 בג
7	15.5 דה	197.6 בג
8	10.8 הו	138.2 בג
9	7.0 ו	66.9 ג
10	4.5 ז	47.6 ג

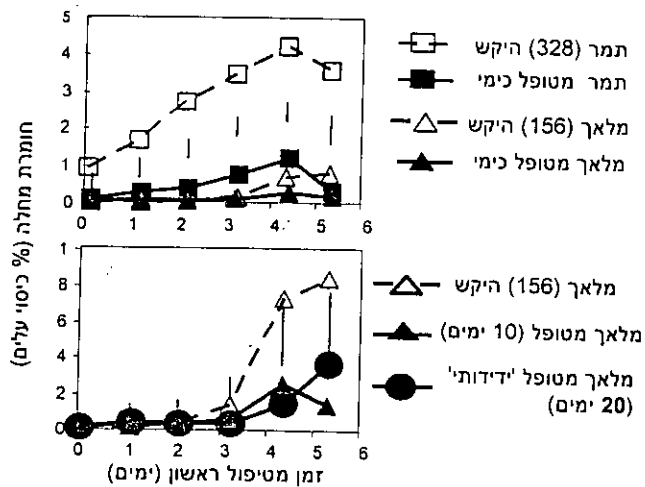


טיפול	נגיעות בתום הניסוי (% כיסוי עלים)	AUDPC (ימים * % כיסוי)
1	63.2 א	846.1 א
2	66.9 א	783.7 אב
3	47.1 ב	446.5 בג
4	43.4 ב	453.6 אבג
5	40.3 ב	371.4 ג
6	28.5 ג	286.9 ג
7	23.7 ג	267.9 ג
8	16.1 ד	123.6 ג
9	14.9 דה	151.8 ג
10	4.8 ה	57.5 ג



טיפול	נגיעות בתום הניסוי (% כיסוי)	AUDPC (ימים * % כיסוי)
היקש	43.3 א	996.5 א
טימור	38.8 א	894.6 א
Prev-M	22.4 ב	249.9 ב
דומארקומבי	19.5 בג	193.0 ב
פולאר+ביופילם	17.9 בג	224.1 ב
גפריתר	17.4 בגד	169. ב
סיגנום	15.0 גד	154. ב
סטרובי	7.0 ה	106.1 ב
נימרוז	7.3 ה	59.6 ב
ריסוס לחילופין	11.2 דה	149.4 ב

ציור 13: התפתחות קימחון תות שדה זן תמר בחלקות שדה המטופלות בתכשירים שונים בתנאים מסחריים. הקווים האנכיים מתארים את ההפרש המובהק הקטן ביותר ($P \leq 0.05$) לפי מבחן LSD. בטבלאות התפתחות קימחון תות שדה בחלקות המטופלות בחומרים השונים. הקווים האנכיים מתארים את ההפרש המובהק הקטן ביותר ($P \leq 0.05$) לפי מבחן LSD.



ציור 14: הדברה המשלבת עמידות זן ותכשירי הדברה. טיפולים אחת ל 10 ימים בזן תמר הרגיש ובזן 156 העמיד בתכשירים היו בין (0.1%), הליוגפרית (1%), קליגרין (0.1%), פולאר (0.05%) ושוב הליוגפרית (1%) (גרף עליון) ובמתכונת מופחתת דיסוסים, אחת ל- 20 ימים רוססו ביון, קליגרין והליוגפרית באותם הריכוזים (גרף תחתון, עיגול מלא). הערה: סקלות ציר ה-Y שונות בשני הגרפים. הקווים האנכיים מתארים את ההפרש המובהק הקטן ביותר ($P \leq 0.05$) לפי מבחן LSD.

דיון ומסקנות

מחלה היא תוצאה של מפגש פונדקאי רגיש, פתוגן ותנאי סביבה מתאימים והשפעות הגומלין שבניהם. בעבודה זו למדנו את התנאים השונים המשפיעים על שלבי התפתחות הפתוגן. הנביטה של *S. macularis* נבחנה 24 שעות מזמן האילוח, כפי שעשו Peries (1962) ו-Jothy and McKen (1965). שעורי הנביטה המרביים היו 10-15%. בעבודה זו נמצא שנבגי הפטרייה נובטים בתחום רחב של טמפרטורות: 5-35 מ"צ. נביטה מרבית נצפתה בתחום הטמפרטורות שבין 15 ל- 30 מ"צ. בטמפרטורות גבוהות או נמוכות יותר, שעורי נביטה היו נמוכים יותר. ממצאים אלה דומים למדווח ע"י חוקרים אחרים שמצאו שנבגים של *S. macularis* נבטו בכל הטמפרטורות שבין 4-36 מ"צ, ונביטה מיטבית נמצאה קרוב ל- 20 מ"צ (Miller et al., 2003; Jhoothy and McKen; 1965). שיעור נביטה מרבי התקבל בתנאי לחות יחסית גבוהה מאד 97-100%. בלחות יחסית שמתחת ל- 75% לא נבדל שיעור הנביטה והיה כ- 5%. ממצאים אלה דומים לנתונים המדווחים ע"י Peries (1962a) שקיבל ב- 97% לחות יחסית נביטה מרבית, ב- 76% נביטה בינונית, וב- 34% ו- 55% נביטה פחותה. הממצאים מתאימים גם לחלוקה של Schnathorst (1965) אשר חילק את מיני הקימחונות לשלוש קבוצות על פי נביטת הנבגים בתנאי לחות יחסית שונות, כלל את *S. macularis* בקבוצה בה מתקבלים השיעורים הגבוהים ביותר של הנביטה בטווחי לחות יחסית שבין 75-100% (כולל מים חופשיים) לקיום תהליך הנביטה, עם נביטה מיטבית בין 96-99% לחות יחסית. שיעור מסוים של נביטה מתקבל גם בלחות שבין 50-75% ומתחת ללחות של 50% מתרחשת נביטה אך בשיעורים נמוכים. בעבודתנו נמצאה השפעה משולבת של טמפרטורה ולחות יחסית בתנאי מעבדה. שילוב של לחות גבוהה ו- 20 מ"צ היה כרוך בנביטה וגידול מרביים אך בלחות גבוהה נבטו הנבגים גם בטמפרטורה שולית (30 מ"צ) ובלחות יחסית 75% הם נבטו גם בטמפרטורה שולית נמוכה. תופעה זו הינה תופעת הפיצוי Peries (1962) ביצע ניסוי דומה על נבגי *S. macularis* והתוצאות שהתקבלו היו: ב- 20 מ"צ שעורי הנביטה הגבוהים ביותר התקבלו בכל הלחות היחסיות הנבחנות על פי הסדר הבא: 97%, 76% ובמידה הפחותה ביותר ב- 34%. בטמפרטורות 10 ו- 30 מ"צ שעורי הנביטה היו דומים מאד ותוספת נמצאה ב- 34% לחות יחסית ו- 10 מ"צ. חושך עודד את הנביטה בעבודתנו. לעומת זאת Peries (1962) לא מצא הבדל בנביטה של נבגי קימחון התות ע"ג עלי תות שדה באור ובחושך ו-Mitchell and McKen (1970) מצאו פוטורופיזם חיובי של נחשוני נביטה של *S. macularis*. יתכן שהבדלים בזן ובתבדיל הביאו לתוצאה השונה. שיעור נביטה גבוה נמצא על פני עלי תות צעירים. נראה שקיימים בהם יותר גורמים מעודדים או פחות גורמים מעכבים מאשר בעלים מבוגרים. הפטריה הנביגה בלחות יחסית בטווחי 70-85% ולא ב- 95%>. לעומת זה Peries (1962) לא מצא הבדל מובהק בקצב התפתחות פטריית הקימחון בתות (הדבקה, גדילה והנבגה) בלחות שבין 100-12% בכל טמפרטורה

נתונה וטען שההבדלים בכמות התפטיר ע"ג העלים בתנאי הלחות השונים, שיקפו את השפעת הלחות על אחוז הנביטה.

Mass (1998) טען שנבגי *S. macularis* חיים זמן קצר בלבד. Peries (1962) הראה שנבגים של קימחון התות ע"ג עלים, מסוגלים לשמור על חיוניות לתקופה של 30 יום ואינם יכולים להשתמר בטמפרטורה גבוהה מאפס מ"צ מפני שהם נובטים או מתים בטמפרטורות גבוהות. בדומה Jhooty and McKeen (1965) מצאו שהנבגים ע"ג העלים הנוגעים מסוגלים לשרוד כ- 40 יום באפס מ"צ. לעומת מידע זה הופתענו למצוא שבניסויים שלנו שרדו הנבגים ונבטו בטמפרטורת החדר אף חמישה חודשים. פוטנציאל ההשרדות הממושכת יכולה להסביר את נוכחות הקימחון בכל עונות הגידול והמעבר בין חלקות. נראה שהמידבק אינו מהווה גורם מגביל במהלך מחזור חיי קימחון התות.

בעבודה זו, נמצא שחומרת מחלה בטמפרטורה 20 מ"צ, הייתה הגבוהה ביותר ונבדלה באופן מובהק מ- 10 ו- 30 מ"צ. בדומה Jhooty and McKeen (1965) דווחו על טמפרטורות 10 ו- 30 מ"צ כטמפרטורות שלא מעודדות להתפתחות מחלת הקימחון בתות שדה ו- Okayama et al. (1995) מצאו שמחלה התפתחה בטמפרטורות בטווח 15-25 מ"צ, כשמירב המחלה ב- 20 מ"צ, ודיכוי מוחלט שלה התרחש ב- 30 מ"צ. המחלה החמורה ביותר בעבודתנו נמצאה בתנאי לחות 80-85%. הערכים הנמוכים שהתקבלו בלחות הגבוהה מאד (>95%) מנוגדים לתוצאה קודמת שלנו לפיה מיטב נביטת הנבגים התרחש בלחות גבוהה. בעבודה זו נמצא שבתנאי תאורה חזקה (7000 לוקס) חומרת המחלה הייתה פחותה, באופן מובהק מהחומרה בצמחים שנחשפו לעוצמות התאורה הנמוכות: 1200 ו- 3800 לוקס שלא נבדלו ביניהן. ההבדל נובע כנראה מהשפעה ישירה של התאורה על הפתוגן או מהשפעה עקיפה באמצעות השפעה על הצמח, שבעקבותיה חלים שינויים, המשפיעים על רגישותו להדבקה ע"י מחולל המחלה או להתפתחות המחלה. אנחנו מצאנו שעלים צעירים רגישים יותר למחלה ממבוגרים בדומה לממצאי החוקרים היפנים שמצאו ששיתלי בת היו הרגישים ביותר להדבקות במחלה (Okayama et al., 1995). תוצאה זו מתאימה גם לרמת הנביטה הגבוהה של נבגים שמצאנו על עלים צעירים.

קימחונות בד"כ שכיחים יותר בתנאי צל מאשר בקרינה מלאה, סביבות הנבדלות גם בטמפרטורה ובלחות היחסית (Yarwood, 1957). בעבודה זו לא היו הבדלי טמפרטורה ולחות משמעותיים מאחר והניסוי נעשה בחדר עם תנאים מבוקרים ותנועת אוויר. מיקרים דומים בקימחונות אחרים דווחו במחקרים נוספים, למשל Cimanowski et al. (1975) דיווחו שחשיפה של עלי תפוח לעוצמות אור גבוהות, מעלה את פעילות הפוטוסינתזה, אך מפחיתה ומעכבת את התפתחות הקימחון. אף בקימחון הדלועיים, בקישוא נמצא שרשת הצללה האיצה את הופעת הקימחון והגבירה את חומרת הנגיעות בצמחים בעלי עמידות חלקית וצמחים רגישים (Leibovich et al., 1996). תוצאות שונות דווחו בקימחונות הפלפל, שפחתה בצל (מסיקה וחוב', 2003).

נראה שאוכלוסיית הקימחון בישראל אינה מגוונת במידה רבה. ייתכן שחוסר השונות הגנטית נובע מחסרוננו של השלב המיני אשר הינו ידוע כתורם לוריאביליות של אוכלוסיות פטריות.

מספר תכשירים נמצאו יעילים בעיכוב נביטה, גידול קורים והתפתחות מחלה. רוב התכשירים שנוסו בתנאי שדה ותערובות שלהם היו יעילים בהדברת הקימחון אך סמוך לאחר הפסקת הריסוסים השבועיים עלתה רמת המחלה וההגנה לא הייתה מספקת. נראה שריסוסים בתכיפות רבה הם כורך המציאות בזנים רגישים בתקופה בה המחלה מתעצמת במהירות. מצאנו שניתן לשלב בריסוס לחילופין תכשירים מקבוצות שונות ולקבל הדברה נאותה של המחלה אפילו בתנאי שדה ורמת מחלה גבוהה. נראה ששילוב תכשירי הדברה עם עמידות גנטית (זן עמיד) יעילה אף יותר. במקרה זה מספר ריסוסי התכשירים נגד קימחון עשוי להיות מזערי אך השימוש בזנים עמידים מותנה בפיתוח זנים מתאימים גם מבחינות הורטיקולטוריות ועמידות למחלות אחרות. שילוב אמצעים להדברה הינו כלל ראשון למניעת התפתחות עמידות כלפי חומרים המועדים לכך ויעזור בשימור אמצעי הדברה יעילים לאורך זמן.

התכשירים ששימשו בעבודה

משווק	יצרן	תוארית*ריכוז חומר פעילה/מרכיב הפעיל			ביו/לוגיים
Agra Quest לוכסמבורג תעשיות	<i>Bacillus subtilis</i>	10%	ג'ר	סרנייד	
Ecogen לוכסמבורג תעשיות	<i>Ampelomyces quisqualis</i>	5x10 ⁹ נב/ג'	ג'ר	AQ ₁₀	
מכתשים	<i>Trichoderma harzianum</i>	10 ⁹ cfu/g	אב	טריכודקס	
כימיים					
Kalo inc. טבעון כיס	fatty acids glycol esters	977 ג/ל	ת"נ	ביופילס	
כצט	penconazole	100 ג/ל	ת"מ	אופיר	
Syngenta כצט	penconazole	200 ג/ל	ת"ש	אופיר 2000	
Kaken Pharm טבעון כיס	polyoxin - AL	50%	ג'ר	פולאר	
BASF אגן יצרני כימיקלים	pyraclostrobin+boscalid	6.7%+26.7%	ג'ר	סיגנוס	
Syngenta מכתשים	hexaconazole	50 ג/ל	ת"ר	אנוויל 5	
BASF אגן יצרני כימיקלים	kresoxim methyl	50%	ג'ר	סטרובי	
Cerexagri לוכסמבורג תעשיות	sulphur	825 ג/ל	ת"ר	גופריתר	
Action Pin מכתשים	sulphur	700 ג/ל	ת"ר	הליוגפרית	
Syngenta האחים מילצ'ן	sulphur	80%	ג'ר	תיובית	
Isagro לוכסמבורג תעשיות	sulphur + tetraconazole	40%+1%	א"ר	דומארק קומבי א"ר	
Isagro לוכסמבורג תעשיות	tetraconazole	100 ג/ל	ת"מ	דומארק	
Dupont אחים מילצ'ן	famoxadone+ mancozeb	6.25+62.5%	ג'ר	קליפמן	
Syngenta כצט	Fe - EDDHA	6%	ג	סקוסטרין	
ליעד כימיקלים לידור כימיקלים	triadimenol	250 ג/ל	ת"מ	באיפידן	
Syngenta מכתשים	azoxystrobin	250 ג/ל	ת"ר	עמיסטר	
Novartis כצט	penconazole	100 ג/ל	ת"מ	אופיר	
Syngenta כצט	penconazole	100 ג/ל	ת"ש	אופיר 2000	
Dow Agrosciences אגרינס	fenarimol	120 ג/ל	ת"מ	רוביגן	
Dow Agrosciences אגרינס	myclobutanil	125 ג/ל	ת"מ	סיסטאן	
Probelte תרסיס	sulphur	720 ג/ל	ת"ר	סולפורן	
ליעד כימיקלים לידור כימיקלים	tolyfluanid	50%	ג'ר	אאופרן מולטי	
ליעד כימיקלים לידור כימיקלים	tolyfluanid	50%	א"ר	אאופרן מולטי	
BASF אגן כימיקלים	pyraclostrobin + nicobifen	6.7+26.7%		Bas 516	
מכתשים	bupirimate	25%	ת"מ	נימרוד	
מלחים					
Toagosei chem פדרמן ובניו	K bicarbonate	80%	א"מ*	קליגרין	
Church & Dwight Co לוכסמבורג תעשיות	K bicarbonate	85%	א"מ	ארמי קרב	
Sigma Sigma	K bicarbonate	99.5%		K bicarbonate	
Sigma Sigma	K phosphate monobasic	99%		K phosphate monobasic	
Sigma Sigma	Ca carbonate	99%		Ca carbonate	
Sigma Sigma	Na bicarbonate	99.5%		Na bicarbonate	
מיצויי צמחים, משרי עמידות ושמן					
HH Bio. Sci, Inc.	extraction of Giant Knotweed	5%		מילסנה	
Trichoderma	mineral nutrients + plant extracts			Agribioprop	
BMS International	mineral nutrients mix			Trim	
Syngenta האחים מילצ'ן	acyl benzolar-s methyl	50%	ג'ר	Bion	
Shin-etzu	experimental			KF 643	
Eden Bioscience האחים מילצ'ן	messenger	3%	ג'ר	Harpin	
W.R. Grace אגרון	neem oil	97%	ש'	נימגארד	
ביומור ביומור	שמן עץ התה האוסטרלי	50%	ת"מ	טימור	
ביומור ביומור	שמן עץ התה האוסטרלי	66%	ת"מ	טימורקס	
Citrus oil products האחים מילצ'ן	שמן ממיצוי קליפות הדרים בתוספת sodium tetraborohydrate decahydrate	0.99%		Prev -M	
Sun Oil ריזל חקוט	paraffinic oil	98.8%	ש'	אולטרא פיין	
מכתשים	mineral oil	99.8%	ש'	EOS	

* ג'ר = גרגרים רחפים, אב' = אבקה, ת"נ = תרכיז נוזלי, ת"מ = תרכיז מתחלב, ת"ש = תחליב שמן במים, ת"ר = תרכיז רחיק, א"ר = אבקה רטיבה, ג = גרגרים, א"מ = אבקה מסיסה, ש' = שמן.