



2002-2004

תקופת המחקר:

132-1109-04

קוד מחקר:

*Subject:* DEVELOPMENT OF INTEGRATED  
MANAGEMENT SYSTEM IN ORGANIC  
GREENHOUSES.

*Principal investigator:* DAN SHTIENBERG

*Cooperative investigator:* YIGAL ELAD, LEA TSROR,  
YOEL MESIKA, MIRIAM TRAGARMAN

*Institute:* Agricultural Research Organization (A.R.O)

*שם המחקר:* פיתוח ממשק להדברה משולבת  
של מחלות נוף בחממות אורגניות.

חוקר ראשי: דן שטיינברג

חוקרים שותפים: יגאל אלעד, לאה צרור, יואל  
מסיקה, מרים טרגרמן

מוסד: מינהל המחקר החקלאי, ת.ד. 6 בית דגן  
50250

## תקציר

### הצגת הבעיה:

מחלות נוף (ובעיקר מחלת הכימשון הנגרמת על ידי הפטרייה *Phytophthora infestans*) מהוות גורם מגביל בגידול עגבניות אורגני ובעיה חמורה בגידול הקונבנציונאלי. פיתוח ממשק יעיל להתמודדות עם המחלות הוא תנאי להצלחת הגידול והענף וזו מטרת תוכנית המחקר.

### מהלך ושיטות עבודה:

במהלך שלוש שנות המחקר בצענו ניסויים במעבדה, בחממות מחקר ובחדרי גידול במרכז וולקני ובחממות בחוות הבשור. בניסויים בתנאים מבוקרים גודלו צמחי עגבנייה בעציצים ואולחו בצורה מלאכותית. בניסויים אלה נבחנו תכשירי הדברה חדשים המתאימים לחקלאות האורגנית בהשוואה ליעילות התכשירים המקובלים. בנוסף, עסקנו בנושאים הקשורים לאפידמיולוגיה של המחלה ולאופטימיזציה של הדברתה. בתחנת הבשור גודלו צמחי עגבנייה בחממות בתנאים המדמים גידול מסחרי ושיטות החקלאות האורגנית. נבחנה יעילותם של אמצעים שונים להתמודדות עם המחלות וכומתה התרומה היחסית של כל אחד מהם בנפרד ובמשותף עם האחרים.

### תוצאות עיקריות:

מספר תכשירים המתאימים לחקלאות האורגנית הראו יעילות בניסויי המעבדה אך לא בחממות דמוי-מסחריות. יעילות התכשירים הפרוטקטנטים תלויה במועד יישום יחסית למועד ההדבקה: הם יעילים רק אם יישמו לפני, או עד שעתים אחרי, ההדבקה. חיפוי קרקע בפוליאיתילן אפור בצד העליון הפחית בצורה משמעותית את נגיעות הנוף במחלות המעודדות בלחות גבוהה. סניטציה (הרחקת הרקמות הצמחיות הניזונות) הפחיתה בצורה משמעותית את הפגיעה מהמחלות המתפתחות על גבי הגבעולים והגורמות להגורים ולתמותת הצמחים.

### מסקנות והמלצות:

המטרה המרכזית של אסטרטגיית ההתמודדות עם הכימשון צריכה להיות מניעת היווצרות מוקדי נגיעות בגבעולים. ניתן להשיג זאת על ידי כמה קווי הגנה. מטרת קו ההגנה הראשון היא למנוע את הדבקת הטרפים. זאת, על ידי הפחתת כמות המידבק ההתחלתי (הנמצא במרבית המקרים מחוץ לחממה), מניפולציה של תנאי המיקרואקלים בחממה (על ידי חיפוי קרקע בפוליאיתילן אפור) ושימוש בתכשירי הדברה. קו ההגנה השני מופעל כאשר המחלה ניגעה את הטרפים. מטרתו הנה להאט ולמנוע את התקדמות המחלה מהטרפים לגבעולים. זאת, על ידי הרחקת אברי הצמח הנגיעים (סניטציה) והעלאת טמפרטורת האוויר בחלל החממה אל מעבר לזו המיטביה להתקדמות הפתוגן על פטוטרות העלים.

דו"ח מסכם לתוכנית מחקר מספר 132-1109-04  
מוגש לקרן המדען הראשי של משרד החקלאות

# פיתוח ממשק להדברה משולבת של מחלות נוף בחממות אורגניות

על ידי

ד' שטיינברג, י' אלעד, ל' צרור  
המחלקה לפתולוגיה של צמחים ומדע העשבים, מינהל המחקר החקלאי  
מ' טרגרמן, א' מתן  
מו"פ דרום  
שה"מ, משרד החקלאות

בשיתוף עם ח' וינטל (מרכז וולקני) וא' אדלר (שהם)

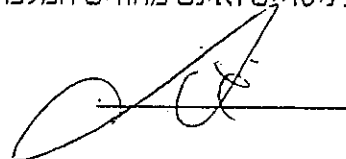
*Development of integrated approach for management of  
foliar diseases of tomatoes grown in organic greenhouses*

by

**Shtienberg D., Elad, Y., Tsrer, L.**  
*Department of Plant Pathology and Weed Sciences, ARO, Bet Dagan 50250, Israel*  
[e-mail: D. Shtienberg: danish@volcani.agri.gov.il]  
**Tregerman, M., Matan, E.**  
*R&D Darom*  
**and Mesika, Y.**  
*The Extension Service, Ministry of Agriculture, Bet Dagan-50250.*

In cooperation with **Vintal H** (*Volcani Center*) and **Adler U** (*Extension*)

הממצאים בדו"ח זה הינם תוצאות ניסויים ואינם מהווים המלצות לחקלאים

חתימת החוקר: 

## ב. מבוא

עגבניות הגדלות בחממה חשופות לפגעים רבים התוקפים את נוף הצמחים ועלולים לגרום לנזקים משמעותיים ואף לסכן את הגידול כולו. הבעיה תמורה בגידול קונבנציונאלי והיא קשה הרבה יותר בגידול אורגני משום שאמצעי ההדברה העומדים לרשות המגדלים האורגנים מעטים ויעילותם מוגבלת. ממשק ההדברה המקובל כיום בחקלאות האורגנית מבוסס באופן כמעט בלעדי על אמצעי הדברה אחד: ריסוסים שבועיים בתערובת של תכשיר נחושתי (לדוגמא, קוצייד) בתערובת עם נימג'רד. אולם, יעילותו של טיפול זה מוגבלת; כשכמות המידבק ההתחלי גבוהה וכשתנאי הסביבה מעודדים את התפתחות הפתוגנים, כמעט בלתי אפשרי לעצור את התפרצות המחלות ולמנוע את הנזק. צפוי שבשנים הקרובות הבעיה עוד תחריף מפני שהשימוש בתכשירי נחושת יוגבל. לכן, חשוב לפתח בהקדם האפשרי ממשק הדברה חלופי, יעיל יותר. הדרך הטובה ביותר להתמודד עם פתוגנים היא על ידי יישום של עקרונות ההדברה המשולבת לפיהם תכשירי ההדברה הם רק מרכיב אחד ממכלול של אמצעים המיושמים בו זמנית או בזה אחר זה, על פי הצורך. אמצעי ההדברה הנוספים בהם ניתן להשתמש הם עמידות גנטית, מדבירים ביולוגיים ושיטות אגרוטכניות. מובן שעל כל אחד מהאמצעים הנכללים במערכת ההדברה המשולבת להתאים לממשק הגידול המיוחד של החקלאות האורגנית. יישום מוצלח והדיר של אמצעי ההדברה השונים מחייב הבנה של הדרך בה משפיע כל אחד מהם על המגיפה, ולכן למחקר אפידמיולוגי מלווה יש חשיבות רבה. המטרה ארוכת הטווח של המחקר הייתה לפתח ממשק להדברה משולבת של מחלות נוף בחממות עגבנייה אורגניות. סביר להניח שהעקרונות שיגובשו לגידול האורגני יתאימו גם להתמודדות עם מחלות אלה בגידול הקונבנציונאלי. המחלה החמורה ביותר של עגבניות חממה בישראל (בגידול האורגני כמו גם בגידול הקונבנציונאלי) היא מחלת הכימסון הנגרמת של ידי הפטרייה *Phytophthora infestans*. לכן, הושקעו מרב מאמצי המחקר לפיתוח אמצעים שיאפשרו להתמודד ביעילות עם מחלה זו. מחלות אחרות בהן עסקנו במהלך המחקר היו עובש אפור (*Botrytis cinerea*), קימחוני (*Leveillula taurica*), קימחון (*Oidium neolycopersici*) ועובש עלים (*Cladosporium fulvum*). מפאת קוצר המקום ידווחו כאן הממצאים הקשורים למחלת הכימסון; הממצאים הקשורים למחלות האחרות לא יפורטו בדו"ח זה.

## ג. פירוט הניסויים שבוצעו

במהלך שלוש שנות המחקר בצענו ניסויים במעבדה, בחממות מחקר הממוקמות במינהל המחקר החקלאי בבית דגן ובחממות הממוקמות בחוות הבשור. בניסויים שבוצעו בחממות המחקר ובחדרי צמיחה בבית דגן גודלו צמחי עגבניה בעציצים ואולחו בצורה מלאכותית. בניסויים אלה נבחנה היעילות של תכשירי הדברה חדשים המתאימים לחקלאות האורגנית בהשוואה ליעילות התכשירים המקובלים כיום. בנוסף, עסקנו בנושאים שונים הקשורים לאפידמיולוגיה של המחלה ולאופטימיזציה של הדברתה. בסדרת תצפיות וניסויים שבוצעה בתחנת הניסיונות בשור גודלו צמחי עגבנייה בחממות בתנאים המדמים גידול מסחרי ושיטות המקובלות בחקלאות האורגנית. בניסויים נבחנה יעילותם של אמצעים שונים להתמודדות עם המחלות וכומתה התרומה היחסית של כל אחד מהם בנפרד ובמשותף עם האחרים. במהלך הניסויים בצענו מדידות והערכות שונות ששימשו לחקר השפעת תנאי הסביבה על הפתוגן ולהבנת הדרך בה משפיעים אמצעי ההדברה בהם השתמשנו על המגיפות שהתפתחו. ממצאי המחקר היוו את הבסיס לפיתוח ממשק חדש להתמודדות עם מחלות הנוף של העגבניה המתאים לחקלאות האורגנית (אך גם לחקלאות הקונבנציונאלית). ממשק זה נבחן בשנת המחקר האחרונה על ידינו ובצורה מבוקרת גם בתצפיות שבוצעו בחממות מסחריות, בניהולו של יואל מסיקה משה"מ.

## 1. שימוש בעמידות גנטית

בעונת 2001/2 בוצע ניסוי אחד ובעונת 2002/3 בוצעו שני ניסויים בהם נבחנה תגובתם של זני עגבנייה שונים למחלת הכימסון. הניסויים הוצבו במתכונת של אקראיות גמורה או בלוקים באקראי וכללו ששה עד שמונה

טיפולים (זני עגבנייה) כל אחד. גודל כל חלקת ניסוי היה 5-7 מ' לאורך שורה, וכל טיפול (זן) חזר חמש פעמים. הצמחים גודלו בשיטות המקובלות בחקלאות האורגנית ורוססו כנגד הכימסון בנימגרד+קוצייד מידי שבוע עד עשרה ימים. למרות זאת התפתחה המחלה, וחומרתה הוערכה ויזואלית כמה פעמים. תוצאות אחת מהערכות הנגיעות מוצגות בטבלה 1. השונות בנגיעות בין חזרות שונות של אותו הזן הייתה גבוהה בניסוי שבוצע בעונת 2001/2 וההבדלים בחומרת המחלה בין הזנים לא היו מובהקים. בשני הניסויים שבוצעו בעונת 2002/3 הייתה השונות בין החזרות נמוכה יותר, אך גם בניסויים אלה לא היו הבדלים מובהקים בחומרת המחלה בין הזנים. מכאן עולה שלא קיימים עדיין זני עגבניות המגלים עמידות, ולו בינונית, למחלת הכימסון. המסקנה העיקרית מסדרת ניסויים זו היא שלא ניתן עדיין להשתמש בעמידות גנטית ככלי למניעת נזקי הכימסון, ויש הכרח להתמקד בפיתוח ויישום גישות ואמצעים אחרים להתמודדות עם המחלה.

**טבלה מספר 1:** השפעת העמידות הגנטית על חומרת הנגיעות במחלת הכימסון בניסויים שבוצעו בחוות הבשור בעונות 2001/2 ו-2002/3. הערכות הנגיעות בוצעו בתאריכים 2 לינואר, 2002 ו-13 לפברואר, 2003.

ניסוי 2 - 2002/3			ניסוי 1 - 2002/3			ניסוי 1 - 2001/2		
חומרת מחלה (%)	שגיאת תקן	זן	חומרת מחלה (%)	שגיאת תקן	זן	חומרת מחלה (%)	שגיאת תקן	זן
28.0	5.5	144	6.4	2.3	1903	31.0	18.6	139
19.0	4.1	1457	4.6	1.0	1450	23.7	12.5	1309
22.0	3.7	תומס	4.2	1.3	דנוור	45.0	9.6	196
22.0	5.5	קרפטון	9.6	4.1	Risoca	25.0	11.9	קונציטה
18.4	6.6	643	7.2	1.8	נסיכה	18.7	7.7	496
39.0	7.9	איכרס	14.2	5.8	שנון	26.2	8.6	303
			4.6	1.7	2764	15.0	8.4	316
			7.4	0.7	אלגנס	41.2	12.9	522
28.0			14.1			55.1		LSD

בכל ניסוי, ההבדלים בחומרת הנגיעות בין הזנים לא היו מובהקים.

## 2. שימוש בהדברה כימית

בכל ממשק הדברה שהוא האמצעי הבסיסי להתמודדות עם מחלות הוא תכשירי הדברה. מאחר והשימוש בתכשירי נחושת בחקלאות האורגנית מוגבל כבר כיום ויופחת בעתיד, חשוב ביותר למצא תכשירים חלופיים שיעמדו לרשות המגדלים. לכן, בחנו במסגרת תוכנית מחקר זו את כל התכשירים הפוטנציאליים הקיימים בשוק הישראלי. התכשירים נבחנו תחילה בסדרת ניסויים שבוצעה במינהל המחקר החקלאי בבית דגן. התכשירים שנמצאו יעילים בניסויים אלה נבחנו בשנה העוקבת בחממות חוות הבשור.

### 2.1.1. בחינת היעילות של תכשירי הדברה חדשים המתאימים לחקלאות האורגנית

#### ניסויים בתנאים מבוקרים

במהלך שלוש שנות המחקר נבחנו יעילותם של תכשירי ההדברה כנגד מחלת הכימסון בניסויים שבוצעו בתנאים מבוקרים, בהדבקה מלאכותית. התכשירים סופקו על ידי יבואני ויצרני התכשירים, והריכוזים בהם השתמשנו נקבעו בהתיעצות עימם. צמחי עגבנייה גודלו בעציצים עד שהגיעו לגודל של כ-10 עלים אמיתיים. הם רוססו בתכשירי ההדברה עד נגירה ולאחר 24 שעות אולחו בתרחיף שהכיל מנבגים של הפטרייה *P. infestans* בריכוז בין  $10^2$  ל-  $10^4$  מנבגים לס"מ<sup>2</sup>. לאחר האילוח כוסו הצמחים בשקיות פוליאיתילן לשמירה על לחות יחסית גבוהה והונחו להדגרה בתא גידול בטמפרטורה של  $19 \pm 2$  מעלות צלזיוס. בחלק מהניסויים השקיות נשארו סגורות במהלך כל הניסוי (והתפתחה בהם נגיעות גבוהה במיוחד) ובאחרים נפתחו השקיות אחרי 24-36 שעות. האילוחים בוצעו בצורות שונות ובריכוזי מדבק שונים כדי להגיע לשונות בעוצמת המחלה המתפתחת. זאת בהנחה שיש תכשירים המגלים יעילות רק כשפוטנציאל המחלה נמוך או בינוני. הצמחים נשארו בחדר הגידול למשך 14-21 ימים נוספים. צמחים שרוססו במים ואולחו בפטרייה שימשו כהיקש מאולח, ואחרים שרוססו במים ולא אולחו בפטרייה שימשו כהיקש לא מאולח. צמחי ההיקש הוחזקו בתנאים דומים לצמחים המרוססים והמאולחים.

סימני המחלה הראשוניים נראו 4-7 ימים לאחר ההדבקה והשפעת הטיפול הוערכה מידי 3-5 ימים לאחר מכן. המדד המוערך היה חומרת המחלה (באחוזים). בדיווח זה יוצגו ערכי חומרת המחלה במועד ההערכה האחרונה בכל ניסוי, שבוצעה כשבועיים-שלושה לאחר האילוח. בסך הכל בוצעו 11 ניסויים ונבחנו בהם 20 תכשירים שונים, חלקם נבחנו בכמה ריכוזים וחלקם נבחנו גם בשילוב עם תכשירים אחרים. שמות התכשירים והריכוזים בהם יושמו מופיעים בטבלאות 2-4; בניסויים נכללו 3 תכשירים כימיים, 14 מיצויים צמחיים ו-3 מיקרואורגניזמים (תכשירי הדברה ביולוגיים). יחידת הניסוי בסדרת ניסויים זו הייתה עציץ בודד, וכל טיפול כלל 4-6 חזרות. הניסויים הוצבו במתכונת של אקראיות גמורה.

בכל הניסויים שבוצעו לא נפגעו צמחי ההיקש הלא מאולח מפתוגנים; בצמחי ההיקש המאולח התפתחה המחלה בחומרה שנעה בין 32.5 ל-100%. יעילות הטיפול הסטנדרטי (קוצייד+נימגרד) שיושם כהשוואה הייתה גבוהה בכל הניסויים וחומרת המחלה בצמחים המטופלים בתכשירים אלה הייתה נמוכה במובהק מזו של צמחי ההיקש. יעילותם של רוב התכשירים החדשים, בכל הריכוזים שנבחנו לא הייתה מספקת. חומרת הנגיעות בצמחים המטופלים, גם אם הייתה נמוכה במובהק מזו של צמחי ההיקש המאולח, הייתה גבוהה. במספר מקרים גם נראו סימני פגיעה (פיטוטוקסיות) בצמחים המטופלים. אולם, כמה מהתכשירים שנבחנו הפחיתו את הנגיעות ביעילות שלא נפלה מזו של טיפול הסטנדרטי, לפחות בניסוי אחד. התכשירים היו אינולקס (מיצוי מצמח הטיון הדביק), נימגרד משופר (תערובת של אינולקס ונימגרד), טימור C וטימור D (תואריות שונות של מיצוי מעץ התה וצמח הסופורה) (טבלאות 2-4). המסקנה העיקרית מסדרת ניסויים זו הייתה שכדאי לבחון תכשירים אלה בניסויים המבוצעים בתנאי גידול מסחריים, בהדבקה טבעית.

**טבלה מספר 2:** יעילות תכשירי הדברה המתאימים לחקלאות אורגנית כנגד מחלת הכימשון בעגבניות בארבעה ניסויי עציצים שבוצעו בשנת 2002. המספרים מבטאים את חומרת המחלה הממוצעת בכל אחד מהטיפולים.

טיפול	ניסוי 1	ניסוי 2	ניסוי 3	ניסוי 4
היקש מאולח	99.6 א*	32.5 א	100.0 א	98.5 א
קוצייד (0.5%)	6.5 ג	0.0 ג	60.0 ב	14.1 ב
נימגרד (2%)	71.3 ב	26.2 א	97.2 א	90.1 א
קוצייד (0.5%) + נימגרד (2%)	5.0 ג	0.8 ג	7.0 ד	2.3 ג
נימגרד משופר (3%)	7.2 ג	2.5 ג	20.0 ג	7.6 בג
אינולקס (2.7%)	-	-	15.8 גד	0.1 ג
טריכודקס (0.3%)	-	-	92.1 א	96.3 א
סרנד (0.5%)	98.2 א	40.0 א	99.6 א	95.8 א
סונטה (0.5%)	-	-	96.3 א	99.7 א
רמנוליפיד (0.01%)	-	-	97.5 א	95.0 א
M-3 (1%)	-	-	92.6 א	100.0 א
טימור (1%)	-	-	96.3 א	95.8 א
פימון (1%)	-	-	92.1 א	94.1 א
מילסנה (1%)	-	-	95.1 א	95.8 א

\*מספרים שלידם אותיות שונות זה מזה במובהק כנקבע על פי מבחן LSD ברמת מובהקות של  $P \leq 0.05$ .

### ניסויים בחממה בתנאי גידול מסחריים

יעילותם של האינולקס ושל תואריות שונות של מיצויים מצמח עץ התה האוסטרלי נבחנו בניסויים שבוצעו בחוות הבשור בעונות 2003/4 ו-2004/5 בהתאמה. בניסויים אלה התפתחו מגיפות כימשון קשות שמקורן בהדבקה טבעית. בחינת תכשירי ההדברה הייתה חלק מסדרת ניסויים שבוצעה בחדרים של "פרויקט 16". לצורך מחקר זה הוקצבו (בכל שנה) 8 חדרים שגודל כל אחד מהם  $20 \times 16$  מ'. בחדרים הוצבו כמה ניסויים ותצפיות; חלקם כללו את כל החדרים וחלקם - רק חלק מהם. ככלל, מתכונת הניסויים הייתה תלת-גורמית בחלקות מפוצלות פעמיים. הגורם הראשון שהוצב בחלקות הראשיות היה חיפוי הקרקע ביריעת פוליאיתילן כאמצעי למניפולציה של תנאי המיקרואקלים השוררים בחלל המבנה. גורם זה יפורט בהמשך. הגורם השני שהוצב בחלקות המשניות הראשיות היה תכשירי הדברה. חדרי הגידול חולקו לשתי קבוצות שבכל אחת מהן נכללו חדרים עם קרקע חשופה וחדרים עם קרקע מחופה בפוליאיתילן. בכל אחד מחדרי הגידול (החלקות הראשיות)

סומנו חלקות המשנה שגודל כל אחת מהן היה שורת צמחים כפולה לאורך 10 מ'. כך, שבכל חלקה ראשית היו 10 חלקות משנה שהיוו את יחידות הניסוי ובהם יוּשְׁמו תכשירי ההדברה השונים. בניסוי שבוצע בעונת 2003/4 בשיתוף עם חברת סמדר נבחנו יעילותו של האינולקס. ניסוי זה כלל 5 טיפולים (תכשירי הדברה), כלהלן. 1. היקש; 2. קוצייד (300 ג' לדונם) + ניםגרד (2%); 3. אינולקס 0.25%; 4. אינולקס 0.5%; 5. אינולקס 1%. תכשירי ההדברה יוּשְׁמו באמצעות מרסס מפוח מוטורי, פומית מספר 4, בנפח תרסיס של 50 ליטר לדונם. הריסוס הראשון יושם ב- 2.12.03 והריסוסים העוקבים יוּשְׁמו מידי 6-8 ימים עד ל- 24.2.04. בסך הכול יוּשְׁמו בניסוי זה 13 ריסוסים. מתכונת הניסוי הייתה בלוקים באקראי והוא כלל שמונה חזרות; ארבע מהן היו בחדרים החשופים וארבעת הנותרים בחדרים שהקרקע שלהן תופתה בפוליאאתילן.

**טבלה מספר 3:** יעילות תכשירי הדברה המתאימים לחקלאות אורגנית כנגד מחלת הכימסון בעגבניות בארבעה ניסויי עציצים שבוצעו בשנת 2003. המספרים מבטאים את חומרת המחלה הממוצעת בכל אחד מהטיפולים.

ניסוי 4	ניסוי 3	ניסוי 2	ניסוי 1	יבואן <sup>1</sup>	תכשיר (וריוכוז)
0	0	0	0		היקש לא מאולח
א 96.8	א 85.6	א 99.0	א 100.0		היקש מאולח
ג 1.0	ג 0.2	ג 4.7	ב 1.4	2+1	קוצייד (0.5%) + ניםגרד (2%)
-	-	א 100.0	א 94.7	3	קיצוי מעץ ה- Neem (2%)
-	-	*	א 70.0	3	מסטקס (תערובת מוכנה)
-	-	א 97.2	אב 80.0	3	תמצית סרפד (תערובת מוכנה)
-	-	א 100.0	א 96.0	3	תמצית סירפד + תמצית אורגנו (תערובת מוכנה)
-	-	ב 47.5	-	4	פימונקס B (1%)
-	-	א 80.0	-	4	טימור C (1%)
ג 8.0	ג 6.8	ג 7.5	-	4	טימור D (1%)
ג 2.6	א 78.5	-	-	5	תרכיז הדרים (0.4%)
* 19.0	* 50.0	-	-	5	תרכיז הדרים (0.8%)
ב 24.0	-	-	-	6	ציטרופרש (1%)
ג 5.4	ב 32.0	-	-	6	ציטרופרש (2%)
-	* 2.6	-	-	6	ציטרופרש (3%)

<sup>1</sup> היבואנים: 1 = פדרמן ובניו; 2 = אגרון; 3 = תומר טבע; 4 = ביו-מור; 5 = אחים מילצין; 6 = יוגב שרותים ותשומות לחקלאות. <sup>2</sup> מספרים בכל ניסוי שלידם אותיות שונות שונים זה מזה במובהק נקבע על פי מבחן LSD ברמת מובהקות של  $P \leq 0.05$ . <sup>3</sup> תאים או מספרים שלידם כוכב מציינים הופעת סימני פיטוטוקסיות בצמחים המרוססים.

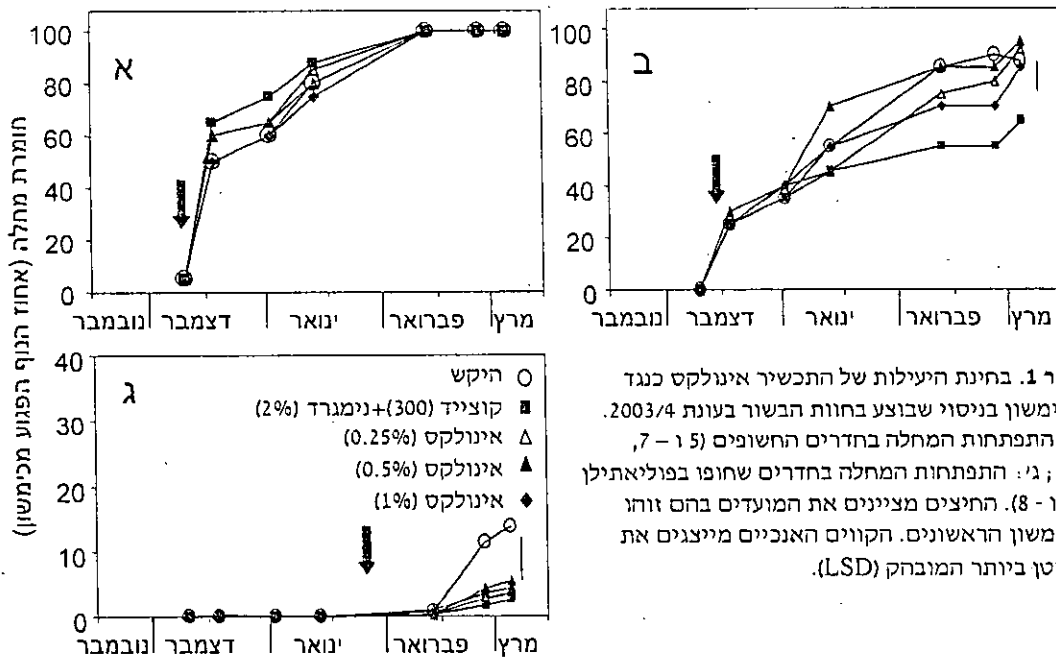
**טבלה מספר 4:** יעילות תכשירי הדברה המתאימים לחקלאות אורגנית כנגד מחלת הכימסון בעגבניות בשלושה ניסויי עציצים שבוצעו בשנת 2004. המספרים מבטאים את חומרת המחלה הממוצעת בכל אחד מהטיפולים.

ניסוי 3	ניסוי 2	ניסוי 1	יבואן	תכשיר (וריוכוז)
0	0	0	-	היקש לא מאולח
א 68.7	א 91.2	א 93.2	-	היקש מאולח
א 60.0	-	אבג 40.0	3	טימור (1.5%)
אב 48.7	-	אבג 55.0	3	טימורקס (1.5%)
בג 17.0	א 77.5	-	3	טימור C (0.5%)
-	א 90.0	-	3	טימור C (1.0%)
-	-	ד 15.0	3	טימור C (1.5%)
בג 37.5	-	ד 3.5	3	טימור D (1.5%)
אבג 45.0	-	אב 73.7	3	פימונקס (1.5%)
-	-	אב 71.2	4	Biolux New (0.1%)
-	א 91.2	-	4	Biolux New (0.5%)
-	א 90.0	-	4	Biolux New (1.0%)
בג 17.0	א 87.5	-	4	Biolux New (1.5%)
ג 7.2	-	-	1+2	קוצייד (0.5%) + ניםגרד (2%)

<sup>1</sup> היבואנים: 1 = פדרמן ובניו; 2 = אגרון; 3 = ביו-מור; 4 = אחים מילצין; <sup>2</sup> מספרים שלידם אותיות שונות שונים זה מזה במובהק נקבע על פי מבחן LSD ברמת מובהקות של  $P \leq 0.05$ . <sup>3</sup> תאים או מספרים שלידם כוכב מציינים הופעת סימני פיטוטוקסיות בצמחים המרוססים.

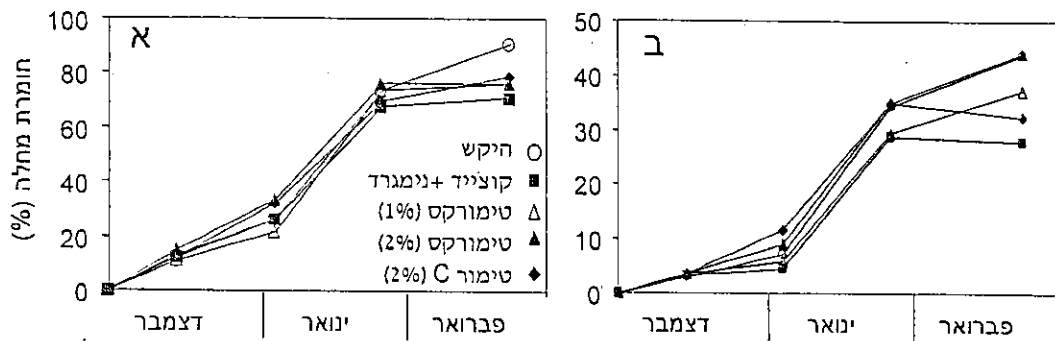
סימני הכימסון הראשונים בשטח הניסוי נראו בתחילת חודש דצמבר בחדרים החשופים שמספרם 5 ו- 7; כחודש וחצי מאוחר יותר, בסוף חודש ינואר, נראו סימני המחלה הראשונים בחדרים המחופים בפוליאאתילן

שמספרם 6 ו- 8. בכל המקרים, מקור המידבק היה טבעי. בגלל ההבדלים במועד התפרצות הכימסון בין החדרים החשופים והמחופים יתוארו הממצאים ויערך דיון אודות התוצאות על פי מועד ההופעה של המחלה בחדרים השונים. בחדר 5 עלתה הנגיעות בחלקות ההיקש במהירות ובתוך שבועיים הייתה חומרת המחלה 50% ויותר; בתוך שבועיים נוספים הושמדו למעשה הצמחים בחדר זה. לאף אחד מתכשירי הדברה שנבחנו לא הייתה השפעה כל שהיא על התפתחות המחלה איור מספר 1א). בחדר החשוף השני (חדר 7) זוהתה המחלה לראשונה כשבוע מאוחר יותר. קצב התפתחותה היה איטי יותר, אבל בסופו של דבר נפגעו גם הצמחים בחדרים אלה בצורה קשה. לא היה הבדל בנגיעות בין החלקות שרוססו בתכשירי ההדברה השונים לבין חלקות ההיקש עד לאמצע חודש ינואר. ממועד זה ואילך החלו להיווצר הבדלים בנגיעות ועד לסוף הניסוי הייתה הנגיעות בחלקות שרוססו בקוצייד+נימגרד נמוכה במובהק מנגיעות חלקות ההיקש. הנגיעות בחלקות שרוססו בריכוזי האינולקס השונים לא הייתה שונה במובהק מנגיעות חלקות ההיקש (איור מספר 1ב). בשני החדרים שחופו בפוליאטילן התפתחה המחלה באופן שונה מאשר בחדרים החשופים: סימני הכימסון הראשונים נראו רק בסוף חודש ינואר, ועליה בנגיעות נצפתה רק בסוף חודש פברואר. חומרת הנגיעות בסוף הניסוי בחלקות ההיקש לא עלתה על 15%. הטיפול בקוצייד+נימגרד ובאינולקס (בכל הריכוזים שנבחנו) הפחית את הנגיעות במובהק יחסית לנגיעות חלקות ההיקש (איור מספר 1ג). המסקנה העיקרית מניסוי זה הייתה שלמרות שהאינולקס הפחית במקרים מסוימים את הנגיעות, יעילותו לא הייתה מספקת (כמו גם יעילות הטיפול הסטנדרטי).



בעונת 2004/5 בוצע ניסוי דומה בשיתוף עם חברת ביומור בו נבחנו יעילותם של תואריות שונות של מיצויים צמחיים. כעקרון, הוצב הניסוי במתכונת דומה לזו שתוארה למעלה לגבי ניסוי האינולקס. הטיפולים שנכללו בניסוי זה היו: 1. היקש; 2. קוצייד (300 ג' לדונם)+נימגרד (2%); 3. טימורקס 1%; 4. טימורקס 2%; 5. טימור C 2%. טימורקס מכיל מיצוי מעץ התה וטימור C (המכונה על ידי החברה גם 'סופרנו') מכיל בנוסף מיצוי מצמח הסופורה. תכשירי ההדברה יושמו באמצעות מרסס מפוח מוטורי. הריסוס הראשון יושם בסוף חודש נובמבר והריסוסים העוקבים יושמו מידי שבוע לערך. גם בניסוי זה היו הבדלים בהתפתחות המחלה בין החדרים החשופים לבין אלה שהקרקע שלהם חופתה בפוליאטילן, ולכן יוצגו גם כאן התוצאות בנפרד. סימני המחלה הראשונים נראו בחדרים בהם בוצע הניסוי באמצע חודש נובמבר. הנגיעות נצפתה בחדרים החשופים וגם בחדרים המחופים, אך קצב התפתחות המחלה בחדרים החשופים הייתה מהירה יותר, ועד סוף חודש ינואר הושמדו למעשה הצמחים בחדרים אלה. בחדרים המחופים התקדמה המחלה לאט יותר אך בחלק מהחדרים המחופים הייתה חומרתה גבוהה, בסופו של דבר. ללא תלות באם הקרקע חופתה בפוליאטילן או לא, אף אחד מטיפולי

ההדברה, כולל הטיפול הסטנדרטי, לא הפחית את חומרת הנגיעות במובהק בהשוואה לחלקות ההיקש שלא רוססו כלל (איור מספר 2). המסקנה העיקרית מניסוי זה היא שלא ניתן בשלב זה להשתמש בתכשירים שנבחנו כנגד מחלת הכימשון בצורה מסחרית. חשוב לחזור ולציין את חוסר היעילות של הטיפול הסטנדרטי. הסבר אפשרי לתוצאה זו הוא חומרת המחלה הגבוהה ביותר בעונה זו.



איור מספר 2. בחינת היעילות של מספר מיצויים מעץ התנה האוסטרלי כנגד מחלת הכימשון בניסוי שבוצע בחוות הבשור בעונת 2004/5. א': התפתחות המחלה בחדרים החשופים; ב': התפתחות המחלה בחדרים שהקרקע שלהם חופתה בפוליאתיילן. ההבדלים בנגיעות בין הטיפולים השונים לא היו מובהקים ( $P = 0.05$ ).

## ג.2.2. אופטימיזציה של ההדברה הכימית

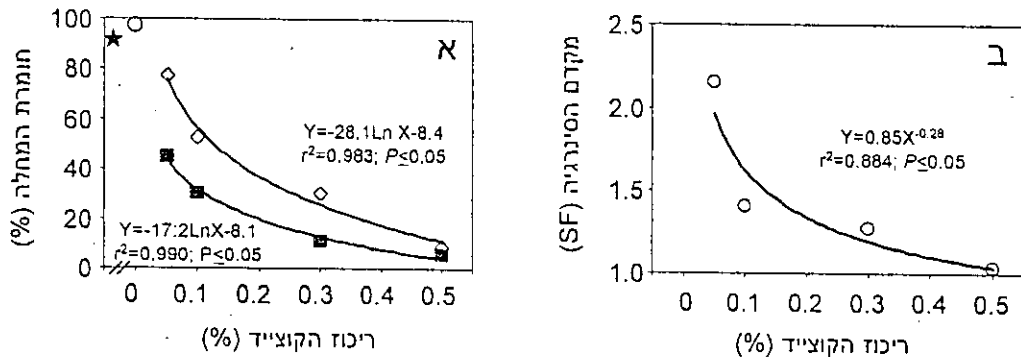
### הפעילות המשותפת של קוצייד ונימגרד

בחלק מהניסויים שבצענו בשנת המחקר הראשונה נמצא שתוספת נימגרד (2%) לקוצייד (0.5%) שיפרה את יעילות האחרון במובהק (טבלה 2). בניסויים אלה הפעילות המשותפת של שני התכשירים הייתה סינרגיסטית. חשוב היה לאשש ממצאים אלה ובנוסף, לברר האם ניתן להפחית את מינון הקוצייד בגלל פעילותו המשופרת כשהוא מיושם יחד עם הנימגרד. כדי לבחון שאלה זו בצענו ניסויים בעציצים במינהל המחקר החקלאי ובצמחים בחוות הבשור. בניסוי העציצים יושם הקוצייד בסדרת ריכוזים עולה לבדו, או בשילוב עם נימגרד. ריכוז הנימגרד היה קבוע (2%) בכל הטיפולים בהם הוא שולב. תכשירי ההדברה יושמו במכון להנדסה חקלאית על ידי דר' אברהם גמליאל וצוותו. כצפוי, יעילות הקוצייד עלתה עם העלייה בריכוזו ובריכוז המסחרי (0.5%) הייתה יעילותו גבוהה מ-90%. כמו בניסויים הקודמים, הנימגרד, כשיושם לבדו לא הפחית את חומרת המחלה יחסית לצמחי ההיקש המאולחים. אולם, כשהוסף הנימגרד לקוצייד שופרה יעילות האחרון בכל הריכוזים שנבחנו. התרומה היחסית של השילוב קטנה עם העלייה בריכוז הקוצייד מאחר ובריכוזי הקוצייד הגבוהים הייתה יעילותו גבוהה ממילא. הפעילות המשותפת של שני תכשירי ההדברה חושבה באמצעות נוסחאות Abbott. מקדם הסינרגיה (Synergy factor, SF) הוא מקדם המבטא את הפעילות המשותפת של שני תכשירי ההדברה. כשהערך של מקדם הסינרגיה הוא 1, הפעילות המשותפת של שני התכשירים היא אדיטיבית (תוספתית); כשערכו קטן מ-1, פעילותם המשותפת היא אנטגוניסטית וכשהערך גדול מ-1 הפעילות היא סינרגיסטית. בכל טווח ריכוזי הקוצייד שנבחנו מקדם הסינרגיה של שילובו עם נימגרד היה גדול מ-1, ערך המצביע על פעילות סינרגיסטית של שני התכשירים (איור מספר 3).

הפעילות המשותפת של קוצייד ונימגרד נבחנה בניסויים שבוצעו בחוות הבשור בחדרים של פרויקט 16 בעונות 2002/3 ו-2003/4. הניסויים כללו ארבעה טיפולים כלהלן: 1. היקש; 2. קוצייד (0.5%); 3. נימגרד (2%); 4. קוצייד (0.5%) + נימגרד (2%); הם הוצבו בלוקים באקראי בשמונה חזרות; גודל כל חלקת ניסוי היה צמד שורות צמחים לאורך 10 מ'. הריסוסים יושמו מידי 7-10 ימים במרסס גב מוטורי. בניסוי שבוצע בעונת 2002/3 נראו סימני הכימשון הראשונים ב-16 לינואר, 2003 ובתוך ימים ספורים עלתה הנגיעות (בחלק מהחלקות) בצורה ניכרת. בדו"ח זה יפורטו תוצאות הערכת הנגיעות שבוצעה בתאריך 13 לפברואר. לאחר ניתוח הנתונים התברר שישנם הבדלים משמעותיים בנגיעות בין החדרים ובין הבלוקים בתוך החדרים. לכן, לערכים הממוצעים אין במקרה זה משמעות רבה והממצאים לא נותחו על ידי ניתוחי שוניות (ANOVA) אלא בדרך הבאה. בכל

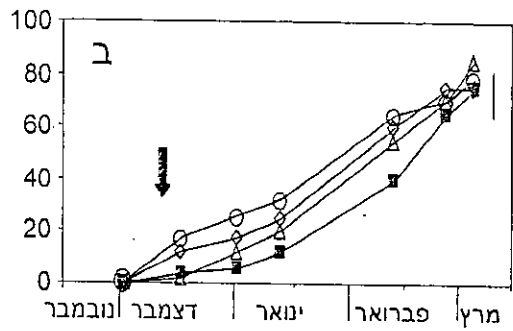
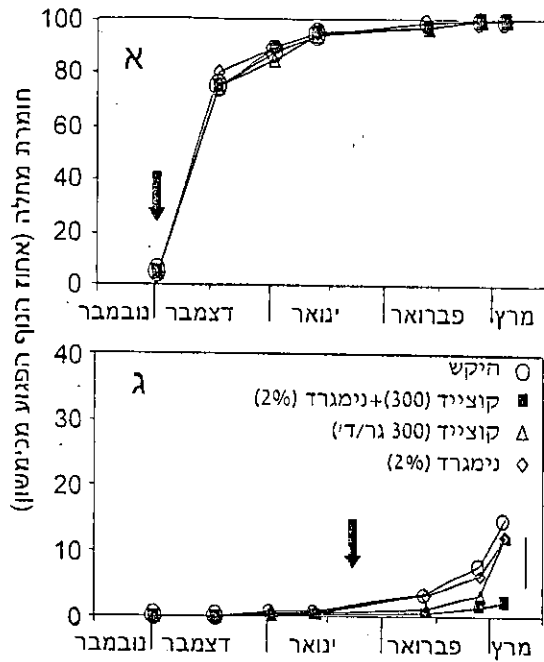


טיפול, השווינו את חומרת הנגיעות בכל אחד מהבלוקים לנגיעות שהוערכה בחלקת ההיקש של אותו הבלוק. מאחר והניסוי כלל בסך הכול 8 חזרות (בלוקים), בוצעו 8 השוואות כאלה. התברר, שלגבי כל אחד מהטיפולים התקיים קשר ליניארי בין חומרת המחלה בחלקות המרוססות לחומרתה בחלקות ההיקש. משוואות הרגרסיה שחושבו היו מובהקות מאד ( $P \leq 0.01$ ) בכל המקרים (איור מספר 4). השוואת שיפועי הרגרסיה מלמדת על יעילות התכשירים, כלהלן. התכשיר נימגרד לא היה יעיל כנגד הכימסון מפני שהנגיעות בחלקות שרוססו בנימגרד הייתה דומה לזו שהוערכה בחלקות ההיקש המקבילות: שיפוע קו הרגרסיה של הנימגרד לא היה שונה משיפוע שערכו 1, המרמז על התאמה מוחלטת בנגיעות בין החלקות המרוססות לחלקות (איור מספר 4). לעומת זאת, שיפועי קווי הרגרסיה של טיפול הקוצייד וטיפול הקוצייד+נימגרד היו נמוכים במובהק מ-1. כשיושם הקוצייד במשולב עם נימגרד הייתה יעילותו גבוהה יותר מאשר כשיושם לבדו, אך ההבדלים לא היו מובהקים. הנתונים שימשו לחישוב מקדם הסינרגיה ונמצא שהוא 1.03, ערך המבטא פעילות סינרגיסטית חלשה.



**איור מספר 3.** ההשפעה המשולבת של קוצייד ונימגרד על מחלת הכימסון בעגבניות. א: חומרת המחלה בצמחים שרוססו בריכוזים שונים של קוצייד כשיושם לבדו (מעוינים ריקים) או כשהוא יושם בתערובת עם נימגרד בריכוז של 2% (ריבועים מלאים). כהשוואה, צוינה הנגיעות בצמחים שלא רוססו בתכשירי הדברה כלל (היקש, עיגול ריק) ובצמחים שרוססו בנימגרד 2% בלבד (כוכב מלא). ב: ערכי מקדם הסינרגיה (SF=synergy Factor) של קוצייד שיושם בריכוזים שונים בתערובת עם נימגרד 2%. ערכים הגבוהים מערך של 1 מרמזים על תגובה סינרגיסטית בין שני התכשירים.

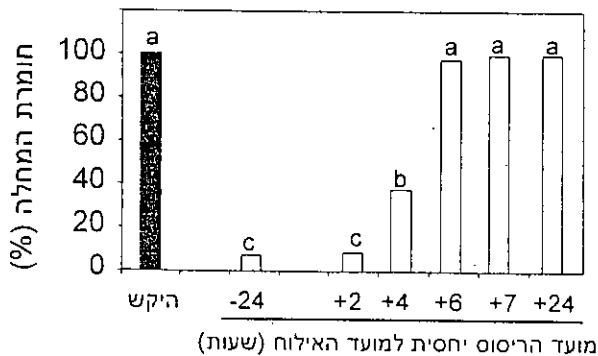
בעונת 2003/4 בוצע ניסוי דומה שכלל את אותם הטיפולים והוצב באותה המתכונת. תכשירי ההדברה יושמו באמצעות מרסס מפוח מוטורי, פומית מספר 2, בנפח תרסיס של 80 ליטר לדונם. הריסוס הראשון יושם ב- 26.11.03 והריסוסים העוקבים יושמו מידי 4-8 ימים עד ל- 23.2.04. בסך הכול יושמו בניסוי זה 15 ריסוסים. עקומי התפתחות המחלה בטיפולים השונים מתוארים באיור מספר 5. ערכי הנגיעות שימשו לחישוב השטח שמתחת לעקום התפתחות המחלה (AUDPC) המבטאים את השינויים בחומרת המחלה במהלך כל שלבי הניסוי. ערכי ה-AUDPC היו הבסיס לחישוב ערכי יעילות ההדברה (באחוזים) שהושגה על ידי כל אחד מהטיפולים. בשלב הבא השתמשנו בנוסחאות Abbott לאומדן של מקדם הסינרגיה שבין הקוצייד והנימגרד. ערכי מקדם הסינרגיה שחושבו היו 1.26 עבור העקומות המוצגות באיור 5 ב' ו- 1.43 עבור העקומות המוצגות באיור 5 ג'. המסקנות שעלו מסדרת ניסויים זו היא שלנימגרד פעילות חלשה כנגד הכימסון אך שילובו עם קוצייד משפר בצורה סינרגיסטית את יעילותו של האחרון. ממצא חשוב נוסף שעלה מניתוח ניסויי החממה היה, שיעילות הטיפול הכימי המקובל בחקלאות האורגנית (קוצייד+נימגרד) תלויה בעוצמת המחלה. כשזו חלשה או בינונית יש לטיפול זה השפעה אך ככל שעוצמת המחלה עולה, כך פוחתת יעילות הטיפול. במקרים בהם מתפתחות מגיפות קשות הטיפול אינו יעיל כלל. מכאן עולה ששימוש בהדברה כימית לבדו אינו מספק ויש להשתמש באמצעי הדברה נוספים כדי להתמודד עם המחלה ביעילות.



איור מספר 5. הפעילות המשותפת של קוצייד ונימגרד כנגד מחלת הכימסון בניסוי שבוצע בחוות הבשור בעונת 2003/4. א' - ב': התפתחות המחלה בחדרים החשופים; ג' - התפתחות המחלה בחדרים שחופו בפוליאטילן (חדרים 10 ו-12) בהם נראו סימני המחלה הראשונים באמצע עד סוף חודש ינואר. החיצים מציינים את המועדים בהם זוהו סימני הכימסון הראשונים. הקווים האנכיים מייצגים את הטווח הקטן ביותר המובהק (LSD).

**הפעילות ההגנתית והמרפאה של תכשירי ההדברה**

כל תכשירי ההדברה המתאימים לשימוש בחקלאות האורגנית (כולל התכשירים החדשים) הם תכשירים פרוטקטנטיים; הם לא חודרים לרקמות הצמחיות ופעילותם היא הגנתית בלבד. המשמעות היא שיעילות ההדברה המושגת על ידם תלויה במועד יישומם: אם ייושמו לפני התרחשות ההדבקה הם יהיו יעילים. אבל, אם ייושמו אחרי שמנגי הפטרייה כבר נבטו וחדרו לרקמות הצמחיות הם לא יהיו יעילים כלל מפני שתפטיר הפטרייה הגדל בתוך הרקמות הצמחיות מוגן בפניהם. השאלה היא כמה זמן אחרי תחילת נביטת המינגים (מועד התרחשות ההדבקות) התכשירים עדיין יעילים. למידע זה חשיבות רבה לגבי ההתמודדות עם מחלת הכימסון. כדי לברר נקודה זו בצענו סידרת ניסויים בהם אילחנו צמחי עגבנייה שגדלו בעציצים בצורה מלאכותית. בזמנים שונים לאחר האילוח, רוססו הצמחים בתכשירי ההדברה השונים שנבחנו - קוצייד+נימגרד, אינולקס וטימור D. המטרה הייתה לבחון כמה זמן אחרי מועד האילוח המלאכותי (=מועד התרחשות ההדבקות) עדיין ניתן להדביר את המחלה ביעילות. להשוואה, נכללו בניסויים טיפולים בהם לא יוּשמו תכשירי הדברה כלל (כמדד לחומרת המחלה בצמחים לא מוגנים) וטיפולים בהם יוּשמו תכשירי ההדברה 24 שעות לפני מועד האילוח (כמדד ליעילות תכשירים המיושמים כטיפול הגנתי). בדו"ח זה יוצגו תוצאות הניסוי בהם נבחנו הפעילות ההגנתית והתגובתית של קוצייד+נימגרד. כשיושמו התכשירים הללו שתיים לאחר מועד האילוח הייתה יעילות ההדברה גבוהה ודומה לזו שהתקבלה בטיפול ההגנתי. כשיושמו התכשירים ארבע שעות לאחר האילוח כבר הייתה פחיתה מובהקת ביעילותם וכשהם יוּשמו 6 שעות או יותר אחרי האילוח כבר לא הייתה להם השפעה כל שהיא (איור מספר 6). תוצאות דומות התקבלו בניסויים שבוצעו באותה המתכונת ובהם נבחנו הפעילות ההגנתית והמרפאה של האינולקס ושל התכשיר טימור D (תוצאות לא מפורטות). המסקנות העיקריות שעלו מסדרת ניסויים זו הן שיש ליישם את כל תכשירי ההדברה המתאימים לחקלאות האורגנית לפני התרחשות ההדבקות, כטיפול הגנתי. ישומן באיחור (ואפילו של שעות ספורות) יגרום לחוסר פעילות מוחלט.



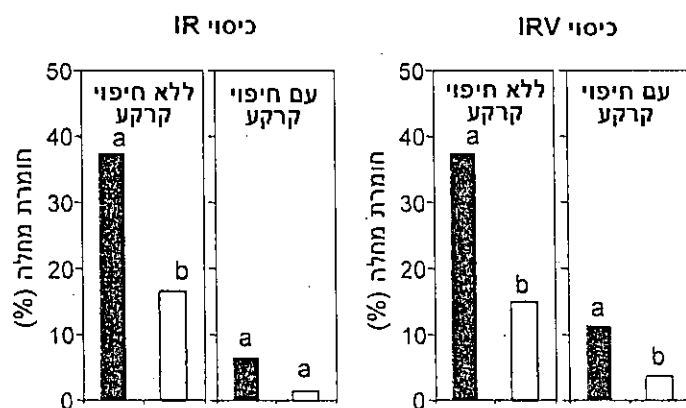
איור מספר 6. השפעת מועד יישום תכשירי ההדברה (קוצייד +0.5%+נימגרד 2%) יחסית למועד האילוח, על חומרת הנגיעות בכימסון בצמחי עגבנייה שגדלו בעציצים. עמודות שלידן אותיות שונות שונים זה מזה במובהק כנקבע על פי מבחן LSD ( $P \leq 0.05$ ).

### ג. שימוש בשיטות אגרוטכניות

בסדרת ניסויים שבוצעה במהלך שלוש שנות המחקר בחוות הבשור בחנו את השימוש בשיטות אגרוטכניות כנגד מחלת הכימשון בניהן מניפולציה של תנאי המיקרואקלים בחלל החממה וסניטציה של רקמות נגועות. הניסויים שבוצעו היו מורכבים (דו-ותלת-גורמיים) ולכן בשורות הבאות יוצג כל ניסוי במלואו, כולל כל הטיפולים שנבחנו (גם אם הם היו אמצעים כימיים).

#### ג.1.3 מניפולציה של תנאי המיקרואקלים בחממה למניעת הדבקה

במנהרות עבירות שגודלן  $4 \times 6$  מ' בוצע בעונת 2002/3 ניסוי תלת גורמי בחלקות מפוצלות בו נבחנה ההשפעה המשולבת של יריעת הכיסוי של המבנה (IR או IRV), חיפוי הקרקע בפוליאתיילן רפלקטיבי (פוליאתיילן שצידו התחתון שחור והעליון אפור), וריסוסים בתכשירי הדברה המקובלים (קוצייד+נימגראד). גודל כל חלקת ניסוי היה שתי שורות צמחים לאורך 4 מ' וכל טיפול חזר ארבע פעמים. בניסוי התפתחה מגיפת כימשון טבעית והשפעת הטיפולים הוערכה ב-13 לפברואר. ניתוח שונות תלת-כיווני הראה שהשפעת יריעת הכיסוי של המבנה לא הייתה מובהקת אך השפעות חיפוי הקרקע ותכשירי הדברה היו מובהקות. הממצאים מתוארים באיור מספר 7. השתמשנו ברגרסיה רבת משתנים עם משתני דמה כדי לאמוד את ההשפעה היחסית של חיפוי הקרקע (= בקרת אקלים) ושל הריסוסים (=הדברה כימית) על הפחתת הנגיעות בכימשון. נמצא, שחיפוי הקרקע הפחית את הנגיעות בכימשון ב-18.5% בממוצע, בעוד שריסוס בתכשירי הדברה הפחית את הנגיעות בכימשון ב-14.2% בממוצע. בחלקות המרוססות בהן היה חיפוי קרקע הייתה השפעת שני הטיפולים תוספתית וחומרת הנגיעות בכימשון הופחתה ב-32.7% בממוצע.

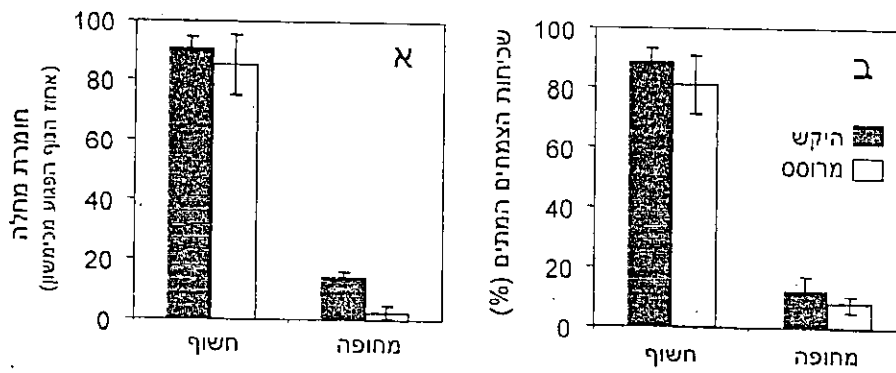


איור מספר 7. השפעת סוג הפוליאתיילן המכסה את מבנה הגידול, חיפוי הקרקע וריסוס הנוף בתכשירי הדברה, על חומרת מחלת הכימשון בעגבניות בחוות הבשור בעונת 2002/3. טיפולי ריסוס הנוף: היקש - עמודות שחורות; מרוסס - עמודות לבנות. הנגיעות הוערכו בתאריך 13 לפברואר, 2003. ניתוח הנתונים העלה שהשפעת סוג הפוליאתיילן ששימוש לכיסוי המבנה לא הייתה מובהקת ( $P=0.05$ ) אך השפעות חיפוי הקרקע וריסוס הנוף היו מובהקות ( $P \leq 0.05$ ). השפעת ריסוס הנוף מצויינת באמצעות אותיות הנמצאות בסמוך לעמודות.

השפעת חיפוי הקרקע בנפרד, ובמשולב עם תכשירי הדברה נבחנה בניסוי נוסף שבוצע בעונת 2003/4 בפרויקט 16 בחוות הבשור. יחידת הניסוי הייתה חדר והניסוי הוצב במתכונת של ניסוי דו-גורמי עם שתי רמות, כלהן: 1. חיפוי קרקע (קרקע חשופה או קרקע מחופה ביריעות פוליאתיילן רפלקטיבי) 2-הדברה כימית מקובלת (היקש, או ריסוס בקוצייד+נימגראד). כל טיפול חזר 4 פעמים. השפעת חיפוי הקרקע בפוליאתיילן והריסוס בקוצייד+נימגראד, בנפרד ובמשולב, על התפתחות הכימשון נקבעה תוך שימוש בערכי חומרת המחלה שהוערכו בסוף הניסוי. חיפוי הקרקע הפחית את חומרת הנגיעות בכימשון בצורה משמעותית וההבדלים בנגיעות בין החדרים היו דרמטיים. השפעת הריסוסים אמנם הייתה מובהקת, אך תרומת ההדברה הכימית הייתה נמוכה במידה רבה (איור מספר 8א'). השתמשנו ברגרסיה רבת משתנים עם משתני דמה לקביעת התרומה היחסית של כל גורם בנפרד. המשתנה התלוי היה חומרת המחלה (DS, באחוזים); המשתנה הבלתי תלוי הראשון ( $X_1$ ) היה חיפוי הקרקע בפוליאתיילן, כאשר  $X_1=0$  מייצג קרקע חשופה ו-  $X_1=1$  מייצג קרקע שחופתה בפוליאתיילן. המשתנה הבלתי תלוי השני ( $X_2$ ) היה ריסוס בקוצייד+נימגראד, כאשר  $X_2=0$  מייצג חלקות שלא רוססו (היקש) ו-  $X_2=1$  מייצג את החלקות המרוססות. משוואת הרגרסיה שהתקבלה היא:  $DS=92.1-78.7X_1-8.9X_2$ . מקדם המתאם

המרובה ( $R^2$ ) היה 0.961 ומובהקות הרגרסיה הייתה  $P \leq 0.000001$ . משמעות המשוואה היא שחומרת המחלה בצמחים שגדלו בחדרים חשופים, שלא רוססו בתכשירי הדברה, הייתה בסוף הניסוי 92.1% חיפוי הקרקע בפוליאיתילן הפחית את חומרת המחלה ב- 78.7% וריסוסי הנוף הפחיתו את חומרתה ב- 8.9% נוספים.

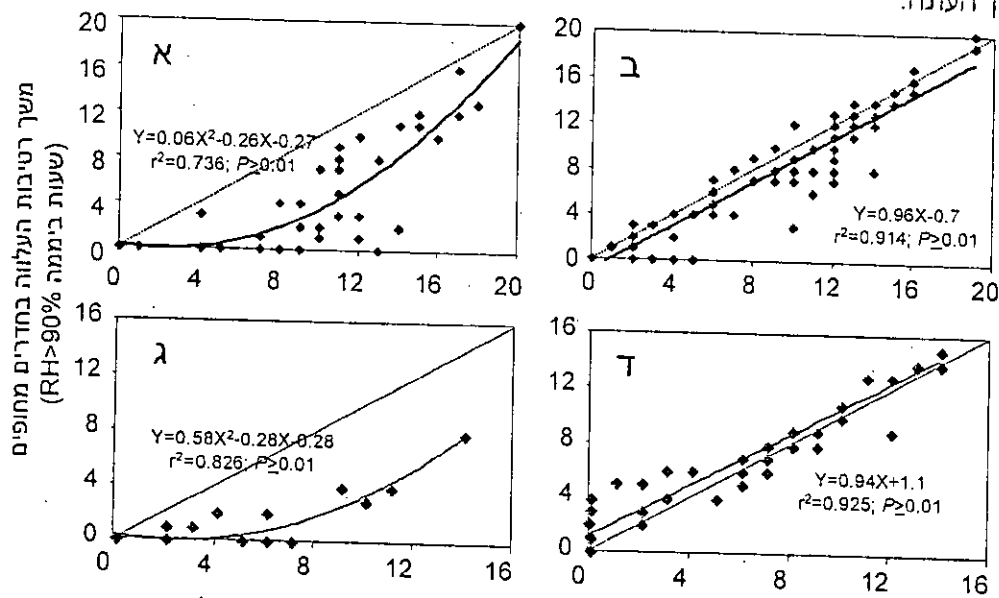
הפגיעה המשמעותית ממחלת הכימשון נובעת מהתפתחות המחלה על הגבעולים הגורמת להיווצרות חיגור ולתמותת הצמחים. מאחר והמחלה מתקדמת מהטרפים הנגועים על גבי הפטוטרות, לגבעולים, הגיוני להניח שככל שחומרת המחלה (בעלים) גבוהה יותר, כך תהיה שכיחות הצמחים המתים גבוהה יותר. מכאן עולה שטיפול המפחית את נגיעות העלים יפחית בהמשך גם את תמותת הצמחים. ואכן, בחדרים המחופים בפוליאיתילן הייתה תמותת הצמחים נמוכה במובהק מזו שבחדרים החשופים. לעומת זאת, השפעת הריסוס בקוצייד+נימגראד על התמותה לא הייתה מובהקת (איור מספר 8). המסקנה שעלתה מסדרת ניסויים זו היא שלחיפוי הקרקע בפוליאיתילן רפלקטיבי השפעה דרמטית על הינגעות הנוף בכימשון. הפחתת הנגיעות בעלים הביאה בסופו של דבר להפחתה משמעותית בתמותת הצמחים בחדרים המחופים. תרומת החיפוי (כטיפול המשנה את המיקרואקלים בחלל המבנה) הייתה גבוהה בצורה משמעותית מתרומת תכשירי ההדברה המותרים בחקלאות האורגנית.



איור מספר 8. השפעת חיפוי הקרקע בפוליאיתילן וריסוס הנוף בתכשירי הדברה (קוצייד 300 ג'ד+נימגראד 2%) על חומרת הנגיעות בכימשון (א) ועל שכיחות הצמחים המתים מחיגור בגבעול (ב) בניסוי שבוצע בחוות הבשור בעונת 2003/4. הערכות הנגיעות בוצעו ב- 4.3.2004. הקווים האנכיים מייצגים את שגיאת התקן.

כדי שניתן יהיה להשתמש בטכנולוגית חיפוי הקרקע ככלי לבקרת מחלת הכימשון (ומחלות אחרות), חשוב להבין את הגורמים האפידמיולוגיים שהביאו בסופו של דבר למניעת הינגעות העלים בגורם המחלה. בניסויים שבצענו במנהרות הנמוכות בעונת 2002/3 ובחדרים של פרויקט 16 בעונת 2003/4 הוצבו קוראי נתונים אלקטרוניים מדגם HOBO שמדדו את הטמפרטורה והלחות היחסית בחדרים שהקרקע שלהם הייתה חשופה ובחדרים שהקרקע שלהם הייתה מחופה בפוליאיתילן הרפלקטיבי. קוראי הנתונים הוצבו בגובה של מטר לערך, בתוך נוף הצמחים והמדידות נערכו מידי שעה. חיפוי הקרקע בפוליאיתילן רפלקטיבי השפיע על הלחות היחסית וגם על הטמפרטורה. בדו"ח זה יפורטו ההשפעות על הלחות היחסית. מקובל להניח (הנחה זו נכונה בקירוב) שעלי הצמחים רטובים כשהלחות היחסית גבוהה מ- 90%. בהסתמך על הנחה זו חישבנו את משך הזמן (בשעות) בו היו הצמחים רטובים בכל אחד מהטיפולים. השוואת משך הרטיבות בין שני הטיפולים הראתה שהיו הבדלים בהשפעות הטיפול בין החלק הראשון של העונה (מתחילת הניסוי עד לשבוע הראשון של חודש ינואר) לבין חלקה השני של העונה (ממועד זה ועד לסוף הניסוי). לכן מוצגות התוצאות באיור 9 בנפרד לכל חלק. בחלק הראשון של העונה הפחית חיפוי הקרקע בפוליאיתילן הרפלקטיבי את משך רטיבות הנוף באופן משמעותי. לדוגמא, בלילות בהם היו הצמחים בחדרים החשופים רטובים למשך 8 שעות היה משך הרטיבות בחדרים המחופים שעותם ופחות ובלילות בהם היה משך הרטיבות בחדרים החשופים 12 שעות היה משך הרטיבות בחדרים המחופים 6 שעות ופחות (איור מספר 9 א' ו- ג'). בתקופה זו התרחשו ההדבקות הראשונות בשתי עונות המחקר. ניתן להניח שקיצור משך תקופת הרטיבות בחדרים המחופים היה הגורם לנגיעות הפחותה, משמעותית, בכימשון בחדרים אלה. זאת מפני שרטיבות לפרקי זמן ארוכים היא תנאי להתפתחות המחלה. המועד בו הפסיק חיפוי הקרקע

להשפיע על תנאי המיקרואקלים בחממה, בשתי השנים, מתאים בקירוב למועד בו הגיעו הצמחים לגובה המרבי. כמקובל בשיטת גידול העגבניות בהדליה, הוסרו אז עלי הצמח התחתונים והגבעולים הושכבו. במועד זה החלה התקופה השנייה בה לחיפוי כבר לא הייתה השפעה. בתקופה זו היה משך הרטיבות בחדרים המחופים זהה בקירוב לאלה של החדרים החשופים (איור מספר 9 ב' 1 - ג'). בתקופה זו נדבקו הצמחים שגדלו בחדרים המחופים ובמקביל חלה התעצמות בחומרת הנגיעות של הצמחים שגדלו בחדרים החשופים. המסקנה שעולה מניתוח זה היא שמשך השפעת החיפוי מוגבלת, והשפעתו היא על ההדבקות המתרחשות (אם מתרחשות) בחלק הראשון של העונה. כפי שנראה בניסויים שבצענו להשפעה זמנית זו עשויים להיות השלכות דרמטיות על בריאות הצמחים גם בהמשך העונה.



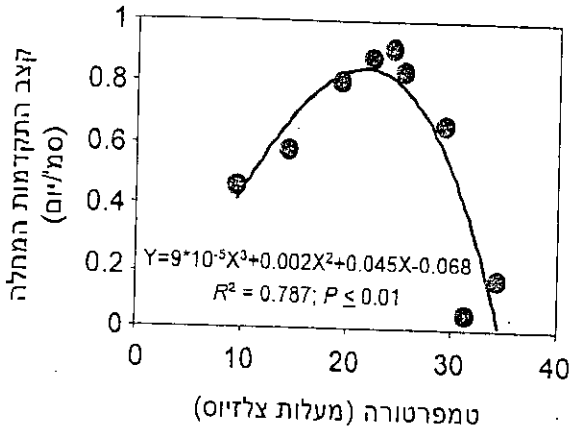
משך רטיבות העלווה בחדרים עם קרקע חשופה (שעות RH > 90% ביממה)

איור מספר 9. משך רטיבות העלווה בחדרים בהם הקרקע הייתה מחופה בפוליאתיילן רפלקטיבי בהשוואה למשך הרטיבות באותם הלילות בחדרים שהקרקע שלהם נשארה חשופה. א' 1 - ב': מדידות שנערכו בעונת 2002/3; ג' 1 - ד': מדידות שנערכו בעונת 2003/4. א' 1 - ג': מדידות שנערכו מתחילת הניסוי ועד השבוע הראשון של חודש ינואר; ב' 1 - ד': מדידות שנערכו מהשבוע הראשון של חודש ינואר ועד לסוף הניסוי. הקו המקווקו מבטא התאמה מושלמת בין הערכים המשווים.

### ג 3.2 מניפולציה של תנאי המיקרואקלים בחממה למניעת מעבר המחלה מהעלים לגבעולים

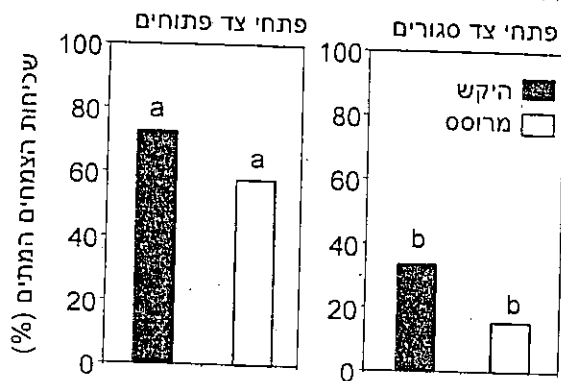
כפי שצוין למעלה הפגיעה המשמעותית ממחלת הכימשון נובעת מהתקדמות המחלה על פטוטרות העלים כלפי הגבעולים. התפתחות המחלה על הגבעולים גורמת, בסופו של דבר, לחיגורים ולתמותת הצמחים. התקדמות המחלה על הפטוטרות מתרחשת גם כששוררת לחות נמוכה וגם כשאברי הצמח הנגועים יבשים. הגורם העיקרי המשפיע על קצב ההתקדמות הוא הטמפרטורה. בסדרת ניסויים שבוצעה בחדרי גידול מבוקרי מחשב נבחנה השפעת הטמפרטורה על קצב התקדמות המחלה על טרפים וגבעולים של צמחי עגבנייה. הצמחים גודלו בעציצים ואולחו על ידי הנחת טיפה של תרחיף נבגים על גבי העלעל האחרון של העלה הפרוש הצעיר ביותר. לאחר האילוח כוסו הצמחים בשקיות פוליפרופילן לשמירה של לחות יחסית גבוהה והוכנסו להדגרה לתא גידול בטמפרטורה של  $19 \pm 2$  מ"צ. לאחר 24 שעות הוסרו השקיות והצמחים נשארו בתא הגידול עד שכתמי המחלה עברו מהטרפים המאולחים לפטוטרות של אותם העלים. בשלב זה פוזרו הצמחים לתאי גידול שונים בהם היו טמפרטורות שונות. מידי שניים-שלושה ימים נמדד אורך הכתם שנוצר על הפטוטרות (בתחילה) והגבעולים (לאחד מכך) של הצמחים. הנתונים שימשו לחישוב קצב התקדמות המחלה (ס"מ ליום) כתלות בטמפרטורה. המחלה התקדמה על פני הטרפים במהירות הרבה ביותר בטמפרטורה של 22 מ"צ. בטמפרטורות גבוהות יותר או נמוכות יותר היה קצב התקדמות המחלה איטי יותר. טמפרטורת הסף העליונה (הטמפרטורה הגבוהה ביותר בה המחלה התקדמה) הייתה 34 מ"צ. כדי להמחיש את המשמעויות האפידמיולוגיות של השפעת הטמפרטורה בוצע החישוב הבא: בהנחה שטרף הנמצא במרחק של 20 ס"מ מהגבעול נדבק במחלה, בטמפרטורה של 22 מ"צ תגיע המחלה לגבעול

בתוך 23 ימים; בטמפרטורה של 30 מ"צ המחלה תגיע לגבעול בתוך 36 ימים ובטמפרטורה של 33 מעלות יהיה קצב ההתקדמות כה איטי עד כי המחלה תגיע לגבעול בתוך 80 יום. כמובן שכלל שמשך הזמן העובר עד שהמחלה מגיעה לגבעול קצר יותר, כך הסבירות להיווצרות מוקדי נגיעות על הגבעולים גבוהה יותר והנוק שיגרם לצמחים יהיה משמעותי יותר.



איור מספר 10. השפעת הטמפרטורה על קצב ההתקדמות הסימפטומים של מחלת הכימסון על פטוטרות וגבעולים של צמחי עגבניה.

בעונת 2003/4 בחנו את השפעת המניפולציה של תנאי מזג האוויר בחלל החממה אחרי שהכימסון התפתח על פטוטרות הצמחים. פתחי הצד של חלק מחדרי הגידול של פרויקט 16 בהם בוצע הניסוי נפתחו מידי בוקר כרגיל, ואלה של החדרים האחרים נשארו סגורים גם במשך היום (פתחי הצד של כל החדרים היו סגורים במהלך הלילה). הטמפרטורה ששררה בחדרים שפתחי הצד שלהם נשארו סגורים במשך היום הייתה גבוהה ב- 2 עד 5 מ"צ מזו של החדרים שפתחי הצד שלהם נפתחו במשך היום. ברוב הימים הטמפרטורה המרבית הייתה גבוהה מ- 22 מ"צ (הטמפרטורה המיטבית להתקדמות המחלה על הפטוטרות) ועובדה זו גרמה לכך שבחדרים בהם פתחי הצד היו סגורים התקדמות המחלה כלפי הגבעולים הואטה, מוקדי נגיעות על הגבעולים נוצרו בפחות צמחים ושכיחות הצמחים המתים הייתה נמוכה במובהק מזו שבחדרים בהם פתחי הצד נפתחו מידי יום (איור מספר 11). בחדרים שפתחי הצד שלהם לא נפתחו הייתה הלחות היחסית גבוהה מזו של החדרים האחרים, אך לעובדה זו לא הייתה כנראה השפעה מכרעת על התקדמות המחלה כלפי הגבעולים ועל תמותת הצמחים.

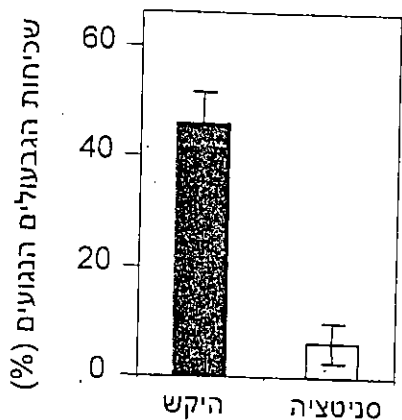


איור מספר 11. השפעת ההמנעות מפתחת פתחי הצד של החממות במשך היום וריסוס הנוף בתכשירי הדברה (קוצייד 300 ג'י/ד+נימגורד 2%) על שכיחות צמחי העגבניה שמתו עקב היווצרות חיגור של מחלת הכימסון על הגבעולים עליהם, בניסוי שבוצע בחוות הבשור בעונת 2003/4. ערכים בעמודות שלידן אותיות שונות שונים זה מזה במובהק כנקבע על ידי מבחן LSD.

3.3 סניטציה של רקמות נגועות

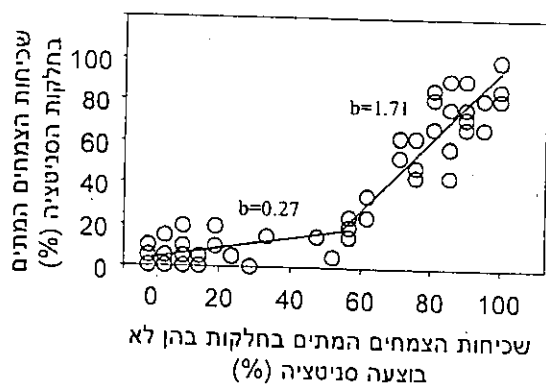
דרך אחרת באמצעותה ניתן למנוע את היווצרות מוקדי הנגיעות על הגבעולים ואת תמותת הצמחים היא הסניטציה: הסרת העלים הנגועים לפני שהמחלה הגיעה לגבעולים. במקרים בהם המחלה כבר הגיעה לגבעולים ניתן לקטום את הגבעול מתחת למקום הפגוע ולאפשר לענפים צדדים להתפתח ולהפוך לגבעולים ראשיים חלופיים. בחדרים של "פרויקט 16" בתחנת הניסיונות בשור נבחנה בעונת 2002/3 ההשפעה של טיפול הסניטציה. אלה היו תצפיות שיחידת הניסוי בהן הייתה חצי חדר. לאחר זיהוי הסימפטומים הראשונים של המחלה (ב- 16 לינואר, 2003) הוסרו העלים ו/או הגבעולים הנגועים מכל הצמחים בחצי של כל אחד מהחדרים. השפעת הטיפול הוערכה על ידי ספירת הצמחים שעל הגבעולים שלהם היו מוקדי נגיעות של מחלת הכימסון. לסניטציה הייתה השפעה גדולה על מעבר הכימסון לגבעולים: באזורים בהם לא הוסרו העלים הנגועים התפתח כימסון על

הגבעולים ב - 45% מהצמחים בעוד שבאזורים בהם בוצעה הסניטציה והוסרו העלים הנגועים התפתחו מוקדי נגיעות בגבעולים של רק 8% מהצמחים (איור מספר 12). ההבדלים אלה משמעותיים ביותר מפני שכימיון שהתפתח על הגבעולים גרם בסופו של דבר לחיגורם ולתמותת כל האיברים הצמחיים הנמצאים מעל מקום החיגור (תוצאות לא מוצגות).



**איור מספר 12.** השפעת הסניטציה (הסרת עלים וגבעולים נגועים) על שכיחות הצמחים שבגבעוליהם היו מוקדי נגיעות של מחלת הכימיון. התוצאות הן מתצפית שבוצעה בחממת עגבניות אורגנית בחוות הבשור, בעונת 2002/3. הקווים האנכיים מייצגים את שגיאת התקן.

בעונת 2003/4 חזרנו ובחנו את יעילות טיפול הסניטציה. כפי שצוין למעלה הניסויים שבוצעו בפרויקט 16 יבעונה זו היו במתכונת של ניסוי תלת-גורמי בחלקות מפוצלות פעמים. כזכור, הגורם הראשון בחדרים (ששימשו כחלקות הראשיות) היה חיפוי הקרקע והגורם השני בשורת צמחים כפולה לאורך 10 מ' (ששימשו כחלקות המשנה הראשיות) היה טיפול הריסוס. עתה יפורט הגורם השלישי בניסוי זה - הסניטציה. כל חלקת משנה ראשית חולקה לשנים: שורת צמחים אחת לא טופלה כלל ונשארה כהיקש, ושורת הצמחים השנייה עברה טיפול רצוף של סניטציה. גודל חלקת משנה משנית (בתוך כל חלקת משנה ראשית) היה, אם כן, שורת צמחים לאורך 10 מ'. החל מסוף ינואר הוערכה שכיחות הצמחים המתים בכל חלקות המשנה המשוניות. כדי לאמוד את התרומה הבלעדית של הסניטציה, בנפרד מהשפעות הטיפולים האחרים (חיפוי הקרקע בפוליאתיילן וריסוסי הנוף), השונו את שכיחות הצמחים המתים בשורה שעברה סניטציה לשכיחות הצמחים המתים בשורה הסמוכה (באותה החלקה), בה לא הורחקו אברי הצמחים הנגועים. ההשוואה כללה את כל חלקות הניסוי בכל החדרים. התברר, שתרומת הסניטציה הייתה תלויה בפרוטנציאל הנגיעות אותו ניתן לאמוד על פי שכיחות הצמחים שמתו בחלקות בהן לא בוצעה סניטציה. עד לשכיחות תמותה של 55% בחלקות ההיקש, לסניטציה הייתה תרומה מכרעת: היא אפשרה להפחית את שכיחות הצמחים המתים ב - 73%. זאת, על פי שיפוע קו הרגרסיה הראשון באיור מספר 13 ( $b=0.27$ ). מכאן עולה שכאשר עלתה שכיחות הצמחים המתים בחלקות בהם לא בוצעה סניטציה ב - 1%, בחלקות בהן בוצעה סניטציה עלתה שכיחות הצמחים המתים ב - 0.27% בלבד. אבל, כששכיחות הצמחים המתים בחלקות ההיקש הייתה גבוהה מ - 55%, תרומת הסניטציה קטנה וכאשר בחלקות ההיקש הייתה שכיחות תמותת הצמחים 80% ומעלה, לסניטציה כבר לא הייתה השפעה משמעותית (איור מספר 13). המסקנה שעולה מסדרת ניסויים זו היא שהסניטציה היא כלי רב עוצמה בהתמודדות עם מחלת הכימיון והיא מאפשרת, אם תיושם בזמן, למנוע את הנזק העיקרי של מחלה זו - תמותת הצמחים.



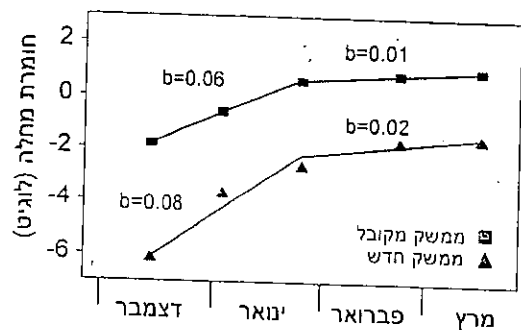
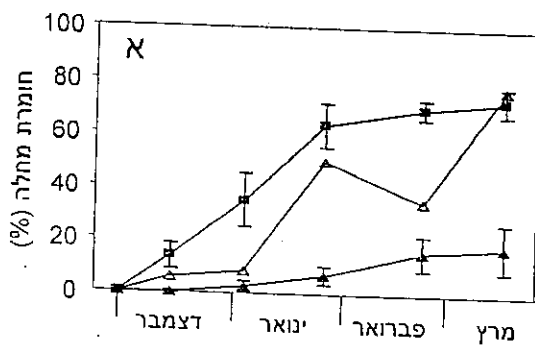
**איור מספר 13.** השפעת הסניטציה על שכיחות צמחי העגבנייה שמתו כתוצאה מהתפתחות מחלת הכימיון על הגבעולים, בניסוי שבוצע בחוות הבשור בעונת 2003/4. כל נקודה מסמלת חלקת ניסוי שקבלה אותו טיפול ריסוס וחיפוי קרקע. ערכי תמותת הצמחים בתאריך 4.3.2004 שימוש לחישוב המתאם שבין שכיחות הצמחים המתים בחלקות הסניטציה ובחלקות ההיקש. משוואת הרגרסיה במקטעים:  $Y = 3.1 + 0.27X_1 + 1.44(X_1 - 55.0)X_2$  כאשר:  $Y$  = שכיחות הצמחים המתים בחלקות הסניטציה;  $X_1$  = שכיחות הצמחים המתים בחלקות בהן לא בוצעה סניטציה;  $X_2$  = משתנה דמא:  $X_2 = 0$  כאשר  $X_1 < 55$  ו-  $X_2 = 1$  כאשר  $X_1 \geq 55$ . מקדם המתאם המרובה  $P > 0.00001$ ;  $R^2 = 0.9677$ .

#### 4. פיתוח ממשק להדברה משולבת של כימסון בחממות אורגניות

בהתבסס על תוצאות הניסויים שתוארו לעיל פותח ממשק להדברה משולבת של כימסון בעגבניות בגידול האורגני. על פי ממשק זה ההתמודדות עם המחלה נעשית על ידי שילוב של אמצעים אגרוטכניים (חיפוי הקרקע בפוליאתיילן רפלקטיבי וסניטציה) ואמצעים כימיים (ריסוסי קוצייד+נימגריד) תוך התבססות על ניטור לזיהוי סימני המחלה ומידע אודות תנאי מזג האוויר החזויים. עקרונות הממשק ידונו ויפורטו בסעיף ד' להלן. מהלך עונת 2004/5 נבחן הממשק החדש במערכת הניסויית של חוות הבשור ויושם כחלק מפרויקט של הדברה משולבת של מחלות ומזיקים בסדרת תצפיות בחממות עגבנייה מסחריות בניהולו של יואל מסיקה.

##### ג 4.1. בחינת הממשק החדש במערכת ניסויית

בניסוי שבוצע בחוות הבשור נבחן הממשק החדש בהשוואה לממשק המקובל (ריסוס מניעתי של תכשירי הדברה) בחדרים של פרויקט 16. כל אחד מהממשקים יושם בארבעה חזרי גידול. גם בעונה זו התפתחה מגיפת כימסון טבעית בחדרי הגידול וסימני המחלה הראשונים נראו במהלך חודש נובמבר. בחדרים בהם יושם הממשק המקובל התפתחה המחלה בעוצמה רבה למרות שיושמו ריסוסי קוצייד+נימגריד תכופים. בסופו של דבר נפגעו 'הצמחים בחדרים אלה בצורה קשה. השפעת הממשק החדש הייתה וריאבילית. בעוד שבשלושה מארבעת החדרים (החזרות) הייתה הנגיעות נמוכה יותר מזו שהתפתחה בחדרים בהם יושם הממשק המקובל במשך כל העונה, הרי שבחדר הגידול הרביעי בו יושם הממשק החדש התפתחה המחלה בעוצמה גבוהה ובסופו של דבר הייתה הנגיעות בחדר זה דומה לזו שהתפתחה בחדרים בהם יושם הממשק הרגיל (איור מספר 14א). קורא נתונים אלקטרוני שהוצב בחדר זה הראה שחיפוי הקרקע בפוליאתיילן הרפלקטיבי לא השפיע על משך הרטיבות והוא היה דומה למשך התקופה שנמדדה בחדרים החשופים. בחדרים המחופים האחרים הפחית החיפוי את משך הרטיבות כפי שמצאנו בניסויים הקודמים. ממצא זה עשוי להסביר את הסיבה להתפרצות המחלה בחדר זה אך אין לנו הסבר מדוע לא השפעת החיפוי על תנאי המיקרואקלים בחדר זה הייתה שונה מזו של החדרים המחופים האחרים. השוואת עקומי התקדמות המחלה (אחרי שערכי הנגיעות עברו טרנספורמציה לערכי לוגית) מלמדת שההבדלים בחומרת המחלה בין שני הממשקים במהלך כל העונה נבעו מההשפעה של חיפוי הקרקע על ההדבקות הראשוניות, אלה שהתרחשו בתחילת המגיפה. לאחר שהתרחשו ההדבקות הראשונות, ובמשך כל העונה, היה קצב התקדמות המחלה בשני הטיפולים דומה (איור מספר 14ב). ממצא זה מתאים לאלה שהתקבלו בניסויים הקודמים לגבי השפעת החיפוי על המגיפות.



איור מספר 14. השפעת ממשק ההדברה על התפתחות מחלת הכימסון בניסוי שבוצע בחוות הבשור בעונת 2004/5. א. עקומי התפתחות המחלה באחוזים. העקום המסומן במשולש ריק מתאר את התפתחות המחלה בחדר בו יושם הממשק החדש, שהתפתחות המחלה בו הייתה שונה מהחדרים האחרים בטיפול זה. הקווים האנכיים מציינים את שגיאת התקן של ארבע (ממשק מקובל) או שלוש (ממשק חדש) החזרות שנכללו בניסוי. ב. עקומי התפתחות המחלה לאחר שערכי הנגיעות עברו טרנספורמציה לערכי לוגית. קצב התקדמות המחלה היחסי (b) (apparent infection rate, b) מצויינים ליד העקומים.



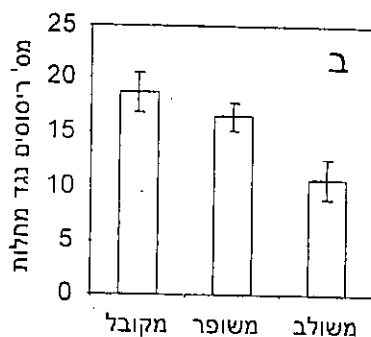
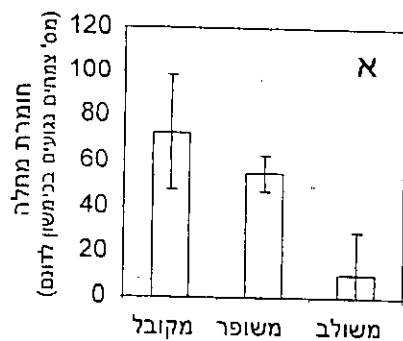
#### ג 4.2. בחינת הממשק החדש בתצפיות מסחריות

במסגרת פרויקט בו נבחנת יעילותו של ממשק הדברה ביולוגית משולבת בעגבניות (בגידול קונבנציונאלי) בוצעו תצפיות בארבע משקים המגדלים עגבניות לשוק המקומי באזור מושבי אשכול. בכל אחד מהמשקים נבדקו שלושה ממשקי הדברה:

1. משטר ההדברה הקונבנציונלי (להלן "משטר מקובל") שכלל זן רגיש לצהבון האמיר, רשתות 50 מש בצידי החממה והדברה כימית כנגד מחלות ומזיקים בחממה, ללא חיפוי קרקע בפוליאאתילן אפור, וללא כיסוי גג ביריעות בולעות UV.
2. משטר הדברה משופר (להלן "משטר משופר") שכלל זן רגיש לצהבון האמיר, רשתות 50 מש, חיפוי קרקע בפוליאאתילן אפור וכיסוי גג ביריעות בולעות UV. פיזור אקריות טורפות כנגד אקרית הקורים, וריסוסים כימיים כנגד מחלות ומזיקים בוצע במידת הצורך.
3. משטר הדברה ביולוגי משולב (להלן "משטר משולב") שכלל: זן עמיד לצהבון האמיר, רשתות 30 מש, חיפוי קרקע בפוליאאתילן אפור וחיפוי גג ביריעות בולעות UV. שימוש באויבים טבעיים, וריסוסים כימיים כנגד מחלות ומזיקים במידת הצורך.

גודל כל חממה היה 2-5 דונם, כל החממות (14 במספר) נשתלו במהלך חודש ספטמבר. בכל אחד מהמשקים נבדקו מספר פרמטרים בניהם: נגיעות הצמחים במחלות ומזיקים בחממות השונות, יומני ריסוסים שמולאו על ידי המגדלים, שאריות תכשירי הדברה באמצעות בדיקות מעבדה שבוצעו ע"י מעבדת בקטוכס, יבול העגבניות מהצמחים. בכל אחת מהחממות ונתוני מיקרואקלים ע"י הצבת אוגרי נתונים של טמפרטורה ולחות יחסית בכל אחד מהמבנים שבפרויקט. הדו"ח המסכם של סדרת תצפיות זו יפורסם במועד אחר על ידי יואל מסיקה. כאן יוצגו הממצאים הקשורים לתוכנית מחקר זו.

מחלת הכימסון התפתחה בכל החממות, בכל המשקים שהשתתפו בפרויקט. תומרתה הייתה שונה בין המשקים השונים ובין הממשקים שנבחנו. בממוצע, הנגיעות הגבוהה ביותר התפתחה בחממות בהן יושם הממשק המקובל, למרות שבממשק זה יושם מספר הריסוסים הגבוה ביותר בכלל וכנגד כימסון. הנגיעות הממוצעת בחממות בהן יושם הממשק המשופר הייתה נמוכה יותר במעט והמספר הממוצע של הריסוסים שיושמו כנגד מחלות היה נמוך יותר (שני ריסוסים פחות). בחממות בהן יושם הממשק המשולב הייתה הנגיעות הנמוכה ביותר ויושמו בהן 8 ריסוסים פחות (בממוצע) מאשר בחממות הממשק המקובל. ממצאים אלה מצביעים על כך ששילוב של אמצעי הדברה מאפשר להפחית את מספר הריסוסים המיושם בלי פגיעה (ואפילו להפך) באיכות ההדברה המושגת.



איור מספר 15. בחינת ממשקי גידול שונים במשקי מודל בעונת 2004/5. א. חומרת הנגיעות בכימסון; ב. מספר הריסוסים שיושמו כנגד מחלות. הערכים הם ממוצעים אל ארבעה משקי מודל. הקווים האנכיים מציגים את שגיאת התקן.

## ד. דיון ומסקנות

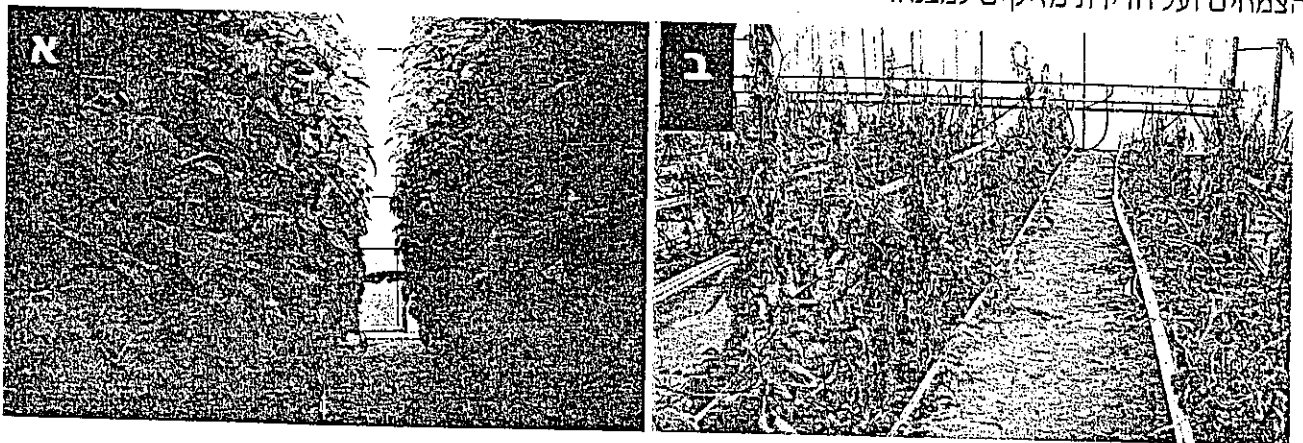
הצורך בביצוע מחקר זה הגיע מה"שטח". קיימת בעיה אמיתית בהתמודדות עם מחלת הנוף של העגבניה בגידול הממה ובמיוחד עם מחלת הכימשון. הכימשון מתפתח באזורי הגידול העיקריים בישראל כמעט מידי שנה. בגידול הקונבנציונאלי ניתן להתמודד עם המחלה על ידי שימוש בתכשירי הדברה כימיים, שחלקם יעילים מאד כנגד הפתוגן. ואכן, מגדלי העגבניות מרססים את החממות שלהם בתכיפות ומיישמים 10 עד 25 ריסוסים בעונה. בגידול האורגני מותר להשתמש רק בתכשירי נחושת, שיעילותם מוגבלת, וכשתנאי הסביבה מעודדים את התפתחות הפתוגן לא ניתן למנוע את ההתפתחות המחלה ונגרמים נזקים קשים. כפי שכבר צוין צפוי שבעתיד הקרוב הבעיה עוד תחריף עם ההגבלה בשימוש בתכשירי נחושת. לא מן הנמנע שיהיו שנים בהם יושמד הגידול ועתידו עשוי לעמוד בסימן שאלה. עקב כך המשימה שעמדה לפנינו הייתה משימה יישומית בעיקרה וכך גם הגדרנו את המטרה המרכזית של המחקר: לפתח ממשק הדברה חלופי שיאפשר להתמודד עם מחלת הכימשון בצורה טובה. המחקר התמקד בחקלאות האורגנית אבל ניתן יהיה ליישם את הממצאים שעלו ממנו גם בחקלאות הקונבנציונאלית, זאת עקב הדרישה לצמצום מספר הריסוסים המיושם בגידולים חקלאיים. למרות שהוגדרה למחקר זה מטרה יישומית, לא היה מנוס מהתמודדות עם נושאים עקרוניים יותר מפני שהבנת הגורמים המשפיעים על המגיפה והנזק כמו גם הבנת ההשפעות של האמצעים בהם השתמשנו על גורם המחלה הם הבסיס לפיתוח ממשק הדברה יעיל, אפקטיבי והדיר.

אחד הממצאים החשובים שעלו מעבודה זו היה ההכרה שיש לחלק את התפתחות מגיפות הכימשון בחממות עגבנייה לשני שלבים. השלב הראשון הוא שלב ההדבקה. מנבגי המחלה המהווים את מקור המידבק ההתחלי חודרים לחלל המבנים מבחוץ (סביר להניח שהפטרייה לא שורדת בתוך החממות עצמן) ומדביקים את טרפי הצמחים. עוצמת הנגיעות תלויה בכמות המידבק ההתחלי ובתנאי הסביבה. גורם הסביבה העיקרי המשפיע על עוצמת הנגיעות הוא הרטיבות. ההדבקה מתרחשת רק כשנוף הצמחים רטוב וככל שמשך תקופת הרטיבות ארוך יותר, כך תהיה עוצמת הנגיעות גבוהה יותר. גם לטמפרטורה השפעה על התהליך אך היא פחותה מהשפעת הרטיבות. בהמשך, כשתנאי הסביבה מתאימים, מתרחשים מחזורי הדבקה נוספים ומקור המידבק עשוי להיות מבחוץ או מתוך החממה. למרות שהפגיעה בעלווה עלולה להיות משמעותית הנזק הנגרם ממנה לצמחים, בטווח הארוך, אינו רב. זאת משום שצמח העגבנייה הוא בעל כושר צימוח רב וכמות העלווה הנוצרת גדולה מזו הנדרשת למילוי הפירות. הראיה, המגדלים מסירים את העלים "העודפים" ללא פגיעה ביכול. בשלב השני (שלעיתים מתרחש במקביל לשלב הראשון) מתקדמת המחלה על פטוטרות העלים, מהטרפים הנגועים כלפי הגבעול. ההתקדמות מתרחשת גם כשלא שוררת רטיבות וגם כשהלחות היחסית של האוויר נמוכה. קצב התקדמות המחלה לאורך הפטוטרות תלוי רק בטמפרטורה והוא עשוי להגיע עד ל - ס"מ ליום. כשהמחלה מגיעה לגבעולים היא מתפתחת עליהם, יוצרת מוקדי נגיעות שבהמשך עלולים לגרום לחיגור ולתמותת החלקים הצמחיים הנמצאים מעליהם. מאחר וצמחי העגבנייה המגודלים בחממות הם בעלי גבעול אחד, במקרים רבים מת הצמח כולו. בתצפיות ובניסויים שבצענו במחקר זה עלה שהנזק המשמעותי הנגרם לצמחי העגבנייה מכימשון הוא תוצאה של תמותת הצמחים (שנגרמה מכתמי הגבעול) ולא תוצאה של הפגיעה בעלים. מכאן היסקנו שהמטרה המרכזית של אסטרטגיית ההתמודדות עם הכימשון צריכה להיות מניעת היווצרות מוקדי נגיעות על הגבעולים. ניתן להשיג זאת על ידי כמה קווי הגנה. מטרת קו ההגנה הראשון היא למנוע את הדבקת הטרפים. זאת, על ידי הפחתת כמות המידבק ההתחלי (הנמצא במרבית המקרים מחוץ לחממה), מניפולציה של תנאי המיקרואקלים בחממה (ובמיוחד הפחתה של משך הזמן בו העלווה רטובה), ושימוש בתכשירי הדברה. קו ההגנה השני מופעל אם הקו הראשון "נפרץ" והמחלה בכל זאת ניגעה את הטרפים. מטרתו - להאט ואם אפשר למנוע את התקדמות המחלה מהטרפים הנגועים אל עבר הגבעולים. זאת, על ידי הרחקת אברי הצמח הנגועים (סניטציה) והעלאת

טמפרטורות האוויר בחלל החממה אל מעבר לזו המתאימה להתקדמות הפתוגן על פטוטרות העלים. בשורות הבאות יפורטו הממצאים העיקריים והמסקנות שעלו לגבי כל אחד מאמצעי ההדברה שצוינו.

**הפחתת כמות המידבק ההתחלי.** נושא זה לא היה חלק מתוכנית מחקר זו אולם הוא נחקר בתוכנית מקבילה העוסקת בפיתוח ממשק להתמודדות עם כימסון בגידול תפוחי אדמה אורגניים. במהלך התוכנית המקבילה נערך סקר מקיף שמטרתו הגדרת מקורות המידבק העיקריים של הכימסון. ניתוח תוצאות הסקר הראו שמקור המידבק העיקרי של הכימסון מזבלות אליהם הושלכו בעונה הקודמת צמחי עגבנייה נגועים. ממחקריו של פרופ' יגאל כהן מאוניברסיטת בר-אילן ידוע שאברי הריבוי המיני של הפתוגן (אואוספורות) עלולים להיווצר בפירות עגבנייה נגועים, לשרוד בין עונות הגידול ולהוות מקור מידבק ראשוני בעונה העוקבת. אם מזבלות היו מקור מידבק עיקרי לשדות תפוחי האדמה, סביר להניח שהם שימשו גם כמקור מידבק לחממות העגבנייה. השמדת הצמחים הנגועים בחממות נטושות ובמזבלות עשויה להביא להפחתה משמעותית בכמות המידבק ההתחלי של הכימסון המסכן את שני הגידולים.

**מניפולציה של תנאי המיקרואקלים בחממה.** לחיפוי הקרקע בפוליאיתילן רפלקטיבי הייתה השפעה משמעותית על רטיבות נוף הצמחים וכתוצאה מכך גם על השלבים הראשונים של התפתחות המחלה. ההבדלים בעוצמת ההנגיעות בין צמחים שגדלו בחדרים שהקרקע שלהם חופתה בפוליאיתילן לצמחים שגדלו בחדרים שהקרקע שלהם נשארה חשופה גרמו בהמשך – לאחר שהמחלה עברה מהטרפים לגבעולים – להבדלים דרמטיים בתמותת הצמחים. נעשה כאן שימוש בביטוי שלא מקובל להשתמש בו בדו"חות מדעיים כדי להדגיש את ההשפעה יוצאת הדופן של הטיפול. להמחשה, מובאות כאן תמונות שצולמו בשני חדרים סמוכים בניסוי שבוצע בעונת 2003/4 (איור מספר 16). מדידות שנערכו במהלך הניסויים העלו שהשפעת חיפוי הקרקע מוגבלת בזמן – עד לראשית חודש ינואר. התברר גם שהשפעתו עלולה להיות וריאבילית (כפי שקרה בניסוי שבצענו בעונת 2004/5). לכן, לדעתנו, יש חשיבות רבה להבנת המנגנון הפיסיקלי וההשפעות האפידמיולוגיות של חיפוי הקרקע. זו לא הייתה מטרת מחקר זה ולכן לא עסקנו בנושאים אלה. אמצעי אחר בו ניתן להשתמש לשם מניפוציה של תנאי המיקרואקלים בחממה הוא מעבר מרשתות של 50 מש לרשתות של 30 מש. נושא זה לא נבחן במסגרת מחקר זה והוא חלק מפרויקט ההדברה המשולבת המתבצע באזור הדרום בניהולו של יואל מסיקה. המעבר לרשתות עם הפתחים הגדולים יותר משפר את מאזן הרטיבות בחממה אך עלולות להיות לו השפעות שליליות על התפתחות הצמחים ועל חדירת מזיקים למבנה.



**איור מספר 16.** השפעת חיפוי הקרקע בפוליאיתילן רפלקטיבי על התפתחות מחלת הכימסון בחדרי פרויקט 16 בחוות הבשור בניסוי שבוצע בעונת 2003/4. א. חדר שהקרקע שלו חופתה בפוליאיתילן; ב. חדר שהקרקע שלו נשארה חשופה.

**שימוש בתכשירי הדברה.** הדברה כימית היא הכלי הבסיסי להתמודדות עם מחלות צמחים. יישום מושכל של תכשירי הדברה צריך להיות חלק בכל ממשק הדברה שהוא. לכן, השקענו במהלך המחקר מאמצים רבים למציאת תכשירי הדברה המתאימים לחקלאות האורגנית שישמשו כתחליף לתכשירי הנחושת כשזו תצא משימוש. בניסויים שבצענו בתנאים מבוקרים בחנו את כל התכשירים שסופקו לנו על ידי יצרנים ויבואנים שונים ומצאנו

כמה תכשירים מבטיחים. שלושה מהם נבחנו גם בניסויים המדמים את המצב בחממות מסחריות אך התברר שהם לא יעילים מספיק. התוצאה היא שלא קיים כיום, למרות המאמצים, תכשיר חלופי לנחושת. לכן, לא תהיה ברירה אלא להמשיך ולהשתמש בתכשירי נחושת בתקופה הקרובה. במקביל, נקטנו בגישה שונה ובחנו אפשרויות שונות לאופטימיזציה של השימוש בתכשירי נחושת בהנחה שניתן יהיה להפחית את הריכוזים המיושמים. מצאנו שיישום במשולב של נחושת ונימגרום שיפר בצורה סינרגיסטית את פעילות הנחושת. ממצא זה העלה את האפשרות שניתן יהיה להפחית את ריכוזי הנחושת המיושמים בלי לפגוע ביעילות ההדברה. אולם, בניסויים שבצענו בחממות חוות הבשור התברר שבחלק מהמקרים גם הטיפול המקובל (מינון מלא של קוצייד) לא היה יעיל דיו. תוצאה זו התקבלה בניסויים שבוצעו בשנים שונות והריסוסים יושמו על ידי רססים שונים, כך שלא סביר שהיא תוצאה של בעיות טכניות. אין לנו הסבר לממצא זה, אך הוא צריך להדליק "נורה אדומה" לגבי יעילות הטיפול המקובל בחממות מסחריות בתנאים שמאד מעודדים כימיון.

**הרחקת אברי הצמח הנגועים (סניטציה).** לסניטציה הייתה השפעה רבה על בריאות הצמחים בניסויים שבצענו. יעילות הטיפול הייתה תלויה בעוצמת המחלה. במקרים בהם בוצעה הסניטציה בחלקות עם נגיעות נמוכה או בינונית, אפשר היה למנוע את היווצרות מוקדי הנגיעות על הגבעולים ולהפחית את תמותת הצמחים. אולם, בחלקות עם נגיעות גבוהה טיפול זה לא היה יעיל. מכאן עולה שהסניטציה צריכה להיות מרכיב אחד, ולא המרכיב היחיד, בממשק ההתמודדות עם המחלה.

**העלאת טמפרטורת האוויר בחלל החממה.** אי פתיחת פתחי הצד במשך היום הביאה לעלית הטמפרטורה ולהאטת קצב הקדמות המחלה על הטרפים. בעקבות כך מתו פחות צמחים בחדרים הללו. אמצעי זה, גם אם הוא יעיל, חייב להיות מיושם בזהירות ובצורה מושכלת. ניתן להשתמש בו רק את קיימת נגיעות בעלים, ובימים בהם הטמפרטורה המרבית החזויה גבוהה מ- 22 מ"צ. במקרים בהם הטמפרטורה המרבית החזויה נמוכה יותר יש סכנה שאי פתיחת פתחי הצד תגרום להיווצרות תנאים מיטביים להתקדמות המחלה.

כל האמצעים המפורטים למעלה נכללו בממשק החדש שפיתחנו להתמודדות עם מחלת הכימיון בעגבניות חממה אורגניות. בחינת הממשק החדש, בהשוואה לממשק המקובל כיום בניסוי מסודר ובתצפיות מסחריות אוששו את יעילותו. נקודה ראויה לציון היא שמרבית האמצעים הנכללים בממשק המוצע אינם אמצעים כימיים וניתן להשתמש בהם מיידית וללא כל חשש בחקלאות האורגנית. יותר מכך, הם גם מתאימים למטרות הנוכחיות של הפחתת השימוש בתכשירי הדברה בחקלאות הקונבנציונאלית. כפי שצוין בפרק המבוא, מחקר זה התמקד במחלת הכימיון. אולם, חלק מהאמצעים בהם השתמשנו יעילים כנגד גורמי מחלה "אוהבי לחות" אחרים. בניהם עובש אפור, עובש עלים, קימחון וקימחוניות. במהלך הניסויים נאספו נתונים לגבי יעילות הטיפולים כנגד מחלות אלה והם יפורסמו במקומות אחרים.