

# העמותה הישראלית למחלות צמחים

הועידה ה- 30



ערכו : דפנה בלצינסקי ואלי שליון

## רחובות

י"ד – ט"ו בשבט תשס"ט, 8 – 9 בפברואר 2009





## הנהלת העמותה הישראלית למחלות צמחים

### בשנים 2008 - 2009

שאול בורדמן	ראובן אושר – נשיא הכבוד
עמית גלאון	עודד ירדן – נשיא
צוריאל סנדו	יגאל אלעד – סגן נשיא
ראדי עלי	עמוס עובדיה – גזבר
אלי שלוין	דפנה בלצ'ינסקי – מזכירה

**רשימת זוכים במלגות העמותה למחלות צמחים**  
**2009**

**I. תלמידי מוסמך**

1. שהם אבידע
2. אלון רוני
3. רוזנברג טלי
4. דרורי רן

**II. תלמידי דוקטור**

1. אלקן נעם
2. בן דוד רואי

## תוכן העניינים:

עמ'		
7		דבר ההנהלה
8		תכנית הכנס
15	גנטיקה של אוכלוסיות ועמידות	ישיבה א'
23	יחסי טפיל-פונדקאי: פרוקריוטים ווירוסים	ישיבה ב'
31	אבחון ואפיון גורמי מחלות צמחים	ישיבה ג'
39	מניעה והדברה של גורמי מחלות צמחים – חלק א'	ישיבה ד'
49	יחסי טפיל-פונדקאי: פטריות ואאומיצטים	ישיבה ה'
61	מניעה והדברה של גורמי מחלות צמחים – חלק ב'	ישיבה ו'
69	מניעה והדברה של גורמי מחלות צמחים – חלק ג'	ישיבה ז'

## העמותה הישראלית למחלות צמחים

### מודה מקרב לב

### לחברות ולמוסדות שתרמו לועידה ה-30:

#### איגוד יצרנים ויבואנים של תכשירים להגנת הצומח

- אגן יצרני כימיקלים בע"מ
- אחים מילצ'ן בע"מ
- אפעל תעשיות כימיות בע"מ
- כ.צ.ט. כימיקלים וציוד טכני בע"מ
- לוכסמבורג תעשיות בע"מ
- לידור כימיקלים בע"מ
- מכתשים מפעלים כימיים בע"מ
- רימי להגנת הצומח והסביבה בע"מ
- תפזול תעשיות כימיות בע"מ
- תרסיס, חברה לכימיקלים חקלאיים ותעשיתיים בע"מ

#### אגרוג'ין – החטיבה הביולוגית של מנרב

ביומור ישראל בע"מ

זרעים גדרה בע"מ

א.ב. זרעים בע"מ

חישתיל בע"מ

שורשים – משתלת שורשים "אחים" (1986) בע"מ

דנציגר משק פרחים דן

מיקרולאב מעבדות (99) בע"מ

בקטוכס בע"מ

מרגליות סחר ושרותי חיטוי בע"מ

\* תודה מיוחדת למר שמעון צרור

אשר עיצב את השער לחוברת.

עמיתים יקרים,

אנו שמחים לברך את כולכם בבואכם לכנס זה, בו אנו חוגגים 30 מפגשים שנתיים בנושאי מחלות צמחים. מוגשים לכם בזאת תקצירי ההרצאות שתוצגנה בוועידה זו של חברינו ובשמנו החדש – **העמותה הישראלית למחלות צמחים**.

גם השנה הועידה נותנת במה לעוסקים במחקר ובעשייה בתחום מחלות הצמחים ומאפשרת לעמיתינו להציג בפני הציבור את עבודותיהם והישגיהם בשנה האחרונה. כך, נאספים חוקרים, אנשי צוות המחקר, סטודנטים, חקלאים, אנשי חברות וכן אנשים נוספים המתעניינים בתחום לשמוע, להשמיע ולהתעדכן. העבודות המוצגות, המשלבות עבודת חקר ברמה הבסיסית והיישומית, מבטאות את הפעילות המגוונת של חברינו. גם השנה, לפנינו תכנית עמוסה, וההשתתפות הערה של חברינו מעידה על הפעילות הרבה והמגוונת המתרחשת בתחומינו. הייצוג הנכבד של תלמידים המציגים את עבודותיהם, הינו אות ברור לעניין וההמשכיות במחקר הפיטופתולוגי.

בנוסף להצגת הפעילות העדכנית הפורה של עמיתינו, ועידה זו נותנת לנו גם הזדמנות לבחון, ולו במעט, מספר אבני דרך בפעילות חברינו לאורך השנים. כך, עם "החלפת הקידומת", בחרנו לשלב בתכנית הועידה הן הסתכלות היסטורית בפעילות של העמותה (ובגלגולה הקודם – חברה) לאורך השנים והן לדון בדרכים לחנך ולעודד את בני הדור הבא שיחקרו מחלות צמחים, יפיצו את הידע ויסייעו ביישומו לטובת כולנו. פעילויות מיוחדות המוקדשות למטרה זו תחלנה בהרצאת הפתיחה בה תבחן התפתחות הפיטופתולוגיה בישראל וכפי שהיא משתקפת בפעילות החברה. בהמשך, בחרנו להקדיש את הדיון הפתוח השנתי לנושא: "הכשרה פיטופתולוגית: כיצד ומתי מתחילים?" בו ישתתפו מומחים, בני 'דורות' שונים, העוסקים בפיטופתולוגיה. תקוותינו היא כי דיון זה יהווה בסיס מפרה לחשיבה על הגורמים והאפשרויות אותם כדאי לקחת בחשבון לקראת הכשרת דורות ההמשך של עמיתינו.

גם השנה נמשיך במסורת של תחרות סטודנטים על ההרצאה הטובה ביותר מתוך כוונה לעודד את עמיתינו הצעירים (והצעירים ברוחם) לקחת חלק פעיל בוועידה ולהצטיין. זו שנה רביעית שאנו מפעלים בהצלחה יוזמה של הענקת מלגות הצטיינות לסטודנטים בתחום מחלות צמחים, ועל כך בראש וראשונה מגיעה תודה לכל החברות התורמות המאפשרות לנו לקיים את הכנס השנתי ולתמוך בדור ההמשך. בנוסף, תרומותיכם מאפשרות לנו להפחית את דמי ההשתתפות לסטודנטים בכנס השנתי. תודה רבה לתורמים!! כן, נתונה תודתנו לפקולטה לחקלאות, מזון וסביבה ע"ש רוברט ה. סמית על הנכונות לשמש אכסניה ולתמוך בוועידה זו.

אין ספק כי הוועידה השנתית הינה אחד הצירים המרכזיים לפעילות העמותה. יחד עם זאת, אנו שמחים על כך כי העמותה מעורבת בפעילויות נוספות לקידום הידע וההצלחה של חבריה בתחומי הפיטופתולוגיה. זאת, הן על ידי פעילות יזומה (כגון ימי עיון) והן על ידי חיזוק הקשר בין חברינו לבין גופים נוספים הפועלים לקידום הידע והפעילות בתחום הפיטופתולוגיה.

אנו מאחלים לכולנו ועידה מעניינת ופורייה.

הנהלת העמותה הישראלית למחלות צמחים

## הועידה השנתית ה- 30 של העמותה הישראלית למחלות צמחים

### תכנית הכנס

כל ההרצאות מתקיימות באולם אריוביץ', הפקולטה לחקלאות, מזון וסביבה ע"ש רוברט ה. סמית, האוניברסיטה העברית, רחובות

**יום ראשון, י"ד בשבט תשס"ט, 8 בפברואר 2009**

8:15 – 9:00 התכנסות ורישום  
9:00 – 9:30 ברכות וטקס הענקת מלגות

9:30 – 10:00 הרצאת פתיחה  
**יעקב קטן**: התפתחות הפיטופתולוגיה בישראל והשתקפותה בוועידות החברה.

10:00 – 11:15 ישיבה א' – גנטיקה של אוכלוסיות ועמידות  
יו"ר: שמעון פיבוניה

- **יעל רקת**, רבינוביץ' ח. וקטן י.: גישות שונות להערכת עמידות עגבניות לפוזריום הנבילה.
- **רואי בן-דוד**, פלג צ., דינור ע., קורול א. ב. ופחימה צ.: מיפוי עמידות כמותית למחלת הקימחון באוכלוסיית מיפוי שמקורה בהכלאה בין חיתת דרום ואם החיטה.
- **יבסיי קוסמן**, שכתל ג., הרמן א' ודינור ע.: VAT - תוכנה חדשה לניתוח עקבי של אוכלוסיות פתוגנים ופונדקאים.
- **יעקב מניסטרסקי**, בן יהודה פ. וקוסמן י.: ניתוח השתנות אוכלוסיות חילדון עלה של חיטה בשנים 1993-2008.
- עילם ת., בן יהודה פ., עזרתי ס., מניסטרסקי י. **ויהושע אניקסטר**: כמות DNA בגרעיני נבגים בכירים של חילדון העלה של החיטה, כמדד לאבחנה בין טיפוסים התוקפים חיתת לחם וחיטה קשה בישראל.

11:15 – 11:45 הפסקה

11:45 – 13:15 ישיבה ב' – יחסי טפיל-פונדקאי: פרוקרוטים ווירוסים  
יו"ר: מגי לוי

- **אנה נגליס**, עלי ר., ליבמן ד., קאטריוון ק., הולדנגרבר ו., לפידות מ. וגל-און ע.: מעבר של וירוסים מצמח פונדקאי לצמח הטפיל עלקת מצרית.
- **יוני מוסקוביץ**, חביב ס., מורוגאנאנטס מ. ומוואסי מ.: הדבקת גפנים בשבטים אינפקטיביים של וירוסים מקבוצת ה-Vitisvirus למטרת חקר תיפקוד גנים צמחיים.
- **סברינה חביב**, סטוקולוב ס. ומוואסי מ.: איפיון חלבון ה-p10 של נגיף הגפן GVA ובחינת המעורבות שלו בפתוגנזה ובמנגנון הצמחי של השתקת גנים.
- **דפנה טמיר-אריאל**, רוזנברג ט., נבון נ. ובורדמן ש.: זיהוי גנים בקטריאליים הבאים לידי ביטוי באינטראקציה בין חיידקי קסנטומונס וצמחי עגבניה.
- **לאורה צ'לופוביץ**, כהן, מ., דרור, א., אייכלאובר, ר., גרטמאן, ק., ססה, ג., ברש וי. ומנוליס, ש.: היבטים מולקולאריים באינטראקציה בין החיידק *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* לצמח העגבניה.

- **שירי מלך-בונפיל** וססה ג.: איפיון מולקולרי של מסלולי MAP kinase המופעלים בעגבניה על ידי החלבון MAPKKK ומעורבותם בעמידות צמחים למחלות.

#### 13:15 – 14:15 הפסקת צהריים והצגת הפוסטרים

##### 14:15 – 15:15 ישיבה ג' – אבחון ואפיון גורמי מחלות צמחים

יו"ר: דוד עזרא

- **משה לפידות**, ליבמן ד., גלברט ד., דוידוביץ מ., מחבש צ., כהן ש., וגל-און ע.: וירוס הפלרגוניום המנוקד- וירוס חדש בעגבנייה בישראל.
- **אביב דומברובסקי**, לכמן, ע., פרלסמן, מ. ואנטיגנוס, י.: אפיון שני וירוסים התוקפים חציל בישראל.
- **טלי סופרין** ולפידות מ.: זיהוי ואפיון האינטראקציה של וירוס קיפול עלים של הקישוא- Squash leaf curl virus עם וירוס הגימדות הכלורוטי של האבטיח- Watermelon chlorotic stunt virus.
- **יוסי בוסקילה**, צרור ל., מונוסוב ט., בורדמן ש. ואשל ד.: כתמים כהים בתפוחי אדמה הנאספים לפני התייצבות קליפתם: רגישות או עמידות? פוסטר:
- **דרורי רן**, רבינוביץ א., גולדברג ד., שרון ע., לוי מ. ודגני א.: מבחן מולקולארי לגורם מחלת הנבילה המאוחרת בתירס.

#### 15:15 – 15:45 הפסקה

##### 15:45 – 17:00 ישיבה ד – מניעה והדברה של גורמי מחלות צמחים א'

יו"ר: דורון באום

- **תמיר לוסקי**, קירשנר ב., דרגושיץ ד., זאדה ע., אלעד י. ועזרא ד.: אנדופיטים כמדבירים ביולוגיים של מחלות בצמחים.
- רב דוד ד., יעקוב ד., אגרא א., בן כליפא ח., בורשטיין מ., יחזקאל ח., גנות ל., שמואל ד., מסיקה י., שטינברג א. **ויגאל אלעד**: השפעות מיקרואקלים על קימחון (*Oidium neolycopersici*) בעגבניות חממה.
- **דני אשל**, רגב ר. וגן-מור ש.: מודל לבחירת שילובים סינרגיים של טיפולים ידידותיים לאדם ולסביבה לטיפול בתוצרת חקלאית לאחר אסיף.
- **יגאל כהן**, רובין א., סירוצקי ה. ודיטריך ה.: עמידות צולבת לפונגיצידיים מקבוצת ה CAA במוטנטים מלאכותיים של מחולל הכשותית בחסה, *Bremia lactucae*.
- **דני שטיינברג**: מיזם חוס"ן קלויבקטר: הגדרות מטרות ומתווה פעולה. פוסטרים:
- **דליה רב דוד** שפיאלטר ל., בורשטיין מ., קורולב נ., דורי ע., גנות ל., שמואל ד., מסיקה י., ברונר מ., נישרי י., ירמיהו א., פיבונה ש., לויטה ר. ואלעד י.: התמודדות מושכלת עם עובש אפור (*Botrytis cinerea*) המנגע לזיאנטוס.
- **מריאנה גלפרין**, רובין א. וכהן י.: RAPD, זוויגיות, אלימות, ועמידות ל- metalaxyl בתבדידי שדה של *Phytophthora infestans* בישראל.

יום שני, ט"ו בשבט תשס"ט, 9 בפברואר 2009

8:30 – 9:00 התכנסות ורישום

9:00 – 10:15 ישיבה ה – יחסי טפיל-פונדקאי: פטריות ואאומיצטים  
יו"ר: עמיר שרון

- **נעם אלקן** פלור ר. ופרוסקי ד.: הפרשת אמוניה על ידי הפטריה *Colletotrichum coccodes* גורמת להפעלת NADPH oxidase בפונדקאי ומעודדת את תוקפנות הפטרייה הנקרוטרופית.
- **נטע שלזינגר** ושרון ע.: תפקידו של הגן *BcBIR1* בתהליכי מוות תאי והתפתחות מחלה בפטריה *Botrytis cinerea*.
- **פבל מינקוב** וירדן ע.: מעורבות הפוספטאזה PTP1 בהתפתחות ופתוגנזה של הפטרייה *Sclerotinia sclerotiorum*.
- **יוליה דניסוב**, פרימן ס. וירדן ע.: מעורבותו של גורם השעתוק Snt2 בתהליכי התפתחות ופתוגנזה של *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis*.
- **אופיר דגני**, דרורי ר., מגן ט., גולדברג ד. ולוי מ.: השפעת הורמונים צמחיים על התפתחות פתוגן התירס *Harpophora maydis*.  
**פוסטרים:**
- **משה ואקנין**, טלר ד. וכהן י.: חלבונים הקשורים לעמידות למחלת הכימסון *Phytophthora infestans* בזני עגבניות בר.
- **אודליה זרביב** וכהן י.: עמידות תלוית-גיל נגד מחלת הכימסון (*Phytophthora infestans*) בצמחי עגבניות בר.
- **תהילה דניאל-חדד**, רובין א., מור נטע וכהן י.: עמידות תבדידי שדה של *Pseudoperonospora cubensis* כנגד פונגצידים מקבוצת ה-CAA.
- **יגאל כהן** ובן-נעים י.: עמידות גנוטיפים של אבטיח (*Citrullus spp.*) לקימחון.

10:15 – 10:45 הפסקה

10:45 – 11:00 אסיפה כללית

11:00 – 12:30 פנל- הכשרה פיטופתולוגית: כיצד ומתי מתחילים?  
יו"ר: יצחק ברש; משתתפים: יעקב קטן, דני שטיינברג, שאול בורדמן, עמיר שרון, לאה צרור ואופיר בהר

12:30 – 13:30 הפסקת צהרים

13:30 – 15:00 ישיבה ו – מניעה והדברה של גורמי מחלות צמחים ב'  
יו"ר: יעל רקח

- **מיכל ראובן**, רבינוביץ א., שטיינברג ד. ובן-יפת י.: הפחתת הנזקים הנגרמים על ידי קישיון רולפסי באגוזי אדמה.
- **אברהם גמליאל**, אוסטרוביל מ., שטיינר ב., בניחס מ. ושגיא ג.: DMDS לחיטוי קרקע: בחינת יישום התכשיר, תנועתו בקרקע, משך הפרוק וקטילת פתוגנים.
- **שגיא גל**: פלדין (DMDS) תכשיר חדש לחיטוי קרקע- מניסויים מבוקרים להדברה בשדה.
- **שחף טריקי-דותן**, אוסטרוביל מ., שטיינר ב., מינץ ד., קטן י. וגמליאל א.: פרוק מואץ של מתאם סודיום בקרקע: הגדרה וכימות המיקרואורגניזמים שאחראים לתופעה.
- **רוני אלון**, רובין ב. וגמליאל א.: משך הפרוק של תכשירים לחיטוי קרקע והשפעתו על קטילת נמטודות ועשבים טפילים.
- **אייל קליין**, קטן י. וגמליאל א.: השראת תנגודת קרקע למחלות שורש באמצעות תוספים אורגניים וחיטוי סולרי.

15:00 – 15:30 הפסקה

15:30 – 16:30 ישיבה ז' – מניעה והדברה של גורמי מחלות צמחים ג'  
יו"ר: סטנלי פרימן

- **עדנה שרון**, בר-אייל מ., מור מ., חת א. ושפיגל י.: פיתוח תכשיר ביולוגי של הפטרייה *Trichoderma* להדברת נמטודות טפילות על צמחים.
- **עמוס עובדיה**: התמודדות עם מחלת צהבון האסתר בגזר.
- **קורולב נדיה**, ממייב מ., זהבי ת. ואלעד י.: ניטור תלת שנתי של עמידות תבדידי הפטרייה *Botrytis cinerea* בכרמים.
- **יבגניה דור** והירשהורן י.: יישום מדבירים ביולוגים נגד עלקת דרך מערכת הטיפטוף.

16:30 חלוקת פרסים להרצאות המצטיינות מבין הסטודנטים/ות ונעילת הועידה.



## **התפתחות הפיטופתולוגיה בישראל, והשתקפותה בוועידות החברה**

### **יעקב קטן**

האוניברסיטה העברית, הפקולטה לחקלאות, מזון וסביבה ע"ש רוברט ה. סמית, רחובות

### **(הרצאה מוקדשת לזכרו של ד"ר אבי גרינשטיין, תלמיד, חבר לעבודה וידיד)**

הפעילות הפיטופתולוגית בארץ משתרעת על פני יותר מתשעה עשורים. היו ארבעה אירועים מרכזיים ומכוננים אשר עצבו את פניה: 1. הקמת המח' לפתולוגיה של הצמח (במכון לחקר החקלאות אשר ברבות הימים ייהפך למכון וולקני), בשנת 1921, ע"י פרופ' יי רייכרט. התווספו מאז מחלקות ומעבדות רבות, אשר עוסקות בנושא זה. 2. הקמת הפקולטה לחקלאות ב- 1942, בית היוצר לאגרונומים ופיטופתולוגים. 3. הועידה הראשונה בשנת 1967 ביזמתו של ד"ר יי פלטי. 4. הקמת החברה הישראלית לפיטופתולוגיה ב- 1970 (פרופ' ג' לובנשטיין – נשיא ראשון). מאז ועד היום, מארגנת החברה את הוועידות ומקדמת את מקצוע הפיטופתולוגיה בדרכים רבות כולל מתן מלגות ועריכת השתלמויות לחברים. במהלך תשעה עשורים של מחקר פיטופתולוגי בארץ נחקרו נושאים רבים, כולל: אבחון, ביולוגיה של הפתוגנים, יחסי טפיל-פונדקאי, חקר פתוגנים של כל קבוצות הגידולים, הדברה כימית והדברה בשיטות חלופיות, כולל הדברה ביולוגית, פיתוח זנים עמידים, חקר גנטיקה ואבולוציה של פתוגנים ושל צמחים, אפיון גנטי ומולקולרי של פתוגנים, התמודדות עם מחלות חדשות ומניעתן, פיתוח אמצעי הדברה עבור חקלאות אורגנית, עמידות מושרית, אפידמיולוגיה ועוד. פותחו שיטות רבות להעברת הידע מהמחקר אל החקלאים.

החקלאות בישראל בימי קדם התמודדה בדרכים שלה בבעיות הגנת הצומח.



ישיבה א'

# גנטיקה של אוכלוסיות ועמידות

יו"ר – שמעון פיבניה



## גישות להערכת עמידות עגבניה לפוזריום הנבילה

יעל רקח, חיים רבינוביץ' ויעקב קטן

הפקולטה למדעי החקלאות, המזון ואיכות הסביבה ע"ש רוברט ה. סמית  
האוניברסיטה העברית בירושלים, רחובות

טיפוח זנים עמידים למחלות דורש זיהוי עמידות, בקוי הורים ובשולות צאצאים. שימוש בשיטות סלקציה בצמחים צעירים בתנאים מבוקרים מחייב הערכה אמינה אשר תתייעל ע"י שימוש בסמנים מולקולאריים. הערכות עמידות של צמחי עגבניה ל- *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (גזע 2) בוצעו בנבטים בני 14 יום ובשתילי גוש בני 35 יום. העבודה כללה קו הומוזיגוטי רגיש ותשעה קוים עמידים, הטרזויגוטים  $[I_2/i_2]$  או הומוזיגוטים  $[I_2/I_2]$  בלוקוס  $I_2$  המקנה עמידות לגזע 2. הצמחים אולחו בשיטת טבילת שורשים. 93-100% מהצמחים של הקו הרגיש פתחו סימפטומים של המחלה בלי תלות בגילם. הצמחים העמידים פיתחו סימני מחלה בשיעור של 31.6 ו- 7% - 0 לאחר שאולחו בגיל 14 ו-35 יום, בהתאמה. תוצאות אלה הושושו לשני ניסויי שדה בחלקות מאולחות שבהם גודלו עשרת הקוים. שבעה מתוך תשעת הקוים העמידים שלעיל היו נקיים מסימני מחלה, ובשניים האחרים אותרו צמחים בודדים שפתחו החמה קלה בצרורות ההובלה, וללא סימני נבילה, ולפיכך עמידותם הוכחה בתנאי שדה, וכן כי שימוש בשתילי גוש לבחינת העמידות משקף בנאמנות רבה את המצב בשדה. ייחורי נבטים של קו הטרזויגוט  $I_2/i_2$ , א-סימפטומטיים (שהוגדרו עמידים) וסימפטומטיים (שהוגדרו רגישים) הושרשו וגודלו עד להבשלת פירותיהם ומהם הופקו זרעים. נערכה השוואה בנבטים להערכת העמידות בין צאצאי שתי הקבוצות. 28 ו-22% מצאצאי הצמחים הא-סימפטומטיים והסימפטומטיים פיתחו סימני מחלה, בהתאמה, כיחס הצפוי באוכלוסיות אלו. לפיכך נקבע כי החמת צינורות ההובלה בנבטים המכילים את האלל הדומיננטי  $I_2$  אינה מעידה בהכרח על רגישות-שדה וכי מבחן הנבטים הוא מבחן מחמיר. השיטה המבוססת על הדבקת נבטים מקובלת בעולם כשיטת אבחון, אך חומרתה מהווה לעיתים חסרון ועל כן ניתן להשתמש במבחן שתילי הגוש כמבחן משלים לאבחון העמידות בצמחים.

## מיפוי QTL's לעמידות למחלת הקימחון, בדור מתקדם של הכלאה

### בין חיטת דורום ואם החיטה

בן דוד ר.<sup>1</sup>, פלג צ.<sup>1,2</sup>, סרנגה י.<sup>2</sup>, דינור ע.<sup>3</sup>, קורול א.<sup>1</sup> ופחימה צ.<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> המכון לאבולוציה, החוג לביולוגיה אבולוציונית וסביבתית, הפקולטה למדעי החיים והוראתם, אוניברסיטת חיפה, הר כרמל.

<sup>2</sup> המכון למדעי הצמח וגנטיקה בחקלאות ע"ש רוברט ה. סמית, הפקולטה לחקלאות, מזון וסביבה ע"ש רוברט ה. סמית, האוניברסיטה העברית בירושלים, רחובות.

<sup>3</sup> המחלקה למחלות צמחים ומיקרוביולוגיה, הפקולטה לחקלאות, מזון וסביבה ע"ש רוברט ה. סמית, האוניברסיטה העברית בירושלים, רחובות.

חיטת דורום (*Triticum turgidum* ssp. *durum* (Desf.) MacKey.) היא גידול חשוב ומרכזי לאוכלוסיית העולם (פסטה, קוסקוס, לחם ועוד) במיוחד באזור הים תיכוני בו מגודלים 75% משדות החיטה הקשה בעולם. מחלת הקימחון בחיטה, נגרמת ע"י הפתוגן (*Bgt*) *Blumeria graminis* (DC.) E.O. Speer f. sp. *tritici* Em. Marchal ומתבטאת בפחיתת יבול חריפה.

מספר רב של גנים לעמידות כנגד קמחון (*Pm*) אותרו בחיטה ומופו, אך רק אלל אחד (*Pm3h*) זוהה ממקור גנטי של חיטת דורום. במחקר הנוכחי נמצא כי תבדיד הקמחון #66 (שנאסף מאם החיטה בעמיעד, ישראל) תוקף בצורה קשה קווי בר של חיטה ובמידה פחותה זני חיטה מתורבתים.

הבסיס הגנטי של תגובה זו לאילוח בתבדיד #66 אופיין באוכלוסייה מתפצלת של 152 recombinant Inbred Lines (RILs) שמקורה בהכלאה בין זן של חיטת דורום קשה (Langdon) וקו של הורה הבר שלו, אם החיטה (G18-16). בניתוח quantitative trait loci (QTL) של התגובה לתבדיד #66 אותרו חמישה QTLs המסבירים יחד 53% מהשונות בחומרת המחלה. QTL מרכזי בעל LOD של 15.4 המסביר 22.7% מהשונות מופה על כרומוזום 1A. בנוסף זהו ארבעה QTLs משניים על כרומוזומים 3A, 2B, 1B ו-7A. בכל חמשת הלוקוסים העמידות נתרמה ע"י ההורה התרבותי (LDN). מיפוי גנים חדשים לעמידות לקמחון שמקורם בזן LDN של חיטת דורום יכול לתרום רבות לעמידות חיטה בפני הפתוגן *Bgt*.

## VAT – תוכנה חדשה לניתוח עקבי של אוכלוסיות פתוגנים ופונדקאים

יבסיי קוסמן<sup>1</sup>, ג. שכטל<sup>2</sup>, א. הרמן<sup>3</sup> ועמוס דינור<sup>4</sup>

<sup>1</sup> מכון לחקר הדגנים, אוניברסיטת תל אביב, ישראל (kosman@post.tau.ac.il),

<sup>2</sup> המכון לביומטריה וגנטיקה של אוכלוסיות, אוניברסיטת גיסן, גרמניה

<sup>3</sup> המכון לגידולי שדה וטיפול צמחים, אוניברסיטת קריסטין-אלברכטס, גרמניה

<sup>4</sup> הפקולטה לחקלאות, מזון וסביבה ע"ש רוברט ה. סמית, רחובות, ישראל

VAT (*Virulence Analysis Tool*) היא תוכנה ידידותית למשתמש, המכילה מספר שלבי אנליזה המאפשרים הערכה מקיפה, יעילה ועקבית של השוני בתוך ובין אוכלוסיות של פתוגנים, לפי הוירולנטיות שלהם, ובין אוכלוסיות של צמחים, לפי העמידות שלהם.

תכונות בסיסיות של תוכנת ה-VAT:

- מתאימה לניתוח של השוני באוכלוסיות בעלות ריבוי מיני, ובאוכלוסיות בעלות ריבוי אלמיני.

- היא תוכנה יחידה, המאפשרת חישוב מדדי שוני שפותחו לאחרונה

(Kosman, 1996; Kosman & Leonard, 2007).

- מתואמת עם חבילות סטטיסטיות עיקריות.

- יכולה לשמש לניתוח אוכלוסיות גם לפי סמנים מולקולריים, לפי Kosman &

Leonard (2005).

תוכנת ה-VAT מורכבת מהשלבים הבאים: (1) הכנסת נתונים, טרנספורמציה של הנתונים וזיהוי פנוטיפים/גנוטיפים; (2) איפיון התפלגויות (של פנוטיפים, של וירולנטיות ושל עמידויות), מורכבות של וירולנטיות ואסוציאציות של תגובות וירולנטיות; חישוב פרמטרים שונים של קירבה בין פרטים ושוני בתוך אוכלוסיות, כמו כן מרחקים גנטיים בין אוכלוסיות; (3) פרוצדורות להסקת מסקנות לגבי רווח בר-סמך של ההערכות הסטטיסטיות של פרמטרים שונים, והמובהקות של הבדלים בין אוכלוסיות.

מחקר זה נתמך ע"י הקרן הגרמנית-ישראלית למחקר ופיתוח מדעי (מענק מחקר 744-

G.I.F I-121.12/2002).

ניתוח השתנות אוכלוסיות חלדון העלה של חיטה בשנים 1993 – 2008

### יעקב מניסטרסקי, פ. בן יהודה וי. קוסמן

המכון לחקר הדגנים, הפקולטה למדעי החיים, אוניברסיטת תל אביב, 69978, ישראל

מחלת חילדון העלה בחיטה נגרמת ע"י הפטרייה *Puccinia triticina* Ericks, והיא השכיחה ביותר בשדות החיטה ברחבי העולם. לימוד אוכלוסיות חילדון העלה בחיטה נערך באופן עקבי מאז 1993. נבדקו 831 תרביות במשך התקופה 1993 – 2008. מבנה אוכלוסיות הפתוגן השתנה במידה רבה מאז 1993. ניתן להבחין באופן ברור בשתי קבוצות אוכלוסיות; אוכלוסיות של השנים 1993 – 1999 ואוכלוסיות השנים 2000 – 2008. אבחנה זו נעשתה בעזרת שיטות הקבצה וניתוח שונות של אוכלוסיות.

את השינויים במבנה האוכלוסיות הטבעיות ניתן ליחס לכוחות הבאים:

1. נדידה מסיבית אפשרית של נבגי חלדון העלה מאזורים שכנים ב 1994, (במקביל לכניסת אלימות חדשה של חלדון צהוב שאופיינה באלימות על הגן *Yr9* שנמצאה בשנה זו לראשונה בישראל).

2. לחץ סלקציה שנגרם כתוצאה מהחלפת זני החיטה במזרע לזנים עמידים לחילדון הצהוב, עם האלימות החדשה, מאז 1997.

השונות השנתית באוכלוסיות חלדון העלה הייתה הגבוהה ביותר בשנת 1994. בשנה זו נמצאו צמדי אלימות ודגמי אלימות חדשים. חלקם עברו שינוי בגן אחד לאלימות ובתהליך של ברירה טבעית נעשו לשכיחים ביותר מאז שנת 2000. שינויים משמעותיים בשיעור האלימות התרחשו בגנים *Lr26*, *Lr17*, *Lr15*, *Lr2a* בשנים 2000 – 2008.

## כמות DNA בגרעיני נבגים בכירים של חלדון העלה של החיטה, כמדד

### לאבחנה בין טיפוסים התוקפים חיטת לחם וחיטה קשה בישראל

תמר עילם, פ. בן יהודה, ס. עזרתי, י. מניסטרסקי וי. אניקסטר

המכון לחקר הדגנים, הפקולטה למדעי החיים, אוניברסיטת תל אביב, 69978, ישראל

לפני כ 20 שנה נמצא לראשונה טיפוס חדש של פטרית חלדון העלה של החיטה (*Puccinia triticina*) התוקף זני חיטה קשה. התופעה היא כלל עולמית: אתיופיה, צפון אפריקה, מקסיקו, דרום אמריקה ולאחרונה גם באירופה. טיפוס החיטה הקשה שייך לאותו מין של חלדון חיטת הלחם, הינו בר הכלאה איתו ותוקף אף הוא את אותו פונדקאי ביניים - *Thalictrum*. מלבד הבדלים דקים בדגמי האלימות, אין כלים לאבחנה בין שני טיפוסי החלדון. במכון לחקר הדגנים פותחה שיטה לאבחנה בין מיני חלדון לפי כמות DNA (משקל ב - pg) בגרעיני הנבגים הבכירים. יישום שיטה זו מאפשר הבדלה ברורה בין שני טיפוסי החלדון הקרובים הללו. כמו כן משמשת שיטה זו כעזר בזיהוי מינים אחרים של חלדון עלה התוקפים חיטה וקרובי חיטה כגון:

1. חלדון עלה התוקף חיטה במרוקו וספרד שפונדקאי הביניים שלו הוא *Anchusa italica* (זיפנייים). הבדל ברור בכמות ה DNA מראה על שוני בין חלדון זה וחלדון העלה התוקף חיטה ברחבי העולם ויחד עם שוני במורפולוגיה, מצביע על היות חלדון זה מין שונה - *P. recondite*.
2. לחלדון עלה התוקף בן חיטה קטוע (*Aegilops speltoides*) בישראל, אשר פונדקאי הביניים שלו הוא *Thalictrum*, דמיון מלא בכמות ה DNA הגרעיני ל *P. triticina*. גם הדמיון המורפולוגי מצביע על שייכות לאותו מין. אולם ההבדל בסוג הפונדקאים המותקפים הביא להגדרתו של מין זה כ *forma specialis* שונה.
3. ברמת הגולן נמצא חלדון עלה על חיטת הבר הנראה שונה בממדי הנבגים האפילים משאר חלדונות החיטה בארץ. מדידת כמות ה DNA תעזור באפיון חלדון זה.



ישיבה ב'

# יחסי טפיל - פונדקאי: פרוקריוטים ווירוסים

יו"ר – מגי לוי



## מעבר של וירוסים מצמח פונדקאי לצמח הטפיל עלקת מצרית

נגליס אנה<sup>1</sup>, עלי ראדי<sup>1</sup>, דיאנה ליבמן<sup>1</sup>, קאטריון ק<sup>1</sup>, לפידות מ<sup>2</sup>, וגל-און ע<sup>1</sup>  
המחלקה לפתולוגיה וחקר עשבים<sup>1</sup>, המחלקה לחקר ירקות<sup>2</sup>, מרכז וולקני, מינהל  
המחקר החקלאי, בית דגן

העלקת (*Orobanche spp.*) הינה טפיל שורש מוחלט חסר כלורופיל, הנטפל לשורשי צמחים רחבי עלים, בעיקר באזורים חמים ויבשים, ועלולה לגרום נזקים כבדים לצמח הפונדקאי. מחזור חייה העלקת הנו תת-קרקעי היא יוצרת מצץ, שחודר אל תוך רקמות הצמח הפונדקאי המתחבר למערכת ההובלה שלו ובכך מהווה מבלע מטבולי חזק, שואבת מים, סוכרים ומינרלים מהפונדקאי. מנגנון העברת מוטמעים ומאקרומולקולות מהפונדקאי לעלקת עדיין לא ברור. במחקר שלנו בדקנו האם יש מעבר של וירוסים מצמח הפונדקאי לעלקת מצרית באמצעות שיטות וירולוגיות קלאסיות ומולקולאריות. בעבודה זו נמצא לראשונה, מעבר של חלקיקי וירוסים לעלקת מצרית שגדלה על עגבנייה או טבק הנוגעים בוורוסים מקבוצות שונות. הוירוסים שנבחנו הם בעלי מבנה וגודל שונה, מכילים גנום של RNA ו-DNA ומשתייכים לקבוצות שונות: *Tobacco mosaic virus (TMV)*, *Potato virus Y (PVY)* ווירוס צהבון האמיר *Tomato leaf curl virus (TLCV)*. במבחן הדבקה על צמחי בוחן הוכח שחלקיקי הוירוסים שעברו מהפונדקאי והצטברו בעלקת מצרית נשארו אינפקטיביים. הצטברות של חלקיקי הוורוס CMV בפקעית, גבעול ופרח של העלקת אופיינה באמצעות RT-PCR. הצטברותו של הגדיל המשלים של ה-RNA הויראלי של הוירוסים TMV ו-CMV באברוני העלקת, מעידה על התרבות וירוסים אלו בתאי הטפיל. כמו-כן, אופיינה הצטברות של מולקולות קצרות של CMV (viral-siRNA) בפקעיות המעידה על פעילות של מנגנון השתקה בעלקת כנגד הוורוס. בעתיד תבחן האפשרות שעלקת הינה מקור הפצה של וירוסים מקבוצות שונות.

## הדבקת גפנים בקלוניס אינפקטיביים של וירוסים מקבוצת ה- *Vitisvirus*

### למטרת חקר תיפקוד גנים צמחיים

מוסקוביץ י, מורוגאנאנטס מ, חביב ס. ומוואסי מ.

המעבדה ע"ש טולקובסקי, המחלקה לפתולוגיה של צמחים, היחידה לוירולוגיה, מנהל המחקר החקלאי, בית דגן

מחלת הניקרון (Rugose Wood) בגפנים שכיחה ברוב האזורים בהם גדלים גפנים. במחלה זו מעורבים בעיקר הוירוסים *GVA* *Grapevine virus A* ו-*GVB* *Grapevine virus B* המשתייכים לקבוצת ה- *Vitivirus*. הבנת האיטאולוגיה של מחלת הניקרונית מחייבת הדבקה בודדת של גפנים בשבטי cDNA אינפקטיביים של הוירוסים הללו. הדבקת צמחים מעוצים ככלל וצמחי גפן בפרט, בשבטי cDNA של וירוסים מהווה אתגר מחקרי גדול. לאחרונה פותחה במעבדתנו שיטה להדבקת צמחי גפן (*Vitis vinifera*) בעזרת *Agrobacterium* רקומבננטי המכיל את רצף הויראלי של ווקטור על בסיס ווירוס ה- *GVA* (pGVA118). הגן הצמחי *phytoene desaturase* (PDS) הוא חלק ממערך גנים המעורבים בייצור הכלורופיל. הגן PDS הוחדר אל pGVA118 ליצירת *GVA-PDS*. שורשים של צמחוני גפן *in-vitro* הושרו בתמיסה של *Agrobacterium* המכיל *GVA-PDS* וב pGVA118. הצמחונים שהודבקו ב-*GVA-PDS* הראו סימפטומים של הלבנת העורקים בעלים כ- 14-20 dpi. כמו כן התוצאות אוששו בעזרת *semi-quantitative PCR* והראו כי בצמחונים שהודבקו ב- *GVA-PDS* אכן התרחש תהליך של השתקת ה PDS הצמחי בעזרת הווקטור הויראלי. באופן דומה הודבקו צמחי גפן ב *Agrobacterium* המכיל את הרצף הויראלי של ווירוס ה-*GVB*. יעילות ההדבקה נבחנה בעזרת RT-PCR ונמצא כי ווירוס ה *GVB* נוכח בצורה יציבה לאורך זמן בצמחוני הגפן. שיטה זו תאפשר בעתיד הבנה רחבה ומעמיקה של מחלת הניקרון בגפן וכמו כן יכולה לשמש ככלי יעיל למחקר של השתקת גנים בגפן.

## אפיון חלבון ה- p10 של נגיף הגפן GVA ובחינת המעורבות שלו בפתוגנזה ובמנגנון הצמחי של השתקת גנים

חביב ס., סטוקולוב ס. ומאוסי מ.

המעבדה ע"ש טולקובסקי, המחלקה לפתולוגיה של צמחים, היחידה לוירולוגיה, מנהל  
המחקר החקלאי, בית דגן

גידול גפן למאכל וליין מהווה חלק חשוב בתוצרת החקלאית בארץ ובעולם. מבין המחלות  
הוויראליות העיקריות בגפן נמנה קומפלקס הניקיונות. בקומפלקס הניקיונות מעורבים  
בעיקר וירוסים מקבוצת ה- *Vitivirus* ואליהם שייך נגיף הגפן *Grapevine virus A*  
(GVA).

GVA הינו בעל גנום ssRNA חיובי שאורכו כ- 7.4Kb עם חמש מסגרות קריאה (ORFs) -  
*ORF1* מקודד לחלבוני הרפלקציה; *ORF3* המקודד לחלבון התנועה; *ORF4* מקודד  
לחלבון המעטפת; *ORF5* מקודד לחלבון p10 אשר התגלה כבעל תכונות קשירה של RNA  
ובעל פעילות חלשה לדיכוי מנגנון ההגנה הצמחי, בנוסף חלבון זה נחשב כגורם דומיננטי  
המשפיע על הפתוגנזה של הווירוס ועל יכולתו להדביק את הגפן ובכך מבקר את תגובת  
הצמח הפונדקאי להדבקת הוויראלית.

בעבודה זו אנחנו מראים כי לחלבון p10 יש פעילות חלשה כ RSS בצמח כאשר הוא  
מבוטא לבדו, מאידך כאשר הוא מבוטא ביחד עם מיניריפלקציה של GVA הפעילות שלו כ  
RSS מוגברת. בהמשך מצאנו כי קיימים פקטורים ב *ORF1* היכולים להיות חיוניים  
להגברת הפעילות של p10 כ RSS.

ביצענו שיחלוף של ה *ORF5* בין גזעים שונים של ווירוס ה- GVA הנבדלים במידת ביטוי  
הסימפטומים שהם משרים על הצמח, התוצאות הראו כי ל-p10 השפעה על הפתוגנזה של  
הווירוס. ניסוי להשוואת תפקודו של *ORF5* כ-RSS בין הגזעים השונים של ווירוס ה-  
GVA הראה אין קשר בין השפעת הווירוס על הפתוגנזה לבין תפקודו של p10 כ-RSS.  
בניסויים שערכנו למטרת אפיון הביטוי של p10 מצאנו כי הוא מתבטא בגרעין התא וכי  
הוא עובר אינטראקציה של חלבון-חלבון בינו לבין עצמו.

## זיהוי גנים בקטריאליים הבאים לידי ביטוי באינטראקציה בין חיידקי

### קסנטומונס ועגבניה

דפנה טמיר-אריאל, טלי רוזנברג, נעמה נבון, ושאל בורדמן

המחלקה למחלות צמחים ומיקרוביולוגיה, הפקולטה לחקלאות, מזון וסביבה ע"ש רוברט ה. סמית, האוניברסיטה העברית בירושלים, רחובות 76100

התבססותם של חיידקים פיטופתוגניים בפונדקאי הינו תהליך מורכב המצריך את פעילותם המתואמת של גנים רבים, שמרביתם לא ידועים. מספר גנים הקשורים לפתוגניות זוהו בתנאי מעבדה (*in vitro*). החיסרון בצורה זו של זיהוי הוא שבתנאי מעבדה היכולת לחקות את האינטראקציה בין הפונדקאי לפתוגן מוגבלת. יש לכן צורך בגישות *in vivo* להבנת תהליך המחלה. אנו השתמשנו בגישה של Recombinase In Vivo Expression Technology (RIVET) לזיהוי גנים הבאים לידי ביטוי מוגבר *in vivo* בחיידק *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*, הגורם למחלת הגרב הבקטרי בעגבנייה. סקירת גנים בשיטה זו הביאה לזיהויים של גנים המשתייכים למספר קטגוריות פונקציונאליות. נעשו מוטנטים הפגועים בגנים ספציפיים מהקטגוריות השונות על מנת לאפיין אותם ונמצא שחלקם תורמים לוירולנטיות של החיידק. אחד מן הגנים האלו הוא *citH* המקודד לטרנספורטר של ציטראט בעל הומולוגיה גבוהה לגן המאופיין *citN* של *Bacillus subtilis*. מוטנט של *Xcv* הפגוע ב-*citH* היה פגוע ביכולתו להתרבות בצמח ולגרום לסימפטומים בהשוואה לזן הבר. בנוסף, בניגוד לזן הבר, המוטנט לא הצליח לגדול במצע מינימאלי המכיל ציטראט כמקור פחמן יחיד. גן נוסף הוא *lipA* שעל פי האנוטציה מקודד לחלבון המשוער כליפאזה המופרשת אל מחוץ לתא. מוטנט הפגוע ב-*lipA* גדל כמו זן הבר במצע עשיר, אך נבדל ממנו באופן משמעותי במצע המכיל שמן זית כמקור פחמן יחיד. כמו כן, הפעילות הליפוליטית של הפרקציה החוץ תאית של המוטנט הייתה מופחתת באופן משמעותי מזו של זן הבר, מה שמחזק את היותו גן המקודד לליפאזה המופרשת אל מחוץ לתא. אילוח עלים באמצעות הזרקה הראה שהסימפטומים בצמח שבו הוזרק המוטנט היו מוחלשים בהשוואה לצמח שבו הוזרק זן הבר, דבר המחזק את תפקידו של *lipA* בפתוגנזה של *Xcv*.

## היבטים מולקולאריים באינטראקציה בין החיידק *Clavibacter*

### *michiganensis* subsp. *michiganensis* לצמח העגבניה

צ'לופוביץ ל.<sup>1,2</sup>, כהן-קנדלי, מ.<sup>1,2</sup>, דרור א.<sup>1</sup>, אייכנלאוב ר.<sup>3</sup>, גרטמאן ק.<sup>3</sup>, ססה ג.<sup>2</sup>, ברש י.<sup>2</sup> ומנוליס ש.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>המחלקה למחלות צמחים וחקר עשבים, מכון וולקני, בית דגן; <sup>2</sup>המחלקה למדעי הצמח, אוניברסיטת תל-אביב; <sup>3</sup>המחלקה למיקרוביולוגיה, אוניברסיטת בילפלד, גרמניה

החיידק הגרם חיובי *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* (*Cmm*) גורם למחלת הכיב הבקטריאלי והנבילה בעגבניות שהיא מחלה סיסטמית ואחת החשובות והמגבילות ביותר בגידול עגבניות. האינטראקציה המולקולארית בין הפתוגן לצמח הפונדקאי נלמדה באמצעות מדידת ביטוי גנים לפתוגניות בחיידק מצד אחד, וגנים הקשורים למערכת ההגנה של הצמח מצד שני. הגנים שנבדקו בחיידק הם *celA* (המקודד לצלולאז) ו-*pat1* (המקודד לסרין פרוטאז), המצויים על שני פלסמידים הדרושים לפתוגניות. כמו כן נבדקו הגנים *chpC* ו-*ppaA* (המקודדים לסרין פרוטאזות) והמצויים על הכרומוזום של החיידק באזור המכונה אי-פתוגניות. בנוסף נבדקו גנים אחרים המצויים על הכרומוזום והמקודדים לאנזימים מפרקי דופן כמו *celB*. בצמח נבדקו מספר גנים המקודדים למערכת ההגנה של הצמח כמו Chitinase. ביטוי הגנים נבדק לאחר אילוח צמחי עגבניה בתבדיד הבר (*Cmm382*), תבדיד ללא שני הפלסמידים לפתוגניות-המתנהג כאנדופיט (*Cmm100*) ותבדיד ללא אי-פתוגניות (*Cmm27*), בזמנים שונים לאחר האילוח בשיטת ה-qRT-PCR. נמצא כי בשלבים הראשונים של המחלה (96-12 שעות) תבדיד הבר הראה עלייה משמעותית בשיעתוק הגנים *celA* ו-*pat-1* בצמח לעומת הביטוי במצע גידול מינימלי. ירידה משמעותית ברמת השיעתוק של הגנים הנ"ל נמצאה במוטנט ללא אי-פתוגניות, לעומת תבדיד הבר. מדידת ביטוי הגנים הנמצאים באי הפתוגניות (*chpC*, *ppaA*) הראתה ירידה של פי 4 בתבדיד האנדופיטי לעומת תבדיד הבר לאחר 96 שעות. לעומת זאת ביטוי הגן *celB* (המקודד לאנדוצלולאז) המצוי בכרומוזום היה גבוה מזה של תבדיד הבר לאחר 12 שעות. תוצאות אלו מצביעות על קשר אפשרי בין הגנים הנמצאים באי הפתוגניות לבין הגנים לוירולנטיות בפלסמידים ואשר משפיעים על בקרה של תהליך הפתוגניות. אנליזה לביטוי הגנים הקשורים למערכת ההגנה של הצמח כמו ה-chitinase מראה עלייה בביטוי בתבדיד *Cmm27* לעומת הביטוי בתבדיד הבר ו-*Cmm100*. ממצא זה מרמז על מעורבות אי הפתוגניות בדכוי מערכת ההגנה של הצמח.

## אפיון מולקולארי של מסלולי ה-MAP kinase המופעלים בעגבנייה ע"י

### החלבון MAPKKKε ומעורבותם בעמידות צמחים למחלות

מלך-בונפיל שירי וססה גואידו

המחלקה למדעי הצמח, אוניברסיטת תל-אביב, תל-אביב.

צמחים עמידים פיתחו במהלך האבולוציה את היכולת להגן על עצמם מפני אורגניזמים הגורמים להם למחלות ע"י הפעלה של תגובות הגנה נרחבות. אנחנו חוקרים את העמידות של צמחי עגבנייה (*Solanum lycopersicum*) לשני חיידקים גרם שליליים: *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* (Xcv) ו-*Pseudomonas syringae* pv. *tomato* (Pst) הגורמים לשתי מחלות כתם בקטריאליות (spot and speck diseases) בהתאמה). גנים צמחיים אשר עומדים מאחורי ההפעלה של מנגנוני ההגנה ומשתתפים בתגובת העמידות כנגד החיידקים Pst ו-Xcv זהו רק בחלקם. במטרה לזהות ולבודד את הגנים המעורבים בתגובות עמידות אלו, השתמשנו בשיטה המבוססת על השתקת גנים שנקראת virus-induced gene silencing (VIGS). שיטה זו יעילה ואטרקטיבית המאפשרת להשתיק גנים (להוריד את ביטויים) מבלי ליצור צמחים טרנסגניים. במהלך ניסויי ה-VIGS בצמח, העמידות של צמחי העגבנייה לשני החיידקים הללו נפגעה כתוצאה מהשתקה של גן, *SIMAPKKKε*, המקודד לחלבון-mitogen-activated protein kinase kinase kinase (MAP) kinase. כמו כן, הראנו שביטוי ביתר של הגן *SIMAPKKKε*, הוביל למוות תאי שלא תלוי בפתוגן והצלחנו למצוא את מסלול ה-MAP kinase המופעל במורד הזרם אליו. בנוסף, ביטוי זמני של החלבונים Pto ו-AvrPto בצמחי *Nicotiana benthamiana* הראה שהגן-*SIMAPKKKε* מעורב במוות תאי המתווך ע"י Pto. בהמשך נמצא שגן זה מעורב באופן ספציפי במוות תאי המופעל ע"י זוגות של גנים לעמידות וגנים לאוירולנטיות מעגבנייה ומהפטרייה *Cladosporium fulvum* בהתאמה. בשיטת ה-VIGS הוכח גם שהגן *SIMAPKKKε* לא השפיע על גדילת החיידקים בצמחים רגישים והוא לא נחוץ למוות תאי הנגרם כתוצאה ממחלה. תוצאות אלו מראות שלגן *SIMAPKKKε* יש תפקיד מרכזי בעמידות של צמחי עגבנייה ובתגובת המוות התאי.

ישיבה ג'

# אבחון ואפיון גורמי מחלות צמחים

יו"ר – דוד עזרא



## וירוס הפלרגוניום המנוקד - וירוס חדש בעגבניה בישראל

לפידות מ<sup>1</sup>, דיאנה ליבמן<sup>2</sup>, דנה גלברט<sup>1</sup>, דוידוביץ מ<sup>3</sup>, מחבש צ<sup>1</sup>, כהן ש<sup>1</sup>, וגל-און ע<sup>2</sup>  
המחלקה לחקר ירקות<sup>2</sup>, המחלקה לפתולוגיה של צמחים<sup>3</sup>, המחלקה  
לאנטומולוגיה, מרכז וולקני, מינהל המחקר החקלאי, בית דגן

לקראת סוף שנת 2007 נמצאו בחלקה אחת באזור חבל לכיש עגבניות המראות תסמיני מחלה לא ידועה. התסמינים כללו מוזאיקה בהירה, עלים מעוותים ונינוס קשה של הצמחים. נלקחו דגימות מהצמחים החשודים ונמצא כי המחלה ניתנת להעברה באופן מכני. כאשר נבדקו הדגימות במיקרוסקופ האלקטרוני נמצאו חלקיקים עגולים בגודל של כ- 30 nm. חלקיקי הווירוס נוקו מצמחי *Nicotiana benthamiana* מודבקים ו- cDNA סונטז מרנ"א שהופק מתרחיף של וירוס מנוקה. ריצוף הקלונים שהתקבלו הראה הומוולוגיה של 94% עם גן חלבון המעטפת וחלבון התנועה של וירוס הפלרגוניום המנוקד (*Pelargonium zonate* spot virus; PZSV). וירוס זה שייך למשפחת ה- *Bromoviridae*. גנום הווירוס מורכב משלוש יחידות רנ"א, רנ"א 1 בגודל של 3383 נוקלאוטידים, רנ"א 2 בגודל של 2435 נוקלאוטידים ורנ"א 3 בגודל של 2569 נוקלאוטידים. הווירוס מועבר מכנית, והוא בעל טווח פונדקאים רחב אשר כולל נוסף לעגבניות גם צמחי פלפל, מלפפון, טבק, חסה, פלרגוניום ועוד. למרות הסימפטומים הקשים אשר הווירוס משרה בצמחי עגבניה, הרי שצמחים רבים מתאוששים וממשיכים לגדול למרות הווירוס. בניסויי העברה של הווירוס עם וקטורים שונים כגון כנימות עלה, כנימת עש הטבק, כנימת עש החממות וטריפס הפרחים המערבי לא התקבלה העברה יעילה. כדי לבחון את האפשרות שהווירוס מועבר בזרעים הופקו זרעים מצמחי עגבניה הנגועים בוירוס. נמצא שה- RNA הויראלי קיים בתוך זרע העגבנייה, והווירוס מועבר בזרעי עגבנייה ביעילות מאד גבוהה. יתרה מזו, נראה כי חיטוי הזרעים אינו משפיע על ההעברה.

**אפיון שני וירוסים התוקפים חציל בישראל**  
**אביב דומברובסקי, לכמן, ע., פרלסמן, מ. ואנטיגנוס, י.**  
המחלקה לפתולוגיה של צמחים, מרכז וולקני, בית דגן

החציל (*Solanum melongena*) הינו ירק הגדל ברחבי העולם. בישראל, החציל גדל במהלך הקיץ בשטחים פתוחים בעיקר באזורי החוף. במהלך הסתיו והחורף עיקר הגידול מתקיים באזור העמקים הירדן והערבה. עבודה זו מדווחת על ההופעה של שני מחלות התוקפות צמחי חציל בישראל. ניתנה קדימות לאבחון האם גורם המחלה הנו ויראלי ובהמשך לזיהוי הוקטור או אופן העברה. המחלה הראשונה בחציל, זוהתה בעונת הגידול 2003 כאשר הופיעו נזקים בשדות החציל באזור בקעת הירדן. הנזק כלל עיוותים קשים בפרי וכן עיוותים ומוזאיקה קלה על העלים לעיתים רמת הנגיעות והנזק היו גבוהים וכללו פגיעה ברמת היבול ואיכותו, גורם המחלה לא היה ידוע. ניקוי של חלקיקי וירוס מהצמחים הנגועים אפשר זיהוי במיקרוסקופ אלקטרוני של וירוס בעל חלקיקים מאורכים הדומים מורפולוגית לוירוסים המשתייכים לסוג *Carlavirus*. בנוסף נמצא כי המשקל המולקולארי של חלבון המעטפת לאחר הפרדה ב- SDS-PAGE הינו 36kDa וכי הגנום הויראלי מורכב ממקטע RNA עיקרי בגודל של 9.5Kb ושני מקטעים משניים בגודל של 2.6Kb ו-1.3Kb. ה- RNA ויראלי שימש לריאקציה של RT-PCR להגברת רצף שמור בגנום של *Carlaviruses*. אנליזה של n-BLAST אפשרה השוואה של רצף ח' הגרעין הויראלית לאלו המצויות ב GenBank והראתה זהות של 87% ל- *Carlavirus*. החלקיקים והגדלים שנקבעו לחומצת הגרעין הויראלית וחלבון המעטפת מצביעים על האפשרות שהוירוס שייך ככל הנראה לסוג *Carlavirus*. לא ניתן היה להעביר את הוירוס בעזרת כנימת עלה האפרסק *Myzus persicae* אך לעומת זאת הוירוס הועבר ע"י כנימת עש הטבק *Bemisia tabaci*. המחלה השנייה בחציל, זוהתה בעונת הגידול 2004 כאשר הופיעו נזקים בשדות החציל באזור נען. הנזק כלל פגיעה קשה בצימוח, קיפול העלים ומוזאיקה, כמו כן נצפו עיוותים קשים בפרי חלקיקי וירוס איזומטריים בודדו מהצמחים הנגועים, אופיין חלבון המעטפת הויראלי (CP) ורוצפו אזורים שונים בגנום הויראלי. בהסתמך על התוצאות השונות ניתן לקבוע כי גורם המחלה הנו Eggplant Mottled Crinkle Virus (EMCV) המשתייך לוירוסים מסוג *Tombusvirus* (EMCV), בדומה לוירוסים אחרים מסוג ה- *Tombusvirus* מועבר בצמחים באופן מכאני.

**זיהוי ואפיון האינטראקציה של וירוס קיפול העלים של הקישוא  
Squash leaf curl virus עם וירוס הגימדון הכלורוטי של האבטיח**

***Watermelon chlorotic stunt virus***

**סופרין-רינגולד טלי ולפידות מ.**

המחלקה לחקר ירקות, מנהל המחקר החקלאי, מרכז וולקני, בית דגן

בקיץ 2003 הופיעו בארץ שני ווירוסים חדשים האחד ווירוס קיפול העלים של הקישוא –  
SLCV – *Squash leaf curl virus* והשני ווירוס הגימדון הכלורוטי של האבטיח –  
WmCSV – *Watermelon chlorotic stunt virus*. שני הווירוסים שייכים לקבוצת ה-  
Begomoviruses ממשפחת Geminiviruses ומועברים על ידי כנימת עש הטבק (*Bemisia tabaci*)  
במקביל לגלויים של הווירוסים הנ"ל, התגלתה מחלה דומה נוספת אך קשה  
מאוד, במקשות המלוניס. מאחר וקיימת חפיפה בטווח הפונדקאים של שני הווירוסים,  
נחשד כי מדובר באינטראקציה של שניהם. בניסוי שערכנו בדקנו את השפעת הווירוסים  
על צמחי מלון מהזן ערבה – בהדבקות בוירוס אחד לעומת הדבקה משולבת של שניהם.  
נמצא שבעוד של-SLCV השפעה קטנה מאוד ו-WmCSV גרם להופעת תסמיני מחלה  
ולפחיתה של כ-30% ביבול, ההדבקה המשולבת גרמה לנינוס הצמחים, לפחיתה של עד  
90% ביבול ולפגיעה קשה באיכות היבול שהתקבל. בנוסף בדקנו את השפעת  
האינטראקציה על רמת DNA ויראלי בצמח. נמצא כי בהדבקות משולבות, רמת ה DNA  
של SLCV עולה, באופן מובהק מרמתו בצמחים שהודבקו ב SLCV בלבד. ושרמת ה  
DNA של WmCSV לעומת זאת משתנה רק מעט מטיפול לטיפול. כמן כן, מצאנו גם כי  
לעונת הגידול השפעה על האינטראקציה בין SLCV לצמח המלון. בקיץ, ריכוזו של  
SLCV בצמחים שהודבקו בוירוס זה בלבד, קטן מאוד ואף מזערי, לעומת ריכוזו באותם  
הצמחים בניסוי האביבי. רמת ה DNA בהדבקות המשולבות ככל הנראה לא הושפעה  
מעונת הגידול. בעבודה זו, זיהינו ואפיינו אינטראקציה סינרגטית, מאוד מיוחדת של  
SLCV-IL עם WmCSV. סינרגיזם מסוג זה, בין שני ווירוסים מאותה המשפחה  
המדביקים באופן טבעי שני פונדקאים שונים היא תופעה נדירה בעולם הווירולוגיה,  
ולראשונה הוכחה השפעה דרמטית של האינטראקציה, בתנאי שדה, על יבול צמח בעל  
משמעות חקלאית (מלון) ולא על צמחי מודל בתנאי מעבדה.

## כתמים כהים בתפוחי אדמה הנאספים לפני התייצבות קליפתם:

### רגישות או עמידות?

בוסקילה י.<sup>1</sup>, צרור ל.<sup>2</sup>, מונוסוב ט.<sup>1</sup>, בורדמן ש.<sup>3</sup> ואשל ד.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> המחלקה לחקר תוצרת חקלאית לאחר קטיף, מכון וולקני, בית דגן; <sup>2</sup> המחלקה למחלות צמחים, מינהל המחקר החקלאי, מרכז מחקר גילת; <sup>3</sup> המחלקה למחלות צמחים ומיקרוביולוגיה, הפקולטה לחקלאות, רחובות

ענף תפוחי האדמה (*Solanum tuberosum*) בישראל מייצא כ- 250,000 טון בשנה כאשר כ- 40,000 טון נאספים טרם התייצבות הקליפה ונארזים בצוברים עם כבול השומר על הלחות במארו. בשנים האחרונות חלה עלייה בהופעת כתמי שעם נקרוטיים על גבי הקליפה, המתפתחים במהלך האחסון וההובלה ומכונים "כתמים כהים". מהכתמים האופייניים בודדה פטרייה מהסוג ריזוקטוניה (*Rhizoctonia spp.*), אך בתנאי מעבדה אילוח מלאכותי לא צלח ברוב המקרים. בכדי ללמוד על התנאים במסחר בהם מתפתחת התופעה ובמטרה לבנות מערכת מודל שתדמה את תנאי האחסון וההובלה של הפקעות, נערכו אנליזות של רמת הלחות, הטמפרטורה והרכב הגזים בצוברים בהם מאוחסנות הפקעות, עטופות בכבול, בתנאי מסחר מלאים. במפתיע נמצא שטמפרטורת הצובר אינה יורדת לזו של חדר האחסון גם לאחר כ- 30 יום. הכבול העוטף את הפקעות מאבד במהלך האחסון כ-20-40% מתכולת המים שלו. בניגוד למצופה, שמים חופשיים יצטברו בתחתית הצובר, נמצא שתכולת המים בכבול בחלקו העליון של הצובר הייתה 41% לעומת כ-17% בתחתיתו. העתקה של תנאי הצובר שנתקבלו למערכת מודל שנבנתה במעבדה אפשרה את השלמתו של מבחן קוך והגברת הוודאות שמקור מחלת האחסון בריזוקטוניה שבודדה. מופע הפטרייה על גבי מצע מזון, שונה מזה שנצפה בריזוקטוניה סולני, ויתכן שמדובר במין אגזע אחר מהמקובל במחלות תפוחי האדמה בארץ. בחינה מיקרוסקופית של רקמה פצועה מאולחת בפטרייה מראה תגובה ייחודית של השתעמות יתר של פרנכימת הפקעת, היוצרת מספר שכבות של תאי שעם, בהשוואה להגלדה טבעית של פצע היוצרת שכבת תאים אחת בתחום הזמן שנבדק. אילוח בפטרייה גורם לסימפטומים אופייניים ושטחיים להבדיל מאילוח בפטרייה חודרת כגון פיטופטורה (*Phytophthora infestans*). אנליזת מרקם של פרנכימה מאולחת הצביעה על אי התקשות הרקמה בעוד שאילוח בפיטופטורה הוביל לשינוי מרקם ולהחממה לעומק הרקמה. הנחת העבודה היא ששינוי המרקם נובע מתגובת הרקמה הצמחית ויתכן ומהווה את הבסיס להבדל בין פתוגן קליפה לפתוגן חודר בתפוחי אדמה.

## מבחן מולקולארי לגורם מחלת הנבילה המאוחרת בתירס

דרורי ר.<sup>1</sup>, גולדברג ד.<sup>1</sup>, רבינוביץ' א.<sup>2</sup>, שרון ע.<sup>3</sup>, לוי מ.<sup>4</sup> ודגני א.<sup>1,5</sup>

<sup>1</sup> המעבדה לפיטופתולוגיה מולקולארית, מיג"ל, קריית שמונה, <sup>2</sup> שה"מ, משרד החקלאות, בית דגן, <sup>3</sup> המחלקה למדעי הצמח, אוניברסיטת תל אביב, תל אביב, <sup>4</sup> המחלקה למחלות צמחים ומיקרוביולוגיה, הפקולטה למדעי החקלאות מזון וסביבה, האוניברסיטה העברית בירושלים, רחובות. <sup>5</sup> המכללה האקדמית תל חי

מחלת הנבילה המאוחרת (late wilt) גורמת להתייבשות ונבילה בצמחי תירס, ומתועדת היטב במצריים, שם היא גורמת לנזקים קשים, כמו גם בהודו והונגריה. הפתוגן יכול לשרוד בקרקע למשך עשרות שנים, ואמצעי ההתמודדות היעיל ביותר כנגדו הוא שימוש בזני תירס עמידים, למרות שידועות וריאציות פתוגניות העוללות לפגוע גם בזנים אלו. סימנים אופייניים למחלה הופיעו במשך 20 השנים האחרונות בגליל העליון, במיוחד בעמק החולה והחרצו בשנים האחרונות. לאחרונה הוכח שהגורם הישיר למחלה בישראל הוא הפטרייה *Harpophora maydis*. בעבודה זו הותאמה שיטה מולקולארית, מבוססת PCR, ושמשה לאבחון התקדמות מחלת הנבילה המאוחרת בשדה תירס נגוע בצפון ישראל. באמצעות שיטה זו זוהה הפתוגן, 50 יום לאחר הזריעה, עוד לפני התפתחות סימני המחלה הראשונים, בזני תירס רגישים ועמידים למחלה. השינויים בכמות ה-DNA הפטרייתי באברי הצמח השונים, לאורך שלבי הגדילה, תאמו את התצפיות המיקרוסקופיות שתעדו את התקדמות המחלה בזני תירס רגישים. באופן מפתיע, התוצאות הראו שפתוגנזה דומה (ברמות נמוכות יותר) מתרחשת גם בזן התירס העמיד. בנוסף, נמצא שגרעיני זן התירס, העמיד למחלת הנבילה המאוחרת, עלולים לשמש כווקטור להפצת המחלה. המבחן המולקולארי משמש כעת לבדיקת ניקיון זרעי תירס המיועדים ליצוא.



ישיבה ד

# מניעה והדברה של גורמי מחלות צמחים - חלק א'

יו"ר – דורון באום



## אנדופיטים כמדבירים ביולוגיים של מחלות בצמחים

לוסקי ת<sup>1</sup>, קירשנר ב<sup>1</sup>, דרגושיץ ד<sup>2</sup>, זאדה ע<sup>2</sup>, אלעד י<sup>1</sup>. ועזרא ד<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>המחלקה לפתולוגיה וחקר עשבים, <sup>2</sup>אנטומולוגיה, נמטולוגיה וכימיה, מנהל המחקר החקלאי, מרכז וולקני, בית דגן.

מיקרו-אורגניזמים רבים המסוגלים לעכב מחוללי מחלה בצמחים ולשמש בהדברה ביולוגית מוכרים, עם זאת הצלחתם המסחרית מוגבלת עד כה. למרות זאת, תשומת הלב המחקרית לה זוכה התחום גדולה. על מנת להתגבר על המגבלות המאפיינות את תכשירי ההדברה הביולוגית הקיימים, ייתכן ויש צורך במיקרו-אורגניזמים בעלי פעילות גבוהה יותר מאלו שיושמו עד כה. אנדופיטים, מיקרו-אורגניזמים החיים ברקמותיהם של צמחים מבלי לגרום לתסמיני מחלה, מתחרים על אותה הנישה האקולוגית עם מחוללי המחלה. עובדה זו, כמו גם היכולת של חלקם להפריש חומרים אנטי-מיקרוביאליים ולהשרות עמידות בצמחים, הופכת אותם למועמדים טובים לצורך הדברה ביולוגית.

בעבודה זו, ביצענו סינון ובחינה מעבדתית של 1,023 תבדידי חיידקים, פטריות ושומרים אנדופיטים מ-46 צמחים שונים שמקורם בשטחי בר, פרדסים נטושים, גינות נוי וגנים בוטניים. פעילותם של כל התבדידים נבחנה כנגד 8 פטריות פתוגניות לצמחים, בצלחות פטרי. תבדידים בעלי פעילות אנטי-מיקרוביאלית חזקה או ייחודית אופיינו בצורה מעמיקה יותר. תבדידים נבחרים נבחנו (*in planta*) בנבטי לימון גס כנגד מחלת הקימלון,

הנגרמת ע"י הפטרייה הפתוגנית *Phoma tracheiphila*.

בתהליך הסינון אותרו 102 תבדידי חיידקים ו-18 תבדידי פטריות שערכו את גדילת כל הפתוגנים שנבחנו ב-95% ומעלה בממוצע. כמו כן, אותרו מין חדש וייחודי של פטרייה, (*Daldinia* sp.), המפרישה חומרים אנטי-מיקרוביאליים נדיפים, המסוגלים לעכב ואף להרוג מגוון פטריות פתוגניות במעבדה ובפירות באחסון. בנוסף, אותרו תבדידי פטריית, שלפי איפיון מורפולוגי ומולקולארי שייך לסוג *Penicillium*, המפריש חומרים מסיסים הפעילים במעבדה ובצמחים שלמים בחממה, כנגד מחוללי מחלת הכמשון והכיב הבקטריאלי בעגבניות. עבודה זו תדון בממצאים אלה, וביישומיהם הפוטנציאליים בחקלאות.

## השפעות מיקרואקלים על קימחון (*Oidium neolycopersici*) בעגבניות

### חממה

רב דוד ד.<sup>1</sup>, יעקוב ד.<sup>1</sup>, אגרא א.<sup>1</sup>, בן כליפא ח.<sup>1</sup>, בורשטיין מ.<sup>1</sup>, יחזקאל ח.<sup>2</sup>, גנות ל.<sup>2</sup>, שמואל ד.<sup>2</sup>, מסיקה י.<sup>3</sup>, שטינברג א.<sup>4</sup> ואלעד י.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>המחלקה לפתולוגיה של צמחים וחקר עשבים, מרכז וולקני, בית דגן; <sup>2</sup>מו"פ דרום, חוות בשור; <sup>3</sup>שה"מ, לשכת הדרכה נגב; <sup>4</sup>הפקולטה לחקלאות, רחובות

מחלת הקימחון הנה פגע חמור בעגבניות בארץ ובעולם. המחלה נגרמת על ידי הפטרייה *Oidium neolycopersici* הפוגעת בעלוות העגבנייה והיא ייחודית לעגבנייה ולמספר מאחסנים נוספים. בעלים, הנזק מתבטא בכיסוי בתפטיר לבן סבוך, בצדו העליון של העלה בעיקר, ועליו נבגים רבים. הקימחון מופיע גם על ציר העלה, הפטוטרת, עלי הגביע והגבעול. הדבקה חמורה גורמת לעלים הזדקנות מוקדמת, פחיתה ביכולת הפוטוסינטזה ותמותה. מטרת המחקר היא לימוד האינטראקציה בין המאחסן, הפתוגן ואוכלוסיות המיקרופלורה על פני הנוף בתנאי מיקרואקלים משתנים. תנאי המיקרואקלים משפיעים על הפונדקאי ועשויים לקבוע את תגובתו לפתוגנים, להשפיע ישירות על הפתוגן או על אוכלוסיות המיקרואורגניזמים על הנוף, ובכל המקרים להשפיע על המגפה. אופיינו הפרמטרים (מיקרואקלים, תנאי גידול ואגרוטכניקה) המשפיעים על שלבי המחלה השונים בעגבנייה, ועל אוכלוסיות מיקרואורגניזמים מועילות. אותרו תנאים מגבילים להתפתחות המחלה, נבחנו אמצעים אגרוטכניים לבקרת המחלה ונבנה מערך הדברה מושכלת. בניסויי שדה, ובהתאמה גם בניסויים בתנאים מבוקרים, נמצאה חומרת מחלה גבוהה בתנאי לחות יחסית גבוהה (60-90%) ובטמפרטורות בינונית (15-25 מ"צ), ואילו שינוי קל לטמפרטורות גבוהות יותר תוצאתו הייתה חומרת מחלה נמוכה. לפיכך, יושם טיפול חימום יום בתנאי חממה מסחריים. בשני הניסויים, האחד בסתיו-חורף והשני באביב-קיץ נמצא שטיפול החימום ביום על ידי סגירת וילונות הצד היה יעיל ביותר בהפחתת המחלה. טיפולי הריסוס ועמידות הזן הביאו להפחתה מסוימת של המחלה. הדברה משולבת נמצאה יעילה ביותר. בצד התוצאה המעשית המיידית, המחקר מדגיש עתה את הפוטנציאל של שינויי אקלים גלובליים להשפיע על פתוגנים ומיקרואורגניזמים אנטגוניסטים להם ועל תוצאת האינטראקציה שלהם עם צמחים.

## מודל לבחירת שילובים סינרגיסטים של טיפולים ידידותיים לאדם

### ולסביבה למניעת מחלות בתוצרת חקלאית לאחר אסיף

אשל ד.<sup>1</sup>, רגב ר.<sup>2</sup> וגן-מור ש.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> המחלקה לחקר תוצרת חקלאית לאחר אסיף, מינהל מחקר חקלאי, בית דגן; <sup>2</sup>המכון להנדסה חקלאית, מינהל מחקר חקלאי, בית דגן;

שילוב שיטות הדברה יש בו כדי לשפר את יעילות ההדברה, להגדיל את טווח הפתוגנים המודברים ולצמצם את האפשרות להתפתחות עמידות. התאמה בין שיטות ההדברה הינה חיונית להצלחת הטיפול המשולב; כך גם בטיפולים עוקבים, שאריות הטיפול הראשון חשוב שלא יפגעו ביעילות הטיפול הנוסף, ואף ישפרו אותו. בשנים האחרונות מגדלי גזר בארץ החלו בהברשת הגזר לפני אחסונו. בעבודה הנוכחית נצפה מתאם בין ביצוע תהליך ההברשה והתגברות מחלת ריקבון האשרוש השחור באחסון הנגרמת על ידי הפטרייה *Thielaviopsis basicola*. יישום של הפונגיציד איפרודיון, לפני אחסון, הפחית את הנגיעות במחלה, אך בשל סמיכות הטיפול למועד השיווק, נדרש פיתוח של שיטת הדברה ידידותית לאדם ולסביבה. במחקר הנוכחי נעשה שימוש במחלה כמודל לחקר אפקט סינרגיסטי אפשרי של שילוב גורם פיסיקאלי (קיטור מדוייק), כימיקל בעל שאריות נמוכה (מי חמצן מיוצבים; "צונאמי") ומדביר ביולוגי (*Metschnikowia fructicola*; "שמר"). קיטור וצונאמי כשיושמו ללא שילוב נמצאו יעילים בהפחתת ריקבון האשרוש השחור אך גרמו לנזקים פיטוטוקסים לגזרים המטופלים. יישום של מינון תת קטלני של קיטור ולאחריו מינון תת קטלני של צונאמי או שמר הביא לשיפור ביעילות ההדברה באופן סינרגיסטי, בהשוואה לכל טיפול לבדו. אפקט סינרגיסטי נמצא גם ביישום צונאמי שטיפה במיים ולאחריהם טיפול בשמר, טיפולים שאינם ניתנים לשילוב. ניסוי זה הראה שניתן ליישם אמצעי הדברה אחד למשך חשיפה קצר, תת קטלני ותת פיטוטוקסי, להסירו מהרקמה המטופלת ובכך לשפר את פעילותו של המדביר הביולוגי המיושם לאחריו. האפקט הסינרגיסטי הנוצר בעקבות יישום של מינונים תת קטלניים ולאזן תת פיטוטוקסים של גורמי הדברה ידידותיים לאדם ולסביבה, הינו בעל פוטנציאל להפחתת השימוש בחומרי הדברה כימיים לאחר אסיף.

## עמידות צולבת לפונגיצידיים מקבוצת ה CAA במוטנטים מלאכותיים של *Bremia lactucae* מחולל הכשותית בחסה

אביה רובין<sup>1</sup>, הלגה זירוצקי<sup>2</sup>, דיטריך הרמן<sup>2</sup> ויגאל כהן<sup>1</sup>

<sup>1</sup>הפקולטה למדעי החיים, אוניברסיטת בר אילן ישראל, <sup>2</sup>סינגנטה, שטיין, שוויץ

פונגיצידיים מקבוצת ה CAA (Carboxylic Acid Amides) כמו דימטורפ (DMM), מנדיפרופאמיד (MPD), בנטיאווליקרב (BENT) ואיפרווליקרב (IPRO), מראים פעילות פרוטקטנטית חזקה נגד מחלות עלים הנגרמות על ידי אואומיצטים (אך לא נגד פיתיום) (1,2). בכשותית הגפן נצפתה עמידות בשדה נגד הפונגיצידיים האמורים, אך לא נצפתה עמידות כזאת בכימסון, בתנאי שדה או בתנאי מעבדה לאחר מוטגנזה אינטנסיבית (3). בעבודה זו בקשנו לברר האם ניתן לייצר עמידות מלאכותית נגד CAAs ב *Bremia lactucae*. לשם כך טופלו נבגים של *Bremia lactucae* ב EMS (אתיל-מתן-סולפונט) ואולחו ע"ג צמחי חסה מטופלים ב CAA. המוטנטים שהתקבלו גודלו ע"ג צמחים בלתי מטופלים במשך כמה דורות ואח"כ נבדקו לעמידות צולבת לCAAs. ערכי MIC (minimal inhibitory concentration) שהתקבלו עבור המוטנטים בניסויים שונים נעו בין 12.5-50mg/L עבור DMM ו BENT ובין 1.56-3.12mg/L עבור MPD. הערכים לגזע הבר היו 3.12, 6.25, ו 0.75 mg/L עבור BENT, DMM, ו MPD, בהתאמה. בניסויי מיני-אפידמיה תחת פלסטיק סגור עם המוטנט CH-Bent/5 דור 7, התקבלו 68 כתמי מחלה לצמח בצמחי ביקורת לא מטופלים ב CAA כעבור 15 יום, לעומת 17, 9, ו-1 כתמים / צמח על צמחים מטופלים ב 25mg/L של BENT, DMM, ו- MPD, בהתאמה. הנתונים מראים שמוטנטים מלאכותיים של *Bremia lactucae* הינם בעלי עמידות חלקית ל CAA, ועמידים יותר ל DMM או BENT מאשר ל MPD.

1. Cohen Y. and Gisi, U. 2007. *Phytopathology* 97: 1274-1283.
2. Cohen, Y., Rubin, E. and Gotlieb, D. 2008. *European J. Plant Pathol.* 122:169-183.
3. Rubin, E., Gotlieb, D., Gisi, U. and Cohen, Y. 2008. *Plant Disease* 92: 675-683.

מיזם חוס"ן קלויבקטר: הגדרות, מטרות ומתווה פעולה

#### שטיינברג ד.

המחלקה לפתולוגיה של צמחים, מרכז וולקני, בית דגן

גידול העגבניות הוא אחד מגידולי הירקות המרכזיים בישראל. שטח הגידול הוא 17,000 דונם ומירב הגידול מתרכז בחממות ובבתי רשת. הערך השנתי של הענף הוא כ- 750 מליון ₪. בשנים האחרונות מתרבה חשיבותה של מחלת הכיב הבקטריאלי הנגרמת על ידי הפתוגן *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*. בעונת האביב 2007 הוערך היקף הנזק ב- 30 מליון ₪. לאחרונה, הוקמו מספר מיזמים ארציים להתמודדות מערכתית עם פגעים חשובים בחקלאות הישראלית. המטרה המרכזית של המיזמים, שכונו בשם מיזמי חוס"ן (חקלאות ירוקה וסביבה נקיה) היא לפתח את האמצעים שיאפשרו להתמודד עם פגעים מרכזיים בגידולים תוך שימוש מזערי בתכשירי הדברה כימיים. אנו נמצאים במהלך הקמה של מיזם שנקרא מיזם חוס"ן-קלויבקטר. להפעלת המיזם הוקמה ועדת היגוי בה חברים מירון סופר (מרכז ומתאם), מורדי ביטון מאיר יפרח, מיקי קפלן, עומר זאידן, חזי אנטיגונוס, דני שטיינברג, יעקוב מוסקוביץ וציון דקו וועדה מקצועית בה חברים דני שטיינברג (מרכז ומתאם); גיורא קריצמן; שולמית מנוליס; יעל רקח; אמנון קורן; שלי גנץ; שלמה אילני; יואל חדד ומאיר מזרחי. למיזם חוס"ן – קלויבקטר שני יעדים: 1. לפתח אסטרטגיה למניעת הנזקים הנגרמים על ידי מחלת הכיב הבקטריאלי לעגבניות הגדלות בחממות ובבתי רשת ולמניעת התבססות המחלה באזורים בהם היא לא נמצאת; 2. ליישם את האסטרטגיה שתפותח בקנה מידה מסחרי. הנחת העבודה העיקרית העומדת בבסיס המיזם היא שניתן יהיה להתמודד עם מחלת הכיב הבקטריאלי על ידי פיתוח אמצעים שיפחיתו את מידת הינגעות הצמחים בגורם המחלה, ואם ינגעו צמחים, להפחית את מידת ההפצה של גורם המחלה לצמחים הסמוכים. המיזם ממומן על ידי משרד החקלאות, מועצת הצמחים והמו"פים האזוריים. הוא יתחיל בראשית מרץ, 2009 וימשך 3 שנים.

## התמודדות מושכלת עם עובש אפור המנגע לזיאנטוס

רב דוד ד. <sup>1</sup>, שפיאלטר ל. <sup>1</sup>, בורשטיין מ. <sup>1</sup>, קורולב נ. <sup>1</sup>, דורי ע. <sup>2</sup>, גנות ל. <sup>2</sup>, שמואל ד. <sup>2</sup>,  
מסיקה י. <sup>3</sup>, ברונר מ. <sup>3</sup>, נישרי י. <sup>3</sup>, ירמיהו א. <sup>4</sup>, פיבניה ש. <sup>5</sup>, לויטה ר. <sup>5</sup> ואלעד נ. <sup>1</sup>

<sup>1</sup>המחלקה לפתולוגיה של צמחים וחקר עשבים, מרכז וולקני, בית דגן; <sup>2</sup>מו"פ דרום, חוות  
בשור; <sup>3</sup>שה"מ, לשכת הדרכה נגב; <sup>4</sup>המכון לקרקע ומים, מרכז מחקר גילת, מינהל המחקר  
החקלאי; <sup>5</sup>מו"פ ערבה תיכונה וצפונית, תחנת יאיר

הפטרייה בוטריטיס (*Botrytis cinerea*) תוקפת לזיאנטוס (*Eustoma grandiflorum*) וגורמת עובש אפור בבסיס הגבעול בצמח שלם ובפצע הגבעול שנוצר כתוצאה מהקטיף. בשני המקרים נגרמים תמותת צמחים ונזק משמעותי ביותר בחלקות הגידול. המגדלים נוטים לרסס בבוטריטיצידיים לעיתים קרובות אך למרות זאת נזקי המחלה חמורים וזאת בגלל נוכחות רמות שונות של עמידות לבוטריטיצידיים ובגלל היות הגידול סבוך ותנאי המיקרואקלים מעודדים ביותר להדבקה והתפתחות המחלה. מטרת המחקר הייתה לימוד של מחלת העובש האפור בלזיאנטוס ובניית מערך הדברה כוללני שיאפשר בקרת מחלה תוך פחיתה בשימוש בתכשירים כימיים. המטרות הספציפיות לפיהן נוהל המחקר היו: אפיון הגורמים (מיקרואקלים, תנאי גידול ואגרוטכניקה) המעודדים את שלבי המחלה השונים (הדבקת עלים וגבעולים, אכלוס הגבעולים, התמוטטות הצמח, הישרדות) ותפקיד הקישיונות בלזיאנטוס; בחינת אמצעי הדברה ובכללם אמצעים אגרוטכניים; ובניית מערך הדברה מושכלת.

נמצא שהעלים התחתונים (הסמוכים לקרקע) רגישים יותר מהעלים העליונים. רגישותם של העלים התחתונים ואופי הצימוח הצפוף של צמחי הלזיאנטוס, הגורם להופעת תנאי מיקרואקלים מיטביים להתפתחות המחלה, גורמים להדבקה והתקדמות מהירה של הפטריה לאורך העלה ולפרק התחתון של הגבעול. לאחר כשלושה חודשים שהיית מדבק הפטריה בקרקע (בצורת הקישיונות או כתפטיר חבוי בתוך רקמה צמחית יבשה) נמצאו 64-73% חיוניות; חיטוי קרקע המית את הקישיונות ואת חלק ניכר מהמדבק בשאריות צמחים. נוסו אמצעים שונים להדברת המחלה במהלך הגידול בתנאי שדה ובכללם כאלה המפחיתים את הלחות במעבה נוף הלזיאנטוס או את הרטיבות בפני השטח. טיפוסו טמון, חיפוי קרקע, הפחתת צפיפות השתילה, הזרמת אויר בערוגת הלזיאנטוס, ריסוס בוטריטיצידיים וריסוס בסידן הפחיתו את הנגיעות בבוטריטיס במידות שונות אך באופן מובהק. שילוב בין אמצעי הדברה קולטורלים שונים או עם הדברה כימית הביאו להדברה מיטבית של המחלה.

## **RAPD, זוויגיות, אלימות, ועמידות למטלקסיל בתבדידי שדה**

### **של *Phytophthora infestans* בישראל.**

**מריאנה גלפרין, אביה רובין ויגאל כהן**

הפקולטה למדעי החיים, אוניברסיטת בר אילן

במהלך עשרים וחמש השנים שבין 1983-2008 נאספו 1041 תבדידים של *Phytophthora infestans* בישראל משדות תפוזים ועגבנייה נגועים בכמשון, ונבדקו תכונותיהם.

במשך 9 שנים, מ 1983 ועד 1991, שלט באופן מוחלט הזויג A2 באוכלוסייה. ב-6 השנים הבאות, מ 1993 עד 1998, ירד שיעורו של A2 ל 0-30%, ובעשר השנים הבאות, מ-1999 עד 2008 המשיך לרדת עד 0-6%. בשלוש השנים האחרונות (2006-2008) לא נמצאו תבדידים בעלי זויגיות A2. במהלך השנים נמצאו רק שני תבדידים הומואליים (דהינו, יוצרים אואוספורות בזיווג עם עצמם), אך באופן מפתיע בשנים 2004-2007 נמצאו 14 תבדידים בעלי זויגיות כפולה A1A2 (דהינו, יוצרים אואוספורות בזיווג עם A1 או עם A2, אך לא עם עצמם). בשנים בהם שלט הזויג A2 (1983-1991), חלק מן התבדידים היו עמידים וחלק רגישים למטלקסיל ולא נמצאה עמידות ביניים לפונגיצידי זה. עם הופעת זויגי A1 ב 1993, הופיעו גם תבדידים בעלי עמידות ביניים למטלקסיל, כנראה כתוצאה מהכלאה בין תבדידי A1 ו-A2 (כידוע העמידות למטלקסיל נשלטת ע"י גן חצי דומיננטי). החל מ 1993 עד 1996 שיעור התבדידים בעלי עמידות ביניים למטלקסיל נע בין 0-15%, אך בשנים 2008-1997 שיעורם עלה ל 18-60%. מעניין לציין שבשלוש השנים האחרונות בהם נעלמו תבדידי A2 מן השדות היוו התבדידים בעלי עמידות ביניים כמחצית מן האוכלוסייה. בדיקות (Random Amplified Polymorphic DNA) RAPD שנעשו ב DNA שהופק ממנבגים של 42 תבדידים שנאספו ב 2008-2007 הראו פולימורפיזם גבוה מאוד בין התבדידים, דבר שיכול להעיד על מוצאם מרבייה מינית באמצעות אואוספורות. לכל תבדיד הייתה תבנית פסים שונה מלבד שלושה תבדידים פולימורפית עם פריימר 604 ושניים שהראו זהות עם פריימר 605. מספר הגנים לאלימות שנמצאו ב-14 תבדידים שנאספו מינואר 2007 עד ינואר 2008 נע בין 5-10. לא נמצא קשר בין האלימות, זויגיות ו/או עמידות למטלקסיל. התוצאות מראות שאוכלוסיית *P. infestans* בארץ שהייתה בעלת שונות גבוהה מאד בעבר ממשיכה להשתנות במהירות גם בשנים האחרונות. התופעה הבולטת ביותר הינה היעלמות כמעט מוחלטת, מסיבה בלתי ברורה, של גזעי A2. היעלמותם היחסית של הגזעים העמידים למטלקסיל, נובעת ככל הנראה משימוש מופחת במטלקסיל ומהופעה חוזרת של תבדידים רגישים למטלקסיל כתוצאה מהכלאה עצמית בין תבדידיים בעלי עמידות ביניים למטלקסיל.



ישיבה ה

# יחסי טפיל - פונדקאי : פטריות ואאומיצטים

יו"ר – עמיר שרון



## הפרשת אמוניה ע"י הפטרייה *C. coccodes* גורמת להפעלת

### NADPH Oxidase אשר מעודד את תמותת התאים בפרי

#### העגבנייה ואת תוקפנות הפטרייה

נעם אלקן<sup>1</sup>, רוברט פלור<sup>2</sup> ודב פרוסקי<sup>1</sup>

<sup>1</sup>המחלקה לחקר תוצרת חקלאית לאחר קטיף, מינהל המחקר החקלאי, מכון וולקני, בית דגן. <sup>2</sup>מחלקה למדעי הצמח, מכון ויצמן למדע, רחובות

ריקבונות בפירות וירקות הנגרמים מפטריות פתוגניות מורידים באופן משמעותי את איכותו וכמותו של התוצר הטרי המגיע לשווקים. כיום קיים עניין רב בנוגע לזיהוי ומציאת הגורמים המשרים רגישות לריקבונות אלה בפירות שונים. מחוללי מחלה שונים נשארים רדומים במהלך התפתחות הפרי והקטיף ותוקפים במהלך האחסון. פירות וירקות פונדקאים הנתקפים על ידי הפתוגנים אלו מפעילים שרשרת מעברי אותות להפעלת מנגוני תגובה, המעכבים או מעודדים את התפתחות הפתוגן. נמצא כי אמוניה גורמת להפעלה של החלבון הממבראנלי NADPH oxidase (Rboh) ולהצטברות רדיקלים חופשיים בפרי העגבנייה, כתלות ב pH הסביבה ובנוכחות  $Ca^{2+}$ . בנוסף ישום ישיר של אמוניה לפרי העגבנייה גרם לדליפת יונים ולתמותת תאים מקומית. לעומת זאת עגבנייה מותמרת בגן Rboh ייצרה פחות רדיקלים חופשיים, פחות דליפת יונים ופחות תמותת תאים מקומית בתגובה לאמוניה. תמותת תאי העגבנייה הנגרמת מהפרשת יוני האמוניה עוזרת לפטרייה הנקרופית להמשיך בהדבקה. תוצאות אלו מצביעות על אסטרטגיית תוקפנות חדשה בה הפטרייה מפרישה אמוניה אשר מפעילה Rboh ושרשרת תהליכי תגובה של הפונדקאי שמסתיימת בתמותת תאים מקומית המעודדת את האכלוס של הפתוגן הנקרופי.

## תפקידו של הגן האנטי-אפופטוטי *BcBIR1* בפתוגניות

### של הפטריה *Botrytis cinerea*

שליזינגר נטע ועמיר שרון

המחלקה למדעי הצמח, הפקולטה למדעי החיים, אוניברסיטת תל אביב

*Botrytis cinerea* היא פטריה נקרוטרופית שגורמת למחלת העובש האפור בלמעלה מ- 200 מיני צמחים בשדה ובאחסון. מחקרים קודמים הראו כי הפטריה משרה מוות תאי מתוכנת (אפופטוזיס) בצמח המאחסן בעת ההדבקה וכי התהליך חשוב להתפתחות המחלה. מחקרים מהתקופה האחרונה מצביעים על האפשרות שמנגד, חומרים מהצמח המותקף מפעילים מוות תאי בפטריה כחלק מתגובת ההגנה. מטרת העבודה היא לבדוק האם צמחים מפעילים מנגנוני מוות תאי בפטריות והאם זהו מנגנון שיכול לסייע להגנה של צמחים מפתוגנים. לשם כך אנו לומדים על תפקידם של גנים אפופטוטיים בהתפתחות ופתוגניות בפטריה *B. cinerea*. בעבודה הנוכחית יתואר בידוד ואפיון של הגן *BcBIR1*, שהוא גן הומולוגי לגן ההומני *survivin*. החלבון Survivin שייך למשפחת חלבוני IAP אשר מונה 8 חברים באדם, כולם בעלי תכונות אנטי-אפופטוטיות. בבוטריטיס נמצא הומולוג יחיד. הגן בודד והוכנו קסטות ליצירת זנים מוטנטים וזנים המבטאים בעודף את הגן. ניסיונות לגרום לחסר מלא של הגן לא הצליחו ומצביעים על חיוניות של הגן למהלך החיים התקין של הפטריה. תבדידים המבטאים את הגן בעודף הראו עמידות משופרת לעקות שונות ונטיה מופחתת לאפופטוזיס. תבדידים אלו גם היו יותר אלימים מזן הבר על צמחי שעועית. תוצאות אלו מצביעות על קשר בין הגנה מפני אפופטוזיס ועליה בפתוגניות, ותומכות בהשערת המחקר שייתכן שהשריית מוות תאי בפטריה משמש מנגנון הגנה של הצמח.

## מעורבות הפוספטאז PTP1 בהתפתחות ופתוגנזה של הפטריה *S.*

### *sclerotiorum*

#### מינקוב פ., ירדן ע.

המחלקה למחלות צמחים ומקרוביולוגיה, הפקולטה החקלאות, מזון וסביבה על שם רוברט ה. סמית, רחובות

*Sclerotinia sclerotiorum* הינה פטרייה יוצרת קשיונות, הפתוגנית לטווח רחב של צמחים. הקשיון הינו גוף בר-קיימא רב-תאי דחוס ועשיר במלנין המקנה לפטרייה יכולת לשרוד בקרקע למשך תקופות ארוכות. טירוזין פוספטאזות (PTP's) הינן קבוצת אנזימים אשר מורידים קבוצות זרחן משיירי טירוזין מזורחנים הנמצאים בחלבונים שונים. מצאנו כי מבין ארבעת ה- PTP's המצויים ב- *S. sclerotiorum*, ביטוי הגן *ptp1* עלה משמעותית (פי 30) בשלבים מוקדמים של יצירת הקשיון. בודדנו מקטע מן הגן *ptp1* ויצרנו מחדר ששימש לביטוי הגן במופע antisense, בפטריה. השראת ביטוי ה- antisense גרם להפסקה מוחלטת ביצירת איניציאלים (השלב המוקדם ביצירת הקשיון). בנוסף, המוטנט הפגין פחיתה משמעותית ביכולת הפתוגנית (כפי שנקבע על פי מבחן הדבקת עלי עגבניה מנותקים). מי חמצן ורדיקלים חופשיים (ROS) מעורבים בהעברת אותות בשלבי ההתפתחות השונים של *S. sclerotiorum* וכן במהלך יחסי הגומלין עם הפונדקאי. ביצירת מי חמצן בפטריה *S. sclerotiorum* מצאנו כי ביטוי מופחת של *ptp1* גרם לירידה בפעילות NOX אך לא השפיע על פעילות SOD. תוצאות אלו מרמזות על מנגנון הקושר בין פעילות PTP1 והיווצרות מי חמצן על ידי NOX ב *S. sclerotiorum*.

## מעורבות של גורם השיעתוק *snt2* בתהליכי פתוגנזה והתפתחות של

### *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis*.

יוליה דניסוב<sup>1,2</sup>, עודד ירדן<sup>1</sup>, סטנלי פרימן<sup>2</sup>

<sup>1</sup>המחלקה למחלות צמחים ומיקרוביולוגיה, הפקולטה לחקלאות, מזון וסביבה ע"ש רוברט ה. סמית, האוניברסיטה העברית בירושלים, רחובות; <sup>2</sup>המחלקה למחלות צמחים וחקר עשבים, מנהל המחקר החקלאי, בית דגן

תת-המין *Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis* (FOM) כולל פטריות פתוגניות שוכנות-קרקה שגורמות למחלת נבילה של צמחי מלון. על מנת לאתר גנים המעורבים בפתוגנזה של FOM נקטנו בגישת מוטגנזה אקראית עם *Agrobacterium tumefaciens*. בשיטה זאת בודד טרנספורמנט שכונה D122, הפגום ביכולת הפתוגנית, וגורם ל 20% תמותת שתילים בהשוואה לתבדיד הבר. D122 נמצא פגום בגן *snt2*, גורם שיעתוק שנושא שלושה PHD fingers ו-BAH domain. השתמשנו ב Suppression Subtractive Hybridization על מנת לבחון הבדלי ביטוי של גנים שונים בין תבדיד הבר לבין המוטנט D122. גן אחד שהתגלה בעקבות הבדיקה מקודד לגורם השיעתוק הנושא basic leucine zipper domain (bZIP). ההומולוג שלו, הגן *idi-4* של *Podospora anserina*, מעורב בבקרה של תהליכי מוות תאי מתוכנן על ידי אוטופגיה. בעזרת Real Time PCR נמצא שרמת הביטוי של *idi-4* הייתה גבוהה פי 16 ועד פי 30 בתבדיד D122 ו- $\Delta snt2$ , בהתאמה, בהשוואה לתבדיד הבר. לאור התוצאה ניתן לשאר שהגן *snt2* הינו מבקר שלילי נוסף של הגן *idi-4*. שני המוטנטים מתאפיינים בצמיחה והנבגה ירודים, בהשוואה לתבדיד הבר, עובדה המצביעה על מעורבותו של *snt2* בתהליכי התפתחות הפטרייה. בנוסף, התגלתה מעורבותו של *snt2* בבקרה של superoxide dismutase (SOD), שהתבטא בפעילות SOD קונסטיטטיבית, ללא תלות בעקה החימצונית. גילוי קשרים בין הגן *snt2* לבין נתיבי בקרה שונים יכול להעמיק את ההבנה של הקשר בין תהליכי פתוגנזה להתפתחות הפטרייה.

## השפעת הורמונים צמחיים על ההתפתחות פתוגן התירס, *Harpophora maydis*

דרורי ר.<sup>1</sup>, גולדברג ד.<sup>1</sup>, מגן ט.<sup>1</sup>, לוי מ.<sup>4</sup>, ודגני א.<sup>1,5</sup>

<sup>1</sup> המעבדה לפיטופתולוגיה מולקולארית, מיג"ל, קריית שמונה, <sup>3</sup> המחלקה למדעי הצמח, אוניברסיטת תל אביב, תל אביב, <sup>4</sup> המחלקה למחלות צמחים ומיקרוביולוגיה, הפקולטה למדעי החקלאות מזון וסביבה, האוניברסיטה העברית בירושלים, רחובות. <sup>5</sup> המכללה האקדמית תל חי

פטריית הנאדיית *Harpophora maydis* גורמת לאחת ממחלות התירס הקשות ביותר - מחלת הנבילה המאוחרת (Late wilt) שאפיונה העיקרי: התייבשות צמחי תירס בגיל מבוגר. סימני המחלה המופיעים לראשונה לאחר 50 יום כוללים: השחמת הגבעול, התייבשות עלים והתפוררות הרקמה הפרנכימטית בין צרורות ההובלה, דבר הגורם להחלשות הקנים ולרביצה. המחלה תוארה לראשונה במצריים ב-1960 ודווח כי היא עלולה להופיע ב-70% מצמחי זנים הרגישים למחלה ולגרום לאובדן של 40% מזרעי התירס. מאז גילויה התפשטה המחלה במהירות וב-1979 דווח שהיא קיימת במרבית אזורי גידול התירס במצריים וכי כמות הצמחים הנדבקים באופן טבעי במחלה מגיעה ל-100% בחלק מהחוות. דיווחים על המחלה התקבלו בהמשך גם מהודו ומהונגריה ולאחרונה זוהתה המחלה בארץ. בדיעבד הסתבר כי הפתוגן גרם להתייבשות התירס במשך כ-20 שנה בגליל העליון ובעיקר בעמק החולה. בשנים האחרונות החריפה המחלה והתפשטה לעמק יזרעאל ובקעת בית שאן. הפתוגן *H. maydis* תוקף שורשים וגבעולים, מתרבה בדרך אל-מינית ויכול להישאר במצב רדום כקשיונות (sclerotia) זמן רב על שאריות צמחי תירס, על גבי זרעים או בקרקע. עד כה לא אותרו אמצעים או תכשירי הדברה היעילים כנגד המחלה. הפתרון היחיד המיושם כיום הוא טיפוח של זנים עמידים, אך מוכרות וריאציות פתוגניות של הפטרייה העשויות לפגוע גם בזנים כאלו. מחקר זה נועד לבחון את האינטראקציות בין הפטרייה לצמח הפונדקאי תוך התמקדות בהשפעת הורמוני הצמח על הפתוגן. בעוד שלהורמון ג'ברלין לא נמצאה כל השפעה בריכוזים המיושמים, אנו איתרנו רגישות של הפתוגן להורמונים הצמחים אוקסין וקינטין, שהתבטאה בדיכוי גדילת המושבות. ממצאים אלו מרמזים על מנגנון עמידות אפשרי ומספקים הסבר אפשרי להתפתחות המואצת של המחלה בצמחים מבוגרים ובצמחים הנמצאים בעקת יובש. לאתרל (תרכובת משחררת אתילן) נמצאה השפעה משתנה, תלוית ריכוז, על גדילת הפטרייה: ריכוז נמוך של אתרל (4 ppm) לא השפיע על הנביגה אולם האיץ את קצב התפתחות המושבות, ומנגד ריכוז גבוה של אתרל (100 ppm) האיץ משמעותית את הנביגה אך האט משמעותית את גידול המושבות. יתכן כי עלייה ברמות האתילן בצמח לקראת הבשלת הפירות הינה אות להתחלה של גדילה פולשנית מואצת הגורמת להתמוטטות הצמחים. מבחן לפתוגניות בשורשים שפותח במעבדתנו הראה כי קינטין, ובאופן מוחלט אוקסין מסוגלים לעכב את חדירת הפתוגן לשורש ועל כן עשויים לשמש למניעת המחלה.

## חלבונים הקשורים לעמידות למחלת הכימשון *Phytophthora infestans* בזני עגבניות בר

משה ואקנין<sup>1</sup>, דביר טלר<sup>2</sup> ויגאל כהן<sup>1</sup>

<sup>1</sup>הפקולטה למדעי החיים, אוניברסיטת בר אילן, רמת-גן והפקולטה למדעי הטבע, <sup>2</sup>המרכז האוניברסיטאי אריאל בשומרון

מחלת הכימשון הנגרמת ע"י *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary פוגעת בתפוי"א ועגבנייה. המחלה תוקפת עלים, גבעולים, פקעות ופירות וגורמת לפחיתה ואף להשמדת היבול. זן עגבניית הבר *Solanum pimpinellifolium* 14377 רגיש למחלת הכימשון וזן עגבניית הבר *Solanum pimpinellifolium* 3707 עמיד למחלה. הזן העמיד נושא שני גנים המקנים עמידות בלתי ספציפית כנגד גזעי מחלת הכימשון: R- בעל דומיננטיות חלקית ו E- דומיננטי ואפיסטטי ל R וחיוני להפעלתו (1).

במחקר זה נבדקו ההבדלים בין החלבונים הקונסטטיטויביים של הזן העמיד *Solanum pimpinellifolium* 3707 בהשוואה לחלבונים הקונסטטיטויביים של הזן הרגיש *Solanum pimpinellifolium* 14377 בעזרת אלקטרופורזה דו-ממדית (2DElectrophoresis, pH 4-7). בקו העמיד *Solanum pimpinellifolium* 3707 נמצא חלבון במשקל 41kDa המתבטא בעודף לעומת הקו הרגיש *Solanum pimpinellifolium* 14377. חלבון זה עבר חיתוך ונשלח לקריאת רצף והתקבל שקיימת זהות של 60% בינו ובין החלבון (RA) RuBisCO activase וזהות של 62% בינו ובין החלבון (MDH) Malate dehydrogenase. מחקר אחר (2) מראה שדיכוי הגן MDH בצמחי עגבנייה טרנסגניים גורם לעליה ברמת הפוטוסינתזה. בניסוינו, הצפת דסקיות עלים של הזן העמיד *Solanum pimpinellifolium* 3707 על glycerol או sucrose בריכוזים עולים גרם לתגובת HR מופחתת ולספורולציה מוגברת לעומת דסקיות עלים שהוצפו על מים כביקורת. ממצאים אלו מעידים שהעמידות בעגבניית-בר לכימשון קשורה כנראה לפעילות מוגברת של MDH ולפיכך לחוסר אספקת די סוכר לפתוגן על ידי הצמח.

## עמידות תלוית- גיל נגד מחלת הכימשון (*Phytophthora infestans*) בצמחי עגבניות בר

### אודליה זרביב ויגאל כהן

הפקולטה למדעי החיים, אוניברסיטת בר-אילן, רמת גן

מחלת הכימשון הנגרמת ע"י האואומיצט *Phytophthora infestans* גורמת לנזקים כמורים בעגבניות ובתפוח"א ומצריכה טיפול מתמיד בחומרי הדברה. טרם פותחו בארץ זני עגבנייה עמידים למחלת הכימשון. בעבודה קודמת (1) דיווחנו על עמידות רחבת-טווח נגד כימשון בעגבניית הבר *Solanum pimpinellifolium* L3707 המבוקרת ע"י שני הגנים E- וב-R. עבודה מטייוואן (2) מראה כי עגבניית הבר *Solanum pimpinellifolium* L3708 מכילה גן דומיננטי לעמידות *Ph3* נגד כימשון. בעבודה הנוכחית אנו מראים כי קיימת עמידות תלוית-גיל נגד כימשון בעגבניות בר *Solanum pimpinellifolium* L3707 וב- *Solanum pimpinellifolium* L3708. לשם כך, נזרעו הקווים העמידים 3707, 3708 והקווים הרגישים *Lycopersicon esculentum* ZH ו- *Solanum pimpinellifolium* 14377, בהפרשי זמן של שבוע שאיפשרו לקבל גרדיאנט גילאים מזמן הזריעה ועד זמן האילוח, של שבועיים עד תשעה שבועות. ההדבקות בוצעו בצמחים שלמים ובעלים מנותקים. נמצא כי כל הקווים (גם בעלי גנוטיפ עמיד 3707, 3708) הראו רגישות (100% נקרזה וספורולציה שופעת) בהיותם צעירים, בגיל 3 שבועות. לעומת זאת, בצמחים בעלי הגנוטיפ העמיד שהודבקו בגיל 6 שבועות ואילך, האזור הנקרוטי הצטמצם ל- 12% משטח העלה, בעוד שהצמחים הרגישים שהודבקו בגיל 6 שבועות הראו נקרזה של 100% משטח העלה. בצמחים בעלי גנוטיפ עמיד שהודבקו בגיל 3 שבועות נוצרו  $10^3 \times 250$  מנבגים לגרם רקמה טרייה. לעומת זאת, בצמחים בעלי אותם גנוטיפים שהודבקו בגיל 6 שבועות שיעור הספורולציה התקרב ל-אפס. צמח בעל גנוטיפ עמיד בין 6 שבועות ומעלה הראה עמידות קלאסית (איזור נקרוטי מצומצם וספורולציה מועטה) וצמחים צעירים מ-6 שבועות הראו איזור נקרוטי מתפשט וספורולציה מרובה. התוצאות מעידות שהגנים לעמידות נגד כימשון בעגבניית הבר מתבטאים בצמח החל מגיל 6 שבועות ואילך. למידע זה חשיבות גדולה בטיפוח לעמידות (3).

## עמידות תבדידי שדה של *Pseudoperonospora cubensis*

### כנגד פונגצידים מקבוצת ה-CAA

תהילה דניאל<sup>1</sup>, אביה רובין<sup>1</sup>, נטע מור<sup>2</sup> ויגאל כהן<sup>1</sup>

<sup>1</sup>המחלקה למדעי החיים, אוניברסיטת בר-אילן, רמת גן, <sup>2</sup>שהם, משרד החקלאות רעננה

מנדיפרופאמיד (mandipropamid=MPD), דימטומורפ (dimethomorph=DMM), איפרווליקרב (iprovalicarb=IPRO) ובנטיאווליקרב (benthiavalicarb=BENT) השייכים לקבוצת ה-CAA (Carboxylic Acid Amide) הינם פונגצידים אנטי-אואומוציטים יעילים בהדברת כשותית וכימשון. DMM הינו הפונגציד העיקרי בשימוש בחקלאות בישראל כנגד כשותית הדלועיים. מחקרים שנערכו בשנים האחרונות בתבדידי מעבדה של *P. cubensis* הראו כי בחשיפה חוזרת ונשנית של התבדידים ל-CAA מתקבלת עמידות לפונגצידים. בעבודה זו בקשנו לבדוק האם תבדידי *P. cubensis* שנאספו מהטבע (מחממות מלפפונים מטופלים ב-CAA) במהלך חורף 2008, אכן רגישים לפונגציד או שתיתכן עמידות כלפיו. מנבגים מ-12 תבדידים שנאספו מחממות שונות שמשו לאילוח צמחים ועלים מנותקים של מלפפון/מלון מטופלים ב-CAA בריכוזים שונים. ב-10 ניסויים חוזרים נצפה תבדיד אחד שהצליח להדביק עלים וצמחים שטופלו ב-IPRO, DMM, MPD ו-BENT עד לריכוז של 50ppm, ושמר על עמידות יציבה במשך 10 דורות. התבדידים האחרים הראו עמידות עד לריכוזים נמוכים (0.5ppm) של MPD ו-DMM ובמקרים מועטים עד לריכוזים גבוהים (5ppm) של IPRO ו-BENT. עמידות זו נעלמה לאחר מס' העברות. בניסוי בו שימש להדבקה אינוקולום מעורב של התבדיד העמיד ותבדיד רגיש, ע"ג עלים מטופלים, התקבלה הדבקה גם ביחס של 1000:1 בין התבדיד העמיד: לרגיש. בניסוי לבדיקת עמידות התבדיד בתחרות עם תבדיד נוסף בטבע, אולחו צמחי מלפפון צעירים בבית רשת באינוקולום המכיל תערובת של התבדיד העמיד ותבדיד רגיש ביחס 1:1. עם קבלת הדבקה ע"ג חלקם התחתון של הצמחים נאספו מנבגים מ-25 כתמי הדבקה בודדים, כל כתם שימש כאינוקולום נפרד לאילוח עלים מטופלים ב-CAA. נמצאו 8 תבדידים רגישים מתוך 25 המעידים כי התבדיד העמיד השתלט רק חלקית על אוכלוסיית הפטריה בבית הרשת. שבועיים לאחר האילוח רוססו הצמחים בבית הרשת בפונגצידים MPD, DMM ו-BENT בריכוזים 0-25 ppm. יומיים לאחר הריסוס נאספו מנבגים מ-24 כתמים בודדים ונבדקו ע"ג עלים מטופלים. ב-22 מתוך הכתמים שנבדקו התקבלה הדבקה עד לריכוז של 25 ppm ב-MPD ו-BENT אך לא ב-DMM שבועיים לאחר הריסוס נמצא כי התקבלו כתמי הדבקה בחלקם העליון של הצמחים ע"ג עלים חדשים בכל הטיפולים. התוצאות מעידות שתיתכן היווצרות תבדידי *P. cubensis* עמידים ל-CAA בטבע, התבדידים העמידים לא יהיו בעלי כושר הדבקה נמוך משאר התבדידים.

## עמידות גנוטיפים של אבטיח (*Citrullus spp.*) לקימחון

יגאל כהן<sup>1</sup>, לודמילה פטרוב<sup>2</sup> ויריב בן נעים<sup>1</sup>

<sup>1</sup>הפקולטה למדעי החיים, אוניברסיטת בר אילן רמת-גן, <sup>2</sup>אגרוגן בע"מ

מחלת הקמחון הנגרמת על ידי *Podospaera xanthii* (*Sphaerotheca fuliginea*) תוקפת מיני דלועים ברחבי העולם, מפחיתה את תנובת הפרי ומעלה את השימוש בפונגיצידיים. בישראל, כל זני האבטיח התרבותי מראים רגישות לקמחון. מטרת מחקרנו בעבודה זו היתה לזהות מיני אבטיח בעלי עמידות לקמחון לשם שילובם בפיתוח זנים מסחריים בעלי עמידות. עבודה דומה התבצעה בארה"ב. אוסף של 253 גנוטיפים של חמישה מיני אבטיח (*Citrullus spp.*) מאפריקה, אסיה, אמריקה, אירופה וישראל (נתקבלו ממרכז הזרעים של מכון וולקני בבית-דגן) נבחנו לעמידות בפני קמחון גזע 1- . הזרעים הונבטו במגשי חישתיל ועברו אילוח באבוק בנבגי ב-*Sphaerotheca fuliginea* בשלב הופעת הפסיגים. תוצאות ההדבקה והיתפתחות מושבות הקימחון הוערכו על כל אחד מחלקי הצמח, היפוקוטיל, פסיגים ועלה מס 1- עד כ-14 יום לאחר האלוח. מתוך 253 גנוטיפים שנזרעו נבטו 211, ומתוכם, ארבעה גנוטיפים הראו עמידות מלאה לקמחון (לא נראתה היתפתחות כל שהיא של מושבות), שמונה גנוטיפים הראו עמידות ביניים, ו-23 גנוטיפים הראו פיצול גנוטיפי (הטרוגניות לעמידות) כשמספר פריטים בתוך הגנוטיפ הראו עמידות מוחלטת. כל שאר 176 הגנוטיפים הראו רגישות לקמחון שהתבטאה בהיתפתחות מושבות על אחד מחלקי הצמח: ההיפוקוטיל, או ההיפוקוטיל והפסיגים, או ההיפוקוטיל, הפסיגים ועלה מס-1. ארבעה גנוטיפים ספציפיים שהראו עמידות לקמחון (כולם *C. lanatus*, בעלי צבע פרי הנע מגוון לבן עד צהוב ובעלי תכולת סוכר נמוכה) הועברו לגידול בבית רשת ועברו ארבעה דורות של הכלאה עצמית ליצוב העמידות. אופי העמידות בפני הקמחון נלמד על ידי תצפיות מיקרוסקופיות, ואופן ההורשה של העמידות נלמד באמצעות הכלאה של אותם גנוטיפים עם זני אבטיח רגישים. תגובתם של ארבעה הגנוטיפים העמידים לקמחון גזע 2- נלמדת עתה.



ישיבה ו'

# מניעה והדברה של גורמי מחלות - חלק ב'

יו"ר – יעל רקח



## הפחתת הנזקים הנגרמים על-ידי קשיון רולפס באגוזי-אדמה

ראובן מיכל<sup>1</sup>, רבינוביץ א.<sup>2</sup>, שטיינברג ד.<sup>1</sup> ובן-יפת י.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>המחלקה למחלות צמחים וחקר עשבים, מינהל המחקר החקלאי, בית-דגן;

<sup>2</sup>שה"מ, מחוז גליל גולן

באזור עמק החולה, הפטרייה *Sclerotium rolfsii* (קשיון רולפס) גורמת נזקים קשים לגידולים רגישים כמו אגוזי-אדמה, חמניות, תפוחי-אדמה ואבטיחים. באגוזי-אדמה המחלה גורמת לריקבון תרמילים וגינפורים ובעקבות כך נגרם נזק ליבול. בארה"ב, ריסוס הצמחים במהלך עונת הגידול בתכשיר ההדברה פוליקור (טבוקונזול 25% ח.פ.), הפחית את נזקי המחלה. בניסויים שביצענו באדמות החולה (קרקעות כבול ומינרליות כבדות), ריסוסים בפוליקור לא הפחיתו את הנגיעות, גם כאשר יושמו 6 ריסוסים לעונה. עקב כך החלטנו לבחון את יעילות החומר ביישום דרך הקרקע. בניסויי מעבדה ב-3 סוגי קרקע מצאנו שהפוליקור אינו עובר פירוק מואץ גם לאחר 10 יישומים חוזרים, ויישום בודד של החומר עיכב נביטת קשיונות לתקופה ארוכה (כ-7 חודשים). בהמשך, השווינו את יעילות החומר במספר טיפולים: ריסוס, תיחוח בערוגה, שילוב של תיחוח וריסוס וביקורת. הטיפול המשולב של תיחוח וריסוס היה יעיל יותר בהפחתת נזקי המחלה בהשוואה ליתר הטיפולים שנבדקו. בעונת 2007 יושם התכשיר נטיבו (טבוקונזול 50% בתוספת טריפלוקסיטרובין 25%) בפס הזריעה (100 ג'דונם) בכל חלקות הניסוי. בנוסף, יושמו במהלך עונת הגידול 2, 3 או 4 ריסוסים בכל אחד מ-6 תכשירי הדברה מסחריים (כולל נטיבו). בחלקות ההיקש יושם נטיבו בפס הזריעה אך הצמחים לא רוסו. היבול או שכיחות המחלה בחלקות בהן יושמו תכשירי ההדברה בריסוס לא היו שונים במובהק מהחלקות בהן יושם נטיבו רק בפס הזריעה. בעונת 2008 יישמנו 3 מנות של נטיבו (50, 100 ו-200 ג'דונם) בפס הזריעה; בנוסף, רוסו חלקות אלה פעמיים בתכשירים נטיבו, עמיסטר או סיגנום. בניסוי זה חלקות ההיקש לא טופלו כנגד המחלה כלל. יישום נטיבו בפס הזריעה הגדיל את היבול (ב-200 ק"ג/דונם, בממוצע) והפחית את מספר הצמחים החולים (ב-50% – בהשוואה לחלקות ההיקש). לא היה הבדל ביעילות ההדברה בין המנות של נטיבו שיושמו בפס הזריעה. נראה שרק לריסוסי הנוף בנטיבו במינון הגבוה הייתה השפעה מובהקת על הגדלת היבול והקטנת שכיחות המחלה בהשוואה לביקורת.

מחזור גידולים לא פונדקאים כמו חיטה, תירס או כרב נח עשויים לתרום להפחתה של אוכלוסיית הקשיונות בקרקע וכתוצאה מכך להפחית את נזקי המחלה. החל משנת 2007, אנחנו מבצעים מעקב אחר מספר הקשיונות החיוניים בשתי חלקות שנפגעו קשה על ידי המחלה. בחלקות אלה גידלו חיטה ותירס. מצאנו שאוכלוסיית הקשיונות פחתה עם הזמן. עם זאת, חשוב לציין שתפטר הפטרייה מאכלס שורשים של צמחים אלו והצנעת השאריות שלהם בקרקע רטובה גורמת להתפתחות מואצת של תפטר הפטרייה ומאפשרת את ריבוי הקשיונות בהמשך.

## DMDS לחיטוי קרקע: יישום התכשיר, תנועתו בקרקע וקטילת פתוגנים.

א. גמליאל<sup>1</sup>, מרים אוסטרוויל<sup>1</sup>, ברכה שטיינר<sup>1</sup>, יהודית ריבן<sup>1</sup>, מרינה בניחס<sup>1</sup> וש. גל<sup>2</sup>

<sup>1</sup>מנהל המחקר החקלאי, מרכז וולקני, בית דגן, <sup>2</sup>חברת רימי בע"מ, פתח תקוה

הפסקת השימוש במתיל ברומיד לרומיד לחיטוי קרקע מחייבת מציאת אמצעים ותכשירים חלופיים להתמודדות עם מגוון פגעי הקרקע שמאיימים על פריון הקרקע. Dimethyl-disulfide (DMDS), פותח בשנים האחרונות כתכשיר חדש לחיטוי קרקע ונבחן לאחרונה למטרות רישוי במספר מדינות באירופה (צרפת, ספרד, אטליה) ובאמריקה הצפונית (בעיקר ארה"ב). מטרת העבודה הנוכחית היא לחקור את תנועתו והישרדותו של התכשיר בקרקע, ואת פעילותו הביולוגית, על מנת לפתח אמצעי יישום מתאימים להשגת הדברה יעילה של פגעי קרקע. מצאנו כי משך החיים של DMDS בקרקע לאחר יישומו בשדה עם חיפוי פלסטיק הוא 4-7 ימים. יישום התכשיר במינון גדול מאריך את הישרדותו של התכשיר בקרקע. בתנאי שדה נמצא כי DMDS יעיל ביותר בקטילת נמטודות יוצרות עפצים ופטטריות מהסוג פוזריום. לעומת זאת הפטריות *Sclerotium rolfsii* ובמיוחד *Macrophominal phaseolina* עמידות יותר לתכשיר. ביישום DMDS באמצעות מערכות השקיה בטפטוף, התכשיר נע בקרקע עם חזית ההרטבה ויוצר במפל ריכוזי סביב "בצל ההרטבה" של מי ההשקיה. תנועת התכשיר לצדדים מחוץ לבצל ההרטבה היא מוגבלת ומתבטאת גם בקטילה לא יעילה של פגעים ככל שמתרחקים אופקית ממקום צינורות הטפטוף. המסקנות מניסויים אלה הן כי לצורך פיזור אחיד של התכשיר יש צורך ליישמו באמצעות צינורות טפטוף במרווחים קטנים מ-40 ס"מ. ממצאים דומים בתנועת התכשיר בקרקע התקבלו גם כאשר DMDS הוחדר לקרקע בהזרקה באמצעות מזרקים. יריעות פלסטיק רגילות חדירות ל-DMDS והתכשיר נעלם מהקרקע בתוך פרק זמן קצר. יישום התכשיר וחיפוי הקרקע ביריעות חוסמות שמר על ריכוזים גבוהים יותר של התכשיר בקרקע וגרם קטילה משופרת של פגעי הקרקע שנבחנו. חיפוי הקרקע ביריעות חוסמות מאפשר גם הפחתת מינונים תוך השגת יעילות הדברה מרבית. שילוב DMDS בחיטוי סולרי השיג הדברה יעילה של נמטודות ופטטריות עד לעומק 40 ס"מ תוך קיצור משך החיטוי, לשבועיים והקטנת מינוני התכשיר. DMDS עשוי להוות אמצעי יעיל להדברת מגוון פגעי קרקע. הוספת התכשיר למגוון האמצעים לחיטוי קרקע מחייב המשך פיתוח ואופטימיזציה של יישום התכשיר במגוון מערכות הגידול בארץ.

## פלדין (DMDS) תכשיר חדש לחיטוי קרקע - מניסויים מבוקרים להדברה בשדה

גל ש.

המחלקה החקלאית - רימי להגנת הצומח והסביבה בע"מ, פתח תקוה

פלדין (DMDS = dimethyl disulphide) הינו תכשיר חדש לחיטוי קרקע, להדברת נמטודות עפצים, מחלות קרקע ולמניעת עשבים. התכשיר מיוצר על ידי חברת Arkema. התכשיר נבדק במספר רב של ארצות; ובארץ – על ידי חברת רימי בשיתוף פעולה עם מנהל המחקר החקלאי במכון וולקני. מנגנון פעולת התכשיר - עיכוב פעילות המיטוכונדריה. התכשיר מופיע בשתי תואריות: תרכיז מתחלב – להחדרה דרך מערכת הטפטוף ותוארית נוספת המיועדת ליישום בהזרקה לקרקע.

ניסויי השדה בוצעו בחלקות מסחריות. פלדין נבחן במינונים, בנפחי יישום, בסוגי קרקע, באזורים, ובמועדי יישום שונים. התכשיר נבדק בשתי שיטות היישום. בכל הניסויים נבחן התכשיר תחת כיסוי ביריעות חוסמות. פלדין נמצא בטוח לשימוש בכל הגידולים בהם נבדק (פלפל, עגבנייה, חציל, מלון, מלפפון, כרוב, חסה, ריחן, כוסברה, שמיר, עירית ופלוקס), בהחדרה דרך מערכת הטפטוף ובתפוח אדמה, תות שדה וגזר ביישום בהזרקה לקרקע. התכשיר נמצא יעיל בהדברת הנמטודות יוצרות עפצים (*Meloidogyne sp.*). מחלת הפוזריום (*Fusarium sp.*) פוגעת קשות בגידול המלפפונים במרכז הארץ. פלדין נמצא יעיל בהדברת המחלה. כמו כן, נמצא התכשיר יעיל בהדברת פיתיום (*Pythium sp.*) וריזוקטוניה (*Rhizoctonia solani*). פלדין נמצא יעיל במניעת ועיכוב הצצה של עשבים. פלדין נותן פתרון בהדברת נמטודות, מחלות קרקע ועשבים במגוון גידולים ותנאי סביבה שונים. צוות המחלקה החקלאית של חברת רימי ממשיך בחיפוש פתרונות נוספים לחיטוי קרקע, לעידן שלאחר הפסקת השימוש במתיל ברומיד.

## פירוק מואץ של מתאם סודיום בקרקע: מעורבות המיקרואורגניזמים בתופעה

שחף טריקי-דותן<sup>1,3</sup>, מרים אוסטריל<sup>1</sup>, ברכה שטיינר<sup>1</sup>, דרור מינץ<sup>2</sup>, יעקב קטן<sup>3</sup>  
ואברהם גמליאל<sup>1</sup>

<sup>1</sup>המעבדה ליישום שיטות הדברה, המכון להנדסה חקלאית, מנהל המחקר החקלאי, בית דגן;  
<sup>2</sup>המעבדה למיקרוביולוגיה של הקרקע, המכון לקרקע ומים והסביבה, מנהל המחקר החקלאי, בית דגן;  
<sup>3</sup>המחלקה למחלות צמחים, הפקולטה לחקלאות, מדעי המזון ואיכות הסביבה, רחובות

יישום חוזר של התכשירים מתאם סודיום ובזאמיד גורם לפירוק מואץ של Methyl isothiocyanate (MITC) (החומר הפעיל בתכשירים אלו) ופחיתה בעילות הקטילה של פגעי קרקע. התופעה תועדה ואומתה במערכות מבוקרות במעבדה ובחלקות מסחריות בגידול תפוחי אדמה ואגוזי אדמה בנגב המערבי. בעבודות קודמות מצאנו כי ניתן להשרות פירוק מואץ של MITC בקרקע ע"י ערבוב קרקע, שבה התפתח כבר פירוק מואץ, בקרקע ללא יישום קודם של התכשיר. כמו כן, מצאנו כי עיקור קרקע וחיטוי סולרי מפחיתים את שיעור הפירוק המואץ של MITC. מטרת העבודה הנוכחית היא לבדוד ולזהות את הגורמים לפירוק מואץ של תכשירי מתאם סודיום בקרקע. פיתחנו שיטה להפקת תמצית קרקע ובתוכה הגורמים המיקרוביאליים המפרקים בריכוז גבוה. מצאנו כי לרכיבים בתמצית הקרקע קיים כושר פירוק מהיר של MITC, גם לאחר יישום מתאם סודיום בריכוז גבוה פי 6 מהמקובל (360 ppm). יתר על כן, הוספת פורמלין (1000 ppm) לתמצית מקרקע שבה תועד פירוק מואץ, לא עיכבה את הפירוק המואץ של MITC. בודדו מקרקע רחובות שני תבדידי חיידקים בעלי כושר פירוק מהיר של MITC. הוספת התבדידים לקרקע רחובות מעוקרת גרמה לפירוק מואץ של MITC תוך פחות מ-24 שעות. התבדידים זוהו באמצעות רצף DNA ואנליזת חומצות שומן ונמצאו שייכים לסוג Naxibacter ממשפחת Oxalobacteraceae. כושר פירוק MITC ע"י חיידקים אלו נשמר גם לאחר יישום מתאם סודיום בריכוזים גבוהים (עד 360 ppm), בקרקע ובתרבות נוזלית. חיידקים אלו מסוגלים לפרק MITC במהירות גם כאשר מוחדרים לקרקע אחרת, מלבד קרקע רחובות. הסינגל לפירוק מואץ של מתאם סודיום מושרה בקרקע כבר מיישום ראשון ומתבטא בהגברה של אוכלוסיית ה-Oxalobacteraceae בקרקע רחובות. כיוון שאוכלוסיית התבדיד המפרק בקרקע רחובות אינה דומיננטית גם לאחר יישומים חוזרים, יתכן שקיימים מיקרואורגניזמים נוספים בעלי כושר פירוק של MITC בקרקע.

## משך פירוק תכשירים לחיטוי קרקע והשפעתו על קטילת נמטודות ועשבים

### טפילים

ר. אלון<sup>1,2</sup>, מרים אוסטרויל<sup>1</sup>, ברכה שטיינר<sup>1</sup>, מרינה בניחס<sup>1</sup>, מירי גרינר<sup>1</sup>, ב. רובין<sup>2</sup> וא.

גמליאל<sup>1</sup>

<sup>1</sup>המעבדה ליישום שיטות הדברה, המכון להנדסה חקלאית, מנהל המחקר החקלאי, בית דגן ;  
<sup>2</sup>המכון למדעי הצמח והגנטיקה בחקלאות ע"ש רוברט ה. סמית, הפקולטה למדעי החקלאות, המזון ואיכות הסביבה, האוניברסיטה העברית בירושלים, רחובות

יעילותם של תכשירים לחיטוי קרקע משתנה בקרקעות שונות ותלויה במשך הפירוק בקרקע ובתכונותיו הכימיות והפיזיקאליות של התכשיר. מטרות העבודה הן: 1. לבחון את משך הפירוק של תכשירי החיטוי 1,3-Dichloropropene (1,3-D) ו-Methyl isothiocyanate (MITC) בקרקעות שונות; השפעת משך הפירוק על קטילת נמטודת העפצים *Meloidogyne javanica* וזרעי עלקת מצרית *Orobancha aegyptiaca*. 2. לבחון האם יישום חוזר של 1,3-D משפיע על משך הפירוק ועל יעילות הקטילה של פגעי הבוחן. במערכות מבוקרות במעבדה מצאנו שאורך החיים של 1,3-D בקרקעות, הוא בין 5-21 יום., משך החיים של MITC קצר יותר (יומיים - 15 ימים). לא נמצא קשר בין משך החיים של 1,3-D לזה של MITC בקרקעות שנבדקו. חשיפת *M. javanica* ו- *O. aegyptiaca* ל- 1,3-D בכל הקרקעות שנבדקו גרמה קטילה בשיעור גדול מ-90% ו-60% בהתאמה. לעומת זאת בעקבות חשיפה ל-MITC התקבל שיעור קטילה משתנה. יישום חוזר של 1,3-D בקרקעות רחובות ובארי גרם לפירוק מהיר יותר של התכשיר בקרקע, אך ללא פחיתה בשיעור הקטילה של *M. javanica*. בקרקע בארי פחתה הקטילה של *O. aegyptiaca* ב-7% ו-14%, לאחר שניים ושלושה יישומים חוזרים של 1,3-D, בהתאמה. לסיכום, 1,3-D מדביר ביעילות את הפגעים שנבדקו במינונים המקובלים. כמו כן, משך הפירוק בקרקעות שונות אינו משפיע באופן משמעותי על יעילות הקטילה. לא נמצא פירוק מואץ של התכשיר 1,3-D בעקבות יישומים חוזרים בקרקעות שנבדקו.

## השראת תנגודת קרקע למחלות שורש באמצעות תוספים אורגניים וחיטוי

### סולרי

קליין א.<sup>1,2</sup>, קטן י.<sup>2</sup>, דורי עירית<sup>3</sup>, יחזקאל חנה<sup>3</sup> וגמליאל א.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>המעבדה ליישום שיטות הדברה, מכון להנדסה חקלאית, מרכז וולקני, ת.ד. 6 בית דגן 50250; <sup>2</sup>המחלקה למחלות צמחים ומיקרוביולוגיה, הפקולטה לחקלאות, המזון ואיכות הסביבה, רחובות 76100; <sup>3</sup>מו"פ דרום, חוות הבשור, ד.ג. נגב 4 85400

תנגודת קרקע למחלות שורש מתבטאת בהפחתת שכיחות המחלה או חומרתה בפונדקאי רגיש, גם בנוכחות פתוגן ותנאי סביבה המתאימים להתפתחות תחלואה. בעבודה קודמת מצאנו שהצנעת שיירי תבלינים כתוסף אורגני לקרקע בשילוב חיטוי סולרי, מהווים אמצעי יעיל להדברת פגעים והשראת תנגודת קרקע לאחר מכן. מטרת העבודה היו לבחון את התבטאותה של תנגודת הקרקע בחלקות בשדה והשפעתה על תחלואת צמחים במהלך גידול מסחרי. בוצעו ניסויי שדה בבית צמיחה לגידול עגבניות ובבית רשת לגידול לוע ארי, שבהם הקרקע מאולחת בנמטודות יוצרות עפצים *Meloidogyne javanica*. בחלקות גודלה רוקולה (*Diplotaxis tenuifolia*) והוצנעה בתום הגידול כתוסף אורגני לקרקע בשילוב חיטוי סולרי מתון, על מנת לגרום קטילה חלקית בלבד של הפגעים בקרקע. בחממת העגבניות, שרדו הנמטודות את החיטוי הסולרי והצנעת הרוקולה בקרקע. לעומת זאת, נקטלה הפטריה *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis lycopersici*, שהוטמנה בחלקות לפני החיטוי כפתוגן מבחן, בשיעור של 80%. בתום החיטוי נשתלו בחממה עגבניות (זן 870, רגיש לנמטודות). היבול במשך כל עונת הגידול לא נבדל בין הטיפולים השונים. חומרת נגיעות השורשים בעפצים בתום עונת הגידול פחתה ב-40%, בחלקות בהן הוצנעה רוקולה או שחוטאו בחיטוי סולרי, בהשוואה לחלקות היקש. בניסוי שני, שנערך בבית הרשת השילוב של הצנעת הרוקולה והחיטוי הסולרי גרם קטילה מלאה של הנמטודות עד עומק 40 ס"מ. בתום החיטוי נשתל בחלקות לוע ארי (זן פוטומק, רגיש לנמטודות). לא נמצא הבדל בצבירת הביומסה או היבול של לוע הארי במהלך עונת הגידול. נגיעות השורשים בעפצים בתום עונת הגידול הוגברה ב-25% בחלקות שטופלו בחיטוי סולרי, בהשוואה לחלקות ללא חיטוי סולרי; הצנעת הרוקולה בקרקע לא השפיעה על חומרת הנגיעות בעפצים.

שיטת הדברה המשרה בקרקע תנגודת למחלות שורש עשויה להאריך את משך יעילות החיטוי בתנאי גידול מסחריים, אולם למשך הגידול ורגישותו לפתוגן השפעה על ביטוייה של תנגודת הקרקע בתנאי שדה.

ישיבה ז'

# מניעה והדברה של גורמי מחלות - חלק ג'

יו"ר – סטנלי פרימן



## פיתוח תכשיר ביולוגי של הפטריה טריכודרמה להדברת נמטודות טפילות

### על צמחים

שרון עדנה<sup>1</sup>, בר-אייל מאירה<sup>1</sup>, מור מ.<sup>1</sup>, חת א.<sup>2</sup> ושפיגל נ.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>היחידה לנמטולוגיה, מרכז וולקני, בית דגן; <sup>2</sup>המחלקה למחלות צמחים ומיקרוביולוגיה, הפקולטה לחקלאות, המזון ואיכות הסביבה, רחובות

נמטודות טפילות על צמחים מהוות בעיה קשה בחקלאות ונעשים מאמצים לפתח אמצעים להפחתת נזקי הנמטודות. מינים ותבדידים שונים של *Trichoderma* שבדקנו הראו פעילות הדברת נמטודות עפצים מסוג *Meloidogyne* בגידולי ירקות שונים בקרקע. נמטודות אלו הן אנדו-פרזיטיות הישבות בשורש ברוב מחזור חייהן. אנו חוקרים פעילות של שני מיני הפטריה, *T. asperellum* ו-*T. hamatum* T-382, כנגד שני מיני הנמטודה, *M. javanica* ו-*M. incognita* בצמחי נוי במצעי גידול. תכשירי טריכודרמה על בסיס כבול-סובין בריכוזים שונים (רטוב או יבש) עורבבו במצע הגידול המאולחים בנמטודות, עם או בלי אכלוס מוקדם של הפטרייה בשורשים, כ- 1-2 שבועות לפני שתילה צמחי בגוניה או בשמת. נצפתה ירידה בדרגת הנגיעות של הצמחים ועיכוב בהתפתחות הנמטודות המתבטא בירידה בייצור הביצים, בניסויים לאחר 1-3 מחזורי חיים של הנמטודה. לרוב, נתקבלה גם עליה משמעותית במשקל הנוף של הצמחים המטופלים בפטריות. הטריכודרמה המאכלסת את השורש שיפרה את גידול הצמחים גם בטיפולים ללא נמטודות וכן גם בצמחים שלא היו פונדקאים טובים לנמטודה, כגון פלרגוניום וחרצית. נבחנה גם פעילות הפטריות כנגד נמטודות מזיקות אחרות בקרקעות נגועות טבעית. תכשירי הפטריות עורבבו בקרקע נגועה בנמטודות *Pratylenchus penetrans* (נמטודה אנדו-פרזיטית נודדת) ו-*Rotylenchus robustus* (נמטודה אקטו-פרזיטית) ונשתלו צמחי חסה. לאחר חודשיים נתקבלה ירידה באוכלוסיות הנמטודות בקרקעות שטופלו בכל אחד ממיני הפטריות, וכן עליה במשקל הנוף. קרקע נגועה ב-*Paratylenchus projectus* (נמטודה אקטו-פרזיטית) טופלה בפטריות ונתקבלה ירידה באוכלוסיית הנמטודה בקרקע בתום כל אחד משלשת מחזורי הגידול של החסה. התוצאות מראות על יכולת הטריכודרמה לצמצם אוכלוסיות ונזק של מספר מינים של נמטודות מזיקות ורב-פונדקאיות, הנפוצות בארץ ובעולם, וכן לעודד גידול של מגוון צמחים.

## התמודדות עם מחלת "צהבון האסתר" בגזר

### עמוס עובדיה

חברת אגרונומיה – שירותים חקלאיים (2001) בע"מ

"צהבון האסתר" היא מחלה שנוכחת בשדות הגזר בישראל למעלה מעשר שנים. בדיקות מעבדה הצביעו על "פיטופלזמה" כעל גורם המחלה. בשנתיים האחרונות בדיקות המעבדה מצביעות על נוכחות של "ספירופלזמה". מקובל לחשוב שה"פיטופלזמה" וה"ספירופלזמה" מועברות ע"י ציקדות ממינים שונים, אך זהותם המדויקת של הווקטורים בישראל אינה וודאית. בשנים האחרונות נפגעו מגדלי הגזר מ"צהבון האסתר", לעיתים עד הגעה לאובדן יכולת פגיעה באיכותו ולהפסדים כבדים.

באביב 2008 הועמדו שני ניסויי שדה במטרה למצוא פתרונות יישומיים ל"צהבון האסתר", להכיר את גורמי המחלה, הווקטורים והאינטראקציה שלהם עם צמח הגזר וללמוד שיטות עבודה רלוונטיות. בניסויים נבחנו טיפולים בתכשירי הדברה וכיסוי באגריל. תכשירי הדברה רוססו מהצצת הצמחים ועד כשבועיים מסיום הניסוי.

בבדיקות מעבדה נמצאה "ספירופלזמה" בהיקשים של שני הניסויים, כחודשיים לאחר ההצצה. הסימפטומים נתגלו כחודש וחצי לפני סיום הניסויים והם התפתחו והחמירו עם הזמן. המופע העיקרי היה התפצלויות בגבעול המרכזי, שהתפתח למופע אופייני – "מטאטא מכשפה". מעט צמחים פיתחו שיעור אופייני ובסוף הגידול, העלווה של הצמחים הנגועים היתה בעלת גוון צהבהב אופייני.

רמת הציקדות במלכודות הדבק כמעט ולא הושפעה מתכשירי הדברה. לעומת זאת, תכשירי הדברה הפחיתו בכ 50-60% את הנגיעות ב"צהבון האסתר", הפחיתו מאוד נגיעות במזיקים אחרים ושיפרו את כמות היבול ואיכותו. הטיפול בשמן לא היה יעיל להפחתת הנגיעות ב"צהבון האסתר" והשפיע פחות על רמת היבול ואיכותו.

הכיסוי באגריל שיפר מאוד את אחוז הנביטה, וגרם להקדמה בצבירת היבול. הכיסוי באגריל היה הטיפול המוביל במניעת "צהבון האסתר". הסרת האגריל לאחר חודשיים לא הפריעה לצמחי הגזר. הסרת האגריל לאחר שלושה חודשים גרמה לעלייה במחלות עלים, גרימת נזק מעשבים ולא הייתה שונה בתרומתה לצבירת היבול. הסרת האגריל לאחר שלושה חודשים הקטינה מאוד את הנגיעות ב"צהבון האסתר" בסוף הגידול.

## ניטור תלת שנתי של עמידות תבדידי הפטרייה *Botrytis cinerea* בכרמים

קורולב נ.<sup>1</sup>, ממייב מ.<sup>1</sup>, זהבי ת.<sup>2</sup> ואלעד, י.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>המחלקה לפתולוגיה של צמחים וחקר עשבים, מרכז וולקני, בית דגן; <sup>2</sup>שה"מ, משרד החקלאות, קרית שמונה

הפטרייה *Botrytis cinerea* (בוטריטיס) גורמת לעובש אפור בגפן. נערך ניטור של עמידות לשישה פונגיצידיים באוכלוסיות בוטריטיס בשני כרמים, האחד באורטל והשני בשעל שבגולן. חלקות הניסויים רוססו בדלסן (קרנבנזים, מקבוצת הבנזאימידאזול), מיתוס (פירימתניל, אנילינופירימידין), אוהיו (פלואזינס, פנילפירידינאמין), רוברל (איפרודיון, דיקרבוקסאימיד), סוויץ' (פלודיוקסוניל, פנילפירול וסיפרודיניל, אנילינופירימידין) וטלדור (פניקסאמיד, הידרוקסיאניליד) במשך שלוש עונות. יעילות התכשירים הייתה שונה אך בדרך כלל עקבית במהלך השנים. רוברל ודלסן לא היו יעילים בדרך כלל, אוהיו היה מעט יותר יעיל אך דומה לרוברל, בעוד מיתוס, סוויץ' וטלדור היו יעילים והפחיתו את המחלה ב 50-60% פרט למיתוס בעונה השלישית. רגישותם של 500 תבדידים לחומרים הפעילים נבדקה ונמצאו כ- 20 פנוטיפים של עמידות לאחד או יותר פונגיצידיים. נמצאו אללים לעמידות לבנזאימידאזולים ודיקרבוקסאימידים (10-25%) ולעמידות לאנילינופירימידינים (3%) אשר עלתה בשעל ל 10% בשנה השלישית (רק באתר זה הייתה מחלה בשנה זו). פחות מ 1% מהתבדידים היו עמידים לפנהקסמידר ופלודיוקסוניל. לא נמצאה עמידות גבוהה לפלואזינס. היעילות הנמוכה של דלסן ורוברל יכולה להיות מוסברת בשכיחות העמידות באוכלוסיית הבוטריטיס. כמו כן, השינוי ביעילות המיתוס בשנה השלישית נובע מעליה בעמידות.

## ישום מדבירים ביולוגיים נגד עלקת דרך מערכת הטפטוף

דור י. והרשנהורן י.

היחידה לחקר עשבים, נוה יער

העלקת (*Orobanche spp.*) הינה צמח טפיל שורש מוחלט הגורם לנזקים קשים בגידולים חקלאיים שונים בארץ ובעולם. קשה מאד להדביר את העלקת באמצעים המקובלים ולכן היא מהווה מטרה מתאימה לפיתוח מערכת הדברה ביולוגית. עלקת חמנית (*O. cumana*) היא גורם מגביל עיקרי לגידול חמניות באיזורים רבים בארץ. חסרונה העיקרי של ההדברה הביולוגית היא יעילות נמוכה ורגישות לתנאי סביבה. חסרון זה בולט במיוחד בתחום הדברת פגעי קרקע. אחת הדרכים להתגבר על היעילות הנמוכה של המדבירים הביולוגיים היא ישום חוזר ונשנה של התכשיר הביולוגי במהלך התקופה הקריטית של התפתחות והתבססות הפגע אותו אנו מעוניינים להדביר. ישום חוזר אינו מהווה בעיה בהדברה של פגעי עלווה אך מהווה בעיה קשה ולא פתירה בתחום פגעי הקרקע. כיום נהוג לישם תכשירים ביולוגיים להדברת פגעי קרקע בצורת גרנולות אל תוך פס הזריעה בעת הזריעה או אל תוך גוש השתילה בגידולים שתולים. ישום חוזר של התכשיר הביולוגי לאחר נביטת הזרעים או התבססות השתיל היתה בלתי אפשרית בגלל הקושי להטמין את הגרנולות בקרקע בסמוך לצואר השורש בלי לפגוע בגידול עצמו. במסגרת העבודה נבדקה האפשרות לישום חוזר של מדבירים ביולוגיים להדברת פגעי קרקע המבוססת על ישום נבגים ותפטיר של הפטריות *Fusarium oxysporum* f. sp. *orthoceras* (Foo) ו- *F. solan* דרך מערכת הטפטוף. נבדקה ההשפעה של מספר פרמטרים על יעילות הדברת עלקת חמנית בעציצים בחממה: א. פיזור הפטריות על ידי מערכות טפטוף בלחץ נמוך וגבוה ב. יעילות הישום של נבגים לעומת תפטיר ג. ישום של כל פטרייה בנפרד ותערובת של שתיהן יחד ד. ישום אחד, שניים או שלושה, בהפרשים של שבועיים זה מזה. ישום רב פעמי (פעמיים או שלושה) בתפטיר של Foo דרך מערכת הטיפטוף בלחץ נמוך נמצאה כיעילה ביותר להדברת הטפיל.