

העמותה הישראלית למחלות צמחים

הועידה ה-40



ערכו: עומר פרנקל ועמית גל-און

מרכז וולקני, ראשון לציון

ו'-ז' באדר א' תשע"ט

11-12 בפברואר, 2019

הנהלת העמותה הישראלית למחלות צמחים בשנים 2018-2019

עמית גל-און – נשיא

דב פרוסקי – נשיא כבוד

עומר פרנקל – מזכיר

יצחק שור – גזבר

שי קובו

אופיר אטינגר

שאול בן-יהודה

אריק שמאי

עיצוב עמוד פתיחה: מר שמעון צרור



**העמותה הישראלית למחלות צמחים מודה מעומק הלב לחברות
ולארגונים שתרמו לוועידה ה-40:**

○ מועצת הצמחים ענף ירקות

○ ארגון מגדלי פירות

○ משתלות דנציגר

○ חישתיל

○ אבוגי"ן

○ שורשים

○ בית אריזה שוהם

○ אגרונומיה

○ חברת סטוקטון

○ מיקרולב

○ איגוד הכימיה

רשימת זוכים במלגות העמותה למחלות צמחים 2018/2019

העמותה מודה מקרב לב :

למשפחת לובנשטיין על מלגה להפצת פעילות העמותה לציבור במרשתת וברשתות החברתיות. המלגה על שם פרופסור גד לובנשטיין ז"ל, מדען מוביל שפעליו קידמו את עתיד המחקר החקלאי בישראל ובעולם.

למשפחת וינטל על הענקת מלגה לתלמיד דוקטורט על שם חיים וינטל ז"ל, איש וולקני אוהב אדם מחקר וחקלאות.

למשפחת מלצר, על הענקת מלגה לתלמידת מחקר על שם גורי מלצר ז"ל איש חינוך תעשייה ומדע

תלמידי מוסמך

שלומית דור

אורי שפאץ

שחר ירושלמי

תלמידי דוקטור

ליאור גור

ברק דרור



תוכן עניינים

דבר ההנהלה

5

תכנית הכנס

6-12

תקצירי הרצאות

17-55

17 *Phytophthora infestans*: the master
invader

הרצאה מוזמנת: פרופ' W.E. Fry

18-23 אפידמיולוגיה ודינמיקה של מחלות

ישיבה א'

24-28 מנגנונים המעורבים ביחסי פתוגן צמח

ישיבה ב'

29-33 הדברה ביולוגית

ישיבה ג'

34 'מחלת פנמה' וגזעי פוזריום שונים שמאיימים
על גידול בננה בעולם

הרצאה מוזמנת: ד"ר סטנלי
פרימן

35-37 וירולוגיה

ישיבה ד'

38-42 ממשק והדברה

ישיבה ה'

43-49 עמידות צמחים

ישיבה ו'

50-63

תקצירי פוסטרים

דבר ההנהלה,

עמיתים יקרים,

ברוך בואכם לוועידה ה-40 למחלות צמחים,

השנה אנו חברי העמותה חוגגים ארבעה עשורים לפעילותנו. אנו מתכנסים להציג ולהיחשף למחקרים בסיסיים ויישומיים בתחום מחלות הצמחים. התמודדות מושכלת עם מחלות צמחים הינה אחד הנושאים החשובים בהפחתת נזקי יבול ונזקים סביבתיים בחקלאות המודרנית. העובדה שמחלות חדשות וישנות ממשיכות לפגוע בגידולים רבים מחזקת את חשיבות המחקר בתחום.

בוועידה זו העמותה מציינת את זכרו של פרופ' גד לובנשטיין ז"ל שנפטר לפני שנה. פרופ' גד לובנשטיין היה נשיאה הראשון של העמותה, ממייסדיה וחבר פעיל ומשמעותי בה, העמיד דור חוקרים הממשיכים את דרכו ומחקריו בהבנת מנגנוני עמידות ויראליים ופיתוח חומר ריבוי חופשי מנגיפים. מחקריו מהווים השראה לסטודנטים צעירים העוסקים בחקר הווירולוגיה.

השנה התברכה העמותה הרצאת אורח מיוחדת של פרופ' בייל פריי מאוניברסיטת קורנל, חוקר מוביל בעולם באספקטים אפידמיולוגיים של מחלת הכמרון.

תכנית הוועידה מאופיינת במגוון תחומים הכוללים אפידמיולוגיה ודינמיקה של מחלות; מחקרים בסיסיים בהבנת מנגנונים המעורבים ביחסי פתוגן צמח; התמודדות עם ממשקי הדברה המשלבים ביולוגיה וכימיה עם מקורות עמידות; פיתוחים חדשניים בהדברה ביולוגית; התמודדות עם מחלות חדשות המסכנות גידולים מובילים; פיתוח ממשקי הדברה יצירתיים ופיתוח עמידויות פורצות דרך.

כמידי שנה הוועידה מעודדת ונותנת במה לסטודנטים וחוקרים צעירים להציג את מחקריהם במטרה לקדם דור עתידי מוביל. המועמדים לקבלת מלגות יציגו את מחקריהם בוועידה. כמיטב המסורת, העשרנו את פעילות העמותה בסיור מקצועי וממצה בהתמודדות עם מחלות גפן למאכל, אשר שולב עם חקלאות עתיקה ושימור זנים עתיקים ותובל בסיור מקסים בעין כרם. במהלך 2018 שודרג גם פרסום העמותה והופץ בהצלחה באתר האינטרנט ודף הפייסבוק של העמותה.

תודה לכם המשתתפים ולחברות התורמות בקידום דור העתיד וקיום הכנס השנתי.

תודות לחברי ועדת המלגות שפעלו לקביעת הזוכים במלגה.

תודה למר שמעון צרור על עיצוב עמוד הפתיחה

הנהלת העמותה רואה בארגון הוועידה חשיבות רבה, כחלק מתפקידיה בהצגת מחקרים ובהחלפת ידע בין חברים ומאחלת לכולנו ועידה פורייה ומוצלחת.

בברכה

הנהלת העמותה הישראלית למחלות צמחים

תוכנית הועידה השנתית ה- 40 של העמותה הישראלית למחלות צמחים

אולם כהן, מנהל המחקר החקלאי, ראשון לציון

יום שני, ו' באדר א' תשע"ט, 11 בפברואר 2019

התכנסות, כיבוד קל ורישום	8:00 - 8:45
דברי פתיחה	8:45
ברכות פרופ' אלי פיינרמן, ראש מנהל המחקר החקלאי	8:45 - 8:50
דבר הנשיא דר' עמית גל-און, מנהל המחקר	8:50 - 9:00
טקס הענקת מלגות לסטודנטים/ות - דר' שולמית מנוליס ופרופ' דב פרוסקי נשיא הכבוד של העמותה	9:00 - 9:15

9:15-10:00 הרצאה מיוחדת לזכרו של פרופסור גד לובנשטיין

9:15-9:25 דברים לזכרו של פרופסור גד לובנשטיין- פרופ' עבד גרה

9:25-9:55 הרצאה מוזמנת – ד"ר אביב דומברובסקי

מחלות נגיפיות בחקלאות המודרנית- אתגרים ומגמות בתנאי אקלים משתנים

9:55-10:45 הרצאה מוזמנת מיוחדת Prof. W. E. Fry

Phytophthora infestans: the master invader

10:45-11:15 הפסקת קפה

מושב א' 11:15-12:45 אפידמיולוגיה ודינמיקה של מחלות

יו"ר: ד"ר מיה בר

11:15-11:30 מבנה אוכלוסיית הכימשון בתפוחי אדמה בישראל בשנים 2017-2018

יגאל כהן, אבגניה רובין, מריאנה גלפרין, אורי זיג ודייוויד קוק

11:30-11:45 הגורמים המשפיעים על התפתחות מחלת הקמלון (Mal Secco Disease) בזמן ובמרחב

בפרדסי לימונים בישראל.

מרים בן חמו, דוד עזרא וליאור בלנק

11:45-12:00 *pratylenchus capsici* נמטודה נודדת חדשה-ישנה מסבה נזקים בגידול פלפל בערבה
צ'ינג קסו, אברהם גמליאל, פטריסיה בוקי, אוהד אברהם, סבטלנה דוברינין וסיגל בראון

11:45-12:00 על הקשר בין תנאי הסביבה להתבטאות מחלת ריקבון הפחם, *Macrophomina phaseolina*
בכותנה
רוני כהן ומיטל אלקבץ

12:00-12:15 טווח פונדקאים חדש לפתוגן התירס *Harpophora maydis*
אופיר דגני, שלומית דור ורגב דניאל

12:30-12:45 תפיסה של *Ilyonectria liriodendri*, גורם למחלת שורש כהה, בפטל אדום
מארצות הברית
יעל מלר הראל, גנייה אלקינד, אלה גומברג, רוזה גופמן ואריק שמאי

12:45-13:40 הפסקת צהריים והצגת פוסטרים

מושב ב' 13:40-14:55 מנגנונים המעורבים ביחסי פתוגן צמח

יו"ר: ד"ר אסף לוי

13:40-13:55 מנגנוני הפעולה של המדביר הביולוגי *Pseudozyma aphidis*
קלאודיה א. קלדרון, שני אלסטר, רביב האריס, דויד וולה-קורסיה, אביבה גפני, נטע רותם
ומגי לוי

13:55-14:10 זיהוי אפקטורים חדשים המופרשים ע"י מערכת הפרשה מסוג III של חיידקי *Acidovorax*
פתוגניים של צמחים
אירנה חימנס גררו, פרנססקו פרס מונטניו, גוסטבו מתאוס דה סילבה, דפנה שקדי, נעמה
וגנר, טל פופקו, גואידו ססה ושאול בורדמן

14:10-14:25 תכונות גנומיות של אדפטציה חיידקית לצמחים
אסף לוי

14:25-14:40 מעורבותו של פקטור שעתוק *CreA* של *Penicillium expansum* בתהליך בקרת גרמי
האלימות של הפטרייה והגברת עמידות בתפוחי עץ
ג'ואנה טאנוס, דיליפ קומר, נועה סלע, אדוארד סיונוב, ננסי קלר ודב פרוסקי

14:40-14:55 גם פוזריום צריכה להיות חכמה בשמש
שירה מילוא כוכבי, שירה אדר ושי קובו

הפסקה 14:55-15:10

מושב ג' 15:10-16:25 הדברה ביולוגית

יו"ר: ד"ר אופיר בהר

15:10-15:25 הדברה ביולוגית של מחלות צמחיים: קישור בין קרקע, חיידקים וביופסטצידים
אדי סיטרין, יוחאי אייזק, מאיה משה, שירלי קרוטרו, דור אזולאי, אדר טביב,
אברהם גמליאל, מרינה בניכיס, רחל ברגר, רניה אפני, שמואל כרמלי, עומר פרנקל,
מנחם בורנשטיין ודרור מינץ

15:25-15:40 אנדוסימביונטים של חרקים כאמצעי לבקרה של מחלות חיידקיות מוגבלות-שיפה
דור המרשלק, אורית דרור ואופיר בהר

15:40-15:55 מטבוליטים המופרשים מהתבדיל *Frateria defendens* כפתרון אפשרי נגד מחלות צהבון
אלא נעמה, שנהב כהן, ורד נאור, אורית דרור, אופיר בהר, עינת צחורי פיין ולילך יסעור
קרית

15:55-16:10 יישום החיידק *Frateria defendens* להקטנת נזקי צהבון הנגרמים על ידי פיטופלסמה
בגפני יין
ורד נאור, לילך יסעור-קרית, תרצה זהבי, אופיר בהר, יורם קפולניק ועינת צחורי-פיין

16:10-16:25 פיתוח מוצר חדשני להדברת נמטודות המבוסס על חברת חיידקים שוכני קרקע.
פטריסיה בוקי, אברהם גמליאל, דרור מינץ, בהטראגיה צייפנדי וסיגל בראון

יום שלישי, ז' באדר א' תשע"ט, 12 בפברואר 2019

8:45-8:15 התכנסות, כיבוד קל ורישום

8:45-9:15 הרצאה מוזמנת – ד"ר סטנלי פרימן

מחלת פנמה וגזעי פוזריום שונים שמאיימים על גידול בננה בעולם

9:15-10:00 הרצאה מוזמנת – פרופ' רון מילוא

מי שוקל יותר? - סקר אוכלוסין לטבע

10:00-10:45 ישיבה ד' וירולוגיה

יו"ר: ד"ר זיו שפיגלמן

10:00-10:15 תפקיד חלבון התנועה של הוירוס ToBRFV בשבירת העמידות לטובמווירוס בצמחי

עגבנייה

חגית האק וזיו שפיגלמן

10:15-10:30 מעבר נגיף ToBRFV (Tomato brown rugose fruit virus) בזרעים ובאבקה בצמח

העגבנייה

בן אבני, דנה גלברט, טלי סופרין רינגולד, חני צמח, מורן סגולי, אילן לוי, רינה קמינצקי

גולדשטיין ומשה לפידות

10:30-10:45 לימוד הוירוס של האבטיח בפירות נגועים מהווה מקור מידע חשוב על נוכחותם של נגיפים

המועברים על ידי כנימת עש הטבק

נטע לוריא, אלישבע סמיט, עודד לכמן, נועה סלע, אמנון קורן ואביב דומברובסקי

10:45-11:15 הפסקת קפה

11:15-12:30 ישיבה ה' – ממשק והדברה

יו"ר: תמר אלון

11:15-11:30 טיפולים ביולוגיים וכימיים בזמן פריחה למניעת החדירה וההתבססות של פטריית

הבוטריוספריה ולצורך הפחתת נשירת חנטים, תוספת יבול והפחתת רקבונות בפירות מנגו

אולג פיינגברג, סוניה דיסקין, דליה מאורר ונעם אלקן

11:30-11:45 מפוח חום – גישה חדשה ידיוותית לסביבה להפחתת מחלות ופגעים בכרמי יין

שמוליק עובדיה

11:45-12:00 עמידות הפטרייה *Erysiphe necator* מחוללת מחלת הקימחון בגפן לקוטלי פטריות

ליאור גור, משה ראובני, יגאל כהן, שמואל עובדיה ועומר פרנקל

12:00-12:15 סידן בריסוסי עלווה להתמודדות עם מחלת העובש האפור בפלפל באחסון

כרמית זיו, אלעזר פליק, שרון אלקלעי-טוביה, דני צילופוביץ, פביולה יודלביץ, תמר אלון,

דוד סילברמן, שמשון עומר, זיוה גלעד וזיו קליינמן

12:15-12:30 חשיבות מבנה המולקולה בהדברת הפטרייה הפתוגנית *Sclerotium rolfsii*

אורנה ליארזי, אריאל אבנסון ודוד עזרא

12:30-13:25 הפסקת צהריים והצגת פוסטרים

13:25-13:30 יצחק שור, גזבר העמותה דוח כספי שנתי

13:30-15:15 ישיבה ו' – עמידות צמחים

יו"ר: ד"ר יריב בן נעים

13:30-13:45 חסינות קונסטיטטיבית ככלי לייצור צמחים עמידים למחלות

אופיר גרשוני, מירב לייבמן-מרכוס, לורנה פיזארו, רופאלי גופטה, דליה רב-דוד,
גלינה לבדב, מוראד גאנס, יגאל אלעד, עדי אבני ומיה בר

13:45-14:00 בדיקה פונקציונלית של גנים לעמידות במלון על ידי מוטגנזה CRISPR-CAS9

שחר ניצן, עמליה בר-זיו, טל דהן ורפאל פרל-טרבס

14:00-14:15 עמידות מוחלטת ל-PepMV בעגבניות טרנסגניות

דיאנה ליבמן, דליה וולף, מיטל שטרקמן ועמית גל-און

14:15-14:30 *Pb2* -גן חדש לעמידות בפני כשותית הבזיל *Peronospora belbahrii*

יריב בן נעים, אוקסנה ליברנץ ויגאל כהן

14:30-14:45 פיתוח עמידות ל-*Tomato brown rugose fruit virus* בעגבנייה באמצעות עריכה גנומית

מיכאל קרבצ'יק, דיאנה ליבמן, רינו קומרי, יוליה שניידר ועמית גל-און

14:45-15:00 מעורבות מיני פוזריום בתופעת ההתמוטטות בצמחי עגבנייה

דניאל רוקנשטיין, אביב דומברובסקי, יעקב קטן, יעל רקח שמעון פיבונייה, עופר גיא,
יובל קיי, שלי גנץ, ליאור אברהם, נטע מור, ועומר פרנקל

15:00-15:15 בחינת השונות הגנטית של הפטרייה הפתוגנית *Macrophomina phaseolina* בישראל

ואיתור חומר גנטי עמיד של צמחי תות שדה *Fragaria x ananassa* כנגד הפטרייה
בר פיקל, ניר דאי, מרסל מימון, מירב אלעזר, זכריה תנעמי, עומר פרנקל, מוחמד אבו
טועמה, נטע מור, עמיר שרון, וסטנלי פרימן

ברכות, תודות ולהתראות בכנס הבא

פוסטרים המוצגים במהלך הועידה

- (1) פיזור אווירני של נבגים א-מיניים של הפטריות *Lasiodiplodia theobromae* ו-*L. Pseudotheobromae* רן שולחני ודני שטיינברג
- (2) יחסי הגומלין בין הפתוגנים *Harpophora maydis* ו-*Macrophomina phaseolina* בגרימת מחלות בתירס ובכותנה שלומית דור, יעל קנטר, דניאל רגב, רוני כהן, און רבינוביץ, ואופיר דגני
- (3) מחלת הקימחון בתפוח בישראל: מקורות המידבק והשלב הפנולוגי הרגיש להדבקה כבסיס לפיתוח ממשק הדברה מיטבי עדי הלפרין, משה ראובני, ליאור גור, אמוץ פרבר ויגאל כהן
- (4) הדברה כימית של גזעי כמשון עמידים למפנוקסם בתפוחי אדמה יגאל כהן, אבגניה רובין, ומריאנה גלפרין
- (5) אנדופיטים מצמחי-בר ארץ ישראלים כמקור לחומרי טבע חדשים לשימוש בחקלאות ורפואה כנגד גורמי מחלות ומזיקים נרי עזר, יגאל אלעד, אורנה ליארזי ודוד עזרא
- (6) פטריות אנטומופתוגניות - כמדבירים מיקרוביאליים, אמצעי הדברה מסחריים ונחיצותן בגידולים חקלאיים בישראל דנה מנט, עדן יוסף, אלכס פרוטסוב, צביקה מנדל, לילך מונדקה, שאול בן יהודה, כרמית סופר-ארד, רקפת שרון, אמנון בוימל, אתי לוין, ארנון אלוש, גל יעקבי, הוסן קוקיסי, אנריקו דה-לילו
- (7) בחינת השימוש בחיידקים הטורפים *Bdellovibrio* and like organisms להדברה ביולוגית של מחלת הריקבון הרך בתפוח אדמה דניאל יודקס, יעל הלמן, שאול בורדמן, אדוארד יורקביץ
- (8) הרצפטור NRC4a מעגבנייה משפעל את מערכת החיסון הצמחית ליצירת עמידות למגוון רחב של מחלות מירב לייבמן-מרכוס, לורנה פיזארו, אופיר גרשוני, רופאלי גופטה, יפתח מארש, גלינה לבדב, מוראד גאנס, עדי אבני, ומיה בר

9) מחלת הרשת בשעורה- אפיון קווי שעורה תרבותית ושימוש באוכלוסיית מיפוי לאיתור אללים המעורבים בעמידות השעורה למחלה
משה רוטן, אריה הראל, חנן סלע, אייל פרידמן, אלכס מורו ורואי בן דוד

10) הרצפטור NRC4a מעגבנייה משפעל את מערכת החיסון הצמחית ליצירת עמידות למגוון רחב של מחלות
לורנה פיזארו, מירב לייבמן-מרכוס, סילביה שוסטר, מיה בר ועדי אבני

11) תערובות פפטידים רנדומליים מפחיתים סימפטומים של מחלות צמחים הנגרמות על ידי חיידקי *Xanthomonas* מבלי לפגוע בדבורת הדבש
שירי טופמן, חלי תמיר, דפנה תמיר-אריאל, שרוני שפיר, צבי חיוקה ושאול בורדמן

12) אבחון וזיהוי של פטריות פתוגניות הפוגעות בקנאביס רפואי
שחר ירושלמי, מרסל מימון, אביב דומברובסקי וסטנלי פרימן

13) איתור גנים מועמדים להקניית עמידות ל *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* גזע TR4 בבננה
אורי שפאץ, מרסל מימון, נבות גלפז וסטנלי פרימן

14) התפשטות *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* גזע TR4 (גזע טרופי 4) הגורם למחלת הנבילה בבננה מזני קוונדיש בישראל
מרסל מימון, אורי שפאץ, נועה סלע, יעל מלר-הראל, עדנה לוי, גניה אלקינד, אמה טברובסקי, רוזה גופמן, עמי הברמן, רונית זמורסקי, נדב עזרא, יובל לוי, גל אור, נבות גלפז, יאיר ישראלי וסטנלי פרימן

שקוף שזה בריא.

שתילי העגבניות של חישתיל מיוצרים במשתלות מרוחקות מאזורי גידול אינטנסיביים ובתקנים מחמירים של הגנת הצומח. למה אנחנו עושים את זה? כדי להגיע לחקלאי עם שתילים נקיים, בריאים ואיכותיים.



100% HISHTIL מקצועיות

משרד סכירות אשקלון סל. 08-6747555 | פקס 08-6747540
משרד סכירות נחלים סל. 03-9373136 | פקס 03-9373127
www.hishtil.co.il | חישתיל - f





מחלות צמחים מסבות נזק של מיליארדי דולרים לתעשיית החקלאות העולמית, שגדל בכל שנה עקב עמידות גוברת לקוטלי עשבים וחרקים.

אבוג'ן, בעזרת היכולת המחשובית, מאגרי הנתונים וכוח האדם האיכותי, מספקת לכך מענה דרך הזרעים (הנדסה ועריכה גנטית), כימיה, ועולם הבקטריות.

אבוג'ן בע"מ, גד פינשטיין 13, רחובות. טלפון: 08-9311900,
מייל: info@evogene.com, אתר: www.evogene.com

החמקו

שתיל עם יתרון
אדיר



-יבול גבוה
-עמיד לקור
-און צימוח חזק
-מעמיק שורשים
-מתחמק ממחלות קרקע



משתלת שורשים "אח"מ" (1986) בע"מ
משתלה לייצור וריבוי שתילי ירקות ותבלינים

מושב עין הבשור, ד.ג. נגב מיקוד: 8540500 טלפון: 08-9982675
פקס: 08-9982549, 08-9965077 E-mail: klali@shorashim-ltd.com

DANZIGER

At the Floriculture
FRONTIER
OVER 60 YEARS
of breeding and production



IMAGINE MORE

 **DANZIGER**
www.danziger.co.il |  

יום ב, 11 לפברואר, ו' בשבט

הרצאה מוזמנת

***Phytophthora infestans*: the master invader**

William E. Fry

Plant Pathology and Plant-Microbe Biology, School for Integrative Plant Sciences, Cornell
University, Ithaca NY, 14853, USA

In the USA and in most locations worldwide, major epidemics (pandemics) of late blight caused by *Phytophthora infestans* have been caused by the introduction of novel genotypes. In the USA (and in most locations around the world), the population structure of *P. infestans* over time is characterized by a series of genotypes that come to dominance and then disappear from the scene. (The exceptions to this situation occur in central Mexico where sexual reproduction has been common for as long as we know, and in parts of northwest Europe where sexual reproduction has been common since the 1990s – again the result of a migration event in the late 1970s.) Different genotypes of *P. infestans* can have very different phenotypes. Genotypes can be assessed in hours, whereas it takes months to assess a phenotype. If there are only a few genotypes in a region, and if the phenotypes of these genotypes are known, then rapid knowledge of genotype can provide information useful for disease suppression

מבנה אוכלוסיית הכימשון בתפוחי אדמה בישראל בשנים 2017-2018



יגאל כהן¹, אבגניה רובין¹, מריאנה גלפרין¹, אורי זיג² ודייוויד קוק³
¹הפקולטה למדעי החיים, אוניברסיטת בר אילן, ²ישובי חבל מעון
James Hutton Institute סקוטלנד, אנגליה³

מחלת הכימשון הנגרמת על ידי *Phytophthora infestans* היא מחלה קשה של תפוחי האדמה בישראל. המחלה מתפרצת בנובמבר ומגיעה לסיימה ביוני. כאן אנו מדווחים על התכונות הפנוטיפיות והגנוטיפיות של תבדידי *P. infestans* בישראל במהלך השנתיים החולפות. בשנים 2017 ו-2018 נאספו 42 ו-116 תבדידים, בהתאמה, מחלקות תפוחי אדמה נגועות בכימשון באזור הנגב המערבי. בנוסף, 84 תבדידים נאספו משדה אורגני יחיד בנירים, 38 תבדידים נאספו בחודש מרץ 2017 ו-46 תבדידים בחודש אפריל 2017. המנבגים שנאספו מדוגמאות העלים הנגועים נבדקו באוניברסיטת בר-אילן לרגישות למפנוקסס (MFX) ולגורמי תוקפנות. DNA שהופק מן המנבגים נשלח לאנליזת SSR (genotyping) במכון גיימס הוטון, דנדי, סקוטלנד. בשנת 2017, התפרצות המחלה התרחשה רק במרץ בשל תנאי מזג אוויר לא מתאימים. בין התבדידים שנאספו במהלך החודשים מרץ-מאי 2017, 8, 17 ו-3 היו רגישים (S), בעלי עמידות ביניים (I), ועמידים (R) ל-MFX, בהתאמה; 29 תבדידים השתייכו לגנוטיפ 23A1 ותבדיד אחד השתייך לגנוטיפ 13A2. ממוצע מספר גורמי התוקפנות עמד על 4.8 ± 1.5 . התוצאות מהשדה האורגני הראו שבחודש מרץ, 1, 24 ו-5 תבדידים היו רגישים (S), בעלי עמידות ביניים (I), ועמידים (R) ל-MFX, בהתאמה; 10 תבדידים השתייכו ל-23A1 ו-14 תבדידים השתייכו ל-13A2, וממוצע מספר גורמי התוקפנות עמד על 5.8 ± 2.0 . לעומת זאת, באפריל התרחש שינוי משמעותי במבנה האוכלוסייה בשדה האורגני: 0, 4 ו-38 תבדידים היו רגישים (S), בעלי עמידות ביניים (I), ועמידים (R) ל-MFX, בהתאמה; 24 השתייכו ל-23A1 ו-7 ל-13A2. ממוצע מספר גורמי התוקפנות עמד על 8.7 ± 2.5 . בשנת 2018, 11, 70 ו-21 תבדידים היו רגישים (S), בעלי עמידות ביניים (I), ועמידים (R) ל-MFX, בהתאמה; 86 תבדידים השתייכו ל-23A1, שני תבדידים השתייכו לגנוטיפ חדש 36A2 ותבדיד אחד היה תערובת של שני הגנוטיפים. לרוב התבדידים היו חמישה גורמי תוקפנות 13479, אבל לקראת סוף העונה לכמה תבדידים היו 8-11 גורמי תוקפנות. התוצאות מראות שמבנה האוכלוסייה של *P. infestans* בישראל משתנה במהירות, לא רק בין העונות אלא גם במהלך עונת הגידול.

הגורמים המשפיעים על התפתחות מחלת הקמלון (Mal Secco Disease) בזמן

ובמרחב בפרדסי לימונים בישראל



מרים בן חמו, דוד עזרא וליאור בלנק

המחלקה לפתולוגיה של צמחים וחקר העשבים, מנהל המחקר החקלאי, מרכז

וולקני, ראשון לציון

מחלת הקמלון (Mal Secco) נגרמת על ידי הפטריה הפתוגנית *Plenodomus tracheiphilus* ונפוצה בכל אזורי גידול ההדרים בישראל, כאשר אתרוג, ליים ולימון הינם הרגישים ביותר. המחלה גורמת לניוון ותמותת העצים הנגועים ופוגעת בייצוא ההדרים מישראל. מטרת המחקר היתה: (1) לאפיין את הדפוס המרחבי-עתי של התפשטות המחלה בתוך חלקות נגועות, (2) לזהות האם פעולות חקלאיות עשויות להשפיע על התפשטות המחלה, ו- (3) לזהות משתנים גיאוגרפיים ואקלימיים שיכולים להשפיע על התפשטות המחלה. לשם כך, אפיינו את הדינמיקה המרחבית של המחלה בתוך שבעה מטעי לימון הממוקמים במרכז ובדרום ישראל במשך שלוש שנים רצופות. בנוסף, הערכנו מדי שנה את חומרת המחלה ב- 75 מטעים בשלושה אזורים גיאוגרפיים שונים ובדקנו את הקשר בין חומרת המחלה לבין הפעולות החקלאיות שיושמו בכל פרדס, הגורמים הסביבתיים וסוגי הזנים. מצאנו שקיימת אוטוקורלציה מרחבית בחומרת המחלקה בתוך הפרדסים, דבר המעיד על כך שהעצים הנגועים מרוכזים במוקדים ואינם מפוזרים באופן אקראי בחלקה. בנוסף, מצאנו כי קיימים הבדלים בין החלקות בקצב התקדמות המחלה. יתכן ותוצאה זו נובעת מההבדלים בניהול הפרדסים. כמו כן מצאנו אינדיקציה להתפשטות המחלה בתוך השורות. התוצאות שלנו מאשרות כי הזן אינטרדונאטו פחות רגיש לפטריה ביחס לזנים אחרים, אך עם זאת לא נמצא הבדל ברגישות בן זני לימון אחרים (לדוגמא, בין וילה פרנקה ויוריקה הלן). בנוסף, מצאנו כי גודל השטח הבנוי המקיף כל פרדס קשור באופן חיובי עם חומרת המחלה. בניגוד לצפוי, לא מצאנו קשר בין הצפיפות של פרדסי לימון לחומרת המחלה. תוצאה זו מחזקת את הממצאים הקודמים לגבי הטווח המוגבל של התפשטות המחלה.

Pratylenchus capsici נמטודה נודדת חדשה-ישנה מסבה נזקים בגידול פלפל בערבה



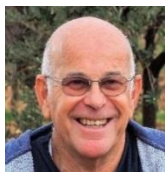
צ׳ינג קסו¹, אברהם גמליאל², פטריסיה בוקי¹, אוהד אברהם^{1,2,3}, סבטלנה דוברינין⁴ וסיגל בראון¹

¹המחלקה לאנטמולוגיה והיחידות לנמטולוגיה וכימיה, המכון להגנת הצומח, מרכז וולקני, ראשון לציון
²המעבדה ליישום שיטות הדברה, המכון להנדסה חקלאית, מנהל המחקר החקלאי, בית דגן
³המחלקה לאגרואקולוגיה ובריאות הצמח, הפקולטה למדעי הסביבה והחקלאות, רחובות
⁴שירות ההדרכה והמקצוע, משרד החקלאות

בשנים האחרונות נמטודה נודדת השייכת לסוג *Pratylenchus* והמכונה גם נמטודת יוצרת הפצעים מתבססת בגידול פלפל בערבה. צמחי פלפל נגועים מאופיינים בעיכוב גידול משמעותי הנצפה בעיקר עם הסרת הרשתות בחודש אוקטובר, הפירות בעלי מופע קטן ומערכת שורשים דלילה וניתקת בקלות ללא אחיזת קרקע. נמטודות השייכות לסוג זה ידועות בקושי הרב בזיהוין למינים לפי סימנים מורפולוגיים מקובלים. מטרות עבודה זו: א. הגדרת מין הפרטילנכוס השכיח בגידול פלפל בערבה. ב. זיהוי ואיפיון מורפולוגי על פי מאפיינים מקובלים. ג. זיהוי ואיפיון מולקולרי על סמך שימוש בסמנים מולקולריים. ד. לימוד גנטיקה של אוכלוסיית פרטילנכוס, ותיחום האוכלוסייה ע״י פילוגנזה מולקולרית. לצורך ביצוע המחקר שורשים וקרקע של צמחי פלפל נדגמו מחלקות פלפל משבעה משקים בערבה: עין תמר, חצבה, עין יהב, צופר, צופר-מזרח ופארן, אלו שמשו לבידוד ומעקב אחר הנמטודה מסוג *Pratylenchus*. שילוב אמצעים מורפולוגיים ומולקולריים הביאו לידי הגדרת מין חדש בשם *Pratylenchus capsici* n. sp. לצורך זיהוי מורפולוגי נעשה שימוש במיקרוסקופ אור ומיקרוסקופ אלקטרוני סורק של דוגמאות נמטודות שקובעו. לזיהוי מולקולרי השתמשנו בסמנים 18S rRNA, ITS (internal transcribed rRNA gene), 28S rRNA ו COI (Cytochrome oxidase subunit I). השוואת רצפי *P. capsici* n. sp. לרצפים ממיני *Pratylenchus* אחרים הקיימים במאגרי המידע הצביעה על הקרבה הגדולה ביותר למין *P. oleae* כאשר ניתוח מעמיק של הרצפים מציע כי *P. capsici* n. sp. הינו קבוצת אחות של המין הקודם. יתרה על כן, באמצעות שימוש בסמן COI זוהתה שונות אפלוטיפית באוכלוסיית *Pratylenchus* בין המשקים וכן אינדיקציה למעבר מסויים של אוכלוסיית *Pratylenchus* מעשבי בר לצמחי פלפל. כושר ההשרדות של הנמטודה, עמידותה ליובש, אסוציאציה עם פטריות וחיידקים אחרים שוכני קרקע ורגישותה לחומרים נמוטוצידיים קיימים נלמדים כעת לעומק לצורך פיתוח ממשק הדברה כנגד נמטודה זו.

על הקשר בין תנאי הסביבה להתבטאות מחלת ריקבון הפחם,

Macrophomina phaseolina בכותנה



רוני כהן ומיטל אלקבץ

המחלקה לפתולוגיה של צמחים ומדע העשבים, מרכז מחקר נווה יער, מינהל המחקר החקלאי

Macrophomina phaseolina היא פטריה רב פונדקאית התוקפת גידולי קיץ רבים כולל כותנה. התבטאות סימפטומטי המחלה תלויה במידה רבה בגורמי סביבה מגוונים כמו סוג הקרקע, גידול קודם, אגרוטכניקה, טמפרטורת אוויר וקרקע וממשק ההשקיה. נראה שלכמות הפטריה המאכלסת את שורשי הצמחים חשיבות מועטה כגורם המשפיעה על חומרת המחלה. בניסויים שערכנו בשנתיים האחרונות מצאנו שניתן כמעט תמיד להדביק צמחים ביעילות. אפשר להראות יתר איכלוס של הצמחים לאחר ההדבקה. יחד עם זאת, כמעט אף פעם לא רואים הגברת מחלה בעקבות הדבקה. תמונה דומה מתקבלת גם בעקבות טיפולים בחומרי הדברה. חומרי ההדברה המיושמים לקרקע משפיעים על כמות הפטריה בצמח. הפחתה מובהקת באיכלוס שורשים נצפתה גם בעקבות טיפול יחיד בפונגיציד שיושם בזילוף אל פס הזריעה. מאוחר יותר כאשר הצמח גדל והשורש מעמיק, השפעת חומרי ההדברה אינה מכסה את כל חלקי השורש והצמחים חולים חרף הטיפול. יחד עם זאת, יעילות חומרי ההדברה צריכה להמשיך ולהיחקר. בניסוי ההדברה בחפץ חיים נצפה יתרון מסוים והשפעה ארוכת טווח לעמיסטר לעומת חומרי הדברה אחרים. נראה שהצמחים מגיעים לאיזון צמח – פטרייה והופעת המחלה תלויה בעיקר בשינוי תנאי גידול הגורמים לצמח להיכנס לעקה. מגדלי כותנה מדווחים שנגיעות צמחים בכנימות עלה קשורה להחמרה בהופעת המחלה. נראה שלממשק ההשקיה השפעה משמעותית ביותר על רמת התחלואה. מועד ההשקיה הראשונה, מרווחי הצבת צינורות הטפטוף וחלוקת מנת המים במשך העונה מהווים גורמי רבי השפעה על התבטאות המחלה בשדה.

טווח פונדקאים חדש לפתוגן התירס *Harpophora maydis*



דגני אופיר^{1,2}, דור שלומית^{1,2} ודניאל רגב^{1,2}
¹ מיגל - מכון למחקר מדעי בגליל, קריית שמונה, ישראל
² המכללה האקדמית תל-חי, תל-חי, ישראל

הפטרייה *Harpophora maydis* גורמת למחלת הנבילה המאוחרת, המאופיינת בהתייבשות התירס בסמוך לשלב הפריחה וההבשלה הפיסיולוגית. כתוצאה מכך מדווחים נזקים קשים בזני תירס רגישים בישראל, מצריים, הודו, ספרד וארצות נוספות. הפתוגן מסוגל לעבור וריאציות פתוגניות. הוא מופץ על ידי זרעים ושוורד כנבגים, תפטיר וקשיונות, על גבי שאריות צמחים ובקרקע. הפונדקאים היחידים הידועים של *H. maydis* הם תירס, תורמוס (*Lupinus termis*) וככל הנראה כותנה. זיהוי פונדקאים נוספים העשויים לסייע בשרידות הפתוגן, הינו חיוני למניעת המחלה והתפשטותה לאזורים חדשים. בעבודה זו, סקר בשדות נגועים בעמק החולה ובמישור החוף (יבנה), וסדרת ניסויים בחדר גידול, המלווים באיתור מולקולארי מבוסס Real-Time PCR, אשרו את המצאות הפטרייה בתוך שורשי כותנה (מזן פימה) שגדלו בקרקע נגועה. יתר על כן, נוכחות ה-DNA של *H. maydis* זוהתה גם בצמחי זיפן ירוק (*Setaria viridis*) ובאבטיח (זן מללי). בצמחי אבטיח שגדלו על קרקע מאולחת חל עיכוב בהצצה ובהתפתחות והם היו נמוכים יותר ובעלי ביומסת שורש ונצר קטנה יותר. בצמחי כותנה, אילוח הקרקע בפתוגן גרם לפגיעה בביומסת השורש ובהתפתחות הפנולוגית. מנגד הפתוגן גרם לתסמינים קלים בלבד בזיפן ירוק. במצע נוזלי, אבקת שורש מתירס או מכותנה האיצה את הגדילה של *H. maydis*. לאבקת שורש מאבטיח הייתה השפעה מועטה על המשקל היבש של הפטרייה, אולם היא גרמה לעלייה ניכרת בהפרשת לקאז על ידי הפתוגן. ממצאים אלו הינם צעד חשוב בלימוד טווח הפונדקאים של *H. maydis* ובלמוד אורך חייו כאדנופיט, והם מעודדים את הרחבת המחקר למיני צמחים נוספים.

תפיסה של *Ilyonectria liriodendri*, גורם למחלת שורש כהה, בפטל אדום

מארצות הברית

יעל מלר הראל¹, גניה אלקינד¹, אלה גומברג¹, רוזה גופמן¹, אריק שמאי²

¹ האגף לנגעי ומחלות צמחים, השירותים להגנת הצומח ולביקורת

² אגף ההסגר, השירותים להגנת הצומח ולביקורת



מינים של *Cylindrocarpon* הם פטריות קרקע נפוצות בעולם הגורמות למחלות ריקבון שורש כהה (Black foot rot) בצמחים עשבוניים וכיבים בעצים. הסוג הוגדר ב 1913, עבר שינויים טקסונומיים רבים, וצורפו אליו מינים חדשים בשנים האחרונות. בבדיקה ויזואלית של קווי פטל אדום (*Rubus idaeus*) מיובאים מארצות הברית, שנערכה במסגרת המעקב אחר חומר מיובא בתנאי הסגר (post entry quarantine), אובחנו סימני התייבשות והתנוונות של צמחים בודדים. בבדיקות במעבדה זוהה תבדיד ממערכת השורשים של הצמחים החשודים בשיטות קלאסיות ומולקולריות כ *Ilyonectria liriodendri*. פטרייה זאת, השייכת לסוג *Cylindrocarpon*, גורמת לריקבון שורש כהה בגפן בעולם אבל לא ידועה בארץ. פתוגניות של הפטרייה בפטל הודגמה לראשונה במבחן קוך והצמחים הושמדו.

מנגנוני הפעולה של המדביר הביולוגי *Pseudozyma aphidis*

קלאודיה א. קלדרון, שני אלסטר, רביב האריס, דויד וולה-קורסיה, אביבה גפני, נטע רותם ומגי לוי



המחלקה למחלות צמחים ומיקרוביולוגיה הפקולטה לחקלאות מזון וסביבה ע"ש רוברט ה. סמית, האוניברסיטה העברית בירושלים, רחובות.

מחלות צמחים הן אחת הסיבות העיקריות לפגיעה ביבול חקלאי. בשנים האחרונות משאבים רבים מופנים למציאת מדבירים ביולוגיים מתוך מודעות סביבתית הולכת וגוברת ועמידות של פתוגנים מפני חומרי הדברה. לאחרונה בודדנו תבדיד פעיל וייחודי של הפטרייה האפיפיטית דמויית השמר *Pseudozyma aphidis* (פסאודוזימה), אשר משתמש במספר מנגנוני פעולה כדי להדביר מחלות צמחים הנגרמות על ידי פטריות וחיידקים על גבי צמחים. התבדיד הייחודי מפריש חומרים המעכבים פתוגנים, חומרים אלו גורמים לשינויים מורפולוגיים של תפטיר הפתוגן *Botrytis cinerea* (בוטריטיס), להצטברות של מולקולות חמצן פעיל בקורי בוטריטיס ולהגברת מוות תאי מתוכנן של התפטיר. פסאודוזימה משתמשת גם בתחרות על מקום וחומרי מזון לצורך עיכוב בוטריטיס על ידי היצמדות לתפטיר הפטרייה. באינטראקציה עם קימחון על צמחי מלפפון המדביר הופך לקורי ומשתמש בפרזיטיות בכדי לעכב את הפתוגן. בנוסף מצאנו כי התבדיד מזוהה על ידי המערכת האימונית של הצמח המשופעלת על ידי משרנים Microbe Associated Molecular Patterns (MTI=MAMP-triggered immunity) אך יודע לדכא את ייצור הקאלוז שבה בעכבות שיפעולה לצורך התבססות על גבי הצמח. לאחר ההתבססות פסאודוזימה משפעלת את מערכת ההגנה המושרית המקומית והסיסטמית בצמח באופן בלתי תלוי במסלולי ההורמונאליים (SA and JA/ET) לצורך הגנה מפני פתוגנים. תוצאות אלו מראות כי התבדיד הייחודי שבודדנו משתמש במגוון של מנגנוני פעולה לצורך הדברת מחלות צמחים בצורה יעילה.

זיהוי אפקטורים חדשים המופרשים ע"י מערכת הפרשה מסוג III של חיידקי

Acidovorax פתוגניים של צמחים



אירנה חימנס גררו¹, פרנסיסקו פרס מונטניו^{1,2}, גוסטבו מתאוס דה סילבה¹, דפנה שקדי³, נעמה וגנר³, טל פופקו³, גואידו ססה⁴ ושאול בורדמן¹

¹ המחלקה למחלות צמחים ומיקרוביולוגיה, הפקולטה לחקלאות, מזון וסביבה ע"ש רוברט ה. סמית, האוניברסיטה העברית בירושלים, רחובות; ² המחלקה למיקרוביולוגיה, הפקולטה לביולוגיה, אוניברסיטת סביליה, סביליה, ספרד; ³ בית הספר לביולוגיה של התא וביוטכנולוגיה, הפקולטה למדעי החיים ע"ש ג'ורג' ס. וייז, אוניברסיטת תל אביב, תל אביב; ⁴ בית הספר למדעי הצמח ואבטחת מזון, הפקולטה למדעי החיים ע"ש ג'ורג' ס. וייז, אוניברסיטת תל אביב, תל אביב

הסוג *Acidovorax* כולל מינים פתוגניים של צמחים. ביניהם, אחד המינים שהינו בעל חשיבות חקלאית רבה הוא *Acidovorax citrulli*, הגורם למחלת הכתם הגדול החיידקי בדלועיים (bacterial fruit blotch, BFB). זו מחלה הרסנית המאיימת על תעשיית הדלועיים, בעיקר אבטיח ומלון. כמו חיידקים פיטופתוגניים גרם שליליים רבים, היכולת של *A. citrulli* לגרום למחלה תלויה במערכת הפרשה מסוג III. באמצעות מערכת זאת, החיידק מפריש אפקטורים חלבוניים (type III effectors, T3Es) אל תוך תאי הפונדקאי. אפקטורים אלה תורמים לוירולנטיות ע"י שיבוש של המטבוליזם התקין ו/או דיכוי של תגובת ההגנה של התא הצמחי. במהלך האבולוציה צמחים פיתחו חלבונים שמסוגלים לזהות את הפעילות של חלק מאותם אפקטורים ולהפעיל תגובת הגנה שמתבטאת בעמידות כנגד אותו גורם מחלה. לכן, למחקר על T3Es השלכות חשובות לפיתוח זנים עמידים לגורמי מחלות חיידקיים. בשנים האחרונות הצטבר ידע רב על T3Es של חיידקים פיטופתוגניים, ביניהם פתוברים רבים של *Pseudomonas syringae* ומיני *Xanthomonas*. לעומתם יש מעט ידע על T3Es של *A. citrulli*. בשנים האחרונות רוצפו מס' גנומים של זני *A. citrulli*. אנליזה השוואתית הראתה שלזני *A. citrulli* שונים יש כ-45 גנים המקודדים לחלבונים בעלי דמיון ל-T3Es ידועים של חיידקים אחרים. אחת ממטרותינו לטווח הארוך היא להעריך את התרומה של כל האפקטורים לוירולנטיות של החיידק. יחד עם זאת, אנו משערים שחיידקי *Acidovorax* פתוגניים של צמחים עשויים לשאת אפקטורים ייחודיים שלא התגלו עדיין. בהרצאה נציג שילוב של גישות של טרנסקריפטומיקה (RNA-Seq) ולמידה חישובית (machine learning) על מנת לזהות אפקטורים חדשים של *A. citrulli*, והתאמה של מערכת ולידציה על מנת לבחון את ההפרשה של אותם אפקטורים משוערים.



תכונות גנומיות של אדפטציה חיידקית לצמחים

ד"ר אסף לוי¹

¹ המחלקה למחלות צמחים ומיקרוביולוגיה, הפקולטה לחקלאות, מזון וסביבה ע"ש רוברט ה. סמית, האוניברסיטה העברית בירושלים, רחובות.

alevy@mail.huji.ac.il

צמחים מתקשרים עם מגוון חיידקים. סביר להניח שחיידקי צמחים פיתחו גנים המאפשרים להם התאמה (אדפטציה) לסביבה הצמחית. אולם הזהות של גנים אלו ברובה אינה ידועה והתפקיד שלהם אינו ברור. אנו ריצפנו 484 גנומים של תבדידים משורשים של *Brassicaceae*, עצי צפצפה ותירס. לאחר מכן השווינו 3,837 גנומים של חיידקים מסביבות שונות כדי לזהות אלפי משפחות של גנים הקשורים בסביבה הצמחית. גנומים של חיידקי צמחים עשירים המטבוליזם של סוכרים אך עניים באלמנטים גנטיים ניידים. הוכחנו בניסוי את קיומה של משפחה חדשה של חלבונים המופרשים ע"י מערכת הפרשה מסוג 6 בעלי פעילות אנטיבקטריאלית חזקה, המאפשרת לפתוגן *Acidovorax citrulli* להתחרות עם חיידקי צמחים שונים, פתוגנים וקומנסאליים. כמו כן, איתרנו מערכת הפרשה חיידקית חדשה שעוברת אופקית בין חיידקי צמחים וככה"נ מאפשרת להם להתמודד עם חרקים. לסיום, איתרנו 64 דומיינים של חלבון המצויים בחיידקי צמחים ומחקים פעילות צמחית. חלקם מצויים גם בפטריות ודמויי פטריות המצויים בסביבה הצמחית. עבודה זו מרחיבה את ההבנה הגנומית של אינטראקציות צמח-חיידק ומספקת כיוונים פוטנציאליים לפיתוח חקלאות בת-קיימא ויעילה ע"י הנדסת מיקרוביום רצוי.



מעורבותו של פקטור שעתוק CreA של *Penicillium expansum* בתהליך בקרת גרמי האלימות של הפטרייה והגברת עמידות בתפוחי עץ

ג'ואנה טאנוס¹, דיליפ קומר², נועה סלע³, אדוארד סיונוב⁴, ננסי קלר¹ ודב פרוסקי^{2*}
¹המחלקה למיקרוביולוגיה רפואית, אוניברסיטת וויסקונסין מאדיסון, ארה"ב, ²המחלקה לאחסון פירות וירקות, ³המחלקה לפתולוגיה ועשבים רעים, ⁴המחלקה למזון, מרכז וולקני בית דגן.

פטריית עובש *Penicillium expansum* גורמת לריקבון בתפוחי עץ לאחר הקטיף ומלווה באיבוד עד כ-10% של התוצרת המאוחסנת. בנוסף, הפטרייה מפרישה מיקוטוקסין פטולין בעל רעלית גבוהה לבני אדם בכלל ולילדים בפרט. למרות שקבוצת הגנים האחראים ליצירת פטולין ומטבוליים משניים אחרים כבר אופיינו, הגורמים לבקרת פעילות עדיין לא פוענחו סופית. עבודות הקודמות הראו שסוכרוז הנמצא בפירות הינו גורם קריטי ברגולציה של סינתזה של פטולין.

בעבודה זו בחנו תפקידו של הפקטור השעתוק CreA (האחראי לרגולציה של צריכת פחמן ע"י הפטרייה) בהליך ההתקפה של הפטרייה על פרי ועל כושר יצור פטולין *in vitro* ו-*in vivo*. לאחר נוקאוט של הגן המקודד לפקטור השעתוק CreA אנחנו מצאנו שהמוטנט $\Delta creA$ הינו בלתי פתוגני ואינו יוצר פטולין. ניתוחי תמליל (RNAseq analysis) הראו שהמוטנטים לא הצליחו לתקוף את הפרי עקב מגוון השינויים שחלו בפתוגן וכללו בין היתר הפחתת יצירת אנזימים פקטוליטיים והפחתת כושר החמצת הרקמה. השינויים גם נצפו מצד הפונדקאי וכללו סידרה של השפעות הקשורות להגברת עמידות הפרי. תוצאות אלו מצביעות שפקטור השעתוק CreA הוא גורם חשוב המעורב בתהליך התקפה של הפטרייה ומאידך גורם להשראת העמידות של הפרי מפני התקפת הפטרייה.



גם פוזריום צריכה להיות חכמה בשמש

שירה מילוא כוכבי¹, שירה אדר ושי קובר¹

¹המחלקה למיקרוביולוגיה ופיטופתולוגיה, הפקולטה לחקלאות, מזון וסביבה, האוניברסיטה העברית בירושלים; ² הפקולטה לרפואה, האוניברסיטה העברית בירושלים

פוזריום אוקסיספורום (*Fusarium oxysporum sp. lycopersici*) הינה פטרייה חוטית שוכנת קרקע אשר באופן מפתיע מגלה עמידות גבוהה לקרינת UV. אנו מניחים כי זוהי תולדה של מנגנון אשר אמור להגן על הפטרייה מאירועים לא שגרתיים של חשיפה לשמש. אנו מראים כי, בשונה ממיקרואורגניזמים הפועלים לפי מנגנון ה-SOS, חשיפה של נבגי פוזריום אוקסיספורום ל-UV-C אינה גורמת לעלייה בביטוי של גנים המעורבים בתיקון נזקי UV ואף נראית ירידה מסוימת בביטוי גנים אלה בהשוואה לביטויים בנבגים שלא נחשפו לנזק. נראה כי הגורם העיקרי אשר משפיע על ביטוי גנים המעורבים בתיקון נזקי UV הוא השלב ההתפתחותי בו נמצאת הפטרייה (מספר השעות לפני \ אחרי היווצרות נחשון הנביטה והתארכות הקורים) – בתחילת הגידול עולה ביטוי של הגן המקודד לאנזים Photolyase (Phr1) ואילו ביטוי של הגן המקודד ל-UV endonuclease (Uvde) יורד באופן משמעותי. כאשר מגיעים הנבגים לשלב בו מתחיל להתפתח נבט מתהפכת תבנית הביטוי, קרי, ביטוי של הגן המקודד לאנזים Phr1 יורד ואילו ביטוי של זה המקודד ל-Uvde עולה. שינויים אלה מצומדים באופן ישיר למחזור התא ולהתפתחות הפטרייה שכן חשיפה ל-Hydroxyurea מבטלת את תבנית הביטוי התנודתית והתקופתית הזו. התרומה של מנגנון ה-Photoreactivation לקיבולת התיקון של הפטרייה גבוהה יותר בנבטים בני 8 שעות מאשר בנבטים בני 14 שעות, ממצא העולה בקנה אחד עם תבנית הביטוי של מנגנוני התיקון. קיבולת התיקון של נזקי UV מתואמת באופן ישיר עם רמת הפגיעות של הפטרייה לנזקים אלה. אנו סוברים כי תבנית הביטוי של מנגנוני התיקון מעצימה את יעילות התיקון בשעה בה הסיכון לנזקי UV הוא גבוה, אך במקביל מונעת ביטוי בזבזני של גנים אלו כאשר אינם דרושים.

הדברה ביולוגית של מחלות צמחיים: קישור בין קרקע, חיידקים וביופסטצידים

אדי סיטריין¹, יוחאי אייזק¹, מאיה משה^{1,2,3}, שירלי קרוטר^{1,2}, דור אזולאי^{1,3,6}, אדר טביב^{1,3,5}, אברהם גמליאל⁴, מרינה בניכיס⁴, רחל ברגר⁵, רניה אפני⁵, שמואל כרמלי⁵, עומר פרנקל³, ודרור מינץ¹
¹ המכון למדעי הקרקע, המים והסביבה, מנהל המחקר החקלאי, ² הפקולטה למדעי החיים, אוניברסיטת בר אילן, ³ המכון להגנת הצומח, מנהל המחקר החקלאי, ⁴ המכון להנדסה חקלאית, מנהל המחקר החקלאי, ⁵ הפקולטה לחקלאות, מזון וסביבה, האוניברסיטה העברית בירושלים, רחובות

בשנים האחרונות גוברת הדרישה לפתרונות "ירוקים" אשר יפחיתו את השימוש בחומרי הדברה כימיים. למרות העניין הרב בהדברה ביולוגית, קיימת לעיתים קרובות בעייה בהדירות הנובעת בין היתר מחוסר הבנה מספק במנגנונים האחראיים לאנטגוניסטיות של המדבירים כנגד הפתוגנים הצמחיים. במסגרת מוקד הידע לקידום הדברה מיקרוביאלית בחקלאות (מיזם קנדל), אנו נוקטים בגישה אינטרדיסציפלינרית על מנת לפתח "מדבירים ביולוגיים" (חיידקים שלמים) ו- "ביו-פסטצידים" (מטבוליטים המיוצרים ע"י אותם חיידקים) כנגד מחלות שוכנות קרקע, אשר יוכלו להוות תחליף לחומרי הדברה בשימוש היומ. החדשנות בפרויקט הנ"ל הינה בשילוב בין שיטות כימיות, הרצפה גנומית, שיטות ביואינפורמטיות חדישות וביולוגיה מולקולארית יחד עם שיטות מיקרוביאליות קלאסיות. במחקר אנו מתמקדים בשלוש פתוגנים נפוצים: *Pythium aphanidermatum* (אאומיצט), *Rhizoctonia solani* (בזידיומיצט), ו- *Fusarium oxysporum* (אסקומיצט). עד כה זוהו שבעה חיידקים "נבחרים" המראים פעילות *in-vitro* משמעותי כנגד אחד או יותר שלושת הפתוגנים, ושלושה חיידקים המראים פעילות *in-planta*. משלושה תבדידי חיידקים בודדו מספר חומרים "נקיים" בעלי פעילות אנטי-פונגאלית שחלקם מראים פעילות *in-planta* בניסויי חממה. אנו רואים בתוצאות אלה פלטפורמה לפיתוח של חומרי הדברה "ידידותיים לסביבה" שיכולים להשתלב במערכי הדברה המשולבת בעתיד.

אנדוסימביונטים של חרקים כאמצעי לבקרה של מחלות חיידקיות מוגבלות- שיפה



דור המרשלק^{1,2}, אורית דרור¹ ואופיר בהר¹

¹המחלקה למחלות צמחים וחקר עשבים, מינהל המחקר החקלאי, מרכז וולקני, ראשון לציון; המחלקה למחלות צמחים ומיקרוביולוגיה, הפקולטה לחקלאות, מזון וסביבה על שם רוברט ה. סמית, האוניברסיטה העברית בירושלים, רחובות

מחלות חיידקיות מוגבלות שיפה מהוות איום ממשי למספר רב של גידולים חקלאיים. גורמי מחלה אלו הינם פתוגנים אובליגטוריים המועברים על ידי ווקטורים חרקיים הניזונים מנוזלי השיפה ומעבירים את הפתוגן מצמח לצמח. יישום של קוטלי חרקים להפחתת אוכלוסיית הווקטור נמצאה על פי רב כלא יעילה במניעת הפצה המחלה ובהפחתת תסמיניה. מיקומם התוך-תאי של גורמי המחלה מהווה מכשול משמעותי עבור הגעה של חומרים קוטלי חיידקים לאתר המטרה. השימוש באנדופיטים כמדבירים ביולוגיים הוצע כאלטרנטיבה לטיפול בגורמי מחלות סיסטמיות. החיידק *Frateria defendens* בודד מהחרק *Hyalesthes obsoletus*, המשמש ווקטור למחלת צהבון הגפן הנגרמת ע"י חיידקונים (פיטופלסמה). יישום של *F. defendens* בריסוס עלוותי בגפנים בכרם הביא להפחתת תסמיני מחלה ולהעלאת היבול בחלקה. צביעות פלואורסצנטיות של *F. defendens* בצמח מעידות כי החיידק מאכלס את הרקמות הוסקולריות, המהוות אתר חיות לחיידקים פתוגנים רבים המועברים על ידי ווקטורים חרקיים. בעבודה הנוכחית נבדקה יעילותו של *F. defendens* בהפחתת תסמיני מחלת צהבון הגזר המשויכת בעיקר עם החיידק *Candidatus Liberibacter solanacearum* (ליבריבקטר). נמצא כי *F. defendens* חודר לצמחי גזר בחממה ביעילות גבוהה ומסוגל לנוע סיסטמית מן הנוף אל השורש ולהיפך. כמו כן, בתנאי חממה ובית רשת נראתה הפחתה משמעותית של תסמיני מחלת הצהבון בצמחים שרוססו ב *F. defendens* לעומת צמחי ביקורת. בניסוי שדה בחלקה מסחרית, נמצא כי יעילות החדירה של *F. defendens* לצמחים נמוכה מזו שנראתה בחממה ולא נראתה הפחתה בתסמיני המחלה. תוצאות אלו מעידות כי לאנדופיט *F. defendens* יכולת לשמש כמדביר ביולוגי גם כנגד מחלות שיפה הנגרמות על ידי ליבריבקטר וכי יש להמשיך ולהתאים את אופן היישום של החיידק על מנת להבטיח חדירות גבוהה לצמח ויעילות הדברה מיטבית.

מטבוליטים המופרשים מהתבדיד *Frateuria defendens* כפתרון אפשרי

נגד מחלות צהבון



אלא נעמה¹, שנהב כהן¹, ורד נאור², אורית דרור³, אופיר בהר³, עינת צחורי פיין⁴ ולילך יסעור קרוח¹
¹המחלקה להנדסת ביוטכנולוגיה, המכללה להנדסה אורט בראודה, כרמיאל; ²מכון שמיר למחקר, קצרין;
³המחלקה לפתולוגיה של צמחים ומדע העשבים, מרכז וולקני, בית דגן; ⁴המחלקה לאנטומולוגיה, נווה יער,
רמת ישי

Candidatus Phytoplasma (Lso) Candidatus Liberibacter solanacearum, פיטופתוגנים חיידקיים הגורמים למחלות צהבון, מאכלסים את צינורות השיפה של צמחים או את הרקמות הפנימיות של החרקים המעבירים אותם. חיידקים אלה עלולים לגרום נזק משמעותי לכמה מאות מינים של צמחים, כולל צמחים רב שנתיים כמו גפנים ופרי הדר וצמחים שנתיים כמו וינקה, שומשום וגזר. במחקר קודם, הראנו כי *Frateuria defendens* מפחית את הסימפטומים של מחלת הצהבון בגפן, שנגרמת על ידי פיטופלסמה. שיערנו כי אחת מדרכי הפעולה של התבדיד *F. defendens* הינה הפרשת מטבוליטים המעכבים פיטופלסמה בוינקה ו *Lso* בגזר. כדי לבדוק אפשרות זו ההשפעה של מטבוליטים, שהופרשו על ידי *F. defendens*, נבחנה על וינקה נגועה בפיטופלסמה. בנוסף, החומרים המופרשים על ידי *F. defendens* זוהו על ידי HPLC ו-GC-MS. תרכובות סינתטיות, אנלוגיות לאלו שזוהו על ידי הניתוח הביוכימי, שימשו כדי לבחון את השפעתן על כמות הפיטופתוגנים (פיטופלסמה בוינקה ו *Lso* בגזר) על ידי qPCR. נמצא כי תסנין של תרבית *F. defendens*, המכיל מטבוליטים מופרשים, הפחית את הסימפטומים של מחלת הצהבון בוינקה. וינקה וגזר שהודבקו בפיטופלסמה ו *Lso*, בהתאמה, טופלו על ידי יישום התרכובות הסינתטיות, והראו כמות נמוכה משמעותית של הפיטופתוגנים בהשוואה לצמחים נגועים שלא טופלו. מחקר נוסף נדרש לבחון את הפוטנציאל של תרכובות אלה כטיפול נגד מחלת הצהבון בתנאי שדה.

יישום החיידק *Frateruria defendens* להקטנת נזקי צהבון הנגרמים על ידי פיטופלסמה בגפני יין



ורד נאור¹, לילך יסעור-קרוח², תרצה זהבי³, אופיר בהר⁴, יורם קפולניק⁴ ועינת צחורי-פיין⁴

¹מכון שמיר למחקר, קצרין, ²מכללת אורט בראודה כרמיאל; ³שירות ההדרכה והמקצוע, מחוז גליל גולן, משרד החקלאות; ⁴המכון להגנת הצומח, מנהל המחקר החקלאי, בית דגן

מחלת הצהבון בגפן יין בישראל נגרמת על ידי חיידק הפיטופלסמה מטיפוס סטולבור (*Candidatus Phytoplasma stolbur type*) ומתבטאת בפחיתה רבה בצימוח וביבול ובנזק כבד למגדלים. הדברת המחלה קשה מכיוון שהחיידק שוכן בצמח בתאי השיפה בלבד ומועבר לצמח באמצעות ציקדה פוליפאגית מוצצת שיפה *Hyalesthes obsoletus* הנחשבת למבקר מקרי בכרם. החיידק *Frateruria defendens* (Fd), בודד מציקדות והוחדר בהצלחה לצמחונים ולצמחי גפן בוגרים וגרם להפחתת תסמיני צהבון בתנאי מעבדה. בעקבות כך, נערך ניסוי שדה בחלקת כרם נגועה בצהבון לבחינת השפעת החיידק על הפחתת התסמינים בגפנים בוגרות. הניסוי נערך בצפון רמת הגולן בגפנים מזן שרדונה בכרם בו שיעור הנגיעות ההתחלתי היה כ-35%. במשך שנתיים עוקבות, חלקות הטיפול רוססו בתמיסה המכילה כ-10⁸ חיידקים/מ"ל ואילו חלקות הביקורת לא רוססו או רוססו במים בלבד. הריסוסים נערכו אחת לשבועיים, החל מהלבלוב ועד סוף עונת הצימוח. נוכחות Fd בעלוה ובאשכולות נבחנה 7 ימים לאחר כל ריסוס באמצעות בידוד מעלים ואנליזת PCR. בבציר נערכה הערכת נגיעות ונאספו מדדים לבחינת כמות היבול ואיכותו. נמצא כי עיקר החדירה מתרחשת בשלבי צימוח חזק ואילו עם ההזדקנות לא נצפתה חדירת חיידק לעלוה. יישום Fd הגביר את שיעור ההבראה הספונטנית ב-60% ביחס לביקורת אך לא מנע הדבקות חדשות. בשנה השניה שיעור הנגיעות בחלקות המרוססות עלה רק ב-4.8% בהשוואה ל-12% בחלקות הביקורת. הריסוס שיפר את היבול של גפנים בעלות תסמינים ב 18-20%. לא נמצאו הבדלים במדדי איכות של התירוש בהשוואה לביקורת. הפסקת הריסוס 4 שבועות לפני הבציר מנעה נוכחות החיידק בתירוש. לסיכום - למרות רמת הנגיעות ההתחלתית הגבוהה בחלקה, ריסוס גפנים ב Fd הקטין את העלייה בשיעור הנגיעות בחלקה ושיפר את היבול בגפנים בעלות תסמינים.

פיתוח מוצר חדשני להדברת נמטודות המבוסס על חברת חיידקים שוכני קרקע



¹פטריסיה בוקי, ²אברהם גמליאל, ³דרור מינץ, ¹בהטראגיה ציפנדי ¹וסיגל בראון
¹המחלקה לאנטומולוגיה והיחידות לנמטולוגיה וכימיה, המכון להגנת הצומח, מנהל המחקר
החקלאי, בית דגן

²המעבדה ליישום שיטות הדברה, המכון להנדסה חקלאית, מנהל המחקר החקלאי, בית דגן
³המחלקה לכימיה של הקרקע, הזנת הצמח ומיקרוביולוגיה, המכון למדעי הקרקע, המים והסביבה, מנהל המחקר
החקלאי, בית דגן

נמטודות יוצרות עפצים מקבוצת *Meloidogyne spp.* נמנות עם פגעי הקרקע הקשים ביותר בגידולי ירקות ובעצים נשירים ובעיקר נפוצות באיזורים ממוזגים ומהווה בעיה קשה בגידולים אינטנסיביים. בעבודה זו, במסגרת מיזם קנדל "מיקרוב" בוצעה סריקה רחבת היקף לזיהוי חיידקים בעלי פעילות ביונמטוצידית כנגד נמטודות יוצרות העפצים. מקור החיידקים שנכללו בסריקה זו מקרקעות סופרסיביות במטעי בנות ומצמחי פלפל בחלקות נגועות בנמטודות אך מצמחים שאינם מראים סימני נגיעות בנמטודות העפצים. ארבעה שלבי סריקה בוצעו לבחינת: א. פעילות ביונמטוצידית ישירה בצלחות אלייזה (*In vitro* screening). ב. פעילות ביונמטוצידית בקרקע (*In terra* screening). ג. פעילות ביונמטוצידית עם שתילוני עגבנייה בני שבועיים הנשתלים בקרקע מאולחת בנמטודות יוצרות העפצים. ד. פעילות ביונמטוצידית בעצי עגבנייה שגודלו במשך חודשיים בקרקע מאולחת בנמטודות יוצרות העפצים והערכת נגיעות בתום התקופה. 90 חיידקים מתוך האוסף השמור נלקחו למבחני *in vitro*, השפעת החיידקים על חיוניות זחלים וביצים נלמדה יומיים ושלושה ימים בהתאמה, עם החשיפה לחיידקים. 40 חיידקים בעלי פעילות ביונמטוצידית נלקחו למבחני *in terra* בכוסיות בנוכחות קרקע, חיידקים ונמטודות - אלו הצביעו על 13 חיידקים בעלי פעילות ביונמטוצידית, אשר נלקחו להמשך מחקר על שתילי עגבנייה צעירים. מבחנים אלו הצביעו על 9 חיידקים בעלי פעילות ביונמטוצידית, אלו שימשו להמשך המחקר. כדי להגביר את יעילות החיידקים יצרנו שבע חברות חיידקים המשולבות מקומבינציות שונות CKD1, CKD2, CKD3, CKD4, CKP1, CKP2, ו CKG אשר שימשו במבחני עציצים ללימוד פעילותם בהדברת נמטודות העפצים. מתוך כל חברות החיידקים שפעילותם נבדקה, שלוש חברות החיידקים CKD1, CKP1 ו CKG הובילו להפחתה ניכרת בסימני הנגיעות בנמטודות העפצים. המשך עיצוב חברת החיידקים כמוצר ופיתוח פורמולציות של חברות החיידקים הנבחרות אשר מבוצעים בימים אלו יסייעו בהתאמתו של המוצר ליישום חקלאי בפרק זמן קרוב.

'מחלת פנמה' וגזעי פוזריום שונים שמאיימים על גידול בננה בעולם



סטנלי פרימן

המחלקה לפתולוגיה של צמחים וחקר עשבים, מרכז וולקני, ראשון לציון

'מחלת פנמה', הנגרמת ע"י הפטרייה *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (Foc) שוכנת קרקע, הינה אחת המחלות ההרסניות לגידול הבננה בעולם. גזע 1 של Foc גרם נזק חמור לזן 'גרו מישלי' שהוחלף עד לשנת 1960 ע"י זני בננה מקבוצת הקוונדיש, העמידים לגזע זה. למרות זאת, גזע חדש של Foc, המכונה Tropical race 4 (TR4) השייך לאוכלוסייה קלונלית וגורם לנזק חמור לזני קוונדיש ואחרים, זוהה בשנות ה-90 של המאה ה-20 בדרום מזרח אסיה (אינדונזיה, מלאזיה וטאיוואן). מאז TR4 התפשט לאוסטרליה (1997) לפיליפינים (2003), ולרוב מדינות המגדלות בננה באיזור (סין, לאוס, וייטנאם, קאמבודיה ומיינמאר). לאחרונה, TR4 התגלה במוזמביק (אפריקה), עומן, פאקיסטאן, הודו ובאיזור מזרח הים התיכון (ירדן ולבנון). בקיץ 2016 זוהה TR4 בצמחי בננה בוגרים של זן 'גנד ניי' מקבוצת הקוונדיש במטע בשפיה שבחוף הכרמל ובקיבוץ עין גב. אנליזה מולקולרית בשיטת ה-PCR עם פריימרים ספציפיים וריצוף מספר גנים, זיהתה את הפטרייה כגזע TR4 של *F. o. f. sp. cubense*. גנום הפטרייה רוצף ע"מ לקבוע את מקור התבדדים מהארץ.



תפקיד חלבון התנועה של הוירוס ToBRFV בשבירת העמידות לטובמווירוס בצמחי עגבנייה

חגית האק וזיו שפיגלמן

המחלקה לפתולוגיה של צמחים ומדע העשבים, מרכז וולקני, בית דגן

וירוסים מהסוג טובמווירוס, הכולל את *tobacco mosaic virus* (TMV), מהווים פתוגנים קשים בצמח העגבנייה הגורמים לעיכוב צמיחה, מוזאיקה בפירות ובעלים ופחיתה ביבולים. עמידות כנגד טובמווירוסים בעגבנייה פותחה לפני יותר מ-50 שנה באמצעות אינטרוגרסיה של הגן לעמידות $Tm-2^2$ שמקורו במין בר. בשנים האחרונות התפשט ברחבי הארץ טובמווירוס חדש בשם *tomato brown rugose fruit virus* (ToBRFV) השובר את העמידות $Tm-2^2$ וגורם לפגיעה חמורה בגידול צמחי העגבניות בישראל. זיהוי הגורם לשבירת העמידות הוא חיוני להבנת מנגנון ההדבקה של ToBRFV ופיתוח פתרונות חדשניים כנגדו.

תהליך ההדבקה של טובמווירוסים מורכב ממספר שלבים הכוללים רפליקציה, תנועה ומעבר לאיברים חדשים. תנועה של הוירוס מתא לתא מתאפשרת באמצעות חלבון התנועה הויראלי. חשוב לציין כי חלבון זה משמש גם את תוצר הגן $Tm-2^2$ להיכרות וזיהוי של הוירוס. במחקר קודם נמצא כי החלבון $Tm-2^2$ נקשר לחלבון התנועה של הוירוס, מפעיל אות הגורם למות הרקמה המודבקת בתהליך הקרוי Hypersensitive response (HR) ובכך מגביל את התפשטות הוירוס. מוטציות ספציפיות בחלבון התנועה יכולות להפריע לזיהויו ע"י $Tm-2^2$ ובשל כך לגרום לשבירת העמידות.

במחקר זה אופיינו תפקיד חלבון התנועה של ToBRFV בשבירת העמידות בצמח העגבנייה. לצורך כך, פותחה מערכת ביטוי חולף בצמחי טבק בה ניתן לבטא את הגן $Tm-2^2$ בשילוב עם חלבוני התנועה הויראליים, ללא תלות בחלקי הוירוס האחרים. ביטוי $Tm-2^2$ בשילוב חלבון התנועה של TMV גרם לתגובת HR חזקה ולהרג הרקמה הצמחית. לעומת זאת, ביטוי $Tm-2^2$ עם חלבון התנועה של ToBRFV לא הוביל למוות תאי. תוצאות אלו מעידות כי חלבון התנועה של ToBRFV אינו מזוהה ע"י הגן לעמידות $Tm-2^2$. ככל הנראה, שינויים ברצף חלבון התנועה של ToBRFV הם הסיבה לשבירת העמידות לוירוס בצמח העגבנייה.



מעבר נגיף *Tomato brown rugose fruit virus* (ToBRFV)

בזרעים ובאבקה בצמח העגבנייה

בן אבני¹, דנה גלברט¹, טלי סופרין רינגולד¹, חני צמח², מורן סגולי³, אילן לוי¹, רינה קמינצקי גולדשטיין⁴ ומשה לפידות¹

¹המחלקה לחקר ירקות וגד"ש, מרכז וולקני, ראשל"צ; ²היחידה להיסטולוגיה, מרכז וולקני, ראשל"צ; ³מרכז ופיתוח דרום; ⁴המחלקה לצמחי נוי וביוטכנולוגיה חקלאית, מרכז וולקני, ראשל"צ

באוקטובר 2014 זוהתה התפרצות של מחלה חדשה בגידולי עגבנייה במדינת ישראל. נמצא שגורם המחלה הוא נגיף חדש מקבוצת הטובמו אשר קיבל את השם *Tomato brown rugose fruit virus* (ToBRFV). נגיף זה שובר את העמידות בזני עגבנייה מסחריים אשר מושרית ע"י הגן *Tm-2* ומיושמת בחקלאות מזה עשרות שנים. היעדרות עמידות גנטית ומחסור בידע להתמודדות עם הנגיף, הובילה לפגיעה חמורה בענף העגבניות בישראל ומסכנת בעיקר את ענף ייצוא הזרעים מישראל לשאר מדינות העולם. מטרתה של עבודת המחקר היא לאפיין את האינטראקציה בין הנגיף לאברי העגבנייה הרפרודוקטיביים ולבדוק את השפעת הנגיף על היבול. תוצאות בדיקת זרעי עגבנייה שהופקו מצמחים נגועים הראו את נוכחות הנגיף בזרעים, בעזרת חיטויי זרעים הוכח שהנגיף נספח על פני קליפת הזרע ואינו חודר אל תוך הזרע. כמו כן נבדק האם הנגיף יכול לעבור אל צמחים שהתפתחו מזרעי עגבנייה נגועים, לצורך כך נזרעו במגשי שתילה זרעים שהופקו מצמחים נגועים וזרעים שאולחו בתרחיף עלים נגועים. מתוצאות הניסוי נראה שלאחר 80 ימים מזריעה הנגיף לא עבר מזרע נגוע אל הצמח. ע"מ לזהות לאילו אזורים ברקמות הרפרודוקטיביות חודר הנגיף, נקטפו פרחים מצמחי עגבנייה נגועים ובעזרת סמן פלורסנטי זוהה הנגיף ברקמות הפרח ובאבקה. אבקה נגועה נלקחה ויושמה בתוכנית הכלאות לצמחי אם בריאים על מנת לבחון את מעבר הנגיף על ידי הכלאות. לקבלת הערכת עוצמת הנזק ליבול התבצע ניסוי המשווה את כמות היבול וגודל הפרי בחלקות מאולחות אל מול בריאות. מתוצאות ניסויי היבול נראה שכתוצאה מההדבקה ישנה ירידה ביבול וגודל פרי. ממצאי עבודת המוסמך מהווים מקור ידע חשוב להבנת דרכי העברתו של הנגיף בצמח העגבנייה, ומאפשרים לתכנן אסטרטגיית פעולה יעילה לריסון ולהתמודדות עם הנגיף החדש.

לימוד הוירוס של האבטיח בפירות נגועים מהווה מקור מידע חשוב על נוכחותם של

נגיפים המועברים על ידי כנימת עש הטבק



נטע לוריא¹, אלישבע סמיט¹, עודד לכמן¹, נועה סלע¹, אמנון קורן² ואביב דומברובסקי¹

¹ המחלקה לפתולוגיה של צמחים ומדע העשבים, מרכז וולקני, בית דגן;
² משתלות חישתיל, מושב נחלים

אבטיח (*Citrullus lanatus* Thunb.) הנו אחד מגידולים החשובים בחקלאות ישראל. הגידול נמשך לאורך מרבית חודשי השנה באזורי גידול שונים בארץ בבתי צמיחה מוגנים או במקשות. בבקעת ים המלח השתילה מתבצעת במקשות באמצע עד סוף דצמבר, כאשר הקטיפ מתבצע בחודשים אפריל-מאי. בד"כ מחודש מרץ מתחילה התחממות בטמפי' התורמת להתרבות ותנועה של חרקים בעלי פעילות ווקטורית להעברה של נגיפי צמחים. נגיפים שונים המדביקים אבטיחים תוארו בעבר בישראל דוגמת *Squash leaf curl virus* (SLCV), *Watermelon chlorotic stunt virus* (WmCSV) ו- *Squash vein yellowing virus* (SqVYV), הגורמים לתסמיני מחלה בדרגות שונות לפרי האבטיח ולעלים. בשנים האחרונות יש עלייה בפירות אבטיח נגועים שלא ניתנים לשיווק, פירות אלו מראים תסמיני מחלה חמורים שלא נצפו בעבר. לעיתים תסמיני המחלה הקשים נגרמים עקב הדבקה משולבת של מספר נגיפים. במטרה ללמוד על הרכב הנגיפים המעורב בתסמיני המחלה הקשים בפרי האבטיח נעשה שימוש בשיטת ריצוף מתקדמת (Next Generation Sequencing (NGS) לריצוף של הנגיפים בדוגמאות פירות אבטיחים סימפטומטיים לקבלת אוכלוסיית הנגיפים (Virom). בפירות אבטיח המראים סימני מחלה קשים נעשה דיגום במהלך שתי עונות גידול ומשתי חלקות גידול סמוכות הממוקמות במזרח הארץ (קליה ומצפה שלם). באמצעות הריצוף המתקדם שהתקבל משני הדיגומים הני"ל הורכבו הוירומים של האבטיחים מהחלקות הנגועות. מהאנליזה הביואנפורמטית שנעשתה זוהו מקטעי גנומים של נגיפים שונים המשתייכים למינים וסוגים שונים. בין היתר זוהו נגיפים המשתייכים למין *Criniviruses*, *Cucurbit yellow stunting disorder* (CCYV) ו- *Cucurbit chlorotic yellows virus* (CCYV), כאשר CCYV הוא נגיף שזוהה לראשונה בארץ. נגיפים נוספים שזוהו בוירוס האבטיחים הם SLCV המשתייך למין *Begomovirus*, *Cucumber vein yellowing virus* (CVYV) ו- *Squash vein yellowing virus* (SqVYV) המשתייכים למין *Ipomoviruses*. כל הנגיפים שזוהו ידועים כמועברים בלעדית ע"י כנימת עש הטבק בצורה מתמדת וחצי מתמדת ומעידה על חשיבות ההתמודדות עם כנימות עש הטבק המהוות מזיק משמעותי לגידול אבטיחים במקשות.

טיפולים ביולוגיים וכימיים בזמן פריחה למניעת החזירה וההתבססות של פטריית הבוטריוספריה ולצורך הפחתת נשירת חנטים, תוספת יבול והפחתת רקבונות בפירות

מנגו



אולג פייגנברג, סוניה דיסקין, דליה מאורר ונעם אלקן
המחלקה לאחסון תוצרת חקלאית, מנהל המחקר החקלאי, מרכז וולקני.

פטריית בוטריוספריה מאכלסות את הרקמות הפנימיות של הענף והעוקץ. הן מתקיימות באופן אנדופיטי בצינורות ההובלה ללא תסמינים נראים לעין. בתנאי עקה, פטריות אלה גורמות לתמותת ענפים ותפרחות. עם הבשלת הפרי פטריות אלו מתעוררות וגורמות לרקבונות באחסון ולפחתים משמעותיים בתוצרת. נראה כי מרבית פטריות הבוטריוספריה חודרות לרקמות במהלך הפריחה. כיום הפריחה מרוססת באופן שבועי כנגד פטריות הקימחון. ריסוס במהלך הפריחה נגד פטריית הבוטריוספריה (*Botryosphaeria*) בשילוב ריסוס כנגד קימחון בשנים 2015-2018, בתכשיר ביולוגי סרנייד (*Bacillus Subtilis*) ו/או בפונגיציד לונה טרנקיליטי (Fluopyram and Pyrimethanil) ו/או בסוויץ' (Fludioxonil and Cyprodinil) תרמו לשינוי בהרכב אוכלוסיית המיקרואורגניזמים תוך הפחתה בפטריות הפתוגניות בעוקצי הפירות. כך, ריסוסי פריחה הפחיתו באופן מובהק את התמותה לאחור של ענפים ותפרחות במטע. בנוסף, לאחר הקטיף נמצא כי אותם ריסוסים שניתנו בחודש מרץ-אפריל הפחיתו את הרקבונות העוקץ לאחר הקטיף, כחצי שנה לאחר הטיפול. מעניין לציין כי ריסוס נגד פטריות בפריחה הפחיתו לא רק את רקבונות העוקץ אלא גם את רקבונות הצד, כנראה ע"י השיפור הכללי בבריאות הפרי. להפתעתנו, בניסויים דומים שנערכו בשנים 2017-2018 נמצא כי אותם טיפולים בפונגיציד או במדביר הביולוגי במהלך הפריחה, העלו באופן מובהק את מספר הפירות לעץ. אותה תוספת בכמות הפירות תוך עיכוב בנשירת חנטים הובילה לתוספת משמעותית ביבול שאף יכולה להוביל לתוספת של 100% ליבול במטעים נגועים במיוחד בבוטריוספריה. לסיכום, החלפת ממשק הריסוסים כנגד הקימחון בפריחה בממשק הדברה כנגד קימחון ובוטריוספריה הובילה לשליטה בקימחון ובמחלות הבוטריוספריה, תוך הפחתת תמותה של ענפונים ותפרחות, תוספת של פרי ויבול לעץ, והפחתה של רקבונות עוקץ ורקבונות צד באחסון של פירות מנגו.

מפוח חום – גישה חדשה ידידותית לסביבה להפחתת

מחלות ופגעים בכרמי יין



שמוליק עובדיה

יקבי כרמל

את כרמי היין תוקפים פגעים רבים, ובכלל זה גם מחלות, התוקפות את כל חלקי הגפן. בשנת 2017 התחלנו לבדוק את האפשרות להפחית אוכלוסיות של פגעים שונים בכרם באמצעות טכנולוגיה חדשה וידידותית לסביבה, המאפשרת הפחתה משמעותית בשימוש בתכשירי הדברה סינטטיים וללא פגיעה בגפנים. הטכנולוגיה מבוססת, על הזרמת אוויר חם באמצעות מפוחים. טמפרטורת האוויר במוצאי המפוחים יכולה להגיע עד 230 מ"צ ופוחתת מעט במגע עם העלווה. בניסויים ותצפיות באזור השפלה (2017-18), מצאנו כי זרמי האוויר החם המגיעים לעלווה, מפחיתים משמעותית את האוכלוסיות של מספר פגעים בכרם ובכלל זה מחלות. הפעלת מפוח החום נגד קימחון הגפן, על פי פרוטוקול המתחשב באפידמיולוגיה של הפטרייה *Erysiphe necator* הביא להפחתת של 30-75% במספר הריסוסים, בהתאם לפוטנציאל המחלה. בהפעלת מפוח החום להדברת ציקדות בזן קריניאן, נמצא כי בנוסף להדברה היעילה של המזיק, התקבלה גם הפחתה של למעלה מ 50% בנגיעות העלים במחלת הפאורמולריה (*Phaeoramularia dissiliens*) ונגיעות האשכולות בריקבונות (*Aspergillus niger*). הדברת מפוח החום בכרם הפחיתה משמעותית את אוכלוסיית עש האשכול ומיני ציקדות הנחשבים כמזיקים חשובים בכרם. בנוסף, הזרמת אוויר חם יוצרת בגפן מצב של heat shock המשפיע על תהליכים פיזיולוגיים בגפן ובכלל זה שיפור החנטה בתנאי עקה, העלאת מספר הגרגרים לאשכול, עליה ביבול ושיפור איכות היין. בעונה הקרובה יופעל מפוח החום באופן מסחרי בכרם במסגרת ההדברה המשולבת, בניסיון למנוע או להפחית למינימום את השימוש בתכשירי הדברה על המשמעות הכלכלית והאקולוגית שיש לפעולה זו.

עמידות הפטרייה *Erysiphe necator* מחוללת מחלת הקימחון

בגפן לקוטלי פטריות



ליאור גור^{1,2,4}, משה ראובני¹, יגאל כהן², שמואל עובדיה³ ועומר פרנקל⁴
¹ מכון שמיר למחקר, אוניברסיטת חיפה, קצרין; ² הפקולטה למדעי החיים, אוניברסיטת בר-אילן, רמת
גן; ³ יקבי כרמל; ⁴ המחלקה לפתולוגיה של צמחים וחקר העשבים, מרכז וולקני, ראשון לציון

קימחון הגפן הנגרם על ידי הפטרייה *Erysiphe necator* נחשב לאחת המחלות החשובות ביותר של גפן בישראל ובעולם. המחלה פוגעת בעלים, בגרגרים, ביבול ובאיכות היין. החל משנת 2004 נצפתה בישראל פחיתה ביעילות ההדברה של המחלה באמצעות קוטלי פטריות מקבוצת מעכבי הדמתילציה (DMI), והחל משנת 2007 - של קבוצת הסטרובילורינים (QoI). בנוסף, הופיעו עדויות ראשוניות בגליל העליון לפחיתה ביעילות של החומר quinoxifen מקבוצת האזאנפטלנים (AZN). עמידות הפטרייה *E. necator* לקוטלי פטריות מוכרת בעולם, אך לא נבחנה בישראל במעבדה. כמו כן לא קיים בישראל מידע לגבי המוטציות הגנטיות הקשורות לעמידות לקוטלי פטריות, או הדינמיקה של העמידות לאורך העונה ובין העונות. בשנים 2017-18 ביצענו ניסויי שדה בכרמים בשפלה, בגליל ובגולן בהם נבחנה יעילות החומרים משלוש הקבוצות האמורות והשפעתם על שכיחות וחומרת המחלה. בניסויים אלה נצפתה יעילות נמוכה של חלק מהחומרים. תבדידי הפטרייה מהטיפולים השונים בכל ניסוי נאספו למעבדה לצורך אפיון. תועדה במעבדה עמידות הפטרייה לסטרובילורינים, מעכבי דמתילציה ואזאנפטלנים על גבי דסקיות עלים. טווח ערכי LD50 של תבדידים עמידים לחומרים השונים היה 100-1000, 2-8 ו >100 ח"מ (חלקים למיליון), בהתאמה. זאת, לעומת ערכים של 0.5-0.9, 0.04-0.4 ו 0.002-0.09 ח"מ בתבדידים רגישים שנאספו מגפני בר ולא נחשפו לחומרי הדברה. בתבדידים עמידים נמצאו מוטציות גנטיות לעמידות לקוטלי פטריות מקבוצת הסטרובילורינים ומעכבי דמתילציה. עוד נראה כי הפטרייה אינה משלמת מחיר בכשירותה (fitness) עבור עמידותה לסטרובילורינים. תוצאות המחקר מאשרות שאכן הפחיתה ביעילות קוטלי קימחון בכרמים בישראל בשנים האחרונות קשורה לתופעת העמידות. עבודה זו תשמש בסיס לפיתוח פרוטוקול לאפיון מוקדם ומהיר של הפרופיל הפנוטיפי והגנטי של תבדידי *E. necator* בכרם וליישום ממשק יעיל להדברתם, תוך הפחתת הסיכון לעמידות.



סידן בריסוסי עלווה להתמודדות עם מחלת העובש האפור בפלפל באחסון

כרמית זיו¹, אלעזר פליק¹, שרון אלקלעי-טוביה¹, דני צ'לופוביץ¹, פביולה יודלביץ¹, תמר אלון², דוד סילברמן², שמשון עומר², זיוה גלעד³ וזיו קליינמן³
¹ המחלקה לחקר תוצרת חקלאית לאחר קטיף, מכון וולקני, ראשון לציון; ² שירות ההדרכה והמקצוע, אגף הירקות, משרד החקלאות; ³ מו"פ בקעת הירדן, תחנת צבי

מחלת העובש האפור בפלפל הנגרמת ע"י הפטריה *Botrytis cinerea* (בוטריטיס) גורמת לפחת רב באחסון. אילוח הפרי בנבגי הפטריה מתרחש במהלך הגידול, אולם הסמפטומים מתפתחים במהלך האחסון והמשלוח לחו"ל. ריסוס הצמחים בפונגיצידיים למניעת נגיעות בפטריה הוא בעייתי עקב יעילותו המוגבלת ודרישה גוברת להפחתת השימוש בחומרי הדברה, במיוחד מצד שווקים בחו"ל כדוגמת רוסיה. במהלך השנים נערכו עבודות שהראו קשר בין תוספת יסודות הזנה מאקרו/מיקרו שונים כדוגמת סידן לבין היכולת של הצמח להתמודד עם מחלות נוף שונות ובעיקר עובש אפור. לרוב ניתנים הטיפולים ע"י הגברת הדישון הסידני ביישום עם המים (הדשייה), אולם יישום עלוותי של סידן הוא בעל יתרון היות וניתן להעלות את ריכוז הסידן בכל אברי הצמח במנה אחידה וגבוהה ללא תלות בהובלת היסודות בצמח. בניסוי שבוצע במו"פ בקעת הירדן נבדקה השפעת ריסוסי עלווה של סידן בצמחי פלפל על רגישות הפרי למחלת העובש האפור בשדה ובאחסון. נבחנו מספר פורמולציות מסחריות של סידן בהשוואה עם ריסוס כימי משקי וכן עם ריסוס סידן כלורי. נמצא כי ריסוס עלוותי של CaO הקשור לכילאט עמידות הפרי לבוטריטיס. כמו-כן נמצא כי כילאט הסידן מעכב את צימוח תפטיר הפטריה, אולם העובדה כי הפרי נשטף לפני האחסון וקליפת הפרי לא הכילה כמויות גדולות של סידן ביחס לביקורת – מצביעים על כך שאין התכשיר פועל כפרוטקטנט. בנוסף, בעוד שהשפעת הסידן היתה מובהקת בתחילת העונה, בהמשך תקופת הגידול לא נמצאה השפעה, עקב ירידה ביעילות קליטת הסידן מהריסוס העלוותי. התוצאות שהתקבלו מצביעות על פוטנציאל של ריסוסי סידן עלוותיים כחלק מפרוטוקול טיפול במחלת הבוטריטיס במהלך גידול הפלפל, תוך הפחתת השימוש בחומרי הדברה.

חשיבות מבנה המולקולה בהדברת הפטרייה הפתוגנית *Sclerotium rolfii*



אורנה ליאראזי¹, אריאל אבנסון² ודוד עזרא¹
¹ המחלקה למחלות צמחים וחקר עשבים, מכון וולקני, בית דגן;
² לוכסמבורג תעשיות בע"מ, תל אביב

הפטרייה האנדופיטית *Daldinia cf. concentrica* מייצרת חומרים אורגנים נדיפים בעלי פעילות ביולוגית. אחד החומרים, *trans-2-octenal*, מציג פעילות אנטי-פטרייתית חזקה כנגד מגוון פטריות פיטופתוגניות. מולקולה זו הינה אלדהיד לינארי בלתי רווי, בעל שמונה אטומי פחמן ומכיל קשר כפול הממוקם בעמדה אלפה לפחמן הקרבונילי. במטרה לבחון את חשיבות מבנה המולקולה, מבחינת אורך השרשרת הפחמנית ונוכחות הקשר הכפול, על תפקוד המולקולה, השוינו השפעת מולקולות שונות בעלות מבנה דומה, על הגדילה והחיות של הפטרייה קשיון רולפסי (*Sclerotium rolfii*, ידוע גם כ *Athelia rolfii*). בהשוואת פעילות אלדהידים אלקנים בעלי שרשרת פחמנית באורך של 5 עד 10 פחמנים, נמצא כי אורך השרשרת האופטימאלי, המאפשר עיכוב מוחלט של הגדילה והרג תפטיר הפטרייה בריכוז הנמוך ביותר, הינו שמונה פחמנים. בהשוואת פעילות אלדהידים בעלי אותו אורך שרשרת פחמנית אך בהעדר הקשר הכפול, נמצא כי נוכחות הקשר הכפול הינה חיונית לפעילות האנטי-פטרייתית של החומר. תוצאות אלו מעידות, כי קיים קשר מבנה-תפקיד בפעילות האנטי-פטרייתית של המולקולה. מודל אפשרי הוא כי קיים קולטן היפותטי בפטרייה, אשר קושר בזיקה הגבוהה ביותר אלדהידים אלקנים בעלי שרשרת פחמנית באורך של שמונה פחמנים. קישור זה מפעיל שרשרת מעבר אותות שבסופה הפטרייה מפסיקה לגדול ומתה. המשך מחקר למציאת הקולטן הפטרייתי המשוער יאפשר פיתוח גישה נוספת להדברת פטריות מזיקות.

חסינות קונסטיטובית ככלי לייצור צמחים עמידים למחלות



אופיר גרשוני¹, מירב לייבמן-מרכוס^{1,2}, לורנה פיזארו^{1,2}, רופאלי גופטה¹, דליה רב-דוד¹, גלינה לבדב³, מוראד גאנס³, יגאל אלעד¹, עדי אבני² ומיה בר¹.

¹ המחלקה לפתולוגיה של צמחים וחקר העשבים, מרכז וולקני, מנהל המחקר החקלאי; ² ביה"ס למדעי הצמח ואבטחת מזון, הפקולטה למדעי החיים, אוניברסיטת תל-אביב; ³ המחלקה לאנטמולוגיה והיחידות לנמטולוגיה וכימיה, מרכז וולקני, מנהל המחקר החקלאי.

פתוגנים פטרייתיים וחיידקיים מהווים בעיה חקלאית מרכזית בעגבנייה. במיני בר זוהו עמידויות למחלות שונות, אך החדרת עמידויות מהבר לא תמיד צולחת מסיבות שונות. בין היתר, הכלאות עם זני בר פוגעות ביבול ו/או באיכות הפרי. לעתים, כאשר זוהו זני בר בעלי עמידות לפתוגנים שונים, נראה כי עמידות זו נובעת מביטוי ביתר של גנים שונים הגורמים לפעילות מוגברת של המערכת החיסונית. בעבודה זו, חקרנו אופנים שונים של השראת עמידות קונסטיטובית בצמחי עגבנייה, ככלי לייצר עמידות למחלות. הגברת פעילות של חלבונים "חיסוניים" או הורדת הפעילות של חלבונים החוסמים תגובה חיסונית יכולים לשמש ככלי שכזה. בתוצאות ראשוניות אנו מראים צמחים בעלי עמידות רחבה למגוון מחלות כתוצאה מ"הדלקת" מערכת החיסון באופן קונסטיטובי, כאשר ה"תשלום" באובדן יבול הוא מינימלי. בפרויקט אחר, באמצעות השתקת גן החוסם את התגובה החיסונית למדביר ביולוגי, הצלחנו לייצר צמחים בעלי עמידות מושרה גבוהה יותר ותגובה משופרת להדברה ביולוגית.

בדיקה פונקציונלית של גנים לעמידות במלון על ידי מוטגנזה CRISPR-CAS9



שחר ניצן¹, עמליה בר-זיו¹, טל דהן² ורפאל פרל-טרבס¹
¹ הפקולטה למדעי החיים על שם מינה ואבררד גודמן, אוניברסיטת בר אילן;
² המחלקה למדעי הצמח והסביבה, מכון וייצמן למדע

מעבדתנו זיהתה כמה גנים לעמידות למחלות בצמח המלון באמצעות מיפוי גנטי. צמד הגנים *Fom-1* ו-*Prv* צמודים לזה באוריינטציה "ראש אל ראש", ומבקרים עמידות לפוזריום מגזעים 0 ו-2, ולוירוס PRSV, בהתאמה. שני הגנים מקודדים חלבונים ממשפחת TIR-nucleotide binding-leucine rich repeat (NBL). לאחרונה הראו שחלבונים המבוקרים על ידי צמדי גנים כאלה עשויים לפעול ביחד. כדי ללמוד ולאשר את תפקידם, נקטנו בעריכה גנומית בשיטת CRISPR-Cas9. שיבטנו במערכת Golden Braid שני רנ"א מטרה לכל גן, ביחד עם מרקר עמידות לקנמיצין ונוקליאזה Cas9. בעקבות התמרה של זנים הנושאים את העמידות המתאימה התקבלו צמחים טרנסגנים, עם תדירות גבוהה של מוטציות השמט בי-אלליות בגן *Prv*. ראינו השמטים של כל האזור שבין שני אתרי המטרה, ואף השמטים נרחבים יותר. זהו דיווח ראשון על מוטגנזה CRISPR בצמח המלון. הצמחים היו פוריים, וצאצאיהם נבדקים כעת כדי לראות האם המוטציה שברה את העמידות, והאם יש קשר תפקודי בין שני הגנים הסמוכים.

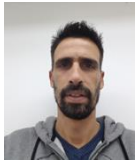


עמידות מוחלטת ל-PepMV בעגבניות טרנסגניות.

דיאנה ליבמן¹, דליה וולף², מיטל שטרקמן¹ ועמית גל-און¹
¹ המחלקה למחלות צמחים וחקר עשבים, מרכז וולקני, בית דגן; ² המחלקה לחקר ירקות, מרכז וולקני,
בית דגן

הוירוס Pepino mosaic virus (PepMV) אופיין לראשונה בפרו ב-1974, התפשט בעולם וגורם לנזקים כבדים בגידולי עגבניות בבמדינות ארופה וארה"ב. עיקר הנזק הוא באי אחדות בהבשלת פרי העגבניה הפוגע באיכות הפרי. בשנה האחרונה התגלה הוירוס בחממות חקלאים בחבל לכיש בעל הומולוגיה גבוהה לתבדיד האיטלקי. לווירוס לא נמצאו מקורות עמידות גנטיים יציבים, לאור זאת, נקטנו באסטרטגיה של חיסון הצמח באמצעות התמרה טרנסגנית כפי שנעשתה בהצלחה מרובה בגידולים שונים כנגד וירוסים שונים. עמידות טרנסגנית כנגד וירוסים מבוססת במרבית המקרים על מערכת ההשתקה Post transcriptional gene silencing (PTGS) מנגנון אנדוגני המעורב בפרוק גנום הווירוס. בעבודה זו, התבססנו על מנגנון זה לפיתוח עמידות כנגד PepMV בעגבנייה. צמחי עגבנייה הותמרו עם תבנית גנית במבנה של hairpin המבטאת את Transgene-derived double-strand RNA (tr-dsRNA). התבנית הגנית כללה שלושה מקטעים מגן הרפליקאז משלושה גזעים שונים של PepMV, איטלקי, ספרדי ואמריקאי, וזאת בכדי להקנות עמידות לגזעי הווירוס השונים. הקווים הטרנסגניים הנבחרים הראו רמת הצטברות גבוהה של tr-siRNA באורך של 21-24 בסיסים. במבחי עמידות אופינו קווי T2 כ"מחוסנים" להדבקה מכאנית בוירוס PepMV שבודד בארץ.

Pb2 - גן חדש לעמידות בפני כשותית הבזיל *Peronospora belbahrii*



יריב בן נעים, אוקסנה ליברנץ ויגאל כהן
הפקולטה למדעי החיים, אוניברסיטת בר אילן

בזיליקום מתוק (*Ocimum basilicum*) רגיש ביותר למחלת הכשותית הנגרמת על ידי הפתוגן *Peronospora belbahrii*. לאחר יותר מעשור מאז הופעת המחלה ברחבי העולם מעט זנים סבילים הופצו. "Prospera" הוא הזן המסחרי הראשון בעל עמידות מונוגנית מלאה (*Pb1*) נגד גורם המחלה. גן זה הועבר בהכלאה בין מינית ממין הבר *Ocimum americanum var. americanum* PI 500945. בעבודה זו הקוויים העמידים (PI 500945) ו-"Op" - *Ocimum americanum var. pilosum* נסרקו נגד מגוון רחב של תבדידי כשותית. נמצא כי "Op" ו PI 500945 מגיבים בצורה שונה לחלק מהתבדידים שנבדקו. אוכלוסיית BC1 הכוללת 131 צמחים שחולצו בשיטת חילוץ עוברים מההכלאה שבין הקו התרבותי "Sweet basil" ובין "Op", התפצלה לעמידות ביחס של 73 : 58 (1: 1) עמידים: רגישים. יחס זה מעיד כי הורשת העמידות מבוססת על גן דומיננטי יחיד בלתי מושלם. מעצם ידיעתנו כי העמידות של הקו "Op" והעמידות של PI 500945 (*Pb1*) תלויית תבדיד, נערך מבחן אלליות לקביעת היחס הגנטי בין שני מקורות העמידות. לשם כך, השתמשנו בשני תבדידים דיפרנציאלים, התבדיד "M" הגובר על העמידות המתקבלת מהגן *Pb1*, והתבדיד "Knafo3" אשר אינו אלים כלפי הקו "Op" והקו PI 500945. בהכלאה שבין הקו BC3F3 (56) הנגזר מ - "Op" והקו BCs6F3 (6-4-12) הנגזר מהקו PI 500945, כל מכלואי F1 הציגו עמידות מלאה עבור שני התבדידים. נראה כי העמידות מבוססת על השלמה גנטית הנובעת מדומיננטיות יתר (Overdominance). התפצלות העמידות באוכלוסיית F2 לתבדיד "Knafo3" היתה ביחס 1: 3: 12 עמידות מלאה, עמידות חלקית, ורגישות מלאה, בהתאמה והתפצלות אוכלוסיית F2 לתבדיד "M" היתה ביחס 4: 3: 9 עמידות מלאה, עמידות חלקית, ורגישות מלאה בהתאמה. התוצאות מאשרות שהקו "Op" הוא מקור חדש לעמידות שאינו אללי לגן *Pb1*. כלל התוצאות של סריקת העמידות, מבחני ההורשה ומבחני האלליות מעידות על נוכחותו של גן חדש לעמידות הנקרא *Pb2*.

פיתוח עמידות לוירוס *Tomato brown rugose fruit* בעגבניה



מיכאל קרבצ'יק, דיאנה ליבמן, רינו קומרי, יוליה שניידר, עמית גל-און
המחלקה לפתולוגיה של צמחים ומדע העשבים, מרכז וולקני, בית דגן

וירוסים הם פרזיטים אובליגטורים הנעזרים במרכיבי התא להתרבות ולתנועה. פגיעה בגנים ל"רגישות" susceptibility genes עשויה להשרות עמידות כנגד וירוסים שונים. הוירוס *Tomato brown rugose fruit virus* (TBRFV) מקודד לשני חלבונים הרפליקציה שנמצאים באינטראקציה עם חלבוני הצמח SITOM1 ו-SITOM3 וביחד יוצרים קומפלקסי שיכפול בממברנת התא. במחקרנו הצלחנו לפגוע בגנים *SITOM1* ו-*SITOM3* על ידי שימוש במערכת CRISPR/Cas9 ובכך לנתק את הקשר עם חלבוני הרפליקציה של TBRFV. קווי עגבנייה מוטנטים *Sltom1* ו-*Sltom3* מודבקים ב-TBRFV הראו ירידה משמעותית בהצטברות של הוירוס 13 ימים לאחר הדבקה, ולאחר כחודש אופיינה עליה בהצטברות TBRFV בקווים המוטנטים, אבל משמעותית פחות מקווי הביקורת שאינם מוטנטים. ראוי לציין שהצמחים המוטנטים *Sltom1* ו-*Sltom3* המודבקים הראו צימוח רב יותר מצמחי הביקורת, נשארו כמעט ללא סימני הדבקה בהשוואה לצמחי בקורת מודבקים ומספר פירות ומשקלם לא פחת לעומת צמחים שאינם מודבקים בוירוס. להפתעתנו הקווים המוטנטים לא הראו עמידות כנגד *Tomato mosaic virus* ורמת הוירוס המצטברת היתה דומה לרמת הוירוס בצמחי ביקורת. יתכן שגנים ל"רגישות" שונים מעורבים בהתרבות TBRFV ו-ToMV למרות ששניהם שייכים לאותו סוג *Tobamovirus*.

מעורבות מיני פוזריום בהתמוטטות מאוחרת בגידולי עגבניה



דניאל רוקנשטיין^{1,2}, עומר פרנקל¹, אביב דומברובסקי¹, יעקב קטן³, יעל רקח³
שמעון פיבוניה⁴, עופר גיא⁴, יובל קיי⁴, יואל מסיקה⁵, אמנון קורן⁶ שלי גנץ⁷ ליאור
אברהם⁷ ונטע מור⁷

¹ המחלקה לפתולוגיה של צמחים וחקר העשבים, מרכז וולקני, מנהל המחקר החקלאי, בית דגן; ²
אוניברסיטת בר אילן; ³ החוג לאגרוקולוגיה ובריאות הצמח, הפקולטה לחקלאות, מזון וסביבה,
האוניברסיטה העברית; ⁴ מו"פ רמת נגב; ⁵ משתלת שורשים, ⁶ משתלות חישתיל, ⁷ שה"מ

עגבניות חממה בארץ מהוות גידול משמעותי וריווחי באזור הדרום. בשנים האחרונות דווחה בגידול תופעת התמוטטות בשלב מאוחר (החל משלב הקטיפה הראשון). תופעה זו דווחה גם בחלקות חדשות שלא גודלו בהן עגבניות בעבר. הסימפטומים כוללים הצהבת עלים, ריקבון יבש של הגבעול, ריקבון שחור של צוואר השורש והתמוטטות הצמחים. ברוב המקרים התמוטטות זו מלווה בצברי נגים אדומים בצוואר השורש מה שמוביל לחשד כי מדובר במעורבות של פוזריום סולני (*F. solani*). מכיוון שהתופעה החלה להתרחב במקביל להפצה של הטובמווירוס החדש ToBRFV ברחבי הארץ ומכיוון שפוזריום סולני ידוע בספרות כפתוגן משני בלבד, עולה ההשערה כי ייתכן וחלק מהסיבות להתעצמות המחלה נובעות מהדבקה משולבת של השניים. מטרת המחקר הן: 1 זיהוי גורמי המחלה ופיתוח שיטה לבצוע מבחני קוד, 2 חקר אטיולוגית המחלה בדגש על הפתוגן *F. solani*. על מנת להעריך מיהם הפתוגנים המעורבים נערך סקר ונדגמו צמחים נגועים מחקלאים באזורי הנגב השונים, ברמת נגב היו הרוב המכריע של הדוגמאות נגועות ב *F. solani* בעוד שבחבל בשור נגרמה התופעה ממגוון רחב של פתוגנים. הדגימות שנאספו במהלך סקר החקלאים רוצפו ואוגדו לעץ פילוגנטי, עץ זה כולל שתי קבוצות מרכזיות האחת מכילה את כל תבדידי רמת נגב ותבדידים נוספים, בעוד הקבוצה השנייה כוללת תבדידים ממערב הנגב. בנוסף פותחה שיטת הדבקה בפוזריום סולני המדמה את התפתחות המחלה. בשיטה זאת בוצע מבחן כנות ונמצאו שתי כנות בעלות פוטנציאל לעמידות. בהמשך בוצעו ניסויים עם אילוח מלאכותי במו"פ רמת נגב. נמצא כי בעגבניות הצירי חומרת המחלה הייתה גבוהה יותר מאשר בצמחי עגבניית אשכול ובטיפולים נגועים בנגיף המחלה הייתה מעט גבוהה יותר מאשר ללא הנגיף.

בחינת השונות הגנטית של הפטרייה הפתוגנית



Macrophomina phaseolina בישראל ואיתור חומר גנטי עמיד

של צמחי תות שדה *Fragaria x ananassa* כנגד הפטרייה

בר פיקל¹, ניר דאי², מרסל מימון¹, מירב אלעזר¹, זכריה תנעמי², עומר פרנקל¹, מוחמד אבו טועמה³,
נטע מור³, עמיר שרון⁴, וסטנלי פרימן¹
¹ המחלקה לפתולוגיה של צמחים וחקר עשבים; ² המחלקה לחקר ירקות וגידולי שדה, מרכז וולקני, בית
דגן; ³ שרותי ההדרכה והמקצוע, משרד החקלאות; ⁴ הפקולטה למדעי החיים, המחלקה לביולוגיה
מולקולרית ואקולוגיה של צמחים, אוניברסיטת תל-אביב

הפטרייה *Macrophomina phaseolina* היא פטריית קרקע טיפוסית הגורמת למחלות ריקבון שורשים (root rot) וריקבון פחם (charcoal rot). עד כה דווח על כ- 500 מינים בוטניים הנתקפים ע"י פטרייה זו, ביניהם תות שדה. המחלה נפוצה באזורים צחיחים עד צחיחים למחצה ותוקפת בעיקר כאשר טמפ' הקרקע גבוהות ולחות הקרקע נמוכה. הפטרייה בעלת יכולת התרבות אל-מינית, מתרבה באמצעות גופי בר קיימא המכונים קישיונות, באמצעותם מסוגלת לשרוד בקרקע שנים רבות. גידול תות שדה בארץ התבסס עד לשנת 2010 לערך, על חיטוי הקרקע במתיל ברומיד. חומר זה יצא משימוש במקביל להתפרצות המחלה. בניסיון ללמוד על השונות הגנטית של הפטרייה, 198 תבדידים אשר בודדו מתות שדה וממלון באזורים שונים בארץ נבחנו בשיטת Arbitrary-primed PCR ובשיטת SSR genotyping. על סמך השונות הגנטית שהתקבלה מהאנליזה בשיטות הללו התבצעו מבחני ספציפיות לפונדקאי ומבחני ווירולנטיות על ידי מבחני אילוח באמצעות שבעה תבדידים שונים גנטית, ארבע שמקורם מתות שדה ושלושה שמקורם ממלון. נמצא שצמחי תות שדה רגישים יותר לתבדידים שבודדו מתות שדה לעומת תבדידים שמקורם במלון באופן מובהק. בצמחי מלון לעומת זאת נמצא שתבדידים משני המאחסנים פוגעים במלון בצורה דומה. בנוסף מבחני ווירולנטיות הראו, שבתות שדה ישנם תבדידים אגרסיביים יותר מתבדידים אחרים. בסריקה של 34 זני תות שדה מסחריים, נמצאה שונות גבוהה ברגישות למחלה בשדה בקרקע מאולחת באופן טבעי ובבית גידול במצע מנותק בתנאי גידול זהים.

תקצירי הפוסטרים

פיזור אווירני של נבגים א-מיניים של הפטריות *Lasiodiplodia theobromae*



1 - *L. pseudotheobromae*

רן שולחני ודני שטיינברג

המחלקה לפתולוגיה של צמחים וחקר העשבים, מינהל המחקר החקלאי, מרכז
וולקני ראשון לציון

בשנת 2013 נצפתה לראשונה בארץ במטעי אבוקדו תמותה והתייבשות של ענפים נושאי פרי בהיקף נרחב. שתי פטריות המשתייכות לסדרה *Botryosphaeriaceae* (*L. theobromae* (LT) ו- *L. pseudotheobromae* (LPT) בודדו מרקמות סימפטומטיות. הפטריות זוהו על פי המורפולוגיה שלהם ובשיטות מולקולאריות מקובלות. הוכחת הפתוגניות שלהן אושרה באמצעות מבחן קוך. על הרקמות הסימפטומטיות התפתחו גופי פרי א-מיניים, פיקנידיות, שהכילו נבגים א-מיניים – פיקנידיוספורות. פיקנידיוספורות מופצות בדרך כלל בנתזים של טיפות מי גשם - למרחקים קצרים. אבל, הפיזור המרחבי של המחלה במטעי אבוקדו בישראל הצביע לכאורה על הפצה אווירנית של הנבגים. מאחר והשלב המיני של שתי הפטריות לא זוהה בישראל (הנבגים המיניים, אסקוספורות, מופצים אווירנית), הועלתה הסברה שהפיקנידיוספורות של הפטריות LT ו- LPT מופצים אווירנית למרחקים גדולים. בסדרת ניסויים שבצענו בתנאים מבוקרים בחנו את ההפצה האווירנית של פיקנידיוספורות של שתי הפטריות. אילחנו קטעי ענפים עשבוניים של אבוקדו בגורמי המחלה ולאחר זמן התפתחו שעליהם גופי הפרי הא-מיניים. נבגים א-מיניים הופרשו מגופי הפרי ב- chirti האופייני גם ללא נוכחות מים חופשיים ולאחר שהתייבשו, הנבגים הא-מיניים הופצו אווירנית. השתמשנו במקור מידבק זה לחקר ההשפעות של הלחות היחסית והטמפרטורה על הפרשת הנבגים מגופי הפרי. משך ההפצה ומרחק ההפצה האווירני של הנבגים נבחנו במינהרת רוח. נבגים א-מיניים של שתי הפטריות נלכדו באמצעות מלכודות נבגים מדגם Burkard שהונחו במטעים מסחריים ונקבע דגם היומי של הנבגים. למיטב ידיעתנו זה הדיווח הראשון על הפצה אווירנית של פיקנידיוספורות. לממצא זה חשיבות רבה באפידמיולוגיה של מחלות הנגרמות על ידי פטריות היוצרות פיקנידיות מהסדרות *Botryosphaeriaceae* ו- *Dioporthaceae* ובכלל זה ספטוריה, אסקוכיטה, דיפלודיה, ועוד.

יחסי הגומלין בין הפתוגנים *Macrophomina phaseolina* ו-*Harpophora maydis* בגרימת מחלות בתירס ובכותנה



שלומית דור^{1,2}, יעל קנטר², דניאל רגב^{1,2}, רוני כהן³, און רבינוביץ¹ ואופיר דגני^{1,2}
¹ מיגל - מכון למחקר מדעי בגליל, קריית שמונה; ² המכללה האקדמית תל-חי, תל-חי; ³ מנהל המחקר החקלאי, נווה יער, מרכז וולקני, משרד החקלאות

מחלות המועברות בקרקע עשויות להיגרם כתוצאה מכמה פתוגנים המשפעים זה על זה ועל הצמח. הפטרייה *Harpophora maydis* גורמת למחלת נבילה קשה (Late wilt) בזני תירס רגישים ומאופיינת בהתייבשות הצמח הבוגר כתוצאה מחסימת רקמות ההובלה על ידי הפטרייה. בדומה לכך, פטריית הקרקע *Macrophomina phaseolina* מפתחת תפטיר וגופי ריבוי בצינורות ההובלה של מגוון פונדקאים, ואלו מביאים להתייבשות הצמח ונבילתו. צמחי כותנה מהזן פימה רגישים במיוחד למחלה זו. המצאות שני הפתוגנים יחד בצמחי כותנה חולים, באזור יבנה ב-2017, העלתה את האפשרות לקשר ביניהם. בסדרת ניסויים המלווה באיתור מבוסס Real-Time PCR, בתירס וכותנה, בנבטים בתנאים מבוקרים, ובעציצים לאורך עונת גידול מלאה, נבחן טיבם של יחסי הגומלין בין שני הפתוגנים. בנבטי תירס בני 40 יום, אילוח בשני הפתוגנים, שנבחן בהשוואה לאילוח בכל אחד מהפתוגנים לבד, העלה את כמות ה-DNA של *H. maydis* ברקמות השורש בתירס ואת כמות *M. phaseolina* בשורשי כותנה. בעציצים לאורך עונת גידול מלאה (82 ימים בתירס ו-154 ימים בכותנה), התקבלה ברקמות הגבעולים תמונה דומה בתירס, אך תמונה הפוכה בכותנה – ירידה בכמות היחסית של *M. Phaseolina* בצמח, בהשוואה לאילוח בפתוגן זה לבד. בתירס ובכותנה גרמה נוכחות שני הפתוגניים יחד לעליה במדדי הגידול (גובה, משקל שורש ומשקל נצר), בהשוואה לאילוח בכל אחד מהפתוגנים לבד, אך בתירס היא לא השפיעה על ההתייבשות וגרמה לירידה במשקל היבול. בכותנה טיפולי האילוח לא השפיעו על מספר הזרעים, שהיה דומה לביקורת. ממצאים אלו מעידים על מעורבות שני הפתוגניים בגרימת מחלות התייבשות בתירס ובכותנה. התוצאות מעודדות הרחבת המחקר לבחינת יחסי הגומלין בין הפתוגנים בפונדקאים נוספים ובחינת המעורבות של פטריות נוספות דוגמת *Fusarium verticillioides* שנמצאה בצמחי תירס נגועים.

מחלת הקימחון בתפוח בישראל: מקורות המידבק והשלב הפנולוגי הרגיש להדבקה כבסיס לפיתוח ממשק הדברה מיטבי



עדי הלפרין^{1,2}, משה ראובני¹, ליאור גור¹, אמוץ פרבר³ ויגאל כהן²
¹מכון שמיר למחקר, אוניברסיטת חיפה, קצרין; ²הפקולטה למדעי החיים, אוניברסיטת בר אילן, רמת גן; ³קריית שמונה

מחלת הקימחון הנגרמת על ידי הפטרייה *Podosphaera leucotricha* נפוצה במטעי התפוח בישראל ובעולם ופוגעת בעלים, בפרחים ובפירות ועלולה לגרום לנשירת עלים ולנזק ליבול. ממשק ההדברה בישראל מבוסס על ריסוסים רבים בקוטלי פטריות החל מההתעוררות. על אף העליה במספר הריסוסים בהשוואה לעבר עדיין הדברת הקימחון לקויה. מטרת המחקר היא פיתוח ממשק הדברה יעיל כנגד המחלה. לשם כך נבחנו מקורות המידבק השונים ואמצעים להפחתתם וכן, תזמון ומרווחי הריסוסים בקוטלי פטריות בהתאם לשלבים הפנולוגיים הרגישים להדבקה. מקורות המדבק האל מיניים שנמצאו במטע הם ענפוני דגל נגועים (Flagshoots) וסורים (suckers, ענפונים נגועים היוצאים מהכנה). גיזום חורפי של ענפונים נגועים בקימחון הפחית ב 65% את מספר ענפוני דגל שהתפתחו בעונה העוקבת וב 50% את שכיחות המחלה, בהשוואה לעצים ללא גיזום. רמת הנגיעות במטע ובחממה בעצים עם סורים, הייתה גבוהה ב- 81 ו 70%, בהתאמה, בהשוואה לעצים ללא סורים. לא מצאנו עדיין גופי פרי מיניים של הפטרייה בענפונים ועלים נגועים ממטעי הגליל והגולן. בניסויי שדה לקביעת השלב הרגיש ותחילת הריסוסים נמצא כי כ-8% מהעלים היו נגועים בעצים בהם הריסוסים החלו בשלב של נשירת עלי כותרת בדומה לעצים שרוססו בשלבים מוקדמים יותר של פקע ירוק, או 50% פריחה, בהשוואה ל 91.5% עלים נגועים בעצים לא מרוססים. אחוז העלים הנגועים היה נמוך יותר בעצים שרוססו כל שבעה ימים בהשוואה לאלו שרוססו כל עשרה ימים, אך לא היה הבדל בחומרת הנגיעות בין שני המרווחים. תוצאות מחקר זה והמשכו ישמשו בסיס לפיתוח ממשק הדברה יעיל כנגד המחלה, במטרה להפחית את מקורות המדבק ואת מספר הריסוסים בקוטלי פטריות ולתזמן אותם בהתאם לשלבים הרגישים להדבקה.

הדברה כימית של גזעי כמשון עמידים למפנוקסם בתפוחי אדמה



יגאל כהן¹ אבגניה רובין¹ ומריאנה גלפרין¹
¹ הפקולטה למדעי החיים אוניברסיטת בר אילן

מחלת הכימשון הנגרמת על ידי האואומיצט *Phytophthora infestans* הינה מן המחלות הקשות של תפוחי אדמה בישראל ובעולם. המחלה פוגעת בעלים, גבעולים ופקעות וגורמת לפחיתה ביבול. רוב גזעי הפטרייה בארץ עמידים למפנוקסם ועל כן השימוש בו אינו יעיל בהדברת המחלה. בעבודה הנוכחית נבדקה יעילותם של 15 תכשירים בהדברה המחלה בזן ניקולה. הניסויים נערכו באוניברסיטת בר אילן בבתי רשת, בשלשה מינונים ובשתי חזרות. צמחים בני כחדש ימים רוססו ידנית פעם אחת בלבד בכל אחד מן התכשירים במינון של 0.1%, 0.02% או 0.01% חמר פעיל ואולחו מלאכותית בלילה העוקב בתערובת מנבגים של שני תבדידים של *P. infestans* עמידים למפנוקסם. סימני מחלה ראשוניים חופיעו בצמחי הבקורת 6 ימים לאחר האילוח. התקדמות המחלה שחוערכה במשך 3 שבועות והשטח מתחת לעקומות ההתקדמות (AUDPC) מופיעים בצירור 1. התוצאות מראות שתכשירים המכילים Oxathiapiprolin היו היעילים ביותר בהדברת המחלה.



אנדופיטים מצמחי-בר ארץ ישראלים כמקור לחומרי טבע חדשים לשימוש בחקלאות ורפואה כנגד גורמי מחלות ומזיקים

נרי עזר, יגאל אלעד, אורנה ליארזי ודוד עזרא

המחלקה למחלות צמחים וחקר העשבים, מנהל המחקר החקלאי, מכון וולקני, בית דגן

אנדופיטים הינם מיקרואורגניזמים המאכלסים את הרקמה הצמחית ומקיימים בתוכה את מרבית מחזור חייהם, מבלי לגרום לנזק לצמח. חלק מהאנדופיטים מפרישים לסביבתם חומרים בעלי פעילות ביולוגית חזקה כנגד מיקרואורגניזמים אחרים. חומרים אלו מהווים מקור למאגר של מטבוליטים משניים חדשים היכולים לשמש נגד פטריות, חיידקים, חרקים וגורמי מחלות נוספים. מחקר זה מתמקד באיתור אנדופיטים מתוך אוכלוסיית צמחי הבר של ארץ ישראל, בדגש על אנדופיטים המפרישים לסביבתם מטבוליטים משניים בעלי פעילות ביולוגית. המטרה הסופית הינה מציאת חומרי טבע חדשים שיהוו בסיס לפיתוח טכנולוגיות יישומיות חדשניות הן בתחום החקלאות והן בתחומי הרפואה. במהלך השנה האחרונה בודדתי מתוך 27 צמחי בר שונים כ-298 אנדופיטים, מתוכם 142 חיידקים ו-156 פטריות. הבידוד נעשה מכל חלקי הצמח - שורשים, גזע/ענפים, עלים, פרחים, פירות וזרעים. מתוך כלל האנדופיטים שנבחנו במבחני מעבדה נמצאו 72 שהראו פעילות ברמות שונות כנגד פטריות וחיידקי הבוחן, מתוכם 40 פטריות ו-32 חיידקים. פעילות ביולוגית הוגדרה כיכולת האנדופיט, פטרייתי וחיידקי, והחומרים המופרשים ממנו לעכב גידול של פטריות וחיידקי הבוחן על צלחות המבחן. מבין כל אותם אנדופיטים, נבחרו עשרה להמשך פעילות - 6 חיידקים ו-4 פטריות. בוצע מיצוי כלורופורמי של מצע הגידול שלהם ומיצוי זה נבחן לפעילות ביולוגית. בהמשך, יבודדו ויזוהו החומרים הפעילים המופרשים על ידי האנדופיטים שהראו פעילות ביולוגית. הדבר יעשה באמצעות שיטות של כימיה אנליטית (HPLC, LC/MS, GC/MS) במטרה להפריד את החומרים ולאפיין את אלו הפעילים ביותר המעכבים או הורגים את הפתוגנים. במקביל יתבצע זיהוי של האנדופיטים הפעילים באמצעות שיטות מולקולריות.

פטריית אנטומופתוגניות - כמדבירים מיקרוביאליים, אמצעי הדברה



מסחריים ונחיצותן בגידולים חקלאיים בישראל

דנה מנט¹, עדן יוסף¹, אלכס פרוטסוב¹, צביקה מנדל¹, לילך מונדקה², שאול בן יהודה³, כרמית סופר-ארד⁴, רקפת שרון⁴, אמנון בוימל⁵, אתי לוי⁵, ארנון אלוש⁶, גל יעקבי⁶, הוסן קוקיסי⁷, אנריקו דה-לילו⁷

¹ המחלקה לאנטומוולוגיה ונמטולוגיה מרכז וולקני; ² המכללה האקדמית ספיר; ³ שה"מ; ⁴ מו"פ צפון; ⁵

פקח מושבות השומרון; ⁶ ביובי שדה אליהו; ⁷ University of Bari Aldo Moro

פטריית אנטומופתוגניות, בעיקר מהסוגים *Metarhizium* ו- *Beauveria* משמשות כבסיס לייצור תכשירים מיקרוביאליים כנגד פרוקי רגלים. פטריות אלה נפוצות בקרקע ועל גבי צמחים ואינן פוגעות בבעלי-חוליות. טווח הפונדקאים של מיני פטריות מהסוגים הנ"ל אלו רחב ולמעלה מ-200 מינים של פרוקי-רגליים מוכרים כרגישים להן. הפטריות האנטומופתוגניות מציגות מגוון רחב של עוצמת אלימות ועמידות ליובש וטמפרטורות קיצוניות. שימוש מושכל בתכשירים מסחריים המבוססים על מיני פטריות אלו מאפשר לצמצם ואף להחליף במקרים רבים את השימוש בתכשירים סינטטיים כנגד מזיקי צמחים. תכשירי פטריות מסחריים משווקים כאבקות רחיפות או כאמולסיות על בסיס שמן, תואריות אלה שאינם מקנות הגנה מספקת לנבגים בתנאי סביבה קשים המאפיינים אזורי גידול נרחבים בישראל המאופיינים בטמפרטורות גבוהות וקרנית UV רבה. בשל כך נדרש לקבוע את ההתאמה של התכשירים המסחריים כחלק מבחינת יעילותם בבתי גידול הרלוונטיים בישראל, ולשקוד על פיתוח תואריות המספקות הגנה בתנאי בתי הגידול המקומיים. אנו בחנו תכשירי פטריות מסחריות ופורמולציות מעבדתיות להדברה של ארבעה מיני חרקים מזיקים המתאפיינים בהעדר גורמי תמותה ביוטיים משמעותיים, ולפיכך משטר הדברתם מבוסס על תכשירי הדברה סינטטיים. בתנאי שדה: (1) כנימת עלה הבננה במטע בננות מרושת, (2) קמחית האננס בגידול אננס בבית רשת, ובמערכת מעבדתית המחקה תנאי שדה: (3) זחלי קפנודיס בכנות גלעיניות, (4) ביצי עש תפוח מדומה בפירות הדר. כל מקרה מחייב גישה יישומית שונה. אנו נציג את הפוטנציאל של השימוש בתכשירי פטריות אנטומופתוגניות להדברת מזיקים בישראל, ונדון באתגרים והמחקר המתבקשים על מנת להגדיל ולהרחיב את היישום של תכשירים מבוססי פטריות אנטומופתוגניות בישראל.

בחינת השימוש בחיידקים הטורפים *Bdellovibrio* and like organisms



להדברה ביולוגית של מחלת הריקבון הרך בתפוח אדמה

דניאל יודקס¹, יעל הלמן¹, שאול בורדמן¹, אדוארד יורקביץ¹
¹המחלקה למחלות צמחים ומיקרוביולוגיה, הפקולטה לחקלאות, מזון וסביבה ע"ש רוברט
ה. סמית, האוניברסיטה העברית בירושלים

Pectobacterium spp. הוא חיידק גרם שלילי המהווה גורם עיקרי למחלת הריקבון הרך (soft bacterial rot) במגוון רחב של פירות וירקות באזורים שונים. אחד הגידולים העיקריים ובעל חשיבות כללית רבה הנפגע ממחלה זו הוא תפוח האדמה. *Bdellovibrio* and like organisms (BALO's) הם חיידקים גרם שליליים הטורפים חיידקים גרם שליליים אחרים ובמחקר זה נבחנה (in situ) האפשרות להשתמש בחיידקים טורפים אלו על מנת להילחם במחלת הריקבון הרך בתפוחי אדמה הנגרמת על ידי *Pectobacterium carotovorum subsp. brasiliense*. לשם כך השתמשנו בפרוסות תפוחי אדמה שאולחו ב *P. carotovorum subsp. brasiliense* יחד, לאחר, או לפני אילוח עם BALO's. תוצאות המחקר מראות כי ה-BALO's שנבדקו היו יעילים ביותר להפחתת חומרת המחלה ואף למניעתה כליל. ב-82% המקרים הוספה של חיידקי *Bdellovibrio* לפרוסת תפוח האדמה לפני הוספת גורם המחלה מנעה לחלוטין את התפתחות המחלה ובמקרים בהם הופיעה המחלה חומרתה פחתה ב-95%.

הרצפטור NRC4a מעגבנייה משפעל את מערכת החיסון הצמחית ליצירת עמידות למגוון

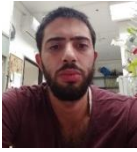
רחב של מחלות



מירב לייבמן-מרכוס^{1*}, לורנה פיזארו^{1,2}, אופיר גרשוני¹, רופאלי גופטה¹, יפתח מארש¹,
גלינה לבדב³, מוראד גאנם³, עדי אבני², ומיה בר¹

¹ המחלקה לפתולוגיה של צמחים וחקר העשבים, מרכז וולקני, מנהל המחקר החקלאי; ² ביה"ס למדעי הצמח ואבטחת מזון, הפקולטה למדעי החיים, אוניברסיטת תל-אביב; ³ המחלקה לאנטמולוגיה והיחידות לנמטולוגיה וכימיה, מרכז וולקני, מנהל המחקר החקלאי.

פתוגנים מהווים בעיה חקלאית מרכזית בעגבנייה. במיני בר זהו עמידויות למחלות שונות, אך החדרת עמידויות מהבר לא תמיד צולחת מסיבות שונות. בין היתר, הכלאות עם זני בר פוגעות ביכול ו/או באיכות הפרי. לעתים, כאשר זהו זני בר בעלי עמידות לפתוגנים שונים, נראה כי עמידות זו נובעת מביטוי ביתר של גנים שונים הגורמים לפעילות מוגברת של המערכת החיסונית, ליצירת עמידות סיסטמית. בעבודה קודמת, זיהינו כי הרצפטור NRC4a מרכז מסלולי מעבר אותות של מערכת החיסון הצמחית המתווכים על ידי מספר רצפטורים. NRC4a נקשר למספר רצפטורים צמחיים, ומשנה את התגובות המתווכות על ידם. ביטוי ביתר של NRC4a מגביר את מערכת החיסון הצמחית בעוד השתקתו מורידה את תגובת החיסון. בעבודה זו, מצאנו כי הגברת הפעילות של NRC4a גורמת לשפעול מערכת החיסון הצמחית ולעמידות קונסטיטטיבית, המתורגמת לעמידות רחבה למגוון מחלות, כאשר ה"תשלו"ם" באובדן יכול הוא מינימלי.



מחלת הרשת בשעורה - אפיון קווי שעורה תרבותית ושימוש באוכלוסיית מיפוי לאיתור אללים המעורבים בעמידות השעורה למחלה

משה רונן¹, אריה הראל¹, חנן סלע², אייל פרידמן¹, אלכס מורו¹ ורואי בן דוד¹.

¹ המחלקה לירקות וגידולי שדה, מכון למדעי הצמח, מנהל המחקר החקלאי-מכון וולקני; ² המכון לחקר דגנים, אוניברסיטת תל אביב

השעורה התרבותית (*Hordeum vulgare. L*), הדגן הרביעי בחשיבותו בעולם ומהגידולים הראשונים שעברו ביות, גדל בתפוצה נרחבת ברחבי העולם (140 מיליון טון ייצור לשנה בממוצע העשור הקודם). מחלת הרשת היא מהמחלות הקשות התוקפות את השעורה. המחלה נגרמת ע"י הפטרייה הנקרוטרופית (*Pyrenophora teres f. teres*) התוקפת בעיקר את עלי השעורה. בישראל מצויים מיני בר של השעורה (שעורת התבור, שעורת העכבר ושעורת הבולבוסין) והיא מהווה מרכז של מגוון גנטי של הגידול. מחקר זה מתמקד באפיון עמידות למחלה בתנאי שדה באוספי שעורה תרבותית במהלך שתי עונות, ואפיון אוכלוסיית מיפוי מתפצלת בתגובתה למחלה הן בשלב הבוגר והן בשלב הצעיר (אוכלוסיית HEB-NAM). בשעורה התרבותית נצפתה שונות גבוהה בין הזנים השונים בסבילות למחלה בשתי עונות הזריעה ואותרו מספר זנים בעלי סבילות גבוהה. נתוני תוצאות סריקת אוכלוסיית המיפוי בשדה [reaction type (RT) and average ordinate (AO)] הוצלבו עם המידע הגנטי של כל פרט נבחן מאוכלוסיית HEB-NAM ואותר מתאם גנטי מובהק. על סמך נתוני ה-AO נמצא אסוציאציה גנטית לשונות בתכונת העמידות לכרומוזומים 6H-14H, 5H הסמנים הושוו לנתונים מהספרות הרלוונטית ונראה כי ישנו לפחות אזור אחד בגנום שזוהה לראשונה במחקר זה כאזור המבקר את התמודדות הצמח עם מחלת הרשת. כמו כן, למעט אתר אחד, בכל האתרים בגנום שזוהו, האלל התורם לעמידות הגיע מהורה הבר (על אף רגישותה הכללית של שעורת התבור אפילו בהשוואה לשעורה התרבותית).

הרצפטור NRC4a מעגבנייה משפעל את מערכת החיסון הצמחית ליצירת עמידות למגוון



רחב של מחלות

לורנה פיזארו^{1,2*}, מירב לייבמן-מרכוס², סילביה שוסטר¹, מיה בר² ועדי אבני¹.

¹ ביה"ס למדעי הצמח ואבטחת מזון, הפקולטה למדעי החיים, אוניברסיטת תל-אביב; ² המחלקה לפתולוגיה של צמחים וחקר העשבים, מרכז וולקני, מנהל המחקר החקלאי.

צמחים נתקלים בפתוגנים פוטנציאליים רבים, ומפעילים זרועות שונות של המערכת החיסונית המבוססות על יכולתו של כל תא ותא להפעיל תגובה חיסונית. שפעול המערכת החיסונית מסתמך על הזיהוי של PAMPs - patterns molecular associated pathogen באמצעות PRRs -receptors recognition pattern המצויים בממברנת התא. רצפטורים בעלי פעילות זרחון (RLK) וחלבונים דמויי רצפטור (RLP) נקשרים ל sPAMP, דבר המעורר איתותים תאיים המובילים לתגובות חיסוניות של הצמח כנגד הפתוגן triggered pattern PTI -immunity. הרצפטור LeEIX2 מסוג RLP מזהה וקושר את הקסילנאז EIX מזנים שונים של טריכודרמה. לאחר הקישור, LeEIX2 משפעל תגובות חיסוניות כגון ROS, אתילן, ו HR- מוות תאים מקומי. לתנועה תוך תאית תפקיד מכריע ב PTI, בהבטיחה את מיקומם הנכון והמספק של ה PRRs בתא ואת כניסתם לתא לאחר זיהוי ה PAMP. באמצעים שונים זיהינו שני חלבונים המעורבים בתנועה תוך תאית והקושרים את הרצפטור LeEIX2- חלבון קשור דינאמין SIDRP2A וחלבון הקשור למערכת ה RAB ושמו SIPRA1A. בעבודה זו אנו מראים ששני החלבונים הללו מעורבים בבקרה על PTI בעגבנייה. ביטוי ביתר של SIDRP2A מגביר את הנוכחות של LeEIX2 על אנדוזומים בתוך התא ואת התגובה החיסונית ל EIX, בעוד שביטוי ביתר של SIPRA1A גורם לפירוקו של הרצפטור LeEIX2 בוקואולה ולכן מנמיך את עוצמת התגובה החיסונית. עבודתנו מדגישה את החשיבות של חקר הבקרה על מנגנוני התנועה התוך תאיים של הרצפטורים מסוג PRR ככלי להבנת תהליכי חיסוניות בצמחים.

תערובות פפטידים רנדומליים מפחיתים סימפטומים של מחלות צמחים הנגרמות על ידי

חיידקי *Xanthomonas* מבלי לפגוע בדבורת הדבש



שירי טופמן^{1,2}, חלי תמיר², דפנה תמיר-אריאל¹, שרוני שפיר³, צבי חיוקה² ושאול בורדמן¹
¹המחלקה למחלות צמחים ומיקרוביולוגיה, הפקולטה לחקלאות, מזון וסביבה,
האוניברסיטה העברית, רחובות; ²המכון לביוכימיה מדעי המזון ותזונה, הפקולטה לחקלאות
מזון וסביבה, האוניברסיטה העברית, רחובות; ³המרכז לחקר הדבורים ע"ש ב. טריואקס, המחלקה
לאנטומולוגיה, הפקולטה לחקלאות, מזון וסביבה, האוניברסיטה העברית, רחובות

חיידקים פיטופתוגניים הם בין מחוללי המחלות החשובים ביותר בצמחים, כאשר כמעט כל הגידולים החקלאיים נפגעים על ידם. כיום, הדברת מחלות צמחים חיידקיות מבוססת בעיקר על חומרים מבוססי נחושת אך לחומרים אלו יעילות מוגבלת. כמו כן, ניתן למצוא דיווחים בדבר חיידקים עמידים לנחושת. ישנם מחקרים המראים כי פפטידים אנטימיקרוביאליים הם בעלי פוטנציאל לשימוש לצרכי הגנת הצומח. במחקר הנוכחי אנו חוקרים את הפוטנציאל של שני מודלים של פפטידים רנדומאליים לשמש כחומרי הדברה. פפטידים רנדומליים אלו מורכבים משילוב של L-פנילאלנין ו-D/L-ליזין באורך של 20 חומצות אמינו. שניהם הראו פעילות אנטימיקרוביאלית חזקה כנגד זנים של חיידקים מחוללי מחלות בצמחים כגון *Xanthomonas*, *Clavibacter* ו-*Pseudomonas*. ניסויים בחממה הראו כי הפפטידים הרנדומליים הפחיתו את חומרת המחלה בצמחי עגבנייה וקולרבי שאולחו בחיידקי *Xanthomonas perforans* ו-*Xanthomonas campestris* pv. *campestris*, בהתאמה. השפעת תערובות הפפטידים על חומרת המחלה הייתה דומה לזו שנגרמה על ידי חומר הדברה המסחרי מבוסס הנחושת קוסייד 2000, שניתן בריכוז הגבוה פי 12 מזה של טיפולי הפפטידים. חשוב לציין כי שתי תערובות הפפטידים הרנדומאליים לא השפיעו על הישרדותן של דבורת הדבש ולא הראו רעילות כלפי תאי Caco-2 שמקורם מיונקים. המחקר הנוכחי מדגים את הפוטנציאל של שימוש אפשרי בפפטידים חדשניים אלו להגנת הצומח כנגד מחלות צמחים הנגרמות על ידי מיני *Xanthomonas* וחיידקים פיטופתוגנים אחרים.

אבחון וזיהוי של פטריות פתוגניות הפוגעות בקנאביס רפואי



שחר ירושלמי, מרסל מימון, אביב דומברובסקי וסטנלי פרימן
מחלקה לפתולוגיה של צמחים וחקר עשבים, מנהל המחקר החקלאי, ראשון לציון

בשנים האחרונות בארץ ובעולם, ישנה עליה משמעותית בשימושים הרפואיים השונים מצמח הקנאביס. החומרים המופקים מהקנאביס הרפואי משמשים לטיפול במגוון מחלות, כגון: בחילות, סוגי סרטן מסוימים, טרשת נפוצה, אפילפסיה, תסמונת טורט ועוד. בארץ בפרט מתגבר הגידול והשימוש בקנאביס רפואי בביקוח היחידה לקנאביס רפואי (יק"ר) של משרד הבריאות. במסגרת פעולותיה, מנסה היק"ר להגדיר אמות מידה במסגרת התקן של IMC-G.A.P אשר יהווה מקבץ של הנחיות, דרישות איכות ואמות מידה נדרשות ממגדלי הקנאביס הרפואי בארץ. יחד עם זאת, קיימים מספר קשיים בגידול קנאביס למטרות רפואיות המחייב עמידה בסטנדרטים הגבוהים הנדרשים, וחוסר בידע על מחלות צמחים התוקפות את צמחי הקנאביס. בנוסף ישנן מגבלות מחמירות על שימוש בחומרי הדברה בצמח הקנאביס הרפואי מחשש לחשיפת מטופלים לחומרים מזיקים, דבר המקשה על הטיפול בגורמי המחלה. כמו כן, ישנם פתוגניים מסוימים של קנאביס העלולים לפגוע באופן ישיר במטופלים הצורכים אותו בעיקר בחולים אשר להם מערכת חיסונית מוחלשת. במחקר זה אנו עוסקים באפיון גורמי המחלה בגידולי הקנאביס הרפואי בארץ. כ 100 דגימות של צמחים נגועים במחלות שונות נאספו מחוות בכל הארץ ובוצע בידוד של פטריות מהצמחים. תבדידי הפטריות שנמצאו עברו אפיון מולקולרי וקיטלוג. נמצאו מספר רב של פטריות שמתוכן חמישה מינים הופיעו בתדירות גבוהה *Alternaria alternata*, *Botrytis cinerea*, *Fusarium oxysporum* ו- *Trichothecium roseum*. עבור מיני פטריות אלו אף הושלמו מבחני קוד, מלבד עבור פטריות ה- *Fusarium oxysporum*. בנוסף בוצעה ספירת Colony Forming Units (CFU) לבדיקת נוכחות עובשים ושמרים ל 23 דגימות פרחים, מחמש חוות שונות. ככולן נמצאה חריגה מהערך המותר עפ"י נוהל IMC-G.A.P שהוגדר על ידי היק"ר. בהמשך המחקר יבדקו שיטות שונות להפחתת רמות ה CFU בתפרחות.



איתור גנים מועמדים להקניית עמידות ל *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* גזע TR4 בבננה

אורי שפאץ^{1,2}, מרסל מימון¹, נבות גלפז² וסטנלי פרימן¹
¹ המחלקה לפתולוגיה של צמחים ומדע העשבים, מרכז וולקני, ראשון לציון; ² מו"פ צפון

מחלת הנבילה של הבננה, המכונה גם "מחלת פנמה", נגרמת על ידי פטריית הקרקע *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*. הפתוגן פוגע בבננה על ידי חדירה לשורשים ומעבר בצינורות ההובלה לאיברי הצמח האחרים תוך הפרשת רעלים. כתגובה לכך הבננה מפרישה גיל צמיגי הסותם את צינורות ההובלה והצמח נובל. נבגי הקיימא של הפטרייה מסוגלים לשרוד בקרקע למשך עשרות שנים ועד היום טרם נמצא טיפול כימי, ביולוגי או פיזיקלי יעיל להדברת הפטרייה בקרקע. מטרת המחקר היא איתור גנים מועמדים במעורבות בהקניית עמידות/רגישות למחלה מגזע TR4. ראשית, כיילנו שיטת אילוח יעילה לבחינת רמת עמידות קווי בננה לפטרייה על ידי הדבקה בארבעה ריכוזי נבגים שונים (0, 10², 10⁴, 10⁵ ו-10⁶ נבגים/מ"ל), עם וללא פגיעת השורשים, שאחריה החלטנו להשתמש בריכוז של 10⁶ נבגים/מ"ל ללא פגיעת שורשים. בהמשך סרקנו 29 זני בננה מרחבי העולם, לצורך איתור רמת העמידות של כל אחד מהזנים. בניסיון, הדבקנו 10 צמחים מכל קו, בשתי חזרות ביולוגיות, בעזרת פרוטוקול האילוח שגיבשנו בניסוי הראשון. נמצא כי הקווים העמידים ביותר הם פלנטיין גבוה, *Calcutta 4*, *Aacv Rose* ו-*M. malaccensis* והרגישים ביותר הם גרנד ניין (ביקורת), *Highgate* (ITC0263) ו-*Pisang mas*. בניסוי השלישי נאספו דגימות שורשים מהקווים שנמצאו רגישים ועמידים ביותר בזמן 0, 9, 24 ו-96 שעות לאחר אילוח. RNA הופק מהשורשים, ונשלח לריצוף (RNA-seq). תוצאות האנליזה הביואינפורמטית יצביעו על מספר מצומצם של גנים מועמדים, שיאופיינו במחקר המשך. גנים נבחרים ישמשו כמטרה לעריכה גנומית, לצורך פיתוח זנים מקומיים עמידים למחלה.

התפשטות *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* גזע TR4 (גזע טרופי 4) הגורם למחלת הנבילה בבננה מזני קוונדיש בישראל



מרסל מימון¹, אורי שפאץ¹, נועה סלע¹, יעל מלר-הראל², עדנה לוי², גנייה אלקינד², אמה טברובסקי, רוזה גופמן², עמי הברמן², רונית זמורסקי², נדב עזרא², יובל לוי³, גל אור³, נבות גלפז⁴, יאיר ישראלי⁵, סטנלי פרימן¹

¹המחלקה לפתולוגיה של צמחים וחקר עשבים, מרכז וולקני, ראשון לציון, ²האגף לאבחון נגעים, השירותים להגנת הצומח וביקורת, משרד החקלאות ופיתוח הכפר, ראשון לציון, ³שירות ההדרכה, משרד החקלאות ופיתוח הכפר, ראשון לציון, ⁴מו"פ צפון, קרית שמונה, ⁵תחנת המחקר צמח, עמק הירדן

מחלת פנמה, הנגרמת ע"י הפטרייה *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (Foc) שוכנת קרקע, הינה אחת המחלות ההרסניות לגידול הבננה בעולם. גזע 1 של Foc גרם נזק חמור לזן 'גרו מישל' שהוחלף עד לשנת 1960 ע"י זני בננה מקבוצת הקוונדיש, העמידים לגזע זה. למרות זאת, גזע חדש של Foc, המכונה Tropical race 4 (TR4) הגורם לנזק חמור לזני קוונדיש, זוהה בשנות ה-90 של המאה ה-20 בדרום מזרח אסיה (אינדונזיה, מלאזיה וטאיוואן) ומאז התפשט ולאוסטרליה (1997) ופיליפינים (2003), ולרוב מדינות המגדלות בננה באיזור (סין, לאוס, וייטנאם, קאמבודיה ומיינמאר). לאחרונה, TR4 התגלה במוזמביק (אפריקה), עומן, פאקיסטאן, הודו ובאיזור מזרח הים התיכון (ירדן ולבנון). בקיץ 2016 זוהו תסמינים אופייניים של TR4 בצמחי בננה בוגרים של זן 'גנד ניין' מקבוצת הקוונדיש במטע בשפיה שבחוף הכרמל ובקיבוץ עין גב. התסמינים מתבטאים בהצהבת עלים ונבילת צמחים, ומלווים בהחמת צרורות ההובלה ופקעת הגזע. רקמות הצמח עם תסמינים נדגמו, נזרעו על מצע PDAC ותפטיר אוירני אופייני לצימוח Foc התפתח מהרקמה הנגועה. נבגי הפטרייה מזרעית בידוד זוהו מורפולוגית כ-Foc, כמו כן, אנליזה מולקולרית בשיטת ה-PCR עם פריימרים ספציפיים וריצוף מספר גנים, זיהתה את הפטרייה כגזע TR4 של *F. o. f. sp. cubense*. תבדידים מייצגים של TR4 מהארץ נבדקו לפתוגניות באילוח שתילי בנות רגישים למחלה וכעבור 4 שבועות מהאילוח חלה תמותת השתילים, בעוד שצמחי הביקורת נשארו בריאים. זיהוי TR4 מהשתילים בעלי הסימפטומים אומת בשיטת ה-PCR.