

פיתוח גישה אינטגרטיבית לייצור פלפל תוך שימוש מזערי בתכשירי הדברה:

מיזם חוס"ן – פלפל

יגאל אלעד, דני שטיינברג - מחלקה לפתולוגיה של צמחים וחקר העשבים, מינהל המחקר החקלאי
שמעון פיבוניה, יעל בר לבן, רחל לויטה, ישראל צברי - מו"פ ערבה תיכונה וצפונית
סווטלנה דוברינין - לשכת הדרכה נגב, שה"מ, משרד החקלאות

תקציר

מחלת הקימחוניית היא מחלת העלים החשובה ביותר של גידול הפלפל. המגדלים מתמודדים עם המחלה בשיטת ה"ביטוח" ומיישמים כנגדה ריסוסים רבים, חלקם מיותרים. מטרת המחקר היא לפתח ממשק הדברה מושכל להתמודדות עם המחלה. במסגרת זו פותחה מערכת תומכת החלטה בשם *פלפלת*. בשנת המחקר השנייה (2007/8) נבחנה יעילות ההדברה המתקבלת על ידי יישום המערכת ואת הבסיס הביולוגי שלה, כומת הנזק שגורמת מחלת הקימחוניית ליבול ופוחת מודל להערכת נזקים. מערכת *פלפלת* נבחנה בששה ניסויים שבוצעו בשלושה אזורים גידול בארץ במבני גידול של פלפל. הבסיס הביולוגי של המערכת נבחן בשני ניסויים; נתונים שנאספו ב – 24 ניסויים שבוצעו במהלך ארבעת השנים האחרונות (2004-2008) שימשו לפיתוח המודל להערכת נזקים. שימוש במערכת *פלפלת-4* איפשר להדביר את המחלה ביעילות הדומה לזו של חלקות שרוססו כטיפול ביטוח תוך יישום של 4.3 ריסוסים בממוצע (בהשוואה ל – 18.1 ריסוסים שיושמו בטיפול הביטוח). 2. מועד תחילת הקטיף לא מהווה אומדן מהימן מספיק לשינויים המתרחשים בעמידות הפיזיולוגית של הצמחים למחלה. 3. על פי המודל שפותח להערכת נזקים, כשחומרת המחלה בתחילת הקטיף נמוכה מ – 17% לא יגרם נזק ליבול גם אם המחלה לא תודבר עד לסוף חודש מאי. ניתן ליישם את המסקנות כבר עתה, אם כי כדאי להגדיר בצורה ברורה יותר את המועד בו חל שינוי בעמידות הפיזיולוגית של הצמחים למחלה.

מבוא

מספר מזיקים ומחלות עלולים לפגוע ביבול ובאיכות הפלפל המגודל בבתי צמיחה. בשנים האחרונות מתרחב בארץ השימוש בשיטות של הדברה משולבת כנגד המזיקים ומספר תכשירי ההדברה הכימיים המיושמים כנגדם קטן משמעותית. למרות ההצלחות בהתמודדות עם מזיקים, לא נערך מחקר דומה שעסק בפתוגנים החשובים הגורמים למחלת הקימחוניית ולמחלת העובש האפור. מאחר והמחלות עלולות לגרום לנזקים חמורים לגידול, מיישמים המגדלים תכשירי הדברה בשיטת ה"ביטוח" ומספרם נע בין 5 ל – 20 ריסוסים בעונה ויותר. מספר הריסוסים משתנה באזורי הארץ השונים. לרוב, ההדברה יעילה: רמת הנגיעות נמוכה, והנזק ליבול כתוצאה מהתפתחות המחלות, נמוך אם בכלל. אולם, סביר להניח שאסטרטגיית הדברה זו מביאה לידי יישום ריסוסים מיותרים. המטרה המרכזית של מיזם חוס"ן-פלפל היא לפתח גישה חדשה להתמודדות עם מחלות ומזיקים בפלפל תוך שימוש מזערי בתכשירי הדברה כימיים ולבנות את הכלים שיאפשרו ליישמה בקנה מידה מסחרי. בעונת 2004/5 החל השלב הראשון של המיזם בו החלנו באיסוף הנתונים הדרושים לבניית מערכת תומכת החלטה בשם *פלפלת*. במסגרת זו ביצענו בתחנת יאיר ניסוי שמטרתו הייתה לבחון גישות שונות לתזמון הריסוסים המיושמים כנגד מחלת הקימחוניית. בנוסף, קיימנו סקר מקיף במבני פלפל מסחריים במושבים פארן וחצבה. בשנת המיזם השנייה

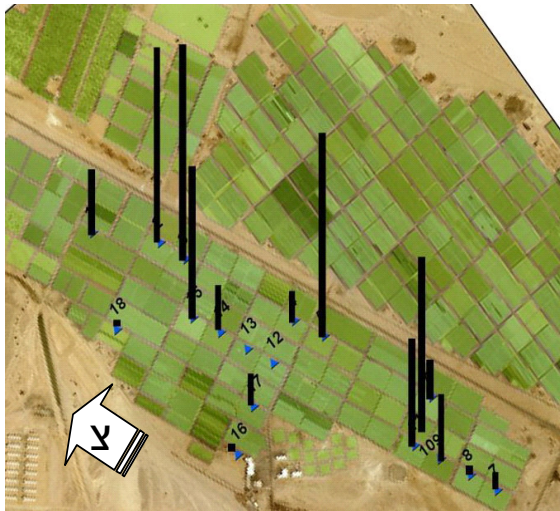
(2005/6) בוצעו חמישה ניסויים; ארבעה מהם בוצעו ב תחנת יאיר (שניים בחממה ושניים במבנה חממה המכוסה ברשת) והחמישי במנהרה עבירה בתחנת זוהר בעין תמר. בניסויים נצבר מידע שאפשר לפתח את הגרסה הראשונה של מערכת תומכת ההחלטה *פלפלת*. בהמשך שופרה המערכת ובשנת המיזם השלישית (2006/7), שהייתה השנה הראשונה של תוכנית מחקר זו, בחנו את מערכת תומכת ההחלטה *פלפלת-3* בסדרה של 11 ניסויים. הניסויים בוצעו בחמישה אזורים בארץ: הערבה התיכונה (תחנת יאיר), הערבה הצפונית (תחנת יאיר) הבקעה (תחנת גילגל), הבשור ורמת הנגב. הניסויים בוצעו בחממות, בתי רשת 50 מש, בתי רשת צל ומינהרות עבירות. בהתבסס על הממצאים והמסקנות שעלו מהניסויים עודכנה אסטרטגיית ההדברה המיטבית של מחלת הקימחוניית בפלפל. העקרונות החדשים סוכמו בגרסה נוספת של מערכת תומכת ההחלטה, *פלפלת-4*. מערכת *פלפלת-4* נבחנה בסדרה של חמישה ניסויים שבצענו בעונת 2007/8 (שנת המחקר השנייה) בבקעה, בגבע כרמל (שבחוף הכרמל), ובערבה הצפונית (תחנת זוהר). בנוסף, בחנו את תגובת הצמחים למחלה וניסינו לענות על השאלה האם מתרחש שינוי בתגובתם בסמוך למועד תחילת הקטיף. הנחת מוצא זו היא הבסיס למערכת *פלפלת-4*. הנתונים שנאספו ב – 24 הניסויים שבוצעו עד כה במסגרת מיזם חוסיין-פלפל שימשו לפיתוח מודל להערכת נזקים מהמחלה. ניתן יהיה להשתמש במודל לחיזוי הנזק שיגרם ליבול מהמחלה, מידע בו ניתן לעשות שימוש לקבלת החלטות לגבי הצורך ביישום ריסוסים כנגד המחלה. כמו-כן בחנו האם המידע שנצבר עד כה במסגרת המיזם השפיע על הדרך בה מגדלי פלפל במושב פארן בערבה תזמנו ריסוסים כנגד קימחוניית בבתי צמיחה מסחריים.

תוצאות

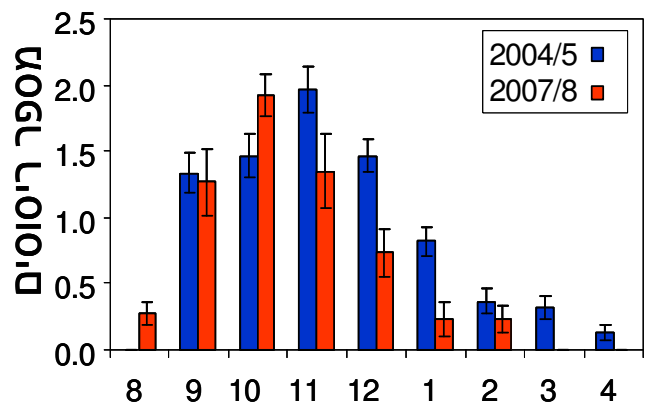
תזמון ריסוסים כנגד מחלת הקימחוניית

בשנת המיזם בראשונה (עונת 2004/5) בוצע סקר נרחב במבנים מסחריים של המושבים פארן וחצבה. בסקר הוערכה הנגיעות בקימחוניית מידי שבוע-שבועיים על ידי פקח שנשכר במיוחד למטרה זו על ידי המיזם. כל המבנים היו מבנים מסחריים והמגדלים ישמו ריסוסים כנגד מחלת הקימחוניית על פי החלטתם. ערכי חומרת המחלה (באחוזים) במהלך כל העונה שימשו לחישוב עוצמת המגיפה בכלותה, כשהמדד הוא השטח שמתחת לעקום התקדמות המחלה (AUDPC). כדי לבחון אם יש תבנית פיזור מסוימת של המחלה במרחב, השתמשנו בנתוני הסקר לתיאור הפיזור המרחבי של המחלה. הממצאים מוצגים באיור 1. ניתן לראות שלא קיים גרדיאנט במרחב, ושעוצמת המחלה במבנה גידול מסוים לא הושפעה מעוצמתה במבנים סמוכים. מסקנה זו מתאימה לממצאים אותם תיארו בעבר ושעיקרם הוא שממשק הגנת הצומח במבנה גידול מסויים הוא זה הקובע את עוצמת הנגיעות במחלה. ממצא זה מאושש את המסקנה שיש להתמודד עם מחלת הקימחוניית ברמת מבנה הגידול הבודד ולא ברמה אזורית. בסקר שבצענו בעונת 2004/5 נאספו נתונים אודות הריסוסים שיושמו כנגד מחלת הקימחוניית ומועדי יישומם. אחת המסקנות שעלו מניתוח תוצאות הסקר ומהניסויים שבוצעו במסגרת המיזם הייתה שהריסוסים המיושמים בשלבי הגידול הראשונים (לפני תחילת הקטיף) חשובים יותר מאלה המיושמים מאוחר יותר. ממצאים אלה פורסמו בסיכומי המחקר, במאמרים, בימי עיון ובהרצאות. כדי לבחון אם המידע עבר למגדלים ואם הם עושים בו שימוש, בצענו בעונת 2007/8 סקר נוסף אצל המגדלים שנכללו בסקר הראשון במושב פארן. בסך הכל נאספו נתונים אודות הריסוסים שיושמו ב – 27 מבני גידול שונים (חממות ובתי רשת). מתברר, שהמגדלים הפנימו את המידע. מספר הריסוסים הממוצע למבנה שיושמו בעונת 2007/8 בחודשים אוגוסט-אוקטובר היה 3.5 ± 0.6 (ממוצע \pm סטיית תקן) בהשוואה ל – 2.8 ± 0.31 ריסוסים בעונת 2004/5. לעומת זאת, בחודשים נובמבר עד מחצית ינואר יושמו בעונת 2007/8 רק 2.3 ± 0.6 ריסוסים בהשוואה ל – 3.9 ± 0.41 בעונת 2004/5

(איור 2). ההשוואה בוצעה רק עד אמצע ינואר מפני שחלק משטחי הפלפל בעונת 2007/8 נפגע אז מקרה ששיבשה את מהלך הגידול התקין.



איור מספר 1. הפיזור המרחבי של עוצמת מגיפת מחלת הקימחווית בפלפל בסקר שנערך במושב פארן בעונת 2004/5. גובה העמודות מסמל את עוצמת המגיפה בערכי AUDPC.



איור מספר 2. התפלגות מספר הריסוסים שיושמו על ידי מגדלי פלפל במושב פארן במהלך החודשים אוגוסט עד אפריל בעונות הגידול 2004/5 ו- 2007/8. הנתונים נאספו בסקרים שנערכו אצל אותם המגדלים בשתי העונות. הקווים האנכיים מייצגים את שגיאת התקן.

גירסה 4 של מערכת פלפלת נבחנה בששה ניסויים שבוצעו בשלושה אזורים בארץ: חוף הכרמל, בבקעה ובערבה הצפונית. בכל אחד מהניסויים נכללו שלושה טיפולים, כלהלן: היקש; טיפול הביטוח (בו יושמו ריסוסים על פי המקובל באזור) וטיפול פלפלת-4 בו יושמו הריסוסים על פי הנחיות המערכת. בכל הניסויים והטיפולים יושם תכשיר ההדברה הליוגופרית בריכוז 1% ממרסס גב. הצמחים בכל הניסויים לא נפגעו מהקרה. בחלקות היקש התפתחו מגיפות בחומרה בינונית (נגיעות סופית של 20-35%) עד קשה (נגיעות סופית >50%). בטיפול הביטוח יושם הריסוס הראשון לפני זיהוי סימני המחלה (כריסוס הגנתי) והריסוסים העוקבים יושמו מידי שבוע-שבועיים עד לאמצע ינואר, אז הוגדל המרווח לפעם בשבועים-שלושה. בסך הכל יושמו בטיפול זה 12-23 ריסוסים (ובממוצע 6.9 ± 18.1). בכל הניסויים הייתה חומרת המחלה בטיפול זה נמוכה מאד במהלך כל העונה (איורים 3 ו-4). בטיפול פלפלת-4 יושם הריסוס הראשון אחרי זיהוי סימני המחלה הראשונים (כטיפול תגובתי); הריסוסים העוקבים יושמו מידי שבועיים עד לתחילת הקטיף ולאחר מועד זה לא יושמו ריסוסים עד לסוף העונה. בסך הכל יושמו בטיפול זה 3-7 ריסוסים (ובממוצע 1.6 ± 4.3). בחמש מששת הניסויים הייתה חומרת המחלה בטיפול זה נמוכה מאד במהלך כל העונה, בדומה לחלקות טיפול הביטוח. בניסוי השישי, שבוצע בגבע כרמל הייתה חזרה אחת בטיפול פלפלת-4 עם נגיעות שחרגה בעוצמתה מנגיעות החזרות האחרות והייתה דומה לנגיעות חלקות ההיקש. איננו יודעים את הסיבה לכך. בכל מקרה, כשחושבה התפתחות המחלה בטיפול זה בהתעלם מהחלקה החריגה הייתה עוצמת המגיפה דומה לזו של חלקת טיפול הביטוח (איורים 3 ו-4).

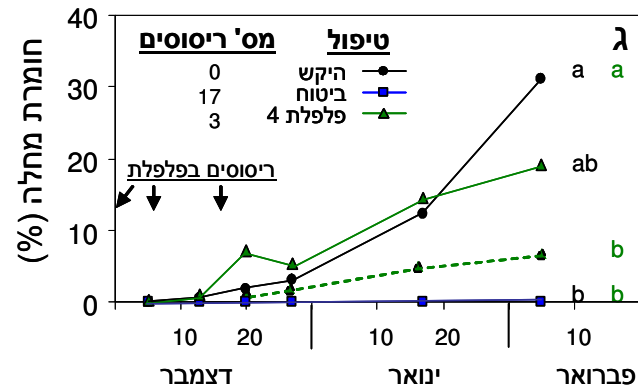
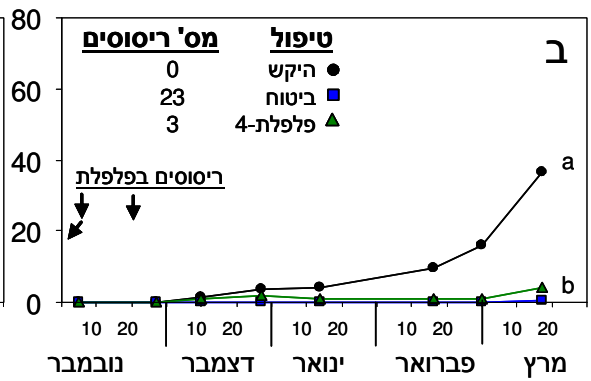
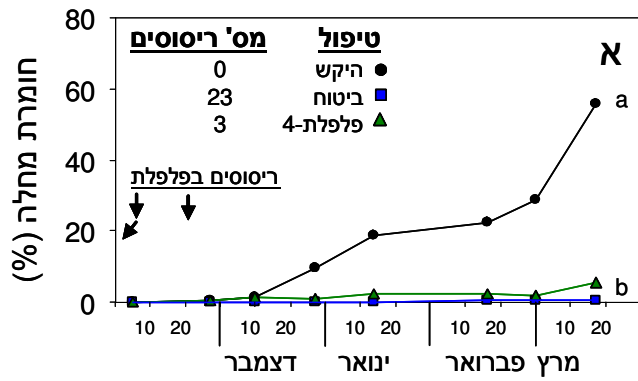
בחינת הבסיס הביולוגי של מערכת פלפלת-4

הנחת העבודה שעמדה בבסיס מערכת פלפלת-4 הייתה שיחסי מקור-מבלע בצמחים משפיעים על רגישותם למחלת הקימחווית. צמחים הנמצאים בשלב הצימוח הוגטטיבי שלהם ובהם המבלע הרפרודוקטיבי לא קיים או חלש, רגישים יותר למחלה. עם המעבר לשלב הרפרודוקטיבי (אז נפסק כמעט לגמרי הצימוח) הצמחים הופכים להיות עמידים פיזיולוגית והתפתחות המחלה נעצרת. הנחה זו התבססה על ממצאים שעלו

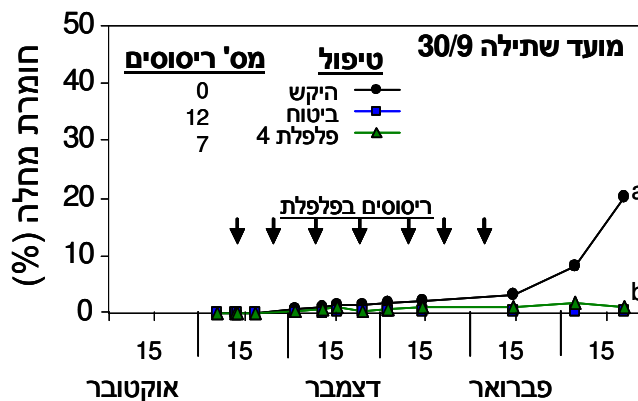
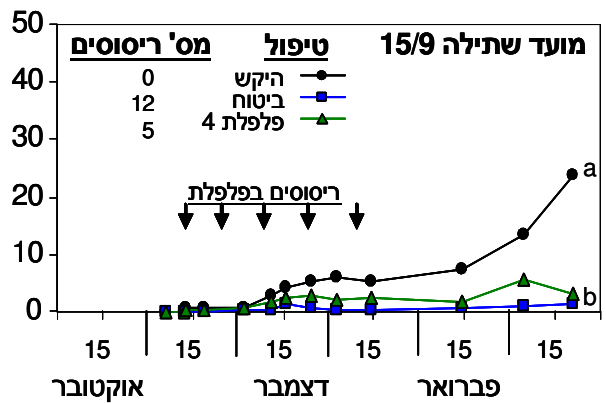
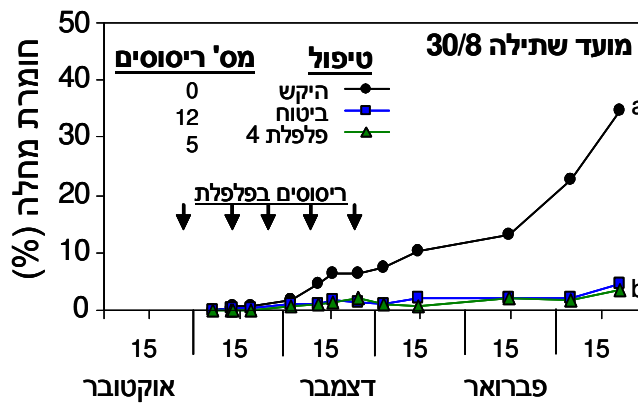
בניסויים שבצענו במסגרת המיזם בשנים הקודמות ובהם מצאנו שהקצב היחסי של התפתחות המחלה (apparent infection rate) מהיר בשלבי הגידול הראשוניים ובמועד הסמוך לתחילת הקטיף הקצב מואט מאד והוא נשאר איטי במהלך כל תקופת הקטיף. עוד מצאנו שהבדלים בקצבים בין ניסויים שבוצעו בעונות גידול שונות, באזורים שונים בארץ, בזנים שונים ובזני פלפל שונים היו מזעריים. מכך הסקנו שהגורם המרכזי המשפיע על התפתחות המחלה הוא יחסי מקור-מבלע בצמח ולא תנאי הסביבה. המשמעות המעשית של ממצא זה הייתה המלצה ליישם ריסוסים כנגד המחלה עד תחילת הקטיף (מועד המתאים פחות או יותר להתרחשות השינוי ביחסי מקור-מבלע בצמחים) ולא לאחר מכן. זה הבסיס הביולוגי של מערכת פלפלת-4. בחנו את ההנחה הזו בניסויים שבצענו בבקעה ובגבע כרמל ואכן הממצאים אימתו את אלה שהתקבלו בשנות המחקר הקודמות: הקצב היחסי של התפתחות המחלה השתנה במהלך העונה ומועד השינוי התרחב בסמוך למועד תחילת הקטיף (איור 5). כדי לאמת ניסויית את ההנחה הביולוגית, ביצענו בתחנת יאיר ובתחנת זוהר ניסויים בהם נשתלו צמחי פלפל באותו המבנה, במועדים שונים. בניסוי ביאיר היו 4 מועדי שתילה ובזוהר, שלושה. מועד השתילה הראשון היה שבועיים לפני המועד המקובל; המועד השני היה מועד השתילה המקובל באזור 27/8 ביאיר ו- 15/9 בזוהר; מועדי השתילה השלישי והרביעי היו שבועיים וחודש מאוחר מכך, בהתאמה. מאחר והצמחים נשתלו באותם המבנים הרי שהם נחשפו לתנאי סביבה דומים אבל מועדי השתילה השונים השפיעו על התפתחות הצמחים ועל מועד תחילת הקטיף. בכל הטיפולים שהיו בשני הניסויים התקבלו עקומי מחלה דומים לאלה שהתקבלו בכל הניסויים שבצענו עד כה: בתחילת המגיפה היה קצב התפתחות מחלה מהיר ובמועד מסויים הקצב השתנה והוא הפך להיות איטי יותר. בשתי השתילות הראשונות בכל ניסוי, מועד השינוי בקצב היחסי של התקדמות המחלה היה בסמוך למועד תחילת הקטיף. בשתילות המאוחרות יותר היה מועד השינוי בקצב התפתחות המחלה מוקדם ממועד תחילת הקטיף (איור 6). המסקנה מכך היא שמועד תחילת הקטיף לא מהווה מדד טוב לשינויים בתגובת צמחי הפלפל למחלת הקימחוניית.

השפעת מחלת הקימחוניית על היבול ופיתוח מודל להערכת נזקים

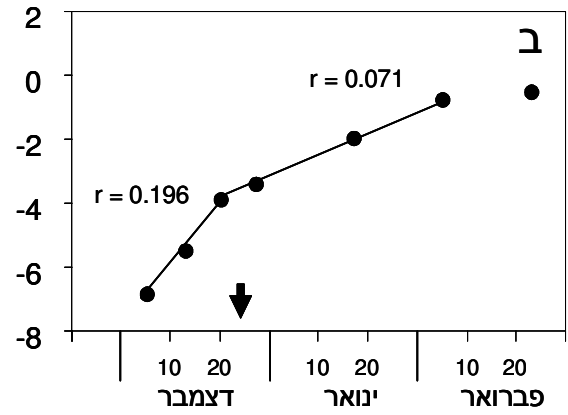
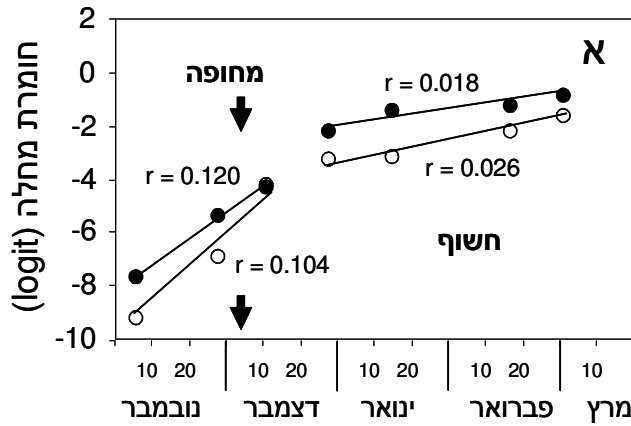
במהלך ארבע שנות המיזם בצענו ניסויים רבים לבחינת נושאים שונים הקשורים להתמודדות עם מחלת הקימחוניית. ב-15 ניסויים נאסף היבול ונשקל. ניתוח הנתונים העלה שב-13 מתוך 15 הניסויים ההבדלים ביבול בין חלקות ההיקש (בהם לא יושמו ריסוסים כנגד הקימחוניית כלל) לחלקות טיפול הביטוח (בהם יושמו ריסוסים תכופים כנגד המחלה) לא היו מובהקים. הממצאים היו הפתעה מפני שבכל הניסויים היו הבדלים משמעותיים בעוצמת המגיפה בין שני טיפולים אלה. הניסויים שבצענו בעונת 2007/8 אפשרו להוסיף עוד 9 השוואות. עקומי התפתחות המחלה בחלקות ההיקש ובחלקות טיפול הביטוח של ניסויים אלה, כמו גם עקומי צבירת היבול בטיפולים מפורטים באיורים 7-9. מבין 9 ההשוואות, הריסוסים העלו את היבול במובהק בארבעה מקרים.



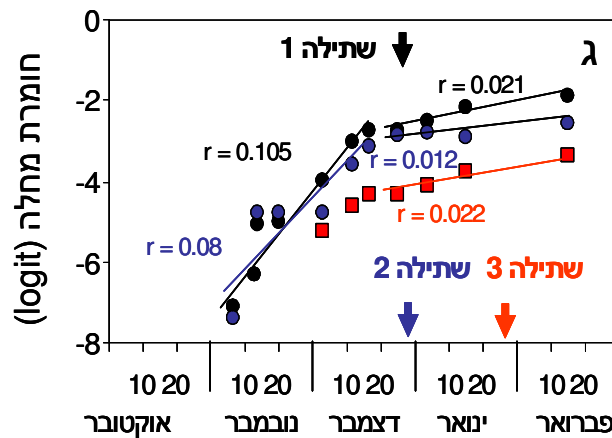
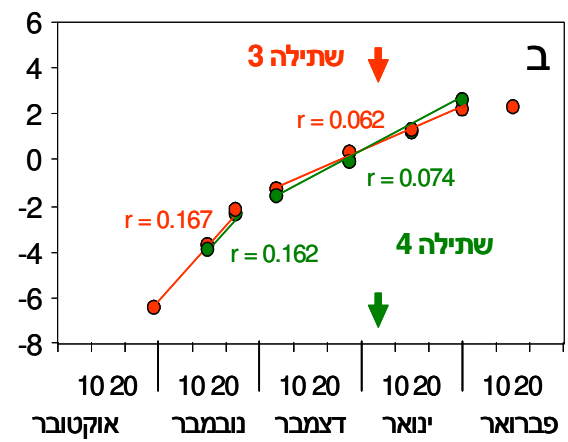
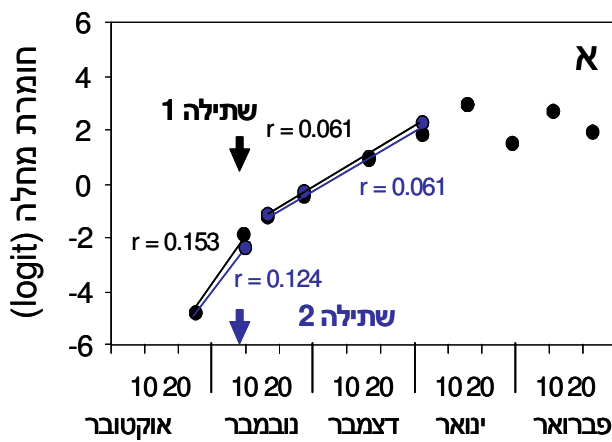
איור מספר 3. בחינת יעילות מערכת פלפלת-4 כנגד מחלת הקימחוונית בניסויים שבוצעו בבקעה (א' - הקרקע חופתה בפוליאיתילן; ב - הקרקע נותרה חשופה) ובגבע כרמל (ג) בעונת 2007/8. החיצים מציינים את מועדי הריסוסים בטיפול פלפלת-4. סימנים שלידם אותיות שונות זה בזה במובהק נקבע על פי מבחן HSD (ברמת מובהקות $P \leq 0.05$). בניסוי שבוצע בגבע כרמל הייתה חזרה חריגה בטיפול פלפלת-4. הקו המקווקו בצבע ירוק מתאר את עקום התפתחות המחלה בטיפול זה כשהממוצעים חושבו ללא החלקה החריגה.



איור מספר 4. בחינת יעילות מערכת פלפלת-4 כנגד מחלת הקימחוונית בניסויים שבוצעו בתחנת זוהר בעונת 2007/8. הניסוי כלל שלושה מועדי שתילה. החיצים מציינים את מועדי הריסוסים בטיפול פלפלת-4. סימנים שלידם אותיות שונות זה בזה במובהק נקבע על פי מבחן HSD (ברמת מובהקות $P \leq 0.05$).



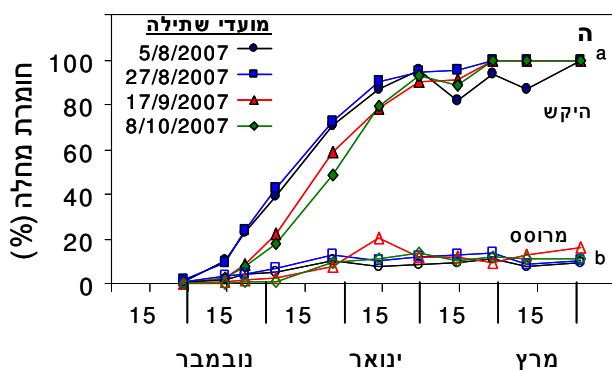
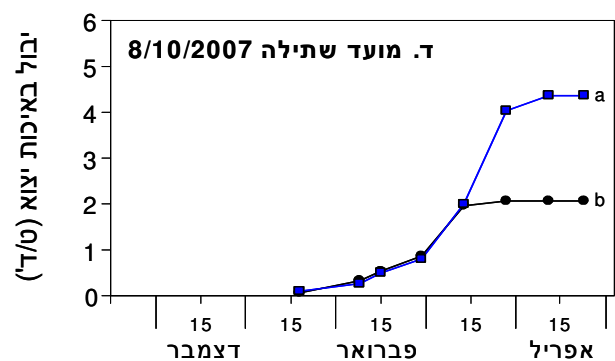
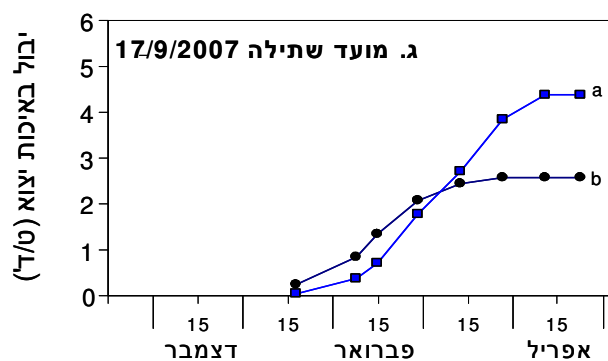
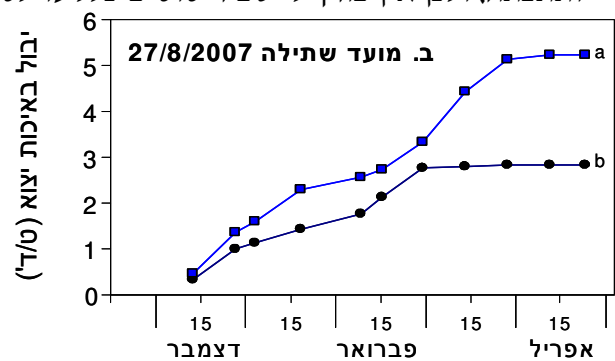
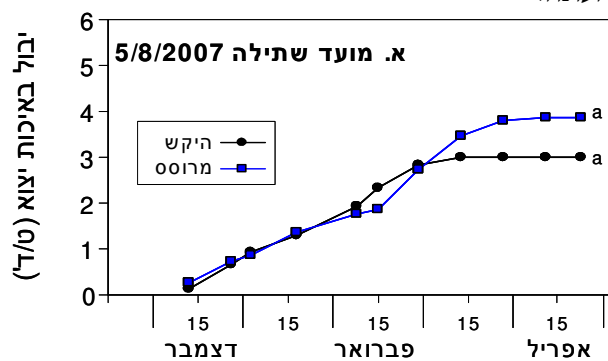
איור מספר 5. עקומי התפתחות מחלת הקימחווית (חומרת המחלה מבוטאת בערכי logit) בחלקות היקש בניסויים שבוצעו בבקעה (א) ובגבע כרמל (ב) בעונת 2007/8. ערכי ה- r שחושבו לכל עקומה מציינים את הקצב היחסי של התפתחות המחלה (apparent infection rate). החיצים האנכיים מציינים את מועד תחילת הקטיף בכל אחד מהטיפולים.



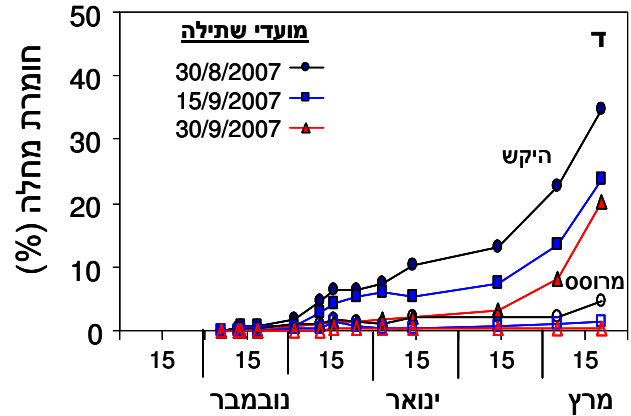
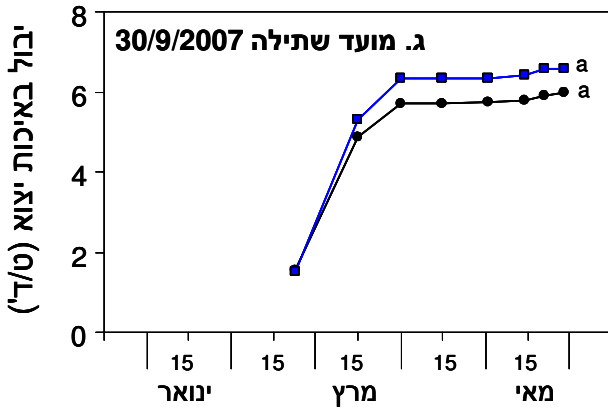
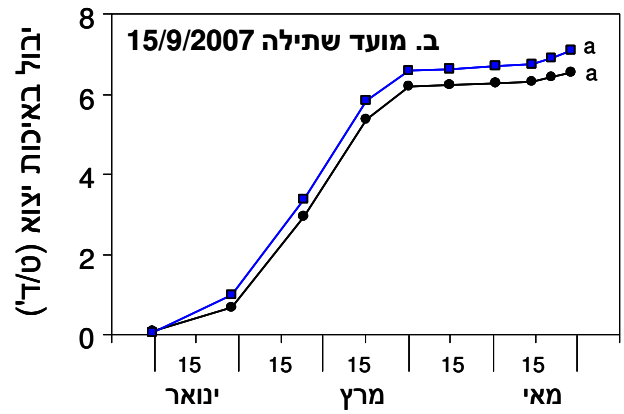
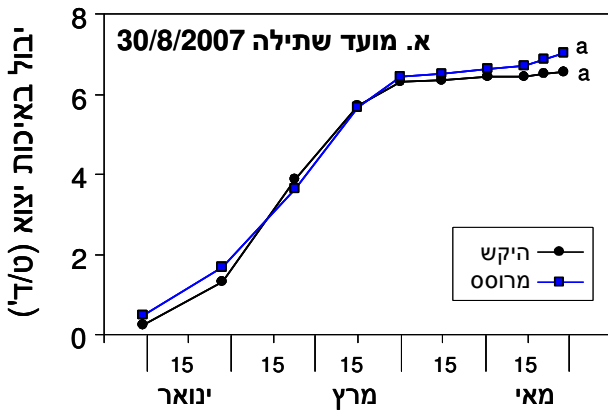
איור מספר 6. עקומי התפתחות מחלת הקימחווית (חומרת המחלה מבוטאת בערכי logit) בחלקות היקש בניסויים שבוצעו בחוות יאיר (א' - ב') ובתחנת זוהר (ג) בעונת 2007/8. בניסוי שבוצע בחוות יאיר היו ארבעה מועדי שתילה ובניסוי שבוצע בתחנת זוהר היו שלושה מועדי שתילה. ערכי ה- r שחושבו לכל עקומה מציינים את הקצב היחסי של התפתחות המחלה (apparent infection rate). החיצים האנכיים מציינים את מועד תחילת הקטיף בכל אחד מהטיפולים.

ניתן להניח שהשפעת המחלה על היבול תלויה בעוצמת המגיפה ובמועד התרחשותה בזמן יחסית לתהליך צבירת היבול. השתמשנו בנתונים שנאספו ב- 24 הניסויים שבצענו במסגרת מיזם חוסיין-פלפל כדי לפתוח מודל להערכת נזקים מהמחלה. כדי שניתן יהיה להשתמש במודל שיפותח לקבלת החלטות, השתמשנו במודל הנקרא מודל ה"שלב הקריטי". במודל השלב הקריטי מתואר הקשר הכמותי בין עוצמת המחלה בשלב מוגדר כלשהוא במהלך העונה (= השלב הקריטי) ליבול, או לנזק הנגרם ליבול, בסוף העונה. אם השלב הקריטי מוקדם מספיק, חיזוי הנזק שיגרם ליבול בסוף העונה (אם המחלה לא תודבר) יכול לשמש לקביעת הצורך להמשך היישום של ריסוסים להדברת המחלה. מועד השלב הקריטי יכול להקבע

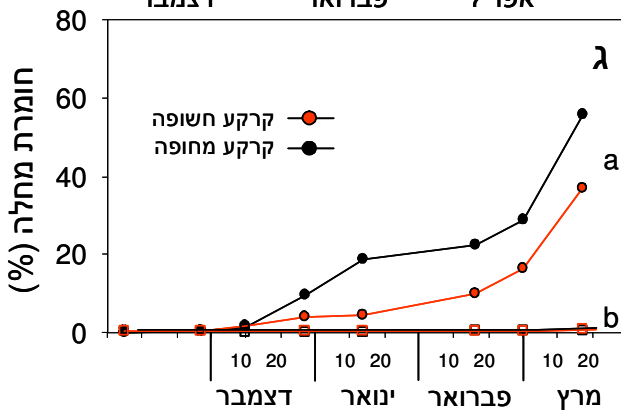
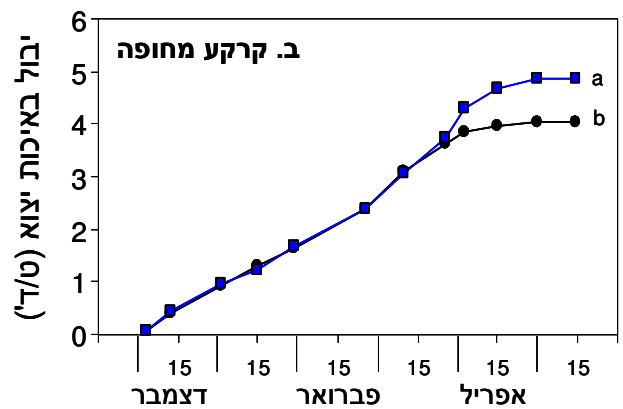
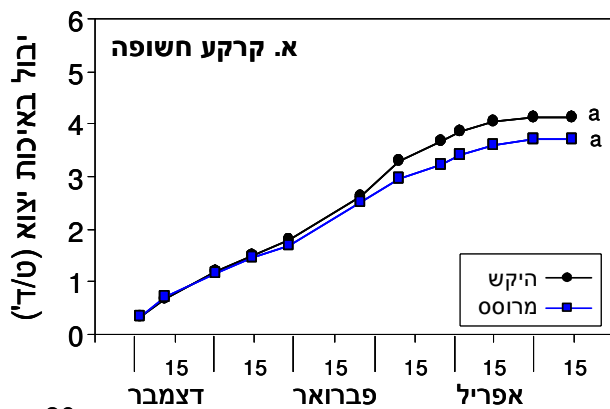
שרירותית, ובלבד שהוא יהיה שלב מוגדר וברור במהלך הגידול. באיור 10 מתואר הקשר בין חומרת המחלה (באחוזים) בתחילת הקטיף (השלב הקריטי) לנזק שנגרם ליבול בסוף העונה בכל אחד מ- 24 הניסויים שבצענו במסגרת מיזם חוסיין-פלפל. הגדרנו את הנזק כהפרש (בטון לדונם) בין יבול חלקות טיפול הביטוח לחלקות טיפול ההיקש. החישוב בוצע עבור היבול באיכות יצוא ועבור היבול המשווק הכללי (יצוא+שוק מקומי). בשני המקרים התקבלו ממצאים דומים: כשחומרת המחלה בתחילת הקטיף הייתה 10% או פחות, התקבל "ענן" של 16 נקודות בו לא היה קשר ברור בין חומרת המחלה לנזק (נקודות שחורות באיור 10). בענן זה נכללו מצבים בהם היבול בחלקות טיפול הביטוח היה גבוה מיבול חלקות ההיקש אך היו גם מצבים הפוכים. הערך הממוצע של הנזק ליבול ב- 16 ניסויים אלה (0.27 ו- 0.44 טון לדונם, ליבול באיכות יצוא וביבול הכללי, בהתאמה) לא היה שונה מ- 0. לעומת זאת, התקבל קשר מובהק מאד בין עוצמת המחלה בתחילת הקטיף לנזק שנגרם ליבול ב- 8 הניסויים הנותרים (נקודות אדומות באיור 10). הקשר היה חיובי ומשמעותו היא שככל שחומרת המחלה בתחילת הקטיף הייתה גבוהה יותר, כך היה הנזק ליבול בסוף העונה גבוה יותר. המקום בו נפגש קו הרגרסיה עם קו האפס יכול לשמש כסף להגדרת הצורך בטיפול הדברה; קו זה מסומן באיור 10 בחיצים אדומים. עבור היבול באיכות יצוא היה ערך הסף 19% ועבור היבול הכללי, 17%. המשמעות היא שבתחילת הקטיף ניתן להעריך את חומרת המחלה ולהשתמש במידע לחיזוי הנזק שיגרם ליבול במידה ולא יבוצעו פעולות הדברה ממועד זה והלאה. על פי המודל עולה שבמידה וחומרת המחלה בתחילת הקטיף נמוכה מ- 17%, לא צפוי שיגרם נזק ליבול (גם אם המחלה תמשך ותתפתח) ולכן אין צורך ליישם ריסוסים כלל עד לסוף העונה.



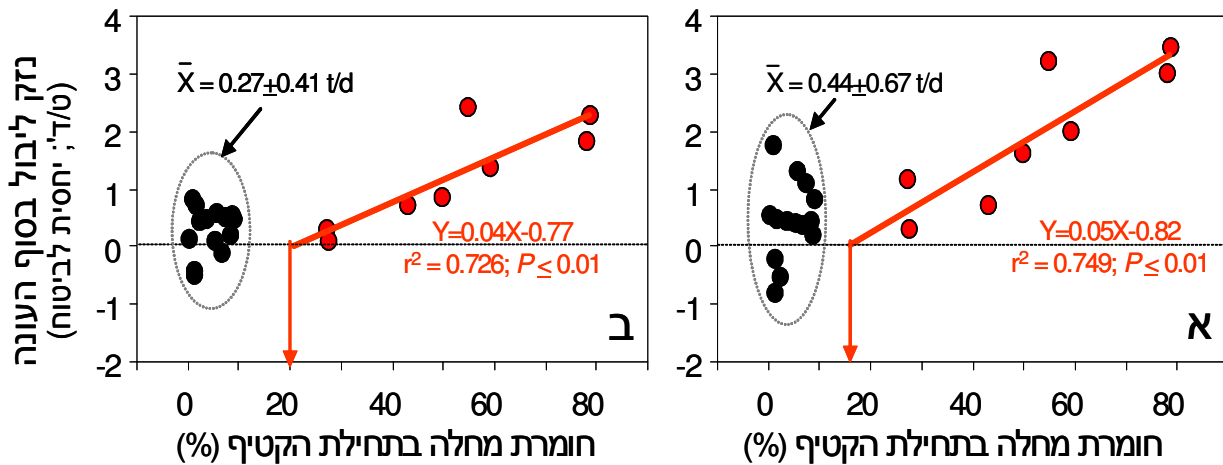
איור מספר 7. א-ד. השפעת מחלת הקימחוניית על צבירת היבול באיכות יצוא בניסוי שבוצע בחוות יאיר בעונת 2007/8. הניסוי כלל ארבעה מועדי שתילה. ה. התפתחות המחלה בחלקות ההיקש (סימנים ריקים) ובחלקות המרוססות (סימנים מלאים). סימנים שלידם אותיות שונות שונים זה מזה במובהק נקבע על פי מבחן HSD (ברמת מובהקות $P \leq 0.05$)



איור מספר 8. א-ג. השפעת מחלת הקימחוניית על צבירת היבול באיכות יצוא בניסוי שבוצע בתחנת זוהר בעונת 2007/8. הניסוי כלל שלושה מועדי שתילה. ד. התפתחות המחלה בחלקות ההיקש (סימנים ריקים) ובחלקות המרוססות (סימנים מלאים). סימנים שלידם אותיות שונות זה מזה במובהק נקבע על פי מבחן HSD (ברמת מובהקות $P \leq 0.05$)



איור מספר 9. א-ב. השפעת מחלת הקימחוניית על צבירת היבול באיכות יצוא בניסוי שבוצע בחוות גילגל בעונת 2007/8. הניסוי כלל שני טיפולי חיפוי קרקע. ג. התפתחות המחלה בחלקות ההיקש (סימנים ריקים) ובחלקות המרוססות (סימנים מלאים). סימנים שלידם אותיות שונות זה מזה במובהק נקבע על פי מבחן HSD (ברמת מובהקות $P \leq 0.05$)



איור מספר 10. מודל השלב הקריטי לחיזוי הנזק שיגרם ליבול הפלפל מהתפתחות מחלת הקימחוניית. א. השפעה על היבול הכולל (יצוא+שוק מקומי); ב. השפעה על היבול באיכות יצוא. השלב הקריטי (מועד הערכת הנגיעות) היה תחילת הקטיף. הנתונים נאספו ב- 24 ניסויי שדה שבוצעו במהלך עונות הגידול 2004/5-2007/8 במקומות שונים בארץ. הסברים נמצאים בטקסט.

דיון

בשנת המחקר השנייה של תוכנית מחקר זו (שהייתה השנה הרביעית של מיזם חוס"ן-פלפל) עסקנו בשלושה נושאים הקשורים להתמודדות מושכלת עם מחלת הקימחוניית: א. בחנו את יעילות השימוש בגירסה העדכנית (גירסה מספר 4) של מערכת תומכת ההחלטה פלפלת; ב. בחנו את הבסיס הביולוגי העומד בבסיס מערכת תומכת ההחלטה; ג. כימתנו את הנזק אותו גורמת המחלה ליבול ופיתחנו מודל להערכת נזקים מהמחלה. בשורות שלהלן נדון בממצאים שעלו מהניסויים תוך התייחסות לממצאי המחקר מהשנים הקודמות, בהסתכלות רחבה על נושא ההתמודדות עם המחלה.

פלפל הוא גידול אינטנסיבי. היבולים גבוהים ושווי התוצרת המשווקת לשוק המקומי והמיוצאת לחו"ל מגיע לעשרות אלפי שקלים לדונם, לעונה. עלות ההדברה של מחלת הקימחוניית, באופן יחסי לערך היבול, שולית. לכן המגדלים עושים כל מאמץ להדביר את המחלה ביעילות המירבית האפשרית. ריסוסים מיושמים גם אם אין בהם צורך (מפני שהתנאים לא מתאימים להתפתחות המחלה) וגם אם התפתחות המחלה לא גורמת נזק ליבול. מטרת ממשק זה (הנקרא ממשק ביטוח) הוא להדביר את המחלה, לא לבקר אותה. על פי אסטרטגיה זו מיושמים ריסוסים רבים למרות שברור שחלקם (אם לא רובם) מיותרים. ממשק ההדברה זה הגיוני ב"כללי המשחק" הנוכחיים. ברור לגמרי שמבחינה פסיכולוגית יהיה קשה לשכנע את המגדלים, שבמשך שנים השקיעו מאמצים למנוע את התפתחות הקימחוניית בכל רמה שהיא, לשנות את אסטרטגיית הפעולה שלהם. הם לא יעשו זאת אלא אם יכריחו אותם. עובדות אלה היו ידועות כשהתחלנו את מיזם חוס"ן-פלפל. המיזם הוקם כדי להקדים תרופה למכה ומטרתו היא להכין את האמצעים שיאפשרו להתמודד עם המחלה במצב בו כללי המשחק ישתנו, ולא ניתן יהיה עוד להתמודד עם המחלה באסטרטגיה של ביטוח. המצב ישתנה במידה וימצאו שאריות של תכשירי הדברה בתוצרת המשווקת, שתפסול אותה ליצוא, ו/או במידה שהקניינים יאסרו שימוש בלתי מבוקר בתכשירי הדברה ויגבילו את מספר הריסוסים או את כמות חומר ההדברה המותרת לשימוש במהלך עונת גידול. ממשק ההדברה המפותח במסגרת מיזם חוס"ן-פלפל (שעקרונותיו הם הבסיס למערכת תומכת ההחלטה פלפלת) יאפשר להתמודד עם המחלה בצורה מושכלת. המשמעות היא בקרה של המחלה (ולא הדברה של המחלה),

תוך יישום מספר הריסוסים המזערי האפשרי. המטרה היא למנוע אל הנזקים שגורמת המחלה ליבול, לא את עצם התפתחות המחלה.

במהלך הניסויים שבוצעו במסגרת המיזם למדנו שיעילות ההדברה לא נפגעת אם הריסוס הראשון כנגד המחלה מיושם כתגובה (לאחר זיהוי סימני המחלה) ולא כריסוס הגנתי (לפני הופעת המחלה). הגדרנו סף פעולה אך בסופו של דבר החלטנו שהריסוס הראשון ייושם מיד עם גילוי סימני המחלה הראשונים. מצאנו שהמחלה מתקדמת בקצב מהיר בתחילת העונה (בשלב הריבוי הוגטטיבי) ושניתן בשלב זה ליישם את תכשירי ההדברה במרווחים של 14 ימים. בנוסף למדנו שבשלב מסויים הקצב היחסי של התקדמות המחלה קטן בצורה משמעותית. בתחילה חשבנו שהדבר נובע מהירידה בטמפרטורות בעונת החורף וגירסה מספר 3 של מערכת פלפלת התבססה על מסקנה זו והמליצה על ריווח משמעותי (עד כדי הפסקה) של הריסוסים בטמפרטורות נמוכות. ניתוח נתוני הניסויים שבצענו בעונת 2006/7 לימד שהטמפרטורה לא הייתה הגורם שהשפיע על עצירת התפתחות המחלה אלא שינויים שחלים בעמידות הפיזיולוגית של הצמחים למחלה. הצמחים רגישים בשלבי הגידול הראשונים אך בשלב מסויים משתנה תגובתם והם הופכים להיות עמידים יותר (אך לא חסונים) לפתוגן. גירסה 4 של המערכת התבססה על ההנחה שהדבר נובע משינוי יחסי מקור-מבלע בצמח. על פי גירסה זו שנבחנה בעונת 2007/8 לא יושמו ריסוסים נוספים אחרי שלב תחילת הקטיף (כאומדן למועד בו התרחש השינוי בתגובת הצמחים לפתוגן). בשתי העונות בהן נבחנו גירסאות מספר 3 ו-4 של מערכת פלפלת בצענו 16 ניסויים. ב-14 מהניסויים לא הייתה יעילות ההדברה בחלקות שרוססו על פי המלצות המערכת פחותה מזו שהתקבלה בחלקות שרוססו על פי עקרונות הביטוח. בחלקות פלפלת יושמו בממוצע 5.1 ריסוסים בהשוואה ל-15.7 ריסוסים בממוצע בחלקות טיפול הביטוח. הסיבות לחוסר היעילות בשני הניסויים הנותרים הובררו. המסקנה היא ששתי הגירסאות של מערכת פלפלת פעלו כשורה; המשמעות היא שהריסוסים החשובים להתמודדות עם מחלת הקימחונית הם אלה המיושמים בתחילת המגיפה ושניתן להפסיק את ההדברה הכימית של המחלה בשלבים מוקדמים יחסית של העונה בלי לפגוע ביעילות ההדברה. מידע נוסף המחזק מסקנה זו מכיוון שונה הוא המודל להערכת הנזקים שפיתחנו. על פי המודל, גם אם קיימת בתחילת הקטיף נגיעות שחומרתה פחותה מ-17% לא יגרם נזק ליבול. המסקנה העיקרית שעלתה מהניסויים שבצענו בעונה זו ב תחנת יאיר ובתחנת זוהר ובהם נשתלו צמחים במועדים שונים הייתה שמועד תחילת הקטיף לא מהווה בהכרח אומדן טוב למועד בו צמחי הפלפל משנים את תגובתם לפתוגן והם הופכים להיות עמידים (פיזיולוגית) למחלה. נושא זה נשאר "פתוח" ובניסויים שנבצע בשנת המחקר הבאה ננסה להגדיר מדד אחר, אמין יותר למועד זה. חשוב לעשות זאת כדי שניתן יהיה להעביר את המידע בקלות למקבלי ההחלטות להדברה.

תודות

החוקרים מודים לקרן מדען ראשי במשרד החקלאות על מימון המחקר ולשותפים והעוזרים בחוף כרמל, במו"פים הבקעה, דרום וערבה תיכונה וצפונית. המחקר שלעיל דווח לקרן מדען (מס' 07-0144-603).