

מיזם חוסן – פלפל

דו"ח לעונת המחקר 2006/7

דני שטיינברג, יגאל אלעד, מנחם בורנשטיין - המחלקה לפתולוגיה של צמחים ומדעי העשבים, מרכז וולקני, מינהל המחקר החקלאי
שמעון פיבונגיה, יעל בר לבן, רחל לויטה, אלי ברדוגו, דורית חשמונאי, איילון גדיאל, דודו אלקיים, עמי מדואל - מו"פ ערבה תיכונה וצפונית
סבטלנה דוברינין, תמר אלון, דוד סילברמן, איציק פסלסקי - שה"מ, משרד החקלאות
חנה יחזקאל, ליאנה גנות, דוד שמואל, אלי מתן - מו"פ דרום
זיוה גלעד - מו"פ בקעת הירדן
מיכל עמיחי, ציון שמר - מו"פ רמת הנגב

תקציר

בעונת 2004/5 החל השלב הראשון של מיזם חוסן-פלפל. המטרה המרכזית של המיזם היא לפתח גישה חדשה להתמודדות עם פגעי הפלפל תוך שימוש מזערי בתכשירי הדברה כימיים ולבנות את הכלים שיאפשרו ליישם את הגישה החדשה בקנה מידה מסחרי; בשלב ראשון באזור הערבה ולאחר מכן בכל אזורי גידול הפלפל בארץ. במהלך שתי עונות המחקר הראשונות ביצענו בחוות יאיר ובתחנת זוהר בעין תמר סדרת ניסויים שמטרתם הייתה להגדיר את הגורמים המשפיעים על מחלת הקימחונית ולפתח שיטה לתזמון מיטבי של הריסוסים המיושמים כנגדה. הממצאים שנאספו בניסויים שימשו לפיתוח מערכת תומכת החלטה ששמה **פלפלת**. בעונת 2006/7 נבחנה הגרסה השלישית של המערכת – **פלפלת-3** ב – 11 ניסויים שבוצעו בחמישה אתרים שונים: בערבה המרכזית, בערבה הצפונית, ברמת הנגב, בחבל הבשור **ובבקעת הירדן**. המסקנות שעלו מניתוח הממצאים הם:

1. השימוש במערכת **פלפלת-3** איפשר להדביר את המחלה ביעילות - בדומה לזו שהושגה בחלקות שרוססו בתכיפות כנגד המחלה בעשרה מתוך 11 הניסויים, זאת תוך הפחתה של 37.5% במספר הריסוסים בהשוואה למספר אותו יישמו מגדלי הפלפל בערבה לפני תחילת המיזם.
2. הפעלה תגובתית של ההדברה, כששכיחות המחלה בקומות 3-4 של הצמחים הייתה 15%, אפשרה להדביר את המחלה ביעילות. מכאן עולה שסף הפעולה שהוגדר בשנת המחקר הקודמת אומת.
3. ניתן להפעיל את מערכת **פלפלת-3** בכל סוגי מבני הגידול (מנהרות עבירות, בתי רשת או חממות) בהתבסס על נתוני טמפרטורה הנמדדים בתחנה המטאורולוגית האזורית הסמוכה.

4. למרות הצלחת **פלפלת-3**, מערכת החיזוי העומדת בבסיסה והמשמשת לקביעת תזמון הריסוסים העוקבים לא אומתה. זאת מפני שהבסיס הביולוגי-פיזיקלי שלה כנראה שגוי.

5. עקומי התקדמות המחלה בחלקות ההיקש של 15 הניסויים שבוצעו במסגרת שלוש עונות המיזם היו בעלי אופי דומה: בשלב הראשון עלתה חומרת המחלה בקצב מהיר, לאחר מכן הקצב הואט ובשלב שלישי הוא היה איטי מאד. השונות הקטנה בקצבי התקדמות המחלה (בכל אחד מהשלב) בין ניסויים שונים שבוצעו בשנים שונות ובאזורים שונים מרמזת על כך שתנאי הסביבה לא מהווים את הגורם העיקרי שהשפיע על התפתחות המחלה. ניתוח הממצאים העלה שהגורמים שהשפיעו על קצב התקדמות המחלה היה יחסי מקור-מבלע בצמחים ושלבי הגידול הפנולוגיים של הצמחים.

6. בשלוש העונות בהם הופעל מיזם חוסן-פלפל בוצעו 15 ניסויים בהם נאסף היבול ונשקל. רק בשלושה מתוך 15 הניסויים היו הבדלים מובהקים ביבול המצטבר (באיכות יצוא) בין חלקות ההיקש לחלקות שרוססו בתכיפות בתכשירי הדברה. מכאן עולה שהנזק אותו גורמת מחלת הקימחוניית ליבול קטן ממה שמקובל להניח. הממצאים אפשרו להגדיר באופן ראשוני מתי גורמת המחלה לנזק ליבול.

בהתבסס על הממצאים והמסקנות שתוארו לעיל, עודכנה אסטרטגיית ההדברה המיטבית של מחלת הקימחוניית בפלפל. העקרונות החדשים נבחנים בסדרת של ניסויים המתבצעת בעונת 2007/8.

הקדמה

מספר מזיקים ומחלות עלולים לפגוע בכמות ובאיכות יבול הפלפל. בשנים האחרונות מתרחב השימוש בשיטות של הדברה משולבת כנגד המזיקים ומספר תכשירי ההדברה הכימיים המיושמים כנגדם קטן משמעותית. למרות הצלחות בהתמודדות עם המזיקים, לא נערך מחקר דומה שעסק בפתוגנים החשובים בגידול, ובניהם מחלת הקימחוניית ומחלת העובש האפור. מאחר והמחלות עלולות לגרום לנזקים חמורים, מיישמים המגדלים תכשירי הדברה בשיטת ה"ביטוח" שמספרם באזור הרבה עשוי להגיע ל - 10 ריסוסים בעונה ויותר. באזורי הגידול האחרים (למשל, בבקעת הירדן או במישור החוף) מספר הריסוסים רב עוד יותר וישנם מגדלים המרססים 20-25 ריסוסים בעונה. לרוב, ההדברה יעילה: רמת הנגיעות נמוכה, והנזק ליבול כתוצאה מהתפתחות המחלות, נמוך אם בכלל. אולם, ישנם מקרים לא מעטים שאסטרטגיית הדברה זו מביאה לידי יישום ריסוסים מיותרים. המטרה המרכזית של מיזם חוסן-פלפל היא לפתח גישה חדשה להתמודדות עם מחלות ומזיקים בפלפל תוך שימוש מזערי בתכשירי הדברה כימיים

ולבנות את הכלים שיאפשרו ליישם את הגישה החדשה בקנה מידה מסחרי באזור הערבה. הכוונה היא להגיע להפחתה של 30 עד 70% במספר הריסוסים המיושם כיום בתוך 3-5 שנים; זאת בלי להפחית את יעילות ההדברה.

מסגרות העבודה והמטרות הספציפיות של מיזם חוסן-פלפל הן:

1. לפתח מערכת תומכת החלטה לבקרת מחלת הקימחוניית ('**פלפלת**');
2. להקים מערך לאיסוף הנתונים הדרושים להפעלת **פלפלת** ולביזורם למקבלי ההחלטות;
3. לכלול במערכת **פלפלת** התייחסות למחלות אחרות (עובש אפור) ולמזיקי הגידול החשובים.

על פי התוכנית ימשך מיזם חוסן-פלפל ארבע-חמש שנים. בעונת המחקר הראשונה, 2004/5, התחלנו באיסוף הנתונים הדרושים לבניית מערכת **פלפלת**. במסגרת זו ביצענו בחוות יאיר ניסוי בו נבחנו גישות שונות לתזמון הריסוסים המיושמים כנגד מחלת הקימחוניית. בנוסף, קיימנו סקר ב - 41 מבני פלפל מסחריים במושבים פארן וחצבה. בעונת המחקר השנייה בצענו חמישה ניסויים; ארבעה מהם בחוות יאיר (שניים בחממה ושניים במבנה חממה המכוסה ברשת נגד חרקים) והחמישי במנהרה עבירה בתחנת זוהר בעין תמר. בניסויים אלא נבחנו שאלות המחקר הבאות:

1. האם ניתן להתחיל לרסס אחרי הופעת הקימחוניית ולהדביר את המחלה ביעילות?
 2. אחרי יישום הריסוס הראשון, באילו מרווחים יש ליישם את הריסוסים העוקבים?
 3. מתי ליישם את הריסוס האחרון?
 4. מה היעילות של תכשירי הדברה מקבוצות שהינן שונות מגופרית?
 5. מהם הגורמים המשפיעים על התפתחות המחלה?
- הממצאים שנאספו שימשו לפיתוח מערכת תומכת החלטה ששמה **פלפלת**. עקרונות הגרסה השלישית של המערכת, **פלפלת-3** מפורטים להלן:

שלב I - תחילת הניטורים ויישום הריסוס הראשון

התחלת הניטורים שלושה-ארבעה שבועות משתילה. הריסוס הראשון ייושם כטיפול תגובתי לאחר שרמת הנגיעות במחלה תהיה שווה או גבוהה לזו של סף הפעולה. סף הפעולה: שכיחות מחלה של 15% בחלק התחתון של הצמחים, בקומות 3-4.

שלב II - מועד יישום הריסוסים העוקבים

הצורך בריסוסים עוקבים (אחרי יישום הריסוס הראשון) יבחן החל מ - 13 ימים לאחר יישום הריסוס הקודם (המרווח המזערי בין ריסוסים הוא 14 ימים). הצורך בריסוס יקבע על פי הממוצע של הטמפרטורות שנמדדו מיד שעה בין השעות 19:00 ו - 07:00 בתחנה

מטאורולוגית הסמוכה (לאחר שבוצע תיקון על פי סוג המבנה [בית רשת, חממה או מנהרה עבירה]) בשבועיים הקודמים. החלטה על ביצוע הריסוס תקבע על פי תהליך קבלת ההחלטות המפורט בתרשים זרימה מספר III של המערכת.

שלב III - מועד סיום הריסוסים

ריסוסים לא ייושמו (ואין צורך להמשיך ולקיים תהליכי קבלת החלטות) מאוחר מ - 60 ימים לפני הקטיף האחרון.

המטרות בעונת המחקר השלישית

- מטרות הניסויים שבוצעו בעונת 2006/7, עונת המיזם השלישית, היו כלהלן:
1. לבחון את ביצועי מערכת **פלפלת** - 3 בכללותה בהשוואה להדברה המיטבית האפשרית;
 2. לבחון את תקפות רכיבי המערכת, ובכלל זה את נכונות סף הפעולה; את מקום מדידת הטמפרטורות (בתחנה המטאורולוגית הסמוכה או בתוך מבנה הגידול עצמו); את מערכת החיזוי הנמצאת בבסיס **פלפלת** - 3, ואת מועד סיום הריסוסים.
 3. להגדיר את הגורמים המשפיעים על התפתחות המחלה;
 4. להגדיר כמותית את השפעת מחלת הקימחוניית על היבול ואת תרומת הריסוסים המיושמים להדברתה;
 5. לסכם את התובנות שעלו מהניסויים שבוצעו במסגרת מיזם חוסן-פלפל עד כה.

שיטות וחומרים

בעונת 2006/7 ביצענו במסגרת מיזם חוסן-פלפל 11 ניסויים בחמישה אזורים בארץ בהם שוררים תנאים אקלימיים שונים: הערבה התיכונה (תחנת יאיר, 4 ניסויים), הערבה הצפונית (תחנת זוהר, 3 ניסויים), רמת הנגב (מו"פ רמת הנגב, ניסוי אחד), חבל הבשור (חוות הבשור, 2 ניסויים) ובקעת הירדן (תחנת צבי, ניסוי אחד). הניסויים בוצעו במבני גידול שונים: מנהרה עבירה (שני ניסויים), חממה לא מבוקרת (שני ניסויים), חממה מצוננת (ניסוי אחד), חממה מחוממת (ניסוי אחד), בית רשת המכוסה ברשת צל (שני ניסויים), בית רשת המכוסה ברשת נגד חרקים (שלושה ניסויים). בניסויים נכללו הזנים סליקה, 117 ודינאמו. בכל הניסויים יושם התכשיר הליוגפרית 1%, באמצעות מרסס כף נישא גב. ממשק הגידול האגרוטכניקה, ההשקיה, הדישון והדברת המזיקים בניסויים בוצעו כמקובל באזור. גודל כל חלקת ניסוי היה ערוגה באורך 6-8 מ'; הניסויים הוצבו בבלוקים באקראי עם ארבעה חזרות. מספר הטיפולים בניסויים השונים נע בין 4 ל - 12. אבל, בכל הניסויים נכללו שלושת הטיפולים הבאים:

1. **היקש** לא מרוסס (התפתחות הקימחוניית בטיפול זה מהווה מדד לפוטנציאל הנגיעות בניסוי);

2. **ביטוח**: הריסוס הראשון בטיפול זה יושם לפני מועד זיהו סימני המחלה הראשונים (טיפול הגנתי); הריסוסים העוקבים יושמו מידי שבוע או שבועיים (כמקובל באזור) עד לסוף העונה. יעילות ההדברה בטיפול זה שימשה כאומדן להדברה הטובה ביותר האפשרית בתנאי הניסוי;

3. **פלפלת – 3**: חלקות טיפול זה רוססו על פי הנחיות מערכת **פלפלת-3**. הריסוס הראשון יושם לאחר ששכיחות המחלה הגיעה לסף הפעולה; הריסוסים העוקבים יושמו על פי מערכת החיזוי שהתבססה על נתוני הטמפרטורה שנמדדו בתחנה המטאורולוגית הסמוכה; הריסוס האחרון יושם חודשיים לפני הקטיף האחרון. לכל ניסוי נקבע אחראי שהפעיל את מערכת תומכת ההחלטה והיה אחראי על תזמון הריסוסים. הטיפולים האחרים שנכללו בניסויים נבדלו זה מזה במועד הפעלת ההדברה, בקריטריונים ששימוש לשם קביעת המרווחים בין הריסוסים, במועד יישום הריסוס האחרון ובמקום מדידת הטמפרטורות ששימשו להפעלת מערכת החיזוי (בתוך החממה במקום בתחנה המטאורולוגית). פירוט הטיפולים שנכללו בניסויים השונים מופיע בטבלה מספר 1.

הנגיעות במחלה הוערכה בשלושה גבהי צמח שונים, מידי שבוע עד שבועיים. ההערכות בוצעו בגובה של 20-40 סמ' מעד פני הקרקע, 60-80 סמ' מעל פני הקרקע, ו- 110-120 סמ' מעל פני הקרקע. בכל חלקת ניסוי, בכל גובה, נסרקו ויזואלית 6-10 עלים בוגרים מכל אחד מצידי חלקת הניסוי. עבור כל עלה נקבעה חומרת המחלה, באחוזים (ערך המבטא את החלק היחסי של העלה עליו התפתחו הסימפטומים האופייניים של המחלה). כאשר נצפתה נשירה של עלים הוערכה חומרת המחלה בכל אחד מהטיפולים חושבה על פי שקלול של חומרת הנגיעות של העלים המחוברים לצמח ושכיחות העלים שנשרו מהצמחים. ערכי הנגיעות בחלקות הניסוי במהלך העונה שימשו לחישוב השטח שמתחת לעקומת התפתחות המחלה (Area Under the Disease Progress Curve; AUDPC). מדד זה מבטא את חומרת המגיפה במהלך כל העונה באמצעות מספר בודד; ככל שערכו גבוה יותר, כך המגיפה חמורה יותר. ערכי הנגיעות הממוצעת לחלקה ולטיפול שימשו לחישוב קצב ההתקדמות היחסי של המחלה (ובאנגלית, r , apparent infection rate). זאת, לאחר ביצוע טרנספורמציה של ערכי חומרת המחלה מאחוזים (Y) לערכי logit על פי הנוסחה:

$$\text{logit}(Y) = \ln\left(\frac{Y}{100-Y}\right)$$

טבלה מספר 1. פריסת הניסויים שבוצעו במסגרת מיזם חוסיין-פלפל בעונת הגידול, 2006-7

מספר טיפול											שם האחראי	מבנה וזן	מס' ניסוי	מקום		
12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2					1	
		X		X	X	40%	65%		X	X	X		דני	בית רשת	*1	חוות הבשור
	X	X		X	X	40%	60%	X	X	X	X		דני	בית רשת - חריף	2	
	X								X	X	X		תמר	חממה	3	בקעה
	X								X	X	X		דני	בית רשת	4	רמת הנגב
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	יעל	בית רשת	5	חוות יאיר
	X		X						X	X	X		יעל	בית רשת - דינאמו	6	
	X	X	X	X	X	X			X	X	X		יעל	חממה	7	
	X	X	X		X		X	X	X	X	X		יעל	חממה מחוממת**	8	
	X	X	X		X			X	X	X	X		דורית	מנהרה	9	
		X							X	X	X		דורית	מנהרה - 117	10	עין תמר
	X								X	X	X		דורית	חממה מצוננת	11	

* טיפולים 1, 3, 5, 6, 7, 8 – פלפלת 1; טיפול 10 – פלפלת 3. אם לא צוין שם זן – הזן היה סליקה.
** החממה חוממה לטמפרטורה של מעל 16 מעלות בלילה

הטיפולים

מספר	התחלה	מרווחים	סיום
1	-	-	-
2	הגנתי	14	סוף
3	סוף 1 - 15%	פלפלת 3	-60
4	סוף 0 - גילוי	פלפלת 3	-60
5	סוף 2	פלפלת 3	-60
6	סוף 3	פלפלת 3	-60
7	סוף 1 - 15%	פלפלת 3	-90
8	סוף 1 - 15%	פלפלת 3	2-*
9	סוף 1 - 15%	פלפלת 2	-60
10	סוף 1 - 15%	פלפלת 1	-60
11	סוף 1 - 15%	פלפלת *3	-60

* הפעלת פלפלת-3 על פי הטמפרטורה שנמדדה בתוך המבנה.

** הפסקת הריסוסים כשהטמפרטורה הממוצעת במשך הלילה מתחת ל- 9.2 מעלות צלזיוס במשך שבועיים רצופים.

עקום התפתחות המחלה (בערכי logit) לאורך זמן הוא עקום ליניארי, ושיפוע קו הרגרסיה המתאר אל התפתחות המחלה מהווה מדד לקצב היחסי של התפתחות המחלה. בנוסף להערכות הנגיעות נבחנה השפעת הטיפולים על היבול. במהלך העונה נקטף הפרי מחלקות

הניסוי. הפרי מוין, חולק לקבוצות לפי איכותו ונשקל. בחלקות הניסוי גם הוצבו קוראי נתונים אלקטרוניים (HOBO data logger) שמדדו ברציפות, מידי שעה, את הטמפרטורה ואת הלחות היחסית.

תוצאות ודיון

בשורות הבאות יימסר רקע קצר לכל אחד מהנושאים ויפורטו הממצאים שעלו לגבי כל אחת מהמטרות שנקבעו לעונת 2006/7. לאחר מכן יערך דיון על המשמעויות ועל הלקחים הקשורים לשימוש במערכת **פלפלת-3** בפרט, ולהתמודדות עם המחלה בכלל.

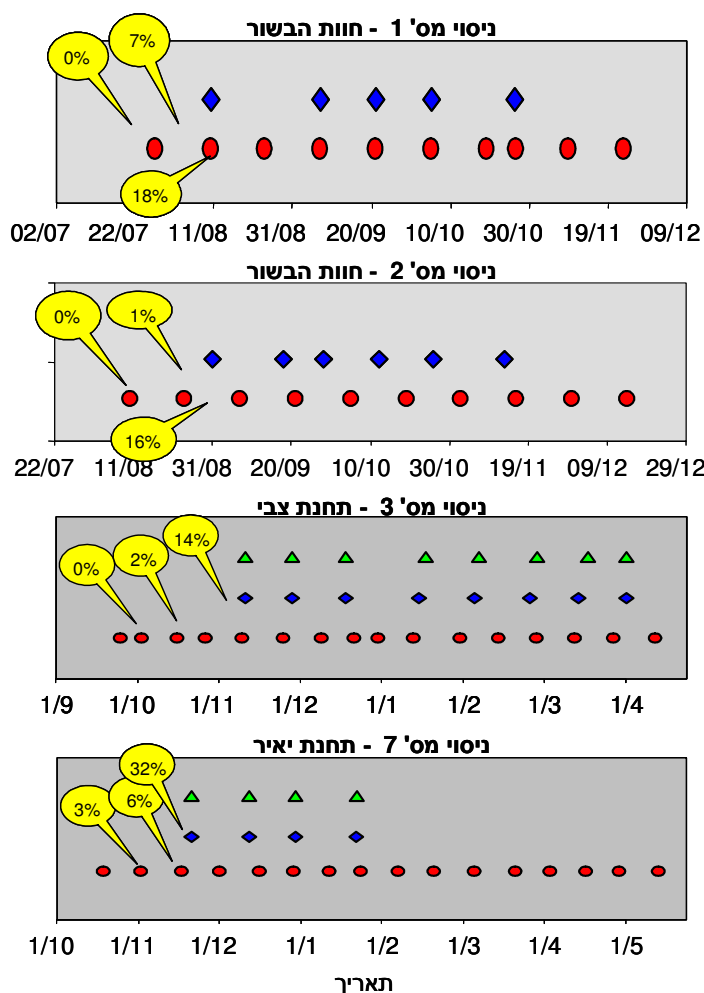
1. ביצועי מערכת פלפלת-3 בכללותה

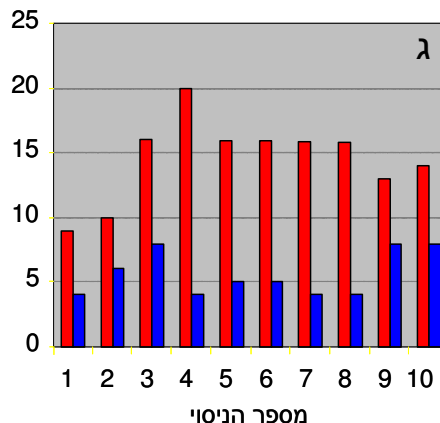
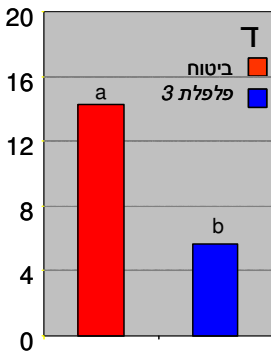
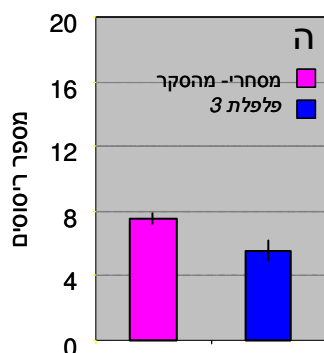
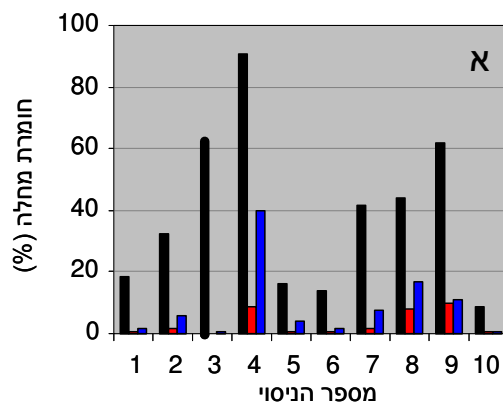
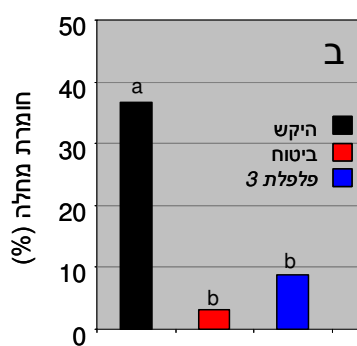
ביצועי מערכת **פלפלת-3** נבחנו בכל הניסויים שבצענו בעונת 2006/7. הניסויים בוצעו בחמישה אזורים בארץ בהם שררו תנאי מזג אוויר שונים, במבני גידול שונים ובזנים שונים ולכן הם מייצגים טווח רחב ומגוון רב של תנאים. בכל הניסויים בחנו את יעילות ההדברה שהושגה בחלקות שטופלו על פי המערכת בהשוואה לטיפול הביטוח, בו יושמו הריסוסים בשיטת הביטוח. המדדים בהם נבחנה המערכת היו יעילות ההדברה (יחסית לטיפול הביטוח) ומספר הריסוסים. מאחר ולא ניתן להשוות את מספר הריסוסים לטיפול הביטוח (כי בטיפול זה יושמו בכונה ריסוסים בעודף) השונו את מספר הריסוסים המיושם על פי **פלפלת-3** למספר הממוצע של הריסוסים שישמו המגדלים בערבה לפני שהחל מיזם חוסן-פלפל. מידע על מספר הריסוסים אותו יישמו המגדלים התקבל בסקר הקימחונית שבצענו בחלקות מסחריות בעונת 2004/5.

מספר דוגמאות (ממספר ניסויים) למועדים בהם יושמו הריסוסים בטיפול הביטוח ובטיפול **פלפלת-3** מופיעים באיור 1. בטיפול הביטוח יושמו הריסוסים כטיפול הגנתי ולאחר מכן כל שבועיים. בסך הכול יושמו בטיפול זה בניסויים השונים בין 8 ל - 20 ריסוסים (ובממוצע 14.4 ריסוסים). בטיפול **פלפלת-3** יושמו בין 4 ל - 7 ריסוסים (ובממוצע 5.6 ריסוסים). כמובן שההבדלים במספר הריסוסים בין שני הטיפולים מובהק מאוד. בהשוואה למספר הריסוסים שיושמו במבנים מסחריים בעונת 2004/5 (ממוצע של 7.6 ריסוסים) אפשרה המערכת הפחתה של 37.5% במספר הריסוסים (איור 2). השוואה זו אינה מושלמת, כמובן, מפני שהסקר בוצע בעונה אחת ובאזור מוגבל (במושבים פארן וחצבה) בעוד שהניסויים בוצעו בעונה אחרת ובחמישה אזורים בארץ. בכל מקרה, מאחר ואין נתונים אחרים, זו ההשוואה הקרובה ביותר למציאות - עם כל המגבלות.

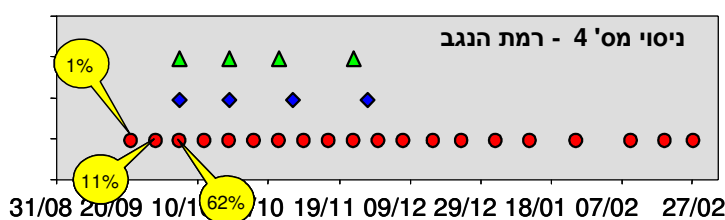
מחלת הקמחונית התפתחה באופן טבעי בכל הניסויים. בשלושה ניסויים (ניסויים מספר 3, 4 ו - 9) התפתחה מגיפה בעוצמה גבוהה מאד וחומרתה בסוף העונה הייתה גבוהה מ - 50%; בשלושה ניסויים (מספר 2, 7 ו - 8) התפתחה מגיפה בעוצמה בינונית וחומרת מחלה בסוף העונה הייתה 30-50%; בניסויים הנותרים התפתחה מגיפה בחומרה נמוכה (הנגיעות הייתה נמוכה מ - 20%). בכל הניסויים הייתה חומרת הנגיעות בחלקות טיפול הביטוח

נמוכה במובהק מנגיעות חלקות ההיקש. בשלושה ניסויים היגיעה הנגיעות בטיפול הביטוח לערכי חומרה של 5-8% בסוף העונה אך בשאר הניסויים לא עלתה הנגיעות בטיפול זה על 2%. בכל הניסויים, חומרת המחלה בחלקות שטופלו על פי הנחיות מערכת **פלפלת-3** הייתה נמוכה מנגיעות חלקות ההיקש; בכל הניסויים פרט לניסוי מספר 4, ההבדלים בחומרת המחלה בין חלקות טיפול הביטוח לחלקות טיפול **פלפלת-3** לא היו מובהקים. בניתוח בו נכללו תוצאות כל הניסויים נמצא הבדל מובהק בין נגיעות חלקות ההיקש לנגיעות טיפול הביטוח **פלפלת-3** ולא היה הבדל מובהק בין שני הטיפולים האחרונים (איור 2). בחינה מדוקדקת של ההתרחשויות בניסוי מספר 4, בו מערכת **פלפלת-3** לא הייתה טובה מספיק העלתה שהריסוס הראשון בטיפול זה יושם מאוחר מדי. בניסוי השני שבוצע הייתה שכיחות המחלה בקומות 3-4 של הצמחים 11%. ערך זה נמוך מסף הפעולה ולכן הוחלט לא ליישם ריסוס. בדיעבד התברר שהחלטה זו הייתה שגויה מפני שבשבוע העוקב כבר הייתה שכיחות המחלה 62%, הרבה מעבר לסף. הריסוס שיושם אז היה מאוחר מדי והמחלה המשיכה להתפרץ בטיפול זה במהלך שלושת השבועות הבאים. חשוב לציין שריסוס ההליוגופרית השני, שיושם שבועיים לאחר הריסוס הראשון עצר את התקדמות המחלה: בעוד שבחלקות ההיקש המשיכה חומרת המחלה לעלות עד שכל עלי הצמחים נשרו, הרי שבחלקות שטופלו על פי **פלפלת-3** התפתחות המחלה נעצרה לאחר שיושם הריסוס השני. בחלקות טיפול זה יושמו בהמשך עוד שני ריסוסים ובמהלך כל העונה יושמו רק ארבעה ריסוסים בהשוואה ל-20 ריסוסים שיושמו בחלקות טיפול הביטוח (איור 3).

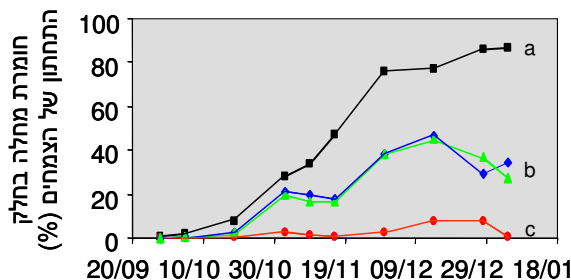




איור מספר 2. בחינת מערכת תומכת ההחלטה פלפלת-3 בעונת 2006/7. א. חומרת המחלה (באחוזים) בסוף העונה בכל אחד מהניסויים בהם נבחנה המערכת בעונת 2006/7. טיפול 1 (בצבע שחור) - היקש; טיפול 2 (בצבע אדום) - טיפול הביטוח; טיפול 3 (בצבע כחול) - פלפלת-3 שהופעלה על פי נתוני הטמפרטורה שנמדדו בתחנה המטאורולוגית הסמוכה. ב. ממוצעי ערכי חומרת המחלה של כל טיפול בכל הניסויים. הערכים של עמודות שלידן אותיות שונות שונים זה מזה במובהק כנקבע על פי מבחן HSD ברמת מובהקות של $P \leq 0.05$; ג. מספר הריסוסים שישמשו בכל אחד מהניסויים בחלקות טיפול הביטוח ובחלקות שטופלו על פי פלפלת-3; ד. מספר הריסוסים הממוצע של הטיפולים בכל הניסויים; ה. השוואת מספר הריסוסים שישמשו בניסויים בטיפול פלפלת-3 למספר הריסוסים הממוצע שישמש במבנים מסחריים בעונת 2004/5. מקור הנתונים הוא סקר הקימחוניות שבוצע ב-41 מבני גידול בפראן ובחצבה. הקווים האנכיים מייצגים את שגיאת התקן.



איור מספר 3. בגרף העליון: מועדי הריסוסים בניסוי מספר 4 בו נבחנה היעילות של מערכת תומכת ההחלטה, פלפלת-3 בעונת 2006/7. שכיחות המחלה (באחוזים) בחלק התחתון של הצמחים בחלקות ההיקש בתחילת העונה מצוינת בתוך העיגולים הצהובים. בגרף התחתון: חומרת המחלה הממוצעת של הצמחים (באחוזים) במהלך העונה. ערכים שלידם אותיות שונות שונים זה מזה במובהק כנקבע על פי מבחן HSD ברמת מובהקות של $P \leq 0.05$. טיפול 1 (בצבע שחור) - היקש; טיפול 2 (בצבע אדום) - טיפול הביטוח; טיפול 3 (בצבע כחול) - פלפלת-3 שהופעלה על פי נתוני הטמפרטורה שנמדדו בתחנה המטאורולוגית האזורית סמוכה; טיפול 4 (בצבע ירוק) - פלפלת-3 שהופעלה על פי נתוני הטמפרטורה שנמדדו באמצעות אוגר נתונים שהוצב בתוך מבנה הגידול, בין הצמחים.



חומרת המחלה הממוצעת של הצמחים (באחוזים) במהלך העונה. ערכים שלידם אותיות שונות שונים זה מזה במובהק כנקבע על פי מבחן HSD ברמת מובהקות של $P \leq 0.05$. טיפול 1 (בצבע שחור) - היקש; טיפול 2 (בצבע אדום) - טיפול הביטוח; טיפול 3 (בצבע כחול) - פלפלת-3 שהופעלה על פי נתוני הטמפרטורה שנמדדו בתחנה המטאורולוגית האזורית סמוכה; טיפול 4 (בצבע ירוק) - פלפלת-3 שהופעלה על פי נתוני הטמפרטורה שנמדדו באמצעות אוגר נתונים שהוצב בתוך מבנה הגידול, בין הצמחים.

המסקנה שעלתה מחלק זה של המחקר היא שהשימוש מערכת **פלפלת-3** איפשר להשיג את המטרה המרכזית של מיזם חוסן-פלפל. השימוש במערכת איפשר להדביר את המחלה ביעילות המרבית האפשרית - בדומה לזו של חלקות הביטוח (בכל הניסויים פרט לניסוי מספר 4) תוך הפחתה של מספר הריסוסים המיושם בערך הנמצא בתוך טווח היעד (37%). הסיבה לחוסר ההצלחה בניסוי מספר 4 (הפעלה מאוחרת של ההדברה כתוצאה מהפעלה מאוחרת) ברורה ונתייחס לנקודה זו בהמשך. חשוב לציין שחלק מהניסויים בוצעו באזורים בהם המגדלים מיישמים מספר ריסוסים גדול בהרבה מזה המיושם בערבה התיכונה, שם בוצע הסקר. מגדלי הפלפל בחבל הבשור, ברמת הנגב ובבקעה, מיישמים 15 ריסוסים ויותר בעונה כנגד הקימחוניות. השורה התחתונה היא שהביצוע של מערכת **פלפלת-3** היה טוב והיא פעלה על פי ציפיות מפתחיה.

2. תקפות רכיבי מערכת פלפלת – 3

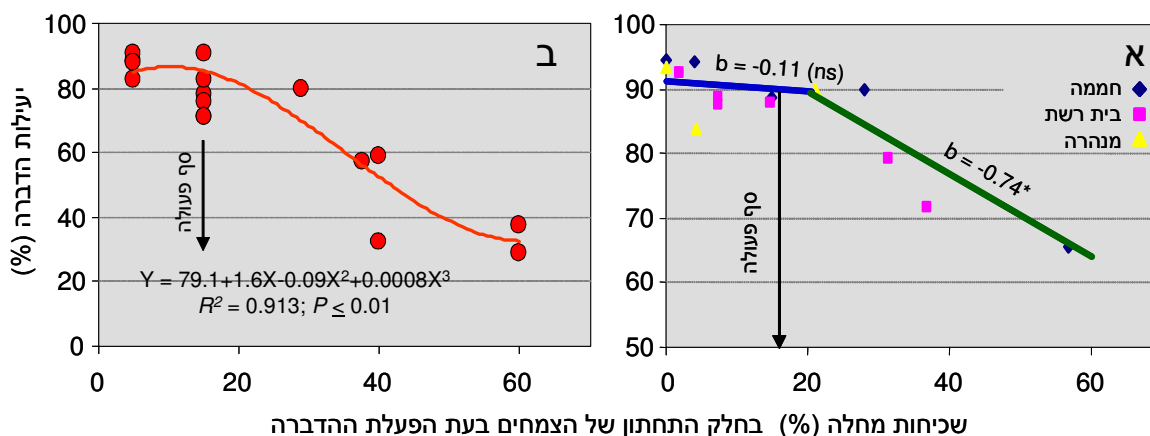
בחלק זה של הדו"ח יתוארו הממצאים המתייחסים לבחינת נכונות רכיבי המערכת: סף הפעולה, מקום מדידת הטמפרטורות, מערכת החיזוי המשמשת לתזמון הריסוסים העוקבים ומועד סיום הריסוסים.

2.1 נכונות סף הפעולה

ההמלצה המקובלת למגדלים היא להתחיל ולרסס כנגד מחלת הקימחוניות כטיפול הגנתי – עוד לפני זיהוי הסימפטומים הראשונים של המחלה. בניסויים שבצענו בעונות הקודמות מצאנו שניתן להדביר את המחלה ביעילות כשהריסוסים מיושמים כתגובה, לאחר זיהוי סימני המחלה הראשונים. ממצאי הניסויים אפשרו להגדיר סף להפעלת ההדברה. המדד בו השתמשנו לקביעת סף הפעולה היה שכיחות המחלה. מדד זה מבטא (באחוזים) את החלק היחסי של העלים הנדגמים שיש עליהם סימני נגיעות, ברמה כל שהיא. המדד של שכיחות המחלה הוא מדד קל יותר, מהיר יותר והוא אינו מושפע משגיאות וטעויות סובייקטיביות בהערכה כמו המדד של חומרת המחלה. לכן מדד זה מתאים לפיתוח סיפי פעולה. מצאנו שיעילות ההדברה לא פחתה כשהריסוסים הראשונים יושמו כששכיחות המחלה בחלק התחתון של הצמחים הייתה עד 20%; לעומת זאת, כשהריסוסים הראשונים יושמו כששכיחות המחלה בחלק התחתון של הצמחים הייתה 20% או יותר, יעילות ההדברה הלכה ופחתה. המסקנה הייתה אם כן שניתן להפעיל את הריסוסים כתגובה ולהדביר את המחלה ביעילות, בתנאי שהריסוס הראשון לא יישום מאוחר משכיחות מחלה של 20% בעלים הנמצאים בקומות 3-4. בהסתמך על ממצאים אלה נקבע שסף הפעולה יהיה 15%. הממצאים ששימשו לפיתוח סף הפעולה מפורטים באיור 4.

כדי לבחון את תקפות סף הפעולה, יושמו הריסוסים הראשונים בטיפולים שונים בעונת 2006/7 ברמות נגיעות שונות. בחלק מהטיפולים יושמו ריסוסים עוד לפני זיהוי סימני המחלה הראשונים (טיפול הגנתי, הפעלה בסף של 0); בטיפולים אחרים יושמו הריסוסים

הראשונים כשזוהו סימני המחלה הראשונים (=גילוי); ; בנגיעות של 15% (= סף הפעולה) או כששכיחות המחלה הייתה גבוהה יותר מהסף (למשל 30, 40% ו - 60%). בכל הטיפולים שנכללו בחלק זה של המחקר יושמו הריסוסים העוקבים מידי שבועיים עד לסוף עונת ההדברה, כך שהטיפולים נבדלו זה מזה רק במועד יישום הריסוס הראשון. מניתוח הממצאים עולה שיעילות ההדברה בחלקות בהן יושם הריסוס הראשון על פי הסף הייתה דומה לזו שהושגה בחלקות בהן ההדברה הופעלה ברמות נגיעות נמוכות יותר, ושהפעלת ההדברה כששכיחות המחלה הייתה גבוהה מ - 15% הביאה בעקבותיה לירידה ביעילות ההדברה (איור 4ב).

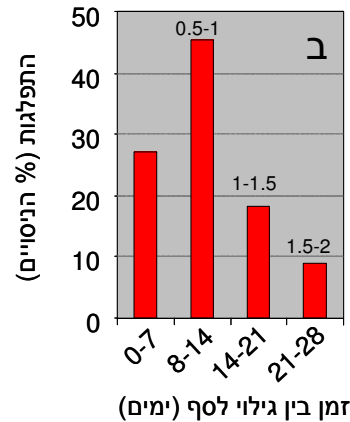
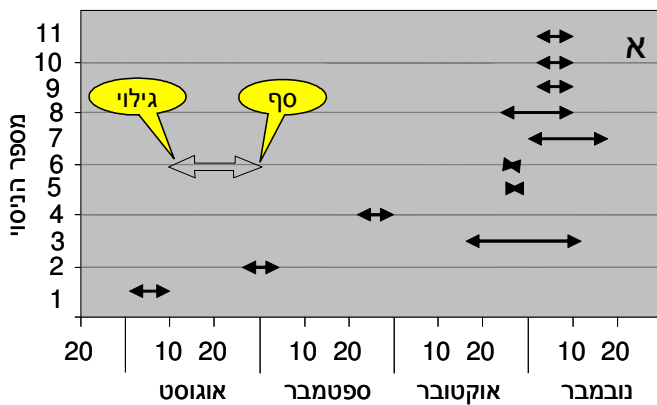


איור מספר 4. בחינת התקפות של סף הפעולה שפותח לשם קביעת המועד המיטבי להפעלת ההדברה כנגד מחלת הקימחונית בהשוואה לנתונים ששימשו לפיתוחו. בגרפים מתואר הקשר בין שכיחות הנגיעות בקימחונית בחלק התחתון של הצמחים בעת הפעלת הריסוסים בטיפול מסוים ליעילות ההדברה של המגיפה באותם הטיפולים במהלך כל העונה. **א. הנתונים ששימשו לפיתוח סף הפעולה.** הנתונים מייצגים את כל הטיפולים בשלושת הניסויים שבוצעו בעונת 2005/6 בחממה ובית רשת בחוות יאיר ובמנהרה העבירה בחוות זוהר. הנתונים נותחו באמצעות רגרסיה במקטעים (המשוואה מופיעה באיור). שיפועי קווי הרגרסיה לפני ואחרי נקודת הפיתול - בערך שכיחות של 20% - מצויינים גם כן. סף הפעולה נקבע כשכיחות של 15%. **ב. בחינת סף הפעולה בעונת 2006/7:** הערכים נמדדו בכל הניסויים; כל נקודה בגרף מייצגת טיפול אחד, בניסוי אחד. קו הרגרסיה חושב עבור כל הטיפולים בכל הניסויים.

כדאיות השימוש בסף הפעולה תלויה בתשובה לשתי שאלות. הראשונה, האם ישנם מצבים בהם שסף הפעולה לא יזוהה בזמן? אם קיימים מצבים בהם בניטור מסוים שכיחות הנגיעות במחלה נמוכה מאד (נניח 2-5%) ובניטור העוקב הנגיעות כבר גבוהה מסף הפעולה (נניח 40%) הרי שההמתנה לסף תגרום לכך שהריסוס הראשון ייושם מאוחר מידי ויעילות ההדברה תפגע. כדי לאמוד את מידת הסיכון הכרוכה בשימוש בסף הפעולה ניתחנו את הנתונים שנאספו בכל הניסויים שבצענו בעונת 2006/7. התברר, שבשניים מתוך 11 הניסויים שכיחות המחלה "קפצה" בתוך שבוע מערך הנמוך מהסף לערך הגבוה בהרבה מהסף. בניסוי מספר 4 הייתה עלייה מ - 11 ל - 62% ובניסוי מספר 7 משכיחות של 6 ל - 32% (איורים 1 ו - 3). בעוד שבניסוי מספר 7 לא הייתה להפעלה המאוחרת השפעה על יעילות ההדברה, הרי שבניסוי מספר 4 ההפעלה המאוחרת גרמה לפגיעה מובהקת ביעילות ההדברה.

השאלה השנייה היא כמה ריסוסים ניתן לחסוך באמצעות שימוש בסף פעולה. אם יתברר שהשימוש בסף מאפשר לחסוך ריסוס אחד בלבד הרי שלא כדאי לטרוח ולבצע ניטורים וכדאי להחליט על הפעלת ההדברה על פי מדדים אחרים. כדי לאמוד את מידת החיסכון הכרוכה בשימוש בסף הפעולה בחנו כמה ריסוסים נחסכו בעת השימוש בו יחסית לטיפול ההגנתי. בניתוח כללנו גם את הניסויים שבצענו בעונה הקודמת. התברר שהשימוש בסף איפשר לחסוך בין 1 ל- 4 ריסוסים (דוגמאות באיורים 1 ו- 3) ובממוצע לכל הניסויים נחסכו 2.2 ריסוסים. בגלל שהתברר שקיים סיכון בשימוש בסף, בחנו גם כמה ריסוסים היו נחסכים אילו הריסוס הראשון היה מיושם לאחר שזוהו סימני המחלה הראשונים בחלקה (= גילוי). התברר שבמקרה זה היו נחסכים 1.5 ריסוסים בממוצע (איור 5).

המסקנה שעלתה מחלק זה של המחקר היא שהפעלה תגובתית של ההדברה, כששכיחות המחלה בקומות 3-4 של הצמחים היא 15%, מאפשרת להדביר את המחלה ביעילות. מכאן עולה שסף הפעולה אומת. אולם, התברר שישנם מצבים בהם ההדברה תופעל באיחור כי הנגיעות השתנתה במהלך שבוע אחד מערך שהיה מתחת לסף שהוגדר לערך שהיה מעבר לסף. תרחיש זה קרה השנה בשני ניסויים מתוך ה- 11 שבוצעו. כדי להימנע מהסיכון, ומפני שההפסד הוא רק 0.7 ריסוסים בממוצע, אנו ממליצים מעתה ליישם את הטיפול הראשון כטיפול תגובתי - עם זיהוי סימני המחלה הראשונים. שימוש ב"סף = גילוי" יאפשר לחסוך 1.5 ריסוסים בממוצע יחסית לטיפול ההגנתי ולא כרוך בכך הסיכון של הפעלה מאוחרת מדי. בכל מקרה, בעת גילוי סימני המחלה הראשונים שכיחות המחלה היא 2-7%, כך שלא מדובר כאן בזיהוי "הכתם הראשון בחלקה".



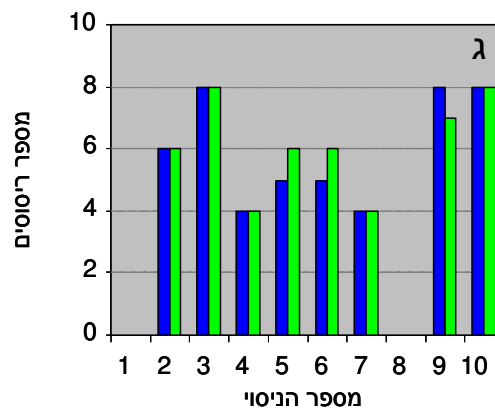
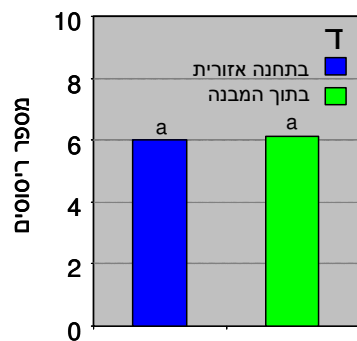
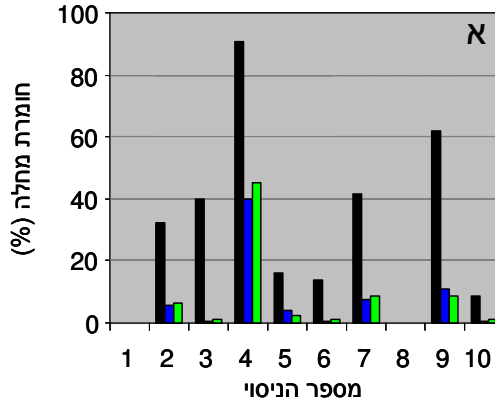
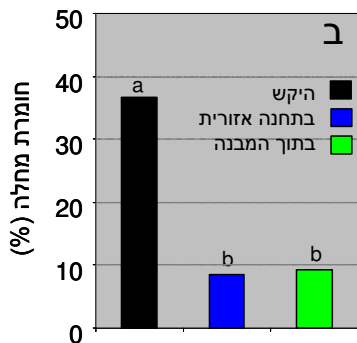
איור מספר 5. א. הזמן שעבר בין מועד זיהוי מחלת הקימחונייה (מועד ה"גילוי") למועד בו הייתה שכיחות המחלה בחלק התחתון של הצמחים 15% (מועד ה"סף") בכל הניסויים שבוצעו בעונת 2006/7. ב. עקומת ההתפלגות של פרק הזמן שעבר בין הגילוי לסף בכל הניסויים. מספר הריסוסים אותם ניתן היה לחסוך בעת הפעלת ההדברה על פי הסף בהשוואה להפעלתה מייד לאחר גילוי המחלה מצוין מעל כל עמודה.

2.2 מקום מדידת הטמפרטורות המשמשות להפעלת מערכת החיזוי

נתוני הקלט של מערכת החיזוי הנמצאת בבסיס **פלפלת-3** הם הטמפרטורה הממוצעת בין השעות 19:00 ל - 07:00. יש הגיון בשימוש בנתוני טמפרטורה הנמדדים בתוך מבנה הגידול עצמו, מפני שאלה התנאים אליהם נחשפים הצמחים והפטרייה המתפתחת עליהם. אולם, הדבר עשוי לגרום לבעיה מפני שהמשמעות היא שיש להציב אוגר נתונים בכל מבנה בו יעשה שימוש במערכת **פלפלת-3**. הדבר אינו מעשי בגלל העלויות, הטרחה והבעייתיות הכרוכים בכך. לכן, בחנו בניסויים שבצענו בעונת 2006/7 את האפשרות להשתמש כבסיס לקבלת ההחלטות בנתוני טמפרטורה שנמדדו בתחנה המטאורולוגית האזורית הסמוכה. הנחת העבודה הייתה שהבדלי הטמפרטורה (הקיימים) בין התחנה למבני הגידול לא יהיו גדולים ושהבדלים אלה לא ישפיעו בצורה משמעותית על ההחלטות לביצוע ריסוסים. כדי לבחון הנחה זו, הוצבו קוראי נתונים אלקטרוניים בתשעה מתוך 11 הניסויים בתוך מבני הגידול. נתוני הטמפרטורה שנמדדו בתוך המבנים שימשו להפעלת מערכת **פלפלת-3**; כהשוואה, הופעלה המערכת בטיפול אחר על פי נתוני הטמפרטורה שנמדדו בתחנה המטאורולוגית הסמוכה.

כמעט ולא היה הבדל במועד תזמון הריסוסים בין הטיפולים בהם הופעלה המערכת על סמך נתוני טמפרטורה שנמדדו בתוך מבני הגידול לבין הטיפולים בהם הופעלה המערכת על פי נתונים שנמדדו בתחנה הסמוכה. דוגמא למועדי היישום של הריסוסים בטיפולים אלה בניסויים 3, 4 ו - 7 מופיעה באיורים 1 ו - 3. לא היה כמעט הבדל בין טיפולים אלה במספר הריסוסים שיושמו בכל הניסויים וגם לא היה הבדל ביעילות ההדברה (איור 6).

המסקנה מחלק זה של המחקר היא שניתן להפעיל את מערכת **פלפלת-3** בהתבסס על נתוני טמפרטורה הנמדדים בתחנה המטאורולוגית הסמוכה למבנה הגידול. מבחינה זו לא הייתה השפעה לסוג מבנה הגידול: מנהרה עבירה, בית רשת או חממה.

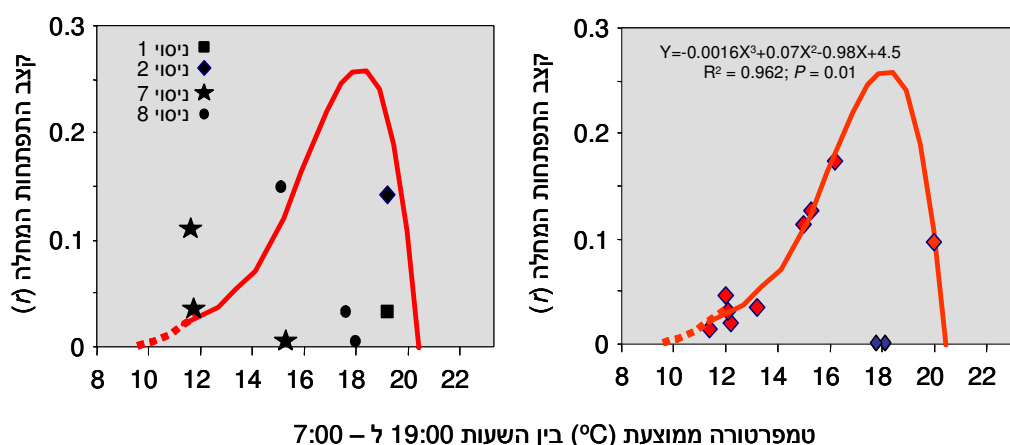


איור מספר 6. השפעת מקום מדידת הטמפרטורות ששימשו להפעלת מערכת תומכת ההחלטה פלפלת – 3 על יעילות ההדברה ועל מספר הריסוסים שיושמו בניסויים שבוצעו בעונת 2006/7. א. חומרת המחלה (באחוזים) בסוף העונה בכל אחד מהניסויים בהם נבחנה השפעת מיקום מדידת הטמפרטורות. טיפול 1 (בצבע שחור) – היקש; טיפול 3 (בצבע כחול) – פלפלת – 3 שהופעלה על פי נתוני הטמפרטורה שנמדדו בתחנה המטאורולוגית האזורית הסמוכה; טיפול 4 (בצבע ירוק) – פלפלת – 3 שהופעלה על פי נתוני הטמפרטורה שנמדדו באמצעות אוגר נתונים שהוצב בתוך מבנה הגידול, בין הצמחים. ב. ממוצעי ערכי חומרת המחלה של כל טיפול בכל הניסויים. הערכים של עמודות שלידן אותיות שונות שונים זה מזה במובהק כנקבע על פי מבחן HSD ברמת מובהקות של $P \leq 0.05$; ג. מספר הריסוסים שיושמו בכל אחד מהניסויים בחלקות בהן הופעלה המערכת על סמך נתוני טמפרטורה מהתחנה המטאורולוגית הסמוכה או על סמך נתונים שנמדדו בתוך המבנה עצמו; ד. מספר הריסוסים הממוצע של הטיפולים בכל הניסויים.

2.3 תקפות מערכת החיזוי הנמצאת בבסיס פלפלת – 3

במהלך שתי עונות המחקר הראשונות של מיזם חוסן-פלפלת בוצעו ארבעה ניסויים בהם נבחנו נושאים שונים הקשורים לתזמון ריסוסים להתמודדות עם מחלת הקימחוניית. ניסוי אחד בוצע בעונת 2004/5 ושלושה בעונת 2005/6. שני ניסויים בוצעו במנהרות עבירות, אחד בחממה ואחד בבית רשת. המגיפות שהתפתחו בחלקות ההיקש בארבעת הניסויים היו שונות מאד זו מזו; בעוד שבניסויים שבוצעו במנהרות העבירות התפתחות מגיפות חריפות הרי שבניסויים שבוצעו בחממה ובבית הרשת הייתה המגיפה מתונה יותר. מאחר ובכל הניסויים היה אותו הזן, הנחנו שההבדלים בעוצמת המגיפות נבעו מתנאי סביבה שונים. בניסיון להגדיר את הגורם/גורמים האקלימיים שהשפיעו על התפתחות המחלה, חיפשנו קשרים בין מדדים שונים הקשורים לטמפרטורה (כמו: הטמפרטורה היומית

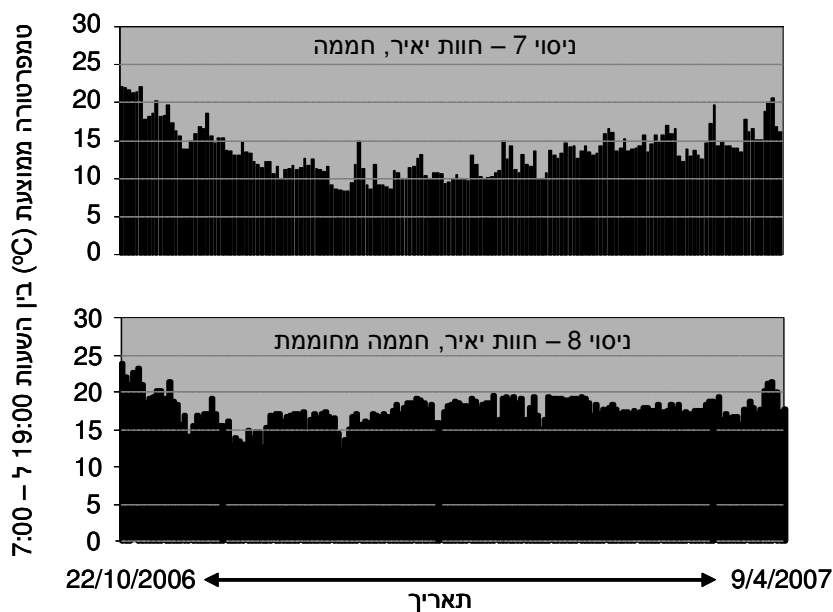
המרבית, המזערית, הממוצעת, מספר השעות ביממה בהן הטמפרטורה הייתה מעל 10, 15, 20 או 25 מעלות צלזיוס, וכו'), ללחות היחסית (כמו: הלחות היחסית היומית המרבית, המזערית, הממוצעת במשך שעות היממה, היום או הלילה, מספר השעות ביממה בהן הלחות היחסית הייתה מעל 70, 80, 90 או 95%, וכו') ולצירופים שונים של טמפרטורה ולחות יחסית (כמו: הטמפרטורה הממוצעת בשעות בהן הלחות היחסית הייתה מעל 80, 90 או 95%, וכו'). המשתנה האקלימי שהסביר בצורה הטובה ביותר את השונות בקצב התפתחות המחלה, בכל הניסויים, היה הטמפרטורה הממוצעת שנמדדה בין השעות 07:00 ל- 19:00. משוואת הרגרסיה המתארת את הקשר הזה הסבירה 96.2% מהשונות בקצב התקדמות המחלה (איור 7א) והיא מהווה את הבסיס למערכת החיזוי באמצעות נקבעים המרווחים של הריסוסים העוקבים במערכת **פלפלת-3**.



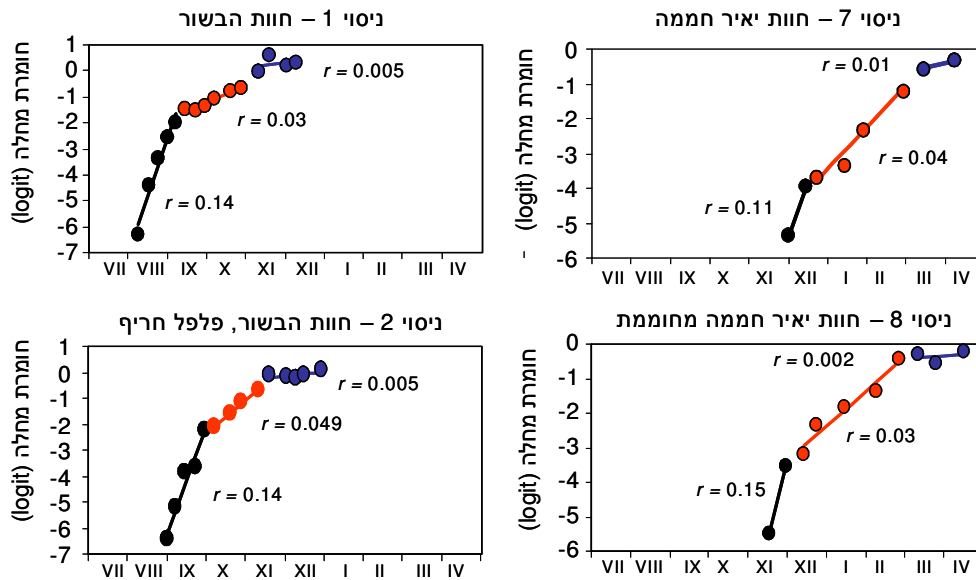
איור מספר 7. בחינת התקפות של מערכת החיזוי שפותחה לשם קביעת השפעת הטמפרטורה על התפתחות מחלת הקימחוניית בהשוואה לנתונים ששימשו לפיתוח המערכת. בגרפים מתואר הקשר בין הטמפרטורה הממוצעת בשעות הלילה (בין השעות 07:00 – 19:00 ביום שלמחרת) על הקצב היחסי של התפתחות המחלה (η apparent infection rate; ביחידות logit. א. הנתונים ששימשו לפיתוח מערכת החיזוי. הנתונים נמדדו בארבעה ניסויים שבוצעו בעונות 2004/5 ו- 2005/6. הסימנים הצבועים בצבע כחול הלא נכללו בניתוח הרגרסיה שמשוואתו בגרף. בחינת מערכת החיזוי בעונות 2006/7: הערכים המצויינים נמדדו בניסויים 1 ו- 2 שבוצעו בחוות הבשור ובניסויים 7 ו- 8 שבוצעו בחוות יאיר.

במסגרת הניסויים שבצענו בעונת 2006/7 בחנו את תקפות מערכת החיזוי. על פי המערכת, טווח הטמפרטורות המיטבי (בין השעות 07:00 ל- 19:00) להתפתחות הקימחוניית הוא בין 14.5 ל- 17.2 מעלות צלזיוס. כדי לבחון זאת, בצענו שני ניסויים במבני חממה סמוכים בחוות יאיר (המרחק בין המבנים היה כ- 100 מ'). ניסוי מספר 7 הוצב בחממה בה הטמפרטורה לא הייתה מבוקרת והיא השתנתה בהתאם לתנאי הסביבה; ניסוי מספר 8 הוצב בחממה בה הופעלה מערכת חימום כשטמפרטורת האוויר ירדה מ- 16 מעלות צלזיוס (איור 8). אם מערכת החיזוי נכונה, הרי שטמפרטורת הלילה בחממה המחוממת תהיה מיטבית להתפתחות המחלה וקצב התפתחותה במהלך כל העונה, בחלקות הלא מרוססות, יהיה אחיד ומהיר. לעומת זאת בחממה בה הטמפרטורה לא מבוקרת צפוי שקצב התפתחות המחלה בחורף, כשטמפרטורות הלילה נמוכות, יהיה איטי יותר. בניתוח זה כללנו גם את שני הניסויים שבוצעו בחוות הבשור (ניסויים 1 ו- 2).

ניסויים אלה הוצבו בבתי רשת צל שהיו במרחק של כ- 200 מ' זה מזה. אם מערכת החיזוי נכונה, הרי שקצב התפתחות המחלה בחלקות הלא מרוססות של שני הניסויים, באותם המועדים, תהיה דומה כי הטמפרטורות בשני המבנים הסמוכים דומות. עקומי התפתחות המחלה בארבעה ניסויים אלה מופיעים באיור 9. לאחר שערכי חומרת המחלה באחוזים עברו טרנספורמציה לערכי logit, התקבלו עקומים ישרים שהשיפוע שלהם מהווה אומדן לקצב היחסי של התפתחות המחלה. בכל ארבעת הניסויים השתנה קצב התקדמות המחלה במהלך המגיפה באותו האופן. בהתחלה הוא היה מהיר יחסית (ערכי r של -0.11-0.14), לאחר מכן הקצב הואט (ערכי r של 0.3-0.5), ובסוף המגיפה היה הקצב, בכל הניסויים, איטי ביותר (ערכי r של 0.005-0.01). למרות שהיו הבדלים בטמפרטורת הלילה במבני החממה בהם בוצעו ניסויים 7 ו- 8 לא היו הבדלים בקצב התקדמות המחלה (באותם המועדים) בחלקות ההיקש של שני הניסויים במהלך כל העונה. לעומת זאת, למרות שלא היו הבדלים בטמפרטורת הלילה במהלך חודש ספטמבר במבני בתי הרשת בהם בוצעו ניסויים 1 ו- 2 היו הבדלים משמעותיים בקצב התקדמות המחלה (בחודש זה) בין שני הניסויים (איור 9).



איור מספר 8. הטמפרטורה הממוצעת בשעות הלילה (בין השעות 19:00 ו- 07:00 ביום שלמחרת) כפי שנמדדו באמצעות קורא נתונים אלקטרוני בניסויים 7 ו- 8 שבוצעו בחממות בחוות יאיר. החממה בה בוצע ניסוי מספר 8 חוממה מתחילת ינואר בשעות הלילה בעת שהטמפרטורה הייתה נמוכה מ- 16 מעלות צלזיוס.



איור מספר 9. עקומי התפתחות מחלת הקימחוניית בחלקות ההיקש של ארבעה ניסויים שבוצעו במסגרת מיזם חוסן פלפל. ניסויים מספר 1 ו-2 נערכו בחוות הבשור בבתי רשת צל שהיו במרחק של כ-200 מ' זה מזה. ניסויים 7 ו-8 נערכו בחוות יאיר בחממות (ניסוי 7 בחממה לא מבוזקת; ניסוי 8 בחממה שחוממה כשהטמפרטורה ירדה מ-16 מעלות צלזיוס). מבנה החממה היו במרחק של כ-100 מ' זה מזה. ערכי חומרת המחלה עברו טרנספורמציה מתמטית והם מבוטאים בערכי logit. שיפועי הקווים הישירים מהווים אומדן לקצב היחסי של התקדמות המחלה (r , apparent infection rate).

מניתוח הקשר בין טמפרטורת הלילה לקצבי התקדמות המחלה שנמדדו בארבעת הניסויים עולה שההיפותזה העומדת בבסיס מערכת החיזוי של **פלפלת-3** (שהטמפרטורה הממוצעת בשעות הלילה מהווה מדד אמין לקצב התפתחות המחלה) אינה נכונה. להמחשת נקודה זו חושבו הערכים הממוצעים של טמפרטורת הלילה עבור התקופות בהן היו קצבי התפתחות המחלה ליניאריים בניסויים (בכל ניסוי היו שלוש תקופות כאלה). לאחר מכן הוצבו הערכים המדודים באיור בו צויר העקום המהווה את הבסיס למערכת החיזוי (איור 7). ניתן לראות שרק שלוש נקודות נמצאות בסמוך לעקום; נקודה אחת נמצאת מעל לעקום (מכאן שהמגיפה התפתחה בקצב מהיר יותר מהחזוי) וארבעת הנקודות האחרות נמצאות מתחת לעקום (מכאן שהמגיפה התפתחה בקצב איטי יותר מהחזוי).

המסקנה שעולה מניתוח זה של התוצאות היא שמערכת החיזוי העומדת בבסיס **פלפלת-3** לא אומתה! מסקנה זו סותרת, לכאורה, את הממצאים שעלו מניתוח נתוני ביצועי המערכת בכללותה (סעיף 1 לעיל). שם הסקנו שביצועי מערכת **פלפלת-3** היו טובים מפני שהשימוש בה איפשר להדביר את המחלה ביעילות הדומה לזו של טיפול הביטוח תוך הפחתה משמעותית במספר הריסוסים. הסבר אפשרי למסקנות סותרות אלה יינתן בסעיף 3, בהמשך.

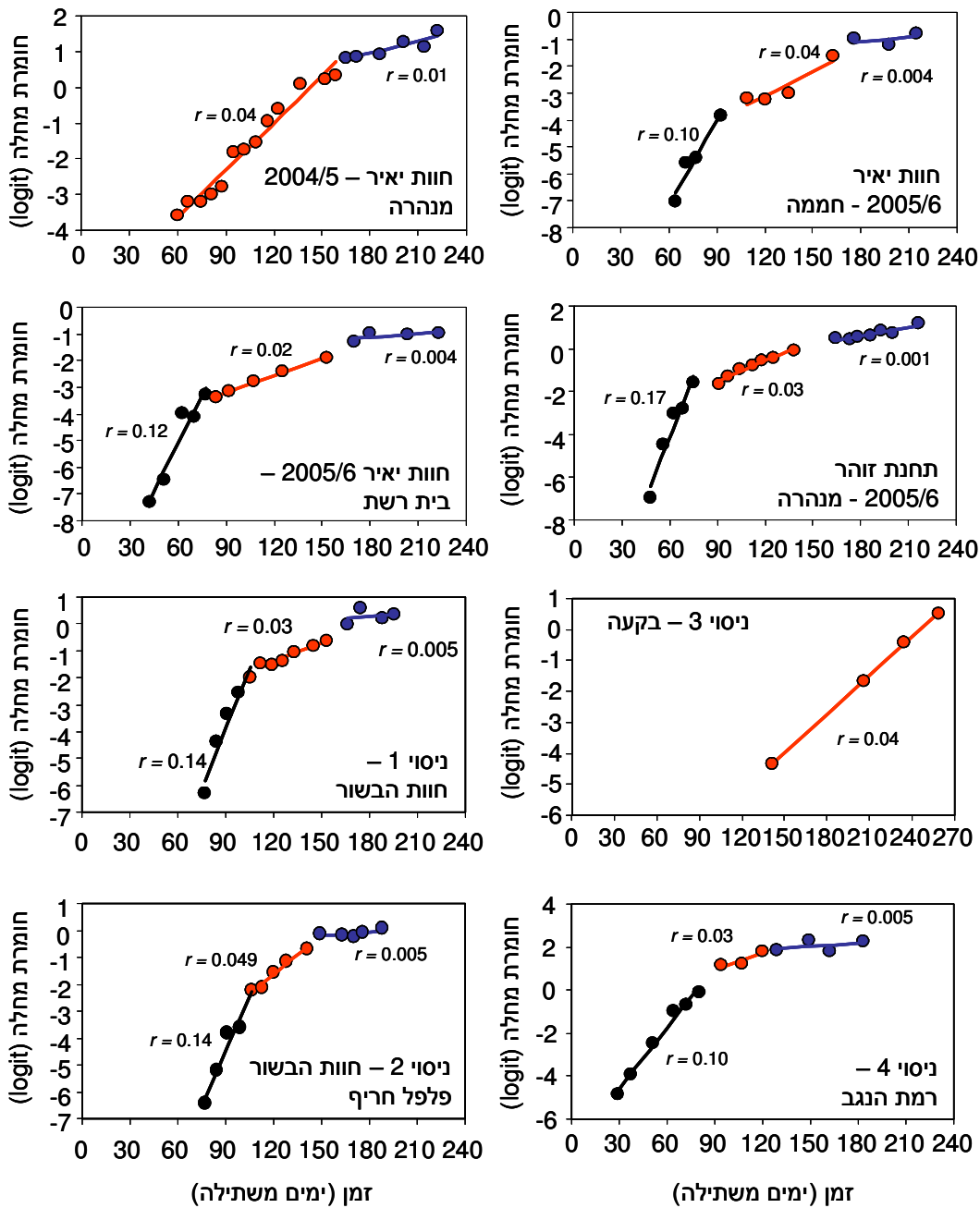
2.4 מועד סיום הריסוסים

לעת עתה מומלץ למגדלים להמשיך ולהגן על הצמחים עד לסוף העונה. כדי לבחון את האפשרות לחסוך בריסוסים האחרונים בחנו בניסויים שבוצעו בעונת 2005/6 אם ניתן להפסיק את ההדברה עוד לפני סוף העונה. ניתוח של הממצאים העלה שיעילות ההדברה נשמרה לתקופה של לפחות חודשיים לאחר שיושם הריסוס האחרון בכל הטיפולים, בכל הניסויים. המסקנה מכך הייתה שניתן לסיים את תקופת ההדברה לפני תום עונת הגידול. מסקנה זו היא הבסיס להגדרה במערכת **פלפלת-3** שהריסוס האחרון ייושם לא יאוחר מחודשיים לפני הקטיפה האחרון. נושא זה נבחן בחלק מהניסויים שבצענו בעונת 2006/7 (טבלה 1). לא נדון כאן בממצאים שעלו בניסויים אך נתייחס לנושא זה בסעיף 5 להלן.

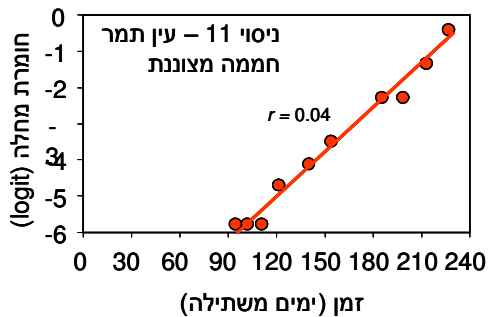
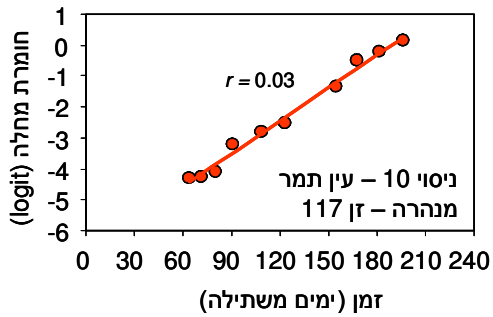
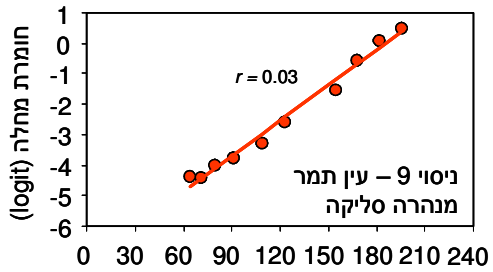
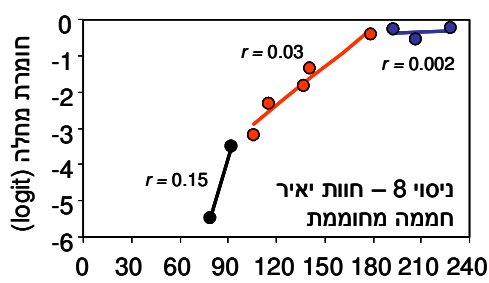
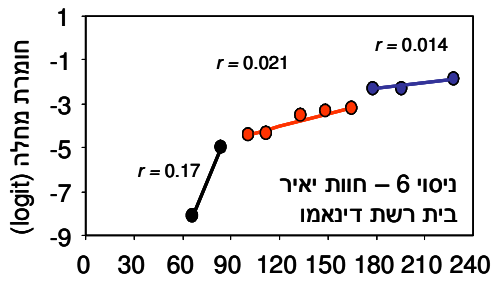
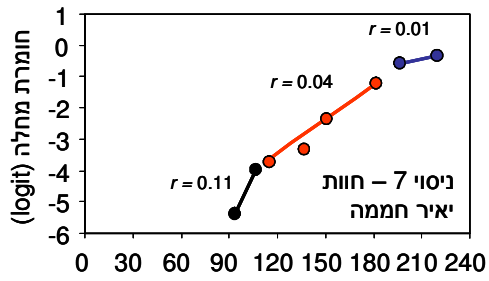
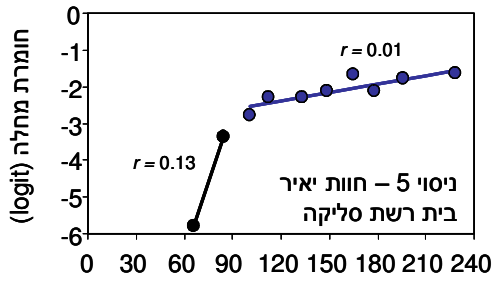
3. הגורמים המשפיעים על התפתחות המחלה

לאחר ביצוע טרנספורמציה logit לעקומי התפתחות המחלה בחלקות ההיקש של ניסויים 1, 2, 7 ו- 8 התברר שבמהלך העונה השתנה קצב התפתחות המחלה בכל הניסויים פעמיים: הקצב היה מהיר יותר בתחילת המגיפה, במועד מסוים (שהיה שונה בין הניסויים) הקצב הואט מכן ולאחר זמן מה הואט שוב לקצב איטי ביותר (איור 9). הנקודה המעניינת היא שאופי התקדמות מגיפה דומה (שלושה קצבים ושתי נקודות פיתול) התקיים בארבעת הניסויים, שבשניים מהם היו תנאי סביבה שונים (ניסוי 7 – חממה רגילה; ניסוי 8 – חממה מחוממת). התברר גם שלעקומי התקדמות המחלה בניסויים שבוצעו בעונות המיזם הקודמות היה אופי דומה (ממצאים אלה מפורטים בדו"ח של מיזם חוסך-פלפל לעונת 2005/6). מאחר ונראה היה שקיימת תבנית אחידה להתפתחות המחלה, בוצע ניתוח של המגיפות בכל טיפולי ההיקש בכל הניסויים שבוצעו במיזם עד כה. בשלב ראשון תוארו עקומי התפתחות המחלה לאורך הזמן הכרונולוגי (תוצאות לא מוצגות). בשלב שני תוארו העקומים כשהמדד בו השתמשנו לתיאור הזמן היה ימים משתילה. לא קיים הבדל עקרוני בין שתי צורות הביטוי הגראפי ולכן מוצגים כאן רק סדרת העקומים השנייה (איור 10). התברר, שלכל עקומי התקדמות המחלה היה אופי דומה. בתשעה ניסויים ניתן היה לחלק את עקום התקדמות המחלה לשלושה קצבים ברורים (כפי שצוין לעיל לגבי ניסויים 1, 2, 7 ו- 8); בשני ניסויים היו שני קצבים (הראשון והשלישי או השני והשלישי) ובארבעה ניסויים היה קצב אחד (הקצב השני). בכל המקרים ניתן היה להגדיר בדיוק של שבוע פחות או יותר את מועד השתנות הקצבים (נקודות הפיתול). החלוקה של הקצבים לקבוצות (הקצב הראשון, השני או השלישי) הייתה על פי הערך המחושב של r ; ההבדלים בקצבי התקדמות המחלה בין ניסויים, באותו השלב של המגיפה, היו קטנים יחסית; לעומת זאת היו הבדלים משמעותיים בקצב התקדמות המחלה בין השלבים (איור 11). הקצב הממוצע (\pm שגיאת תקן) של הקצב הראשון בכל

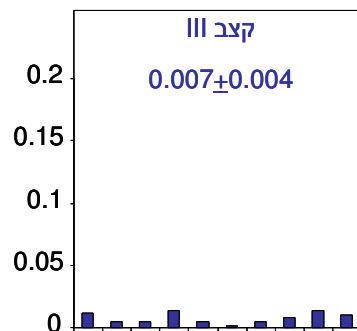
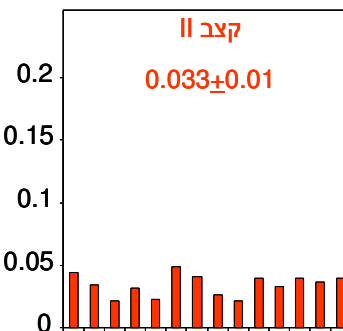
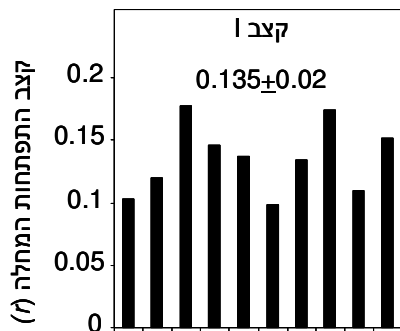
הניסויים היה 0.135 ± 0.02 ; של הקצב השני 0.0033 ± 0.01 ; ושל הקצב השלישי 0.007 ± 0.004 .



איור מספר 10. עקומי התפתחות מחלת הקימחוניית בחלקות ההיקש בניסויים שבוצעו במסגרת מיזם חוסן פלפל כתלות בזמן שעבר מהשתילה. ערכי חומרת המחלה עברו טרנספורמציה מתמטית והם מבוטאים בערכי logit. שיפועי הקווים הישירים מהווים אומדן לקצב היחסי של התקדמות המחלה (r , apparent infection rate).



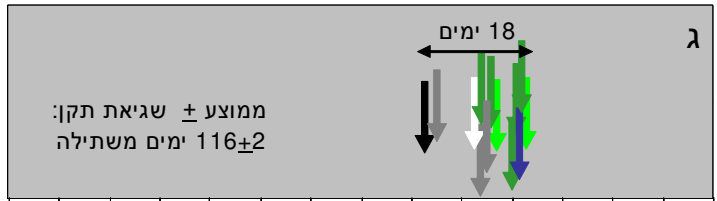
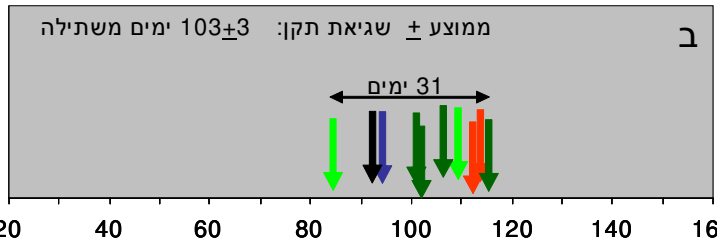
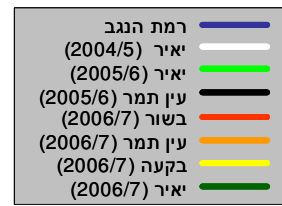
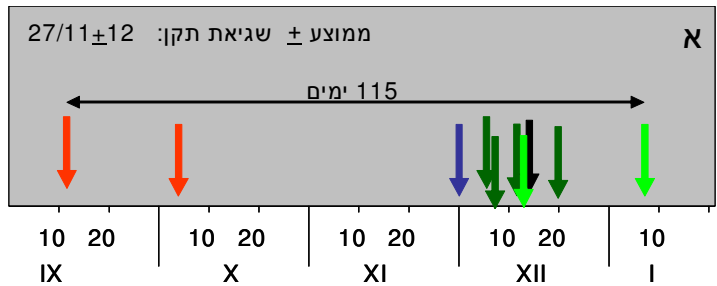
איור מספר 10. המשך.



איור מספר 11, ערכי קצב ההתקדמות היחסי של המחלה (r , apparent infection rate) שחושב עבור הניסויים שבוצעו במסגרת מיזם חוסן פל פל בעונות 2004/5, 2005/6 ו- 2006/7.

העובדה שלעקומי התפתחות המחלה בחלקות ההיקש של הניסויים אופי דומה לא מפתיעה או יוצאת דופן. אופי העקום תלוי ביחסי הגומלין שבין הפתוגן לפונדקאי שלו. אבל, העובדה שהקצבים היחסיים דומים בניסויים שבוצעו במהלך שלוש עונות גידול שונות, בחמישה אזורים בארץ, במבני גידול שונים ובזנים שונים, אינה צפויה. ניתן להסביר ממצאים אלה רק אם תנאי הסביבה ששררו בניסויים לא השפיעו על התפתחות המחלה. הסבר זה נראה לכאורה לא הגיוני כי מקובל וידוע שהגורם המרכזי המשפיע על קצב התקדמות המחלה הוא תנאי הסביבה: כשתנאי הסביבה מיטביים להתפתחות הפתוגן, הקצב היחסי של התקדמות המחלה מהיר ביותר; כשתנאי הסביבה סב-אופטימאליים הקצב איטי יותר וכשהם לא מתאימים כלל הקצב איטי מאד. מקובלה זו הייתה הבסיס למערכת החיזוי הנכללת במערכת **פלפלת-3** (איור 7א).

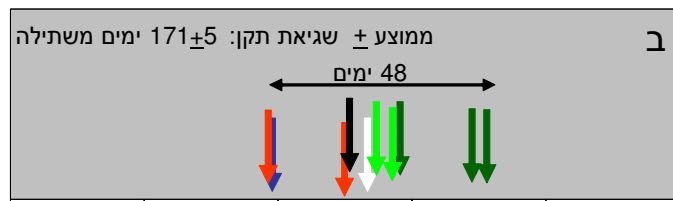
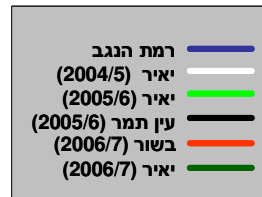
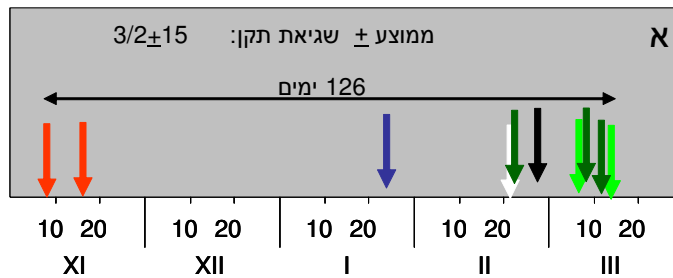
אם תנאי הסביבה אינם הגורם המשפיע על קצב התפתחות המחלה, חשוב לנסות ולהגדיר את הגורם המשפיע מפני שלתובנה זו משמעות רבה בהתווית עקרונות להתמודדות עם המחלה. לשם כך ניסינו לאפיין את המועדים בהם התרחשו נקודות הפיתול בקצב היחסי של התקדמות המחלה. עשינו זאת על ידי הגדרת מדדים כמותיים למועדים בהם התרחשו נקודות הפיתול. המועד, מבחינת התאריך הכרונולוגי, להתרחשות נקודת הפיתול הראשונה לא היה מדד טוב כי היו הבדלים של כארבעה חודשים במועד זה בין הניסויים בניסויים שנשתלו מוקדם (למשל, בחוות הבשור) התרחשה נקודת הפיתול הראשונה בחודשים ספטמבר-אוקטובר; ברוב הניסויים התרחשה נקודת הפיתול בחודש דצמבר ובאחד מהניסויים התרחשה נקודת הפיתול הראשונה בחודש ינואר (איור 12א). לעומת זאת, היה הבדל של כחודש בלבד במועד התרחשות נקודת הפיתול הראשונה בין הניסויים כשמועד התרחשותה הוגדר במונחים של הזמן שעבר מהשתילה. הממוצע ושגיאת התקן היו 103 ± 3 ימים משתילה (איור 12ב). התברר, שנקודת הפיתול הראשונה התרחשה כשבועיים לערך לפני מועד תחילת הקטיף. המועד הממוצע של תחילת הקטיף בניסויים השונים היה 116 ± 2 ימים משתילה (איור 12ג). מאחר והשינוי בקצב התקדמות המחלה (= נקודת הפיתול) התרחש לפני ולא אחרי הקטיף הראשון, הרי שעצם ביצוע פעולות הקטיף לא היה הגורם שהביא לשינוי בקצב התקדמות המחלה.



זמן (ימים משתילה)

איור מספר 12. מועד ההתרחסות של מספר אירועים בניסויים שבוצעו במסגרת מיזם חוסן פלפל. בכל איור מצוין הטווח (בימים) של מועד ההתרחסות בין הניסויים והממוצע ± שגיאת התקן של מועד זה. א. התאריך בו נצפה שינוי בקצב ההתפתחות מחלת הקימחוניית ("נקודת הפיתול הראשונה") בניסויים; ב. הזמן שעבר מהשתילה ועד מועד התרחשות נקודת הפיתול הראשונה; ג. מועד תחילת הקטיפ (בניסויים בהם היבול נאסף).

באותו האופן ניסינו להגדיר מתי התרחשה נקודת הפיתול השנייה, שלאחריה התפתחות המחלה נעצרה כמעט לחלוטין. גם במקרה זה התאריך הכרונולוגי לא היה מדד מאפיין טוב כי היו הבדלים של כארבעה חודשים בין הניסויים (איור 13א). הזמן בימים מהשתילה היה מדד טוב יותר (171 ± 5 ימים משתילה) אך גם במקרה זה היו הבדלים משמעותיים של כחודש וחצי בין הניסויים (איור 13ב). התברר, שהמאפיין הטוב ביותר למועד התרחשות נקודת הפיתול השנייה הוא מועד קטיפ רוב היבול; ברוב הניסויים היה מתאם טוב בין המועד בו נקטפו 85% ויותר מהיבול למועד התרחשות נקודת הפיתול השנייה (תוצאות לא מוצגות).



זמן (ימים משתילה)

איור מספר 13. מועד ההתרחסות של מספר אירועים בניסויים שבוצעו במסגרת מיזם חוסן פלפל. בכל איור מצוין הטווח (בימים) של מועד ההתרחסות בין הניסויים והממוצע ± שגיאת התקן של מועד זה. א. התאריך בו נצפה שינוי בקצב ההתפתחות מחלת הקימחוניית ("נקודת הפיתול השנייה") בניסויים; ב. הזמן שעבר מהשתילה ועד מועד התרחשות נקודת הפיתול השנייה.

המסקנה שעולה מהאמור לעיל היא שגורמים הקשורים לפונדקאי, ולא תנאי הסביבה, משפיעים על התפתחות המחלה. מאחר והקצב היחסי של התפתחות המחלה השתנה עם הזמן, נראה שגורמים הקשורים לשלבי הגידול הפנולוגי של הצמחים, ולא גורמים הקשורים לעמידות גנטית מעורבים בתהליך. נראה, שממועד הופעת סימני הנגיעות הראשונים ובמהלך שלב הצימוח הווגטטיבי ותחילת השלב הרפרודוקטיבי המחלה התפתחה בקצב מהיר יחסית (הקצב הראשון היה 0.135 ± 0.02). במהלך התקופה בה יש עצירה בגידול הווגטטיבי מפני שבו נצבר ונקטף יכול הגל הראשון, קצב התפתחות המחלה היה איטי יותר (הקצב השני היה 0.0033 ± 0.01). לאחר סיום קטיף גל היבול הראשון מתחיל שוב צימוח וווגטטיבי ופריחה שיובילו בהמשך לגל קטיף שני. בכל הניסויים שבצענו חוץ מאחד (הניסוי שבוצע בתחנת זוהר במנהרה עבירה בעונת 2005/6) הסתיימו הניסויים בשלב זה. בכל מקרה, בשלב זה היה קצב התפתחות המחלה איטי מאד (הקצב השלישי, 0.007 ± 0.004). מניתוח זה עולה לכאורה שהגורמים הקובעים את קצב התפתחות המחלה קשורים לשלב הפנולוגי וליחסי מקור-מבלע בצמחים. מסקנה זו מתאימה לממצאים שעלו בניסויים שבצענו בתחנת יאיר בעונת 2005/6. באחד הטיפולים הוסרו בשלבי העונה הראשונים כל הפרחים מהצמחים ובכך הקטנו משמעותית את חוזק המבלע. בצמחים אלה לא נעצר הצימוח הווגטטיבי כמו בצמחים שגדלו באופן נורמאלי (ובהם התפתחו פירות) וחומרת המחלה בהם הייתה גבוהה יותר באופן מובהק מחומרתה בצמחים בהם נוצרו הפירות.

התובנות שתוארו כאן מאפשרות גם להבין את הסתירה לכאורה שתוארה בסעיף 2.3 לעיל. כזכור, מצאנו שביצועי מערכת **פלפלת-3** היו טובים למרות שמערכת החיזוי העומדת בבסיסה שגויה. מניתוח הממצאים שתוארו בפסקאות הקודמות של סעיף זה התברר שהמחלה התפרצה בקצב המהיר ביותר בשלבים הראשונים של העונה, בסתיו. בשלבים אלה, ברוב הניסויים, הייתה טמפרטורת הלילה בטווח שהוגדר על פי מערכת החיזוי כטווח המיטבי להתפרצות המחלה ולכן באופן מקרי "המליצה" מערכת **פלפלת-3** ליישם אז ריסוסים בתכיפות המרבית. ברוב הניסויים החלו לקטוף את היבול בחודשי החורף. מניתוח הממצאים שתוארו בפסקאות הקודמות של סעיף זה התברר שקצב התפתחות המחלה אז השתנה והפך לאיטי יותר. בגלל שטמפרטורות הלילה בתקופה זו נמוכות יותר, "המליצה" מערכת **פלפלת-3** באופן בלתי תלוי (ומקרי?) לרווח בין הריסוסים או לא לרסס כלל. מניתוח הממצאים שתוארו בפסקאות הקודמות של סעיף זה גם התברר שעם סיום הקטיף המחלה לא מתפתחת יותר. באופן בלתי תלוי "המליצה" מערכת **פלפלת-3** לא לרסס יותר אחרי סיום הקטיפים. מכאן עולה שביצועי המערכת היו טובים לא בגלל שהבסיס הביולוגי שלה היה נכון, אלא בגלל צירוף מקרים מוצלח (ומקרי?). כמובן שלא ניתן להשתמש במערכת בשלב זה.

4. השפעת מחלת הקימחוניית על היבול ותרומת הריסוסים המיושמים להדברתה

מחלת הקימחוניית עלולה לפגוע ביבול הפלפל בכמה צורות. נבגי הפטרייה *Leveillula taurica* המחוללת את מחלת הקימחוניית בפלפל מתפתחים על העלים; בתחילה נראים סימני המחלה האופייניים בצידם התחתון של העלים אך במגפות חמורות ניתן לראות גם את הסימפטומים גם על החלקים העליונים של העלים. כתוצאה מכך יש פחיתה בשטח העלווה הירוק, המטמיע, וירידה בכמות המוטמעים המועברים לפירות המתפתחים. צמח הפלפל נחשב לאחד מהגידולים הרגישים ביותר למחלת הקימחוניית ונזק נגרם לצמחים גם מנשירה של עלים המתרחשת גם ברמות מחלה לא גבוהות. תופעת נשירת העלים מחלישה את הצמחים לעיתים עד כדי תמותה וחושפת את פירות הפלפל למכות שמש, הפוסלות את הפירות הפגועים לשווק. בנגיעות גבוהה מתרחשת גם נשירה של פרחים ובכך עלול להיפגע גל היבול הבא. המידע על הנזקים הפוטנציאליים החמורים העלולים להיגרם על ידי המחלה הוא הגורם למאמצי המגדלים למנוע את התפתחותה ולריסוסים התכופים המיושמים לשם כך. במשך השנים בוצעו על ידי אחרים ניסויים רבים בהם נבחנו גורמים שונים הקשורים לבקרת המחלה. למרות זאת, רק במספר ניסויים קטן נעשה מאמץ לאמוד ולכמת את הנזק שגורמת המחלה ליבול למעשה. מידע בנושא זה פורסם, למשל, בעבודת המוסמך של יואל מסיקה שם נמצא שהמחלה אכן עלולה לגרום לנזקים משמעותיים, בייחוד במקרים בהם הגידול נמשך ונאסף גל היבול השני.

במהלך שלוש העונות של מיזם חוסן-פלפל ביצענו חמישה עשר ניסויים בהם נאסף היבול ונשקל. היבול מוין ונקבעה כמות היבול באיכות יצוא. הממצאים שימשו לבחינת שתי שאלות, השונות זו מזו במהותן הביולוגית ובדרך בה נותחו הנתונים כדי לענות עליהן. השאלה הראשונה הייתה אם הדברת המחלה באמצעות ריסוסים מעלה את היבול. כדי לענות על שאלה זו בחנו והשוונו את צבירת היבול בטיפול בו הצמחים לא רוססו כלל (טיפול היקש) לצבירת היבול בטיפול בו הושגה ההדברה הטובה ביותר האפשרית (טיפול הביטוח). בניתוח זה בחנו אם היבול בחלקות המרוססות היה גבוה מיבול חלקות ההיקש באמצעות ניתוח שונות. השאלה השנייה הייתה אם מחלת הקימחוניית משפיעה על היבול. כדי לענות על שאלה זו בחנו את מובהקות פונקציית הנזק. פונקציית הנזק היא פונקציית המתארת באופן כמותי את הקשר של עוצמת המגיפה ליבול. קשר זה נבחן באמצעות רגרסיה, ובניתוחים נכללו כל הטיפולים שהיו בכל אחד מהניסויים שבצענו. אם משוואת הרגרסיה המאפיינת את פונקציית הנזק מובהקת הרי שהמחלה משפיעה על היבול; אם היא אינה מובהקת, המסקנה היא שהמחלה לא משפיעה על היבול. הניתוחים בוצעו עבור ערכי היבול הכללי (תוצאות לא מפורטות) וגם עבור היבול באיכות יצוא. במקרה זה לא נכללו, כמובן, הפירות הקטנים והפירות עליהם היו סימני פגיעה ממכות שמש או אחרות. בניסויים שבוצעו במהלך שלוש עונות המחקר התפתחו מגיפות בעוצמה שונה. בשלושה ניסויים התפתחו בחלקות ההיקש מגיפות קלות (חומרת המחלה המרבית הייתה נמוכה מ-30%); בשבעה ניסויים התפתחו בחלקות ההיקש מגיפות בחומרה בינונית (חומרת

המחלה המרבית הייתה בין 30 ל – 60%) ובארבעה ניסויים התפתחה בחלקות ההיקש מגיפות קשות (חומרת המחלה המרבית עלתה על 60%). בשלושה ניסויים (מנהרה עבירה בתחנת יאיר בעונת 2004/5; מנהרה עבירה בתחנת זוהר בעונת 2005/6; ובית רשת ברמת הנגב בעונת 2006/7) הייתה המגיפה כה קשה עד כי התרחשה נשירת עלים משמעותית בחלקות ההיקש. בכל חלקות טיפול הביטוח, בכל הניסויים, הייתה ההדברה יעילה והנגיעות הייתה נמוכה ביותר (0-10%) במהלך כל העונה. בארבע-עשר מתוך 15 הניסויים, לא היו הבדלים משמעותיים בצבירת יבול הגל הראשון בין חלקות ההיקש לחלקות טיפול הביטוח; רק בשניים מתוך 15 הניסויים היו הבדלים מובהקים ביבול הכולל המצטבר בין הטיפולים. בניסוי שבוצע בתחנת זוהר במנהרה עבירה בעונת 2005/6 המשיך קטיף היבול גם לגל השני ואז נמצא הבדל מובהק בין שני הטיפולים (איור 14). פונקציה הנזק הייתה מובהקת רק בניסוי אחד מתוך 15 הניסויים שבוצעו (איור 14).

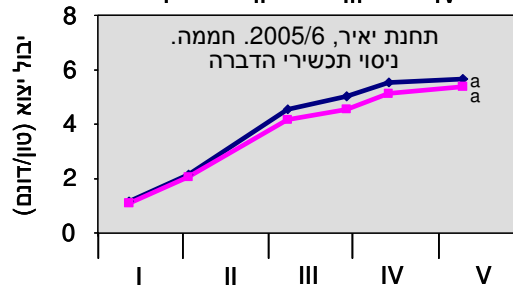
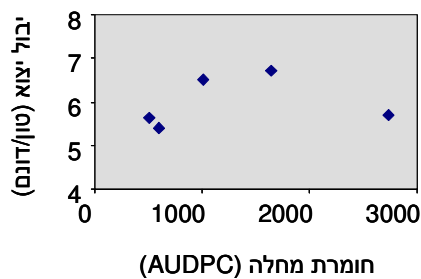
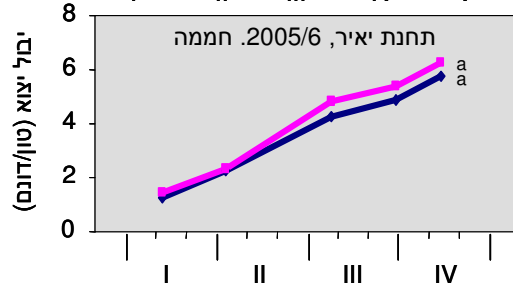
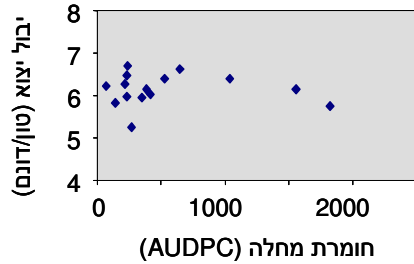
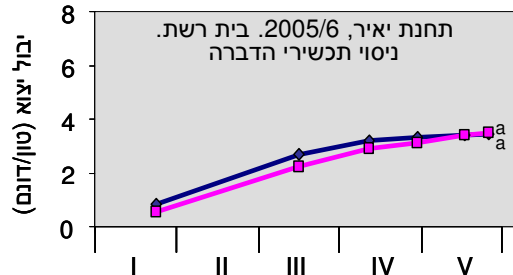
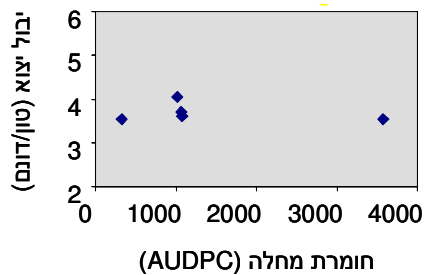
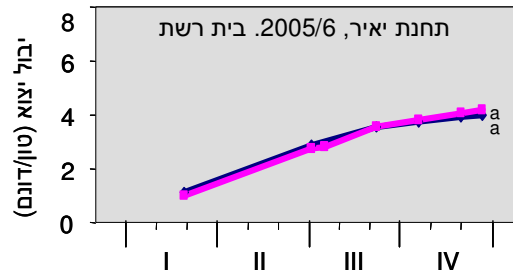
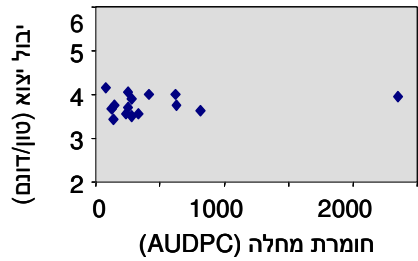
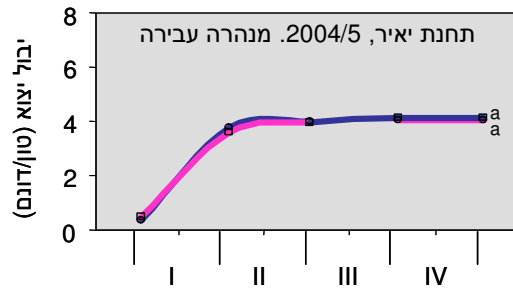
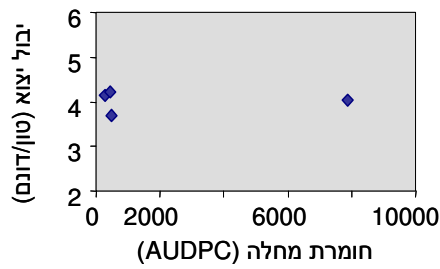
ממצאים אלה היו לא צפויים כי מקובל להניח שמחלת הקימחוניית מסכנת את יבול הפלפל. בחינה מדוקדקת של עקומי התפתחות המחלה ועקומי צבירת היבול סיפקה הסבר אפשרי לממצאים. התברר, שברוב הניסויים התפרצה המחלה רק אחרי שרוב היבול כבר נצבר. ההתפרצות המאוחרת של המחלה לא הייתה יכולה להשפיע על צבירת היבול שנקטף בגל הראשון ולכן לא היו ברוב הניסויים הבדלים ביבול בין חלקות ההיקש לחלקות המרוססות ופונקציות הנזק לא היו מובהקות. בניסוי בו התפרצה המחלה מוקדם (רמת הנגב, 2006/7) היה הבדל מובהק ביבול בין חלקות ההיקש לחלקות המרוססות ובניסוי בו נקטף גם יבול הגל השני היה הבדל מובהק בין הטיפולים.

המסקנה שעולה ממצאים אלה היא שהנזק הנגרם ממחלת הקימחוניית ליבול תלוי במועד הופעתה והתפרצותה, יחסית למועד בו נצבר היבול. הדבר נכון לגבי גל הקטיף הראשון וגם לגבי גל הקטיף השני. בכל מקרה, נראה שהנזק אותו גורמת המחלה ליבול קטן ממה שמקובל להניח מפני שהצמחים מסוגלים לפצות במידה מסוימת על הפגיעה בשטח המטמיע. חשוב גם לציין שרוב הניסויים שבצענו הסתיימו בחודשים אפריל-מאי והסבירות לפגיעה בפירות ממכות שמש בתקופה זו אינה גבוהה.

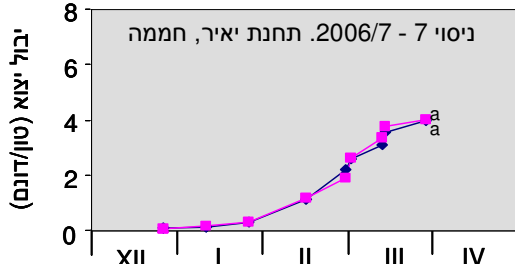
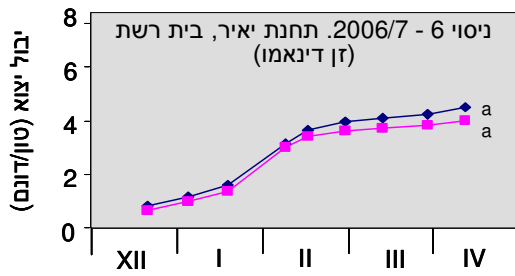
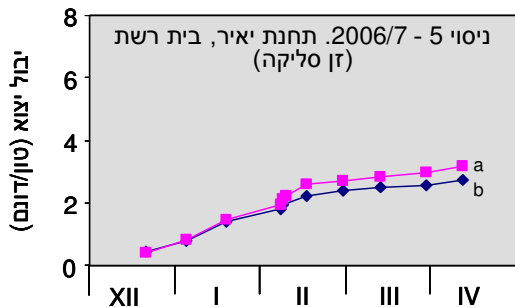
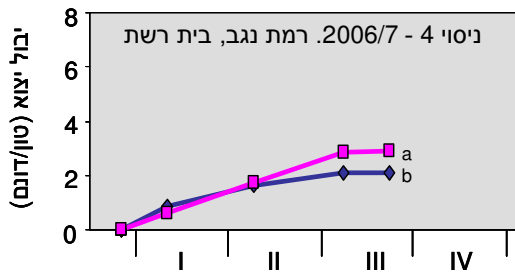
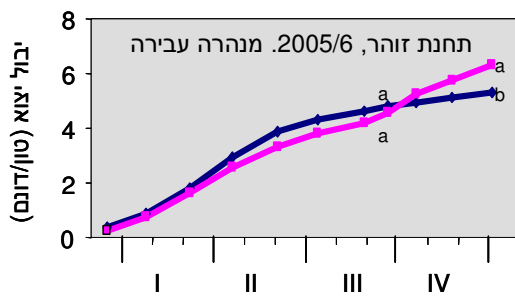
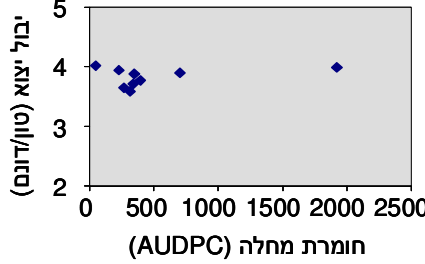
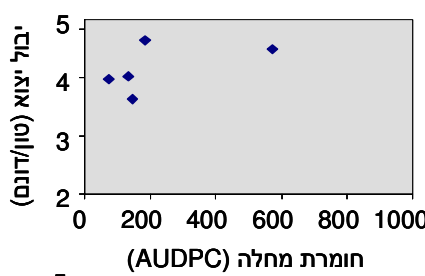
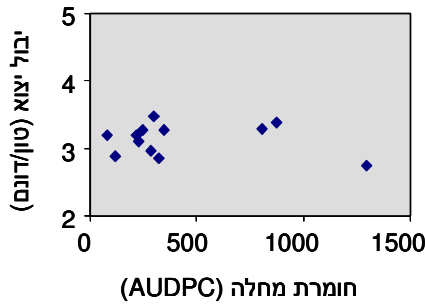
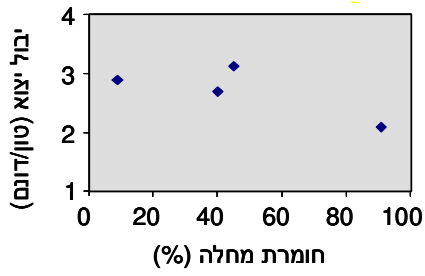
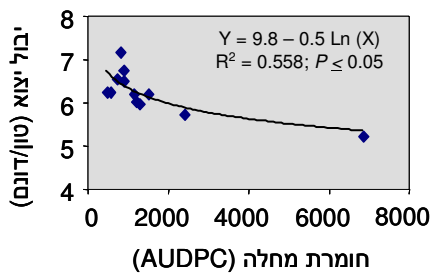
5. מסקנות שעלו מהממצאים עד כה

במהלך שלוש העונות בהם מתבצע מיזם חוסן-פלפל בצענו 15 ניסויים בחמישה אזורים בארץ. בניסויים אלה נצבר ידע רב לגבי הגורמים המשפיעים על התפתחות המחלה ועל יחסי הגומלין בין הפתוגן לפונדקאי. מידע זה יכול לשמש לקביעת האסטרטגיה המיטבית למניעת הנזק הנגרם על ידי המחלה ליבול ולאיכותו, תוך שימוש מזערי בתכשירי הדברה. על פי המידע שהצטבר בידנו על לכתובת דו"ח זה נראה שהגורם המרכזי הקובע את התפתחות המחלה (לאחר הופעתה) הוא הפונדקאי, ובאופן ספציפי, יחסי המקור-מבלע התלויים בשלב ההתפתחות הפנולוגי של הפונדקאי. מאחר והקצב היחסי של התפתחות המחלה בשלבי ההתפתחות השונים של הפונדקאי היו קבועים, פחות או יותר, ניתן לחזות

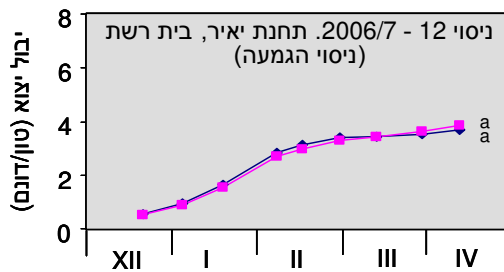
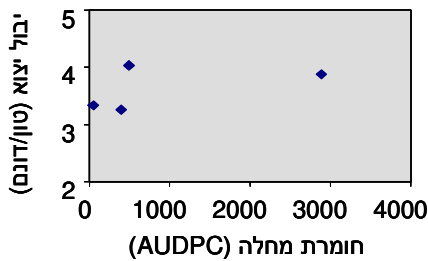
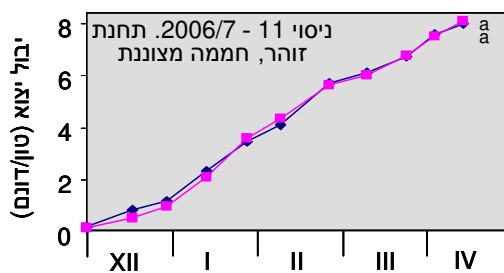
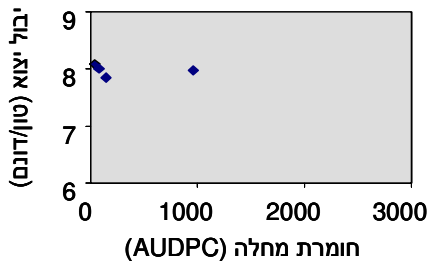
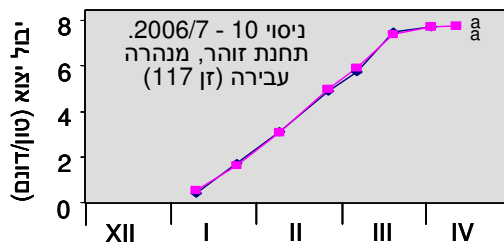
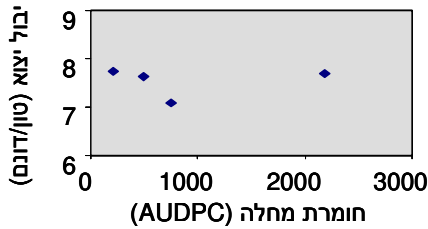
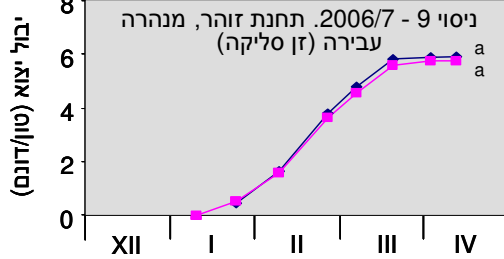
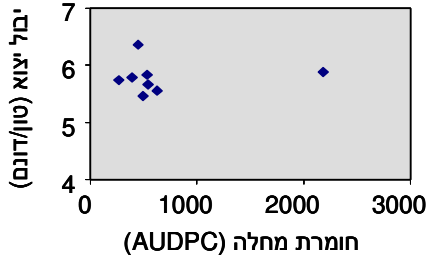
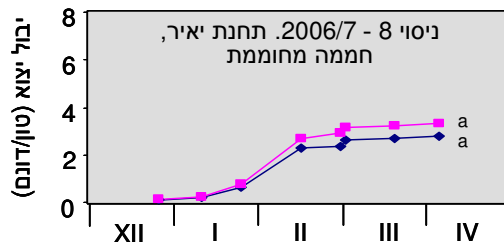
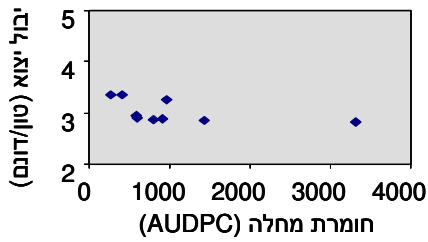
כיצד תתפתח המחלה כתלות במועד הופעתה. דוגמא להדמיה כזו מופיעה באיור 15. ככל שהמחלה מופיעה מוקדם יותר בעונה, כך חמורה יותר עוצמתה וגוברים הסיכויים שיגרם נזק ליבול הגל הראשון. המגיפה שהתפתחה בהדמיה בה מועד הופעת המחלה היה יום 42 לשתילה דומה למגיפה שהתפתחה בניסוי מספר 4 בעונת 2006/7 (הניסוי שבוצע ברמת הנגב) ובו נגרם נזק מובהק ליבול הגל הראשון. המגיפות שהתפתחו בהדמיות בהן היה מועד הופעת המחלה 62 או מאוחר יותר דומים למגיפות שהתפתחו בניסויים בהם לא נגרם נזק מובהק ליבול הגל הראשון. חומרת המחלה בסוף גל הקטיף הראשון היא זו שתקבע, כנראה, אם יגרם נזק ליבול במידה ויקטף גם גל היבול השני.



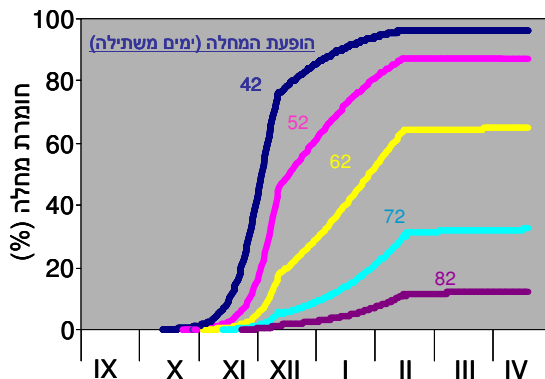
איור מספר 14. **בטור הימני:** עקומי צבירת יבול הפלפל באיכות יצוא בחלקות שלא רוססו כנגד קימחוניית (היקש, בצבע ורוד) ובחלקות שהוגנו ברציפות בתכשירי הדברה (טיפול הביטוח, בצבע כחול) בחמישה עשר ניסויים שבוצעו בעונות 2004/5, 2005/6 ו- 2006/7 במסגרת מיזם חוסן פלפל. ערכים שלידם אותיות שונות שונים זה מזה במובהק כנקבע על פי מבחן HSD ברמת מובהקות של $P \leq 0.05$. **בטור השמאלי:** פונקציות הנזק של אותם הניסויים המתארות את הקשר בין הנגיעות (בערכי AUDPC) ליבול כפי שהוערכו ונמדדו בכל הטיפולים שנכללו בניסוי. במקרים בהם פונקציית הנזק מובהקת. מצוינת משוואת הרגרסיה ורמת המובהקות. המשך האיור בעמודים הבאים.



איור מספר 14. המשך.



איור מספר 14. המשך.



איור מספר 15. הדמיה של הקשר בין מועד הופעת סימני המחלה הראשונים להתפתחות מחלת הקימחוניית במהלך כל העונה. נתוני היסוד להדמיה: מועד השתילה - 31 לאוגוסט; הקצב היחסי של התפתחות המחלה (r , apparent infection rate), ממועד ההופעה המצוין באיור ועד ליום 103 מהשתילה - 0.135; הקצב היחסי של התפתחות המחלה מיום 103 ועד יום 171 משתילה - 0.03; הקצב מיום 171 ועד לסוף = 0.007.

מהאמור עד כה ניתן להגדיר את אסטרטגיית ההדברה המיטבית, כלהלן: יש להשקיע את מירב מאמצי ההדברה בחלק הראשון של העונה, ממועד זיהוי סימני המחלה הראשונים ועד לשבועיים שלושה לפני תחילת קטיף גל היבול הראשון. במהלך תקופה זו צפוי שהמחלה תתפתח בקצב המרבי האפשרי שלה ולכן יש ליישם כנגדה ריסוסים במרווח התכוף ביותר הנחוץ. בניסויים שבצענו בעונת 2005/6 מצאנו שניתן ליישם ריסוסים מידי שבועיים ולהדביר את המחלה ביעילות. המשך פעולות ההדברה תלוי בעוצמת המחלה בתחילת הקטיף ובאם יש כוונה להמשיך ולקטוף את פירות הגל השני. אם חומרת המחלה בתחילת הקטיף נמוכה עד בינונית ואין כוונה להמשיך ולקטוף את יבול הגל השני, ניתן להפסיק את הריסוסים במועד זה. אם יש כוונה להמשיך ולקטוף את יבול הגל השני, כדאי להמשיך ליישם ריסוסים במרווחים גדולים (למשל, פעם בחודש). עקרונות אלה הם הבסיס לגרסה מספר 4 של מערכת תומכת ההחלטה, **פלפלת-4** שתבחן בסדרה של ניסויים שיתקיימו באזורי הארץ השונים בעונת 2007/8.

הערה חשובה

המתואר בדו"ח זה משקף ממצאים ניסויים שלא אומתו עדיין. מאחר ולא ניתן לשלול את האפשרות שהעונות בהן בוצעו הניסויים אינן מאפיינות בהכרח את המתרחש, יתכן שהמסקנות לא יהיו תקפות בעונות גידול אחרות או במקומות אחרים, בהם שוררים תנאים שונים.

לכן, אין להשתמש במסקנות שתוארו כאן כבסיס לשינוי אסטרטגיית ההדברה הנוכחית בגידול המסחרי. ניתן יהיה לעשות זאת רק לאחר שיאספו ממצאים מאזורים נוספים ומעונות גידול נוספות.

הבעת תודה

מיזם חוסן-פלפל מומן על ידי שולחן מגדלי הפלפל במועצת הצמחים ועל ידי קרן המדען הראשי של משרד החקלאות ופיתוח הכפר. תודתנו החמה מסורה להם.