

# מחלת השקעים העמוקים בתפוחי-אדמה

## יבללת התרמילים באגוזי-אדמה

תקציר סיכום העבודות שרוכזו

מתוך חוברת "מחלת הגרב בתפוא"ד יבללת באגוז"א, סיכום המו"פ הארבע-שנתי 1989 - 1992 (בתקצירים)  
 ג. קריצמן, א. גרינשטיין וי. קטן בהשתתפות מרים אוסטרוביץ, אורלי אמזלג, א. גמליאל,  
 ב. קירשור, יהודית ריבן, ברכה שטיינר, אלונה שני, ובשיתוף עם חקלאי חבל מעון ושה"ח

### מטרות המחקרים:

- 1) פיתוח שיטות להגדרת מחוללי המחלה, תוך הדגשת הפרדה בין פתוגנים לסאפרופיטים בקרקע.
- 2) מציאת דרכים כימיות ופיסיקליות למניעת הפצת מחוללי המחלה בחומר-ריבוי.
- 3) מציאת דרכים כימיות ופיסיקליות למניעת הפצת מחוללי המחלה בזבל.
- 4) לימוד דרכים להדברת מחוללי המחלה בקרקע: הדברה כימית, חיטוי סולארי והדברה משולבת. כל אלה בתיזמון מיטבי במחזור הגידולים.
- 5) איבחון ואיפיון של קרקעות המעודדות את מחוללי המחלה וכאלה שאינן מאמצות אותם.
- 6) יחסי גומלין צמח/פתוגן.
- 7) פיתוח שיטות מבחן ביולוגי (bioassay) לבדיקת השפעות של טיפולים בקרקע, על-ידי סימון יציב של החידק.

### איבחון מחוללי המחלה

במהלך שנות המחקר הוברר מעל לכל ספק, כי מדובר בקבוצה של חידקים הנמנים עם הסטרפטומיצטים, ולא בחידק אחד מוגדר. המשותף לקבוצה הוא כשרם הפתוגני של החידקים, הבא לידי ביטוי ביצירת שקעים עמוקים בפקעות בתפוא"ד וביצירת יבלות מכוערות על-פני תרמיל אגוז"ד.

קבוצת פתוגנים זו מכילה מספר מינים, והם שונים מאלו המחוללים גרב רגיל (common scab) לפחות בשתי תכונות:

- א) אינם מגיבים למשטר השקיה, בניגוד למחוללי הגרב הרגיל שאינם משאירים סימפטומים בפקעות הנוצרות בשדה שבו נשמרת לחות קרקע קרובה לקיבול-שדה.
- ב) תוקפים מספר מיני צמחים. עד כה נמצאו פתוגנים לתפוא"ד, לאגוז"ד, לצנונית ולסלק אדום.

פיתוח שיטה לשמירת הפתוגן מתבדד רצוי לפרקי-זמן ארוכים. השיטה כוללת גידול הפתוגן בפרלייט, יבושו בטכניקה מיוחדת ושמירתו לאורך חדשים רבים בלי שיאבד את כשרו הפתוגני. נלמדו דרכי הדברת הצמחים ואפשרות לקבל צמחים עם סימפטומים זהים לאלה המתקבלים בשדה (מבחן קוד). מחקר האיבחון לא הגיע לסיומו, ועדיין עוסק בשלושה תחומים: איבחון על-פי החומצות השומניות המצויות בהרכב תא החידק (מרים אוסטרוביץ וקריצמן) ואיבחון על-פי כשרם של הפתוגנים להפריש טוכסין. בנוסף נעשית עבודת איבחון על-פי הומולוגיה של קטעי DNA (מנוליס וברש בשיתוף קריצמן).

### חקר הפצת מחוללי המחלה ודרכים למניעתה

מחוללי המחלה מופצים בחומר-ריבוי, פקעות זריעה של תפוא"ד וזרעי אגוז"ד.

מהלך המחקר הוכיח כי ניתן לחטא פקעות זריעה ולמנוע את הפצת מחוללי המחלה, הן בשיטת הטבילה בתכשיר כספן והן בתכשיר HTH המשחרר יוני כלור פעיל. ניסויים בקנה-מידה מסחרי הושלמו בהצלחה ב-1992, ותכשיר החיטוי החדש הוגש לרישוי בינואר 1993.

הוכח כי מחוללי המחלה באגוז"ד אינם חודרים באופן פעיל דרך קליפת התרמיל, אלא שזיהום הזרעים מתרחש רק במהלך הפיצוח. לכן פותחו שתי שיטות למניעת הפצתם של מחוללי המחלה:

- 1) פותח תכשיר, על בסיס יוד מומס בחומצת חומץ קרחונית, לריסוס התרמילים לפני הפיצוח;
- 2) פותחה מערכת לשילוח התרמילים בלהבה לפני הפיצוח. בשתי השיטות, חומר-הריבוי שהופק מתרמילים נגועים ברמת רגישות הבדיקות שנעשו מראה כי לאחר הטיפול יצא נקי ממחוללי המחלה. הכלי שפותח משמש בימים אלה לטיפול בתרמילים המיועדים להפקת חומר-ריבוי. כמו כן דנים בבניית מכשיר חצי-מסחרי לתפוקה מרובה יותר.

מקור תפוצה נוסף הוא זבל אורגני. נמצא כי מחוללי המחלה "עוברים בשלום" את מערכת העיכול של פרות, ומסוגלים לחולל מחלה בצמחים עצמם בקרקע מזוהלת בזבל מאולח. בשנת 1992 נעשו ניסוי מעבדה רבים לבדיקות סימולציה של ערימת זבל, ובנוסף הוטמנו מחוללי מחלה מסומנים בערימת זבל במהלך הקומפוסטציה.

התוצאות עד כה מראות כי בערימות שלא הותססו כראוי משתמרים מחוללי המחלה ללא פחיתה משמעותית באוכלוסייתם או בפעילותם. לעומת זאת, בגמר ההפיכה השנייה במהלך קומפוסטציה תקינה - נעלמה האוכלוסייה הפתוגנית בכל מה שלפחות חמישה ס"מ למטה מפני הערימה. לעומת זאת נמצאו פתוגנים באחד מהמדגמים שנלקחו מכופתיות זבל מסחריות, למרות החימום שהן עוברות בתהליך הכנתן.

### טיפול קרקע להפחתת מחוללי המחלה ודרכים ליישומם

במהלך השנים נבחנו זה לצד זה טיפולים סולאריים וטיפול כימיים - אדינג, מתיל-ברומיד, פורמלין ושילובים שונים ביניהם. כל אלה במסגרת מחזור גידולים מוגדר.

נמצא כי חיטוי סולארי לבדו, או בשילוב עם פורמלין או עם מתיל-ברומיד, במנות קטנות בהרבה מהמומלץ, הדבירו ביעילות את מחוללי המחלה. אפקט ההדברה נשמר לאורך מחזור בן מספר גידולים. במקרה של שילוב בפורמלין במנות קטנות ביותר (25 - 30 ליטר לדונם) נמצא אפקט הפחתת יבללת מובהק - אפילו בגידול רביעי לאחר החיטוי במחזור מאלח ביותר (תפוא"ד - אגא"ד - חיטה - אגא"ד). במהלך המחקר נמצא כי גידול חיטה לתחמיץ או סויה כ"זבל ירוק" במחזור הגידול - יוצר תנאים להפחתת אוכלוסיית הפתוגן. בעקבות ההצלחה הרב-שנתית מומלץ ליישם חיטוי סולארי משולב בפורמלין, בכל קנה-מידה שיידרש, להדברת מחוללי המחלה.

ההדברה הכימית התמקדה בעיקר בתכשירי פורמלין. תכשיר פורמלין נוזלי נחקר רבות במעבדה במערכות סימולציה (קולוניות). למדנו על תנועת התכשיר בקרקע יבשה ובקרקע רטובה, ואת המנות הדרושות להדברת קבוצות פתוגנים - סטרפטומיצטים ואחרים. נמצא כי במנה של 250 ליטר לדונם התכשיר פורדור 37 (36% פורמלדהיר) הוא המיטבי מבחינת עלות כלכלית, פיטוטוכסיות והדברת סטרפטומיצטים ופיתיום.

פותחו מכשיר ואסטרטגיית הדברת ליעול ההדברה וההשקיה. כיום ברור כי הפורמלין מוחדר לעומק הקרקע בעזרת מים בפאזה מרוכזת, בדומה לפעילות בוכנה. בנוסף נלמד קצב ההתפרקות שלו בקרקע. מחקרים אלו הולידו רישוי לתכשיר חדשני זה.

במקביל להמשך הלימוד של התכשיר הנוזלי - נערכו ניסויים בתכשיר פורמלין חדשני עוד יותר: תוארית מוצקה המשחררת פורמלין לקרקע. ניסויים הקדמיים מסודרים במעבדה ובשדה הראו כי לתוארית החדשה יש פוטנציאל רב להשתלב בחקלאות בחיטוי קרקע למטרות שונות, בנוחות מרובה יותר ובסיכון פחות מאשר ביישום הפורמלין הנוזלי. עבודת הפיתוח נמשכת. בראשית דצמבר פוזר תכשיר זה באחידות (סטיות קטנות מ-10%) על שטחים רצופים, במכונה שהותקנה לצורך זה.

## קרקעות המעודדות וקרקעות המדכאות את מחוללי המחלה

כעת עוסקים בלימוד מעמיק של עניין זה. זהו אחד החשובים בכלל הנושאים האפידמיולוגים הקשורים עם מחוללי המחלה, ובחינתו תעזור להבין את קצב ההתפשטות המהירה של המחלה בערבות הנגב, לעומת אזורים אחרים שבהם התבססות האוכלוסייה הנדונה מתעכבת.

בין התופעות המעניינות הנחקרות נבחנת השאלה, אם אפשר להפוך קרקע ה"מעודדת" את מחוללי המחלה לקרקע המדכאת את פעילותם ומפחיתה את אוכלוסייתם. אין ספק כי במערכת זו מעורבים גורמים ביוטיים לצד גורמים פיסיקליים. תוצאות מחקר זה, שעדיין לא הסתיים, אולי יאפשרו לתת תשובות לשאלות כגון: האם חיטוי קרקע "חריף" עלול לגרום שהקרקע תהיה מעודדת מאוד את מחוללי המחלה, דבר שיצדיק חזרה ללא-הרף על החיטוי, או אולי יש דרכים לגרום שהקרקע תיהפך למדכאת מחוללי המחלה. תוצאות מסוימות מעבודתה של אלונה שני מצביעות על האפשרות כי חיטוי סולארי עשוי לחולל, במקרים מסוימים, מהפך מסוג זה בקרקע. המחקר בדבר השפעות החיטוי בפורמלין על תכונות הקרקע בכיוון זה - עדיין בתחילתו.

## יחסי גומלין צמח/פתוגן

במהלך עבודה מפורטת למדנו על אוכלוסיית הסטרפטומיצטים באיזור הריזוספירה ושטח פני השורש של צמחי אגא"ד. נמצא כי קיימת זיקה בין הפתוגנים לבין רקמות השורש. אוכלוסיית הפתוגנים נוטה להתרבות באיזור הריזוספירה, והיא גם מאכלסת את שטח הפנים של השורש. תופעה זו אולי מלמדת על פוטנציאל הפתוגניות הטמון באותם תבדידים המסוגלים להתבסס על פני השורש, ואף נתנה לנו חומר למחשבה, מדוע בחיטוי קרקע שטחי באגא"ד, בדרך כלל נכשל איזור יצירת התרמילים, ויש להדביר ל-50 - 60 ס"מ למטה מפני השטח.

בנוסף, נלמד תהליך הווצרות היבלת בתרמיל אגא"ד בעקבות חדירת הפתוגן, ונמצא כי יש לו השפעה על חלוקת התאים בתרמיל, כלומר - השפעה הורמונלית (לתופעה זו ניתן ביסוס

מכיוון אחר: ברש ותלמידיו הראו כי בחלק מהתבדידים שנבדקו קיים מסלול מטבולי פעיל ליצירת IAA). אכן, ניתן להסביר יבלת באגא"ד, או שקע עמוק בתפוא"ד, על סמך השפעות הורמונליות על קצב חלוקת התאים והתארכותם. בנוסף, אנו מנסים לחזור על עבודות שפורסמו, ושהן דווח שתבדידים פתוגניים של סטרפטומיצטים יוצרים טוכסינים בפקעות תפוא"ד.

## סיכום

נחקרו היבטים שונים של מחלת הגרב בתפוא"ד ויבלת באגא"ד. חקר הפתוגנים, איבחונם וכימותם, הפצת מחוללי המחלה ודרכים למניעתה, חקר היעילות (הן לטווח זמן קצר והן לטווח זמן ארוך) של טיפולי קרקע שונים, לבד ובמשולב, ודרכים ליישום חמרי הדברה. רק גישה כוללת שתחבוק את כל הנושאים הללו עשויה להביא לידי הדברה יעילה וממושכת של פגעים אלה.