

## יישום חיטוי קרקע בקיטור להדברת פגעים בעגבניות בחממה סיכום שלוש שנים בחממת משק מודל

אברהם גמליאל, המכון להנדסה חקלאית, מנהל המחקר החקלאי בית דגן  
אלי מתן, מירי טריגרמן, מו"פ דרום  
יואל מסיקה שה"ם האגף להגנת הצומח

### תקציר

בשלוש השנים האחרונות בחנו קיטור כשיטת חיטוי בבית צמיחה לגידול עגבניות. עיקרה של העבודה היה לבחון את שיטת החיטוי בקיטור בהזרמה עילית משולבת בשאיבה מהעומק. בנוסף, ניסינו לבחון השפעות לטווח ארוך יותר של חיטוי רצוף והתפתחות פגעים בחממה בחלקות ללא חיטוי. בחנו חיטוי בקיטור בהשוואה לחיטוי במתיל ברומיד וחלקה ללא חיטוי כלל, בחלקה ללא היסטוריה של גידול עגבניות. העבודה בוצעה במתכונת של משק מודל בחממה מסחרית. בחיטוי בקיטור בשיטה זו הושג חימום הקרקע וחיטוייה לעומק של 60 ס"מ. קטילת גופי ריבוי של פטריות פתוגניות שהוטמנו בקרקע היתה מושלמת עד לעומק 60 ס"מ. החיטוי בקיטור היה יעיל בשמירה על חלקות נקיות מפוזריום ונמטודות יוצרות עפצים במשך הגידול. לצורך שמירה על נקיון החלקות היה צורך בחיטוי בקיטור כטיפול מקדים בתחילת כל עונה לפני השתילה. בשנה הראשונה נרשמה נגיעות נמוכה בחלקה בנמטודות שהתרכזה בשולי החלקה. התפשטות הנמטודות בשנה השנייה בהיעדר חיטוי, היתה מהירה והם אילחו בתום העונה השנייה והשלישית את כל החלקה. חיטוי הקרקע הדבירו את הנמטודות בצורה יעילה ביותר. נגיעות החלקה בפוזריום היתה רבה כבר בשנת העבודה הראשונה. מקור הנגיעות אינו ברור. ייתכן שגורמי המחלה שרדו בקרקע גם בהיעדר פונדקאי ראשי (לפטריה זו מנגוני הישרדות מגוונים). איבחנו בחלקה גם את FORL הגורם לרקבון הכתר בעגבניות וגם את FOL הגורם לנבילה בעגבניות. החיטוי בקיטור היה יעיל בהפחתת התפשטות פוזריום גם בגידול שני ללא חיטוי נוסף. לעומת זאת הדברת נמטודות מחייבת חיטוי לפני כל עונה. בהיעדר חיטוי, התפשטו הנמטודות לכל אורך החלקה. החיטוי במתיל ברומיד בשנה הראשונה לא היה יעיל ותוצאותיו התבטאו בקטילה חלקית של פתוגנים בקרקע ונגיעות רבה בצמחים בתום העונה. להדברה החלקית היתה השפעה על התחלואה בחלקה זו גם בעונת הגידול השנייה. יעילות רבה יותר של החיטוי נרשמה בשנה השנייה והשלישית

החיטוי המשולב בבזאמיד טלון וחיטוי סולרי היה יעיל בהדברת נמטודות ופוזריום. חיטוי זה בוצע בשנה השנייה והשלישית בלבד והיה יעיל בשמירה על נקיון החלקות. תוצאות שלוש השנים בנפרד וסיכום שלהם מובאות להלן.

### הצגת הבעיה

הדברת פגעי קרקע בגידולים חקלאיים הינה מגבלה קשה בגידולים חקלאיים. בעיה זו מחרפה בגידולים אינטנסיביים ומונוקולטורה שבהם מגודלים גידולים עתירי הון שהתשומות עליהן גבוהות. משום כך מגודלים גידולים עתירי הון ברציפות ללא מחזור גידולים וללא פרק זמן ללא גידולים. על מנת להבטיח את ניקיון הקרקע מגורמי מחלות מבוצע חיטוי קרקע בתום עונת הגידול ולפני שתילת הגידול החדש. מרווח הזמן הקצר שבין הגידולים מאפשר חיטוי לפרק זמן קצר בלבד. החיטוי המקובל הינו חיטוי בחומרים נדיפים רעילים מאד כגון מתיל ברומיד, כלורופיקרין, או ופאם (מתאם סודיום), בנפרד או במשולב. חיטויים אלה יעילים בהדברת גורמי פגעים ומבטיחים במרבית המקרים גידולים בריאים ויבולים נאותים. עם זאת,

החיטוי בתכשירים כימיים יוצר בעיות סביבתיות אשר מעמידות בספק את המשך השימוש בהם. לאחרונה סומן מתיל ברומיד כפוגע בשכבת האוזון ועל פי אמנת מונטריאול ונקבע לוח זמנים לצמצום השימוש בו עד לאיסור מוחלט בשימוש. בנוסף, מחרימות מדינות מסוימות יבוא תוצרת חקלאית המכילה שאריות ברומידים שמקורם בחיטוי קרקע. השימוש בתכשירים כימיים לחיטוי קרקע בבתי צמיחה גורם לבעיות סביבתיות נוספות. בתי הצמיחה קרובים בדרך כלל לבתי מגורים והשפעת לוואי של החיטוי מתבטאת במקרים מסוים בפגיעה בסביבה הקרובה. משום כך מוטלות מגבלות חדשות לבקרים על השימוש בתכשירים כימיים בבתי צמיחה בקרבת מגורים. גם חיטוי סולרי שהינו שיטה לחיטוי קרקע ללא שימוש בכימיקלים אינה פתרון. החיטוי הסולרי מחייב פינוי הקרקע מגידול למשך 6-8 שבועות, ובמקרים רבים מצב כזה אינו אפשרי בבתי צמיחה. במצב כזה של דלדול אמצעי החיטוי בבתי צמיחה ישנו הכרח למצוא ולפתח שיטות חלופיות לחיטוי קרקע.

חיטוי קרקע בקיטור ידוע ומקובל כבר עשרות שנים. החיטוי מבוסס על הזרמת קיטור בטמפ' גבוהה לקרקע וחימום שכבת העיבוד לטמפ' גבוהות לפרק זמן של מספר שעות. באופן זה נקטלים גורמי מחלה רבים בדומה לשיטות החיטוי הכימיות. חיטוי בקיטור מיושם בבתי צמיחה בארצות צפוניות בקנה מידה נרחב. בארצות כאלה (הולנד, גרמניה ועוד) משמש הקיטור אמצע לחימום המבנה במהלך עונת הגידול ומכיוון שהמערכת קיימת במבנה היא משמשת גם לחיטוי הקרקע בתום הגידול בעלות נמוכה יחסית. בארץ מיושם כיום החיטוי בקיטור בהיקף מצומצם מאד ובעיקר בשולחנות השרשה במשתלות שבהם מקפידים על ניקיון מוחלט של מצע הגידול.

לאחרונה ישנו עניין בחיטוי בקיטור בבתי צמיחה כחלופה לשיטות החיטוי הקיימות וכן כשיטה נוספת שתאפשר שימוש לסירוגין בשיטות שונות. בארץ אין כלל ניסיון בחיטוי בקיטור בחלקות גדולות וישנו הכרח לפתח שיטות וטכנולוגיות שיאפשרו חיטוי יעיל וכן עלות סבירה שתאפשר שימוש מסחרי.

### **מטרת העבודה:**

בקיץ 1999 הוצבה חלקת ניסוי רב שנתית במתכונת משק מודל בחממת עגבניות בתחנת הבשור. מטרת הניסוי בניסוי זה היו:

1. בחינת יעילות החיטוי בקיטור בהדברת פגעי קרקע בגידול עגבניות בהשוואה לחיטוי במתיל ברומיד וחלקת היקש.
2. מעקב אחר התפתחות והתפשטות גורמי פגעים בחממה בעקבות טיפולי חיטוי רצופים בקיטור ובמתיל ברומיד בחממה במשך שלוש שנים (בהשוואה לחלקת היקש ללא כל חיטוי)

## **שנה א' 1999-2000**

### **חומרים ושיטות**

לניסוי נבחרה חממה אשר בעבר גודלו בה עצי פרי סובטרופיים (אפרסמון ומנגו). המבנה בשטח כולל 600 מ"ר ומורכב משלושה מפתחים. בכל מבנה בוצע חיטוי שונה קיטור או מתיל ברומיד. המפתח האמצעי הושאר ללא חיטוי (חלקת היקש).

### הכנת החלקות וביצוע החיטויים

הנחת צנורות הניקוז. הכנת החלקה לחיטוי כללה סילוק שיירי הצמחים עיבוד הקרקע לעומק וייבוש, מערכת צנורות ניקוז הונחה בחלקות במרווחים של 1.5 מטר בעומק 70-80 ס"מ (4 צנורות ניקוז בכל מפתח), צנורות ניקוז הונחו בכל שטח המבנה ולא רק בחלקות המחוטאות על מנת לצמצם את אפקט השוליים בקצה החלקה, וכדי לאפשר ניקוז אחיד של המים במבנה במהלך הגידול. לאחר הנחת הצנרת יושרה החלקה ותוחחה לקראת ביצוע החיטוי. המאוורר לשאיבת הקיטור מוקם במרכז רשת צנורות הניקוז מחוץ למבנה.

הטמנת ציוד מדידה. לפני ביצוע החיטוי הוצנעו בקרקע חיישני טמפרטורה בעומקים 20,30,45,60 ס"מ. רישום טמפרטורה בעומקים השונים בוצע באופן רציף במהלך החיטוי במכשיר Data logger מסוג Campbell. גופי ריבוי של פטריות פתוגניות הוטמנו בקרקע בעומקים שונים לפני ביצוע החיטויים. הפתוגנים הוצנעו בתוך שקיות רשת שנשלפו כולם מהקרקע בתום החיטוי הצנעת פתוגנים בקרקע כני"ל מאפשרת להעריך את יעילות החיטוי בתוך פרק זמן קצר מתום החיטוי, ולגלות תקלות בחיטוי עוד לפני שתילת הגידול בחלקה המחוטאת. הפתוגן שנבחן היה פטריית הפוזריום הגורמת לריקבון הכתר בעגבניות. כל שקיות הרשת נשלפו מהחלקות ללא כל שאריות בקרקע בתום החיטוי.

ביצוע החיטוי בקיטור. חיטוי הקרקע בוצע על ידי חברת "חקלאות ירוקה בע"מ" - כפר ויתקין על ידי דוד קיטור בהספק 2 מיליון קלוריות. החיטוי נעשה על ידי הזרמה עילית תחת יריעות PVC. הפעלת המאוורר לצורך שאיבת הקיטור לעומק בוצעה חצי שעה עד שעה לאחר תחילת ההזרמה. בשעה הראשונה בוצעה שאיבה לסירוגין ולאחר מכן שאיבה רצופה. הזרמת הקיטור לחלקה הופסקה כאשר טמפרטורת הקרקע בעומק 45 ס"מ היתה 75 מ"צ. לאחר גמר הזרמת הקיטור הוסרו היריעות באופן חלקי מהחלקה על מנת לאפשר שאיבה יעילה של החום לעומק. הפעלת המאוורר ושאיבת הקיטור לעומק נמשכה 12 שעות נוספות לאחר גמר הזרמת הקיטור.

ביצוע החיטוי במתיל ברומיד. חיטוי הקרקע בוצע בשיטת הגז החם במינון 70 ק"ג לדונם.

### בדיקות בתום החיטוי

בתום החיטוי הוצאו שקיות רשת שהכילו את הפתוגנים (שהוצנעו לפני ביצוע החיטוי) לצורך בדיקות חיוניות ויעילות הקטילה. מכל החלקות נלקחו דוגמאות קרקע לצורך בחינת שינויים כימיים בקרקע.

בדיקות במהלך הגידול. בחודש ספטמבר נשתלו עגבניות בכל החממה. במחצית כל מפתח נשתלו עגבניות צירי מזן 139 ובמחצית השניה עגבניות מזן 870. בכל מפתח סומנו 4 קטעים לשקילת יבול. במהלך כל הגידול בוצע מעקב אחר התפתחות מחלות שורש בטיפולים השונים. צמחים נובלים סומנו וסולקו על מנת לא לאפשר אילוח במהלך הגידול. בצמחי העגבניות מזן 139 בחנו האם גורם הנבילה הוא FORL (הגורם לרקבון הכתר) או FOL (פוזריום הנבילה של העגבניות).

בתום הגידול בחודש מאי, נעקרו כל הצמחים ונבדקה נגיעות השורשים בנמטודות עפצים והחמה בגבעולים כתוצאה מפוזריום. בעקבות תוצאות הנגיעות צוירה מפת נגיעות בגורמי הפגעים בכל מפתח.

## תוצאות

התחממות הקרקע במהלך חיטוי בקיטור: התחממות הקרקע בעקבות הזרמת קיטור ושאיבה מהעומק מוצגת באיור 1. הפעלת המפוח לצורך שאיבת האויר מתבצעת רק לאחר מילוי שכבת האויר העליונה בקיטור כדי לדחוק את הקיטור באופן אחיד לקרקע. שכבות הקרקע מתחממות בדרגה במהלך החיטוי. התחממות שכבת קרקע מתבצעת רק לאחר ששכבת הקרקע מעליה התחממה במלואה. פרק הזמן שנדרש לצורך חימום מספק של שכבות הקרקע עד לעומק 60 ס"מ היה כשלוש שעות. חימום מספק של הקרקע בשכבות השונות משמעותו הבאת הקרקע בתום החיטוי למצב של רטיבות מלאה (קיבול שדה). על מנת לחטא את הקרקע לעומק 50 ס"מ יש להזרים קיטור עד שטמפרטורת הקרקע בעומק 45 ס"מ היא 80 מ"צ. בשלב זה ממשיכים את שאיבת האויר מהעומק ופעולה זו גורמת המשך התחממות השכבות העמוקות בעקבות שאיבת קיטור מהשכבות הגבוהות.

קטילת פגעי קרקע: גופי ריבוי של פטריות פתוגניות הוטמנו בקרקע בחלקות השונות, בעומקים שונים לפני ביצוע החיטויים. הפתוגנים הוצנעו בתוך שקיות רשת שנשלפו כולם מהקרקע בתום החיטוי. יעילות הדברת פגעי קרקע לעומק בעקבות החיטוי בקיטור מוצגת בטבלה 1. הושגה קטילה מלאה של גופי ריבוי הפטריה FORL לעומק 60 ס"מ. לעומת זאת הושגה קטילה חלקית בעומק 40 ס"מ בחיטוי במתיל ברומיד. בעומק 60 ס"מ לא הושגה קטילה של הפתוגן בחיטוי במתיל ברומיד.

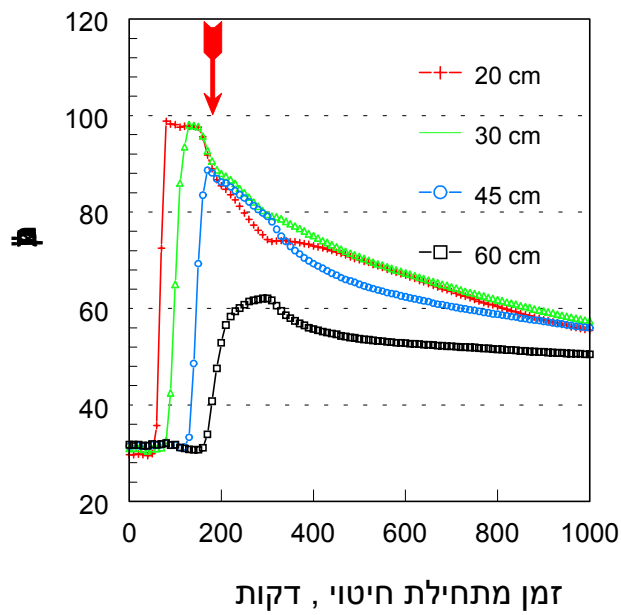
טבלה מס' 1. השפעת חיטוי קרקע על קטילת גופי השתמרות של FORL

יחידות יוצרות מושבה לגר' קרקע בעומקים השונים		
40 ס"מ	40 ס"מ	20 ס"מ
3800	3750	1500
1500	250	0
0	0	0
		היקש מתיל ברומיד
		קיטור

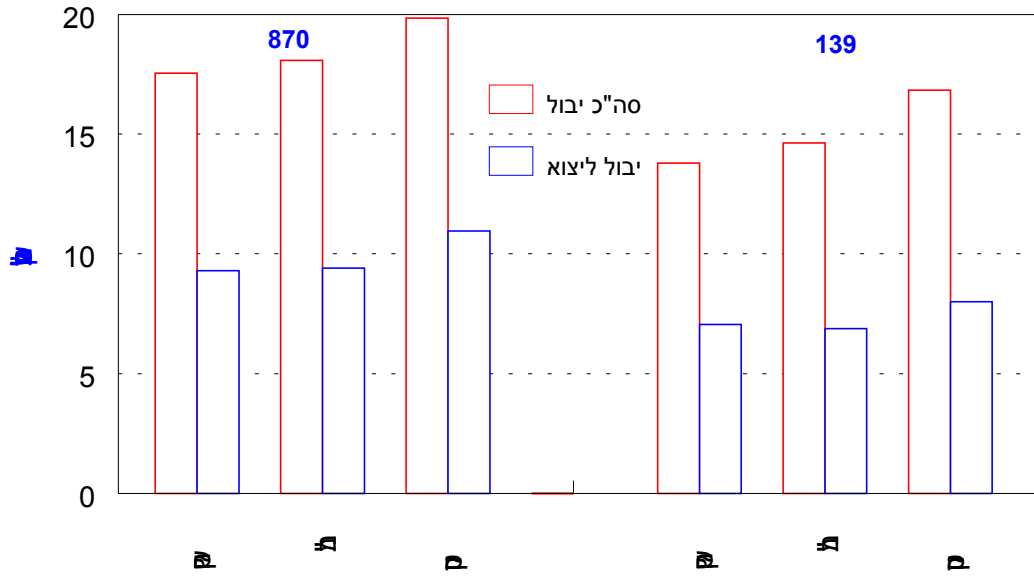
גידול צמחים ויבול: התפתחות שתילי העגבניות בכל החלקות היה דומה וללא תופעות מיוחדות. לא נצפתה תמותה של צמחים בעקבות מחלות נבילה במהלך הגידול. יבול העגבניות בחיטוי בקיטור היה רב יותר בשיעור 13%-17% בשני הזנים בהשוואה לחיטוי במתיל ברומיד או לחלקות ההיקש (איור מס' 2). יבול העגבניות ליצוא מהזן 870 בחיטוי בקיטור היה גבוה ב 12% בהשוואה לחיטוי במתיל ברומיד ולחלקות ההיקש. יבול העגבניות מהזן 139 בחיטוי בקיטור היה גבוה ב 14%-16% בהשוואה לחיטוי במתיל ברומיד ולחלקות ההיקש.

נגיעות צמחים בתום עונת הגידול: בתום עונת הגידול נעקרו הצמחים ונבדקה נגיעות השורשים בנמטודות והחמה בגבעולים כתוצאה מפוזריום. נגיעות בנמטודות אובחנה בכל הטיפולים בשעור קטן (איור 3). הנגיעות התמקדה כולה בקצה הדרומי של החממה לרוחב כל המפתחים, ללא הבדל בין טיפולי החיטוי (איור 4). נגיעות בפוזריום אובחנה בכל המפתחים (איור 3). שעור נגיעות גבוה אובחן בחלקת ההיקש (50%) ובחלקה שחוטאה במתיל ברומיד (38%). לעומת זאת נרשמה נגיעות נמוכה בצמחים בחלקה שחוטאה בקיטור (8.7%).

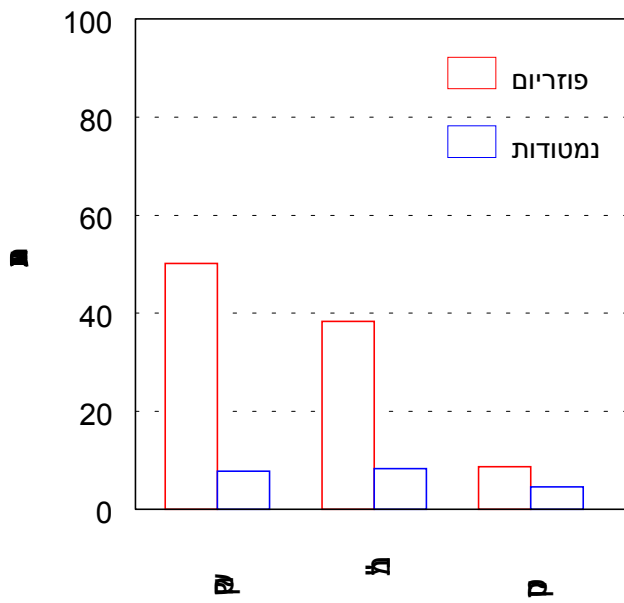
הנגיעות בפוזריום היתה מפוזרת באופן אקראי בכל מפתח (איור 4). בזן 139 איבחנו גם פוזריום הגורם לריקבון הכתר (FORL) וגם פוזריום הנבילה של העגבניה (FOL). בזן 870 אשר עמיד ל-FOL לא היתה נגיעות בפתוגן זה. בעקבות בחינת כל הצמחים ציורה מפת נגיעות של החממה בפגעי הקרקע לקראת המשך העבודה בשנה השניה.



איור מס' 1. התחממות הקרקע בעומקים שונים במהלך חיטוי בקיטור (יולי 1999). חץ מציינ את מועד הפסקת הזרמת הקיטור.



איור מס' 2. השפעת חיטויי קרקע בקיטור ומתיל ברומיד על יבול עגבניות.



איור מס' 3. השפעת טיפולי החיטוי על שיעור הנגיעות בנמטודות ופוזריום בצמחים בתום העונה.

	קיסור					היקש					מתיל ברומיד				
	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11															
12															
13															
14															
15															
16															
17															
18															
19															
20															
21															
22															
23															
24															
25															
26															
27															
28															

1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11															
12															
13															
14															
15															
16															
17															
18															
19															
20															

	קיסור					היקש					מתיל ברומיד				
	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11															
12															
13															
14															
15															
16															
17															
18															
19															
20															

1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11															
12															
13															
14															
15															
16															
17															
18															
19															
20															

איור מס' 4. תרשים פיזור הנגיעות בצמחים בתום העונה בנמטודות (שמאל) ופוזריום (ימין). כל משבצת מציינת צמח בשורה. משבצות כהות מציינות צמח שנמצא נגוע בתום העונה. המחצית העליונה בכל מפתח צמחים מזן 139 והמחצית התחתונה צמחים מזן 870.

### שנה ב' 2001-2000

#### חומרים ושיטות

בשנת העבודה השנייה נשמרו המפתחים לפי הטיפולים בשנה הקודמת ובמפתחים בהם בוצע חיטוי בקיסור או מתיל ברומיד בשנת 2000. בשנה זו חולק כל מפתח לשני חלקים לאורכו. מחצית מכל מפתח חוטאה והמחצית השנייה הושארה כהיקש ללא חיטוי. במפתח ההיקש (שלא

חוטא כלל בשנת 1999) חוטאה מחצית בחיטוי משולב (בזאמיד-קונדור-סולרי) והמחצית השניה הושארה כהיקש. מפת החיטויים מוצגת בטבלה מס' 2.

טבלה מס' 2. מפת הטיפולים בחממה בשנת 1999 ובשנת 2000.

מפתח 1 – מתיל ברומיד ב-1999		מפתח 2 – היקש ב-1999		מפתח 3 – קיטור ב-1999	
היקש	מתיל ברומיד	היקש	בזאמיד+ קונדור+ סולרי	קיטור	היקש

### הכנת החלקות וביצוע החיטויים

הטמנת ציוד מזידה. לפני ביצוע החיטוי הוצנעו בקרקע חיישני טמפרטורה בעומקים 20,30,45,60 ס"מ. רישום טמפרטורה בעומקים השונים בוצע באופן רציף במהלך החיטוי במכשיר Data logger מסוג Campbell. גופי ריבוי של פטריות פתוגניות הוטמנו בקרקע בעומקים שונים לפני ביצוע החיטויים, כפי שתואר לעיל. הפתוגן שנבחן היה פטריית הפוזריום הגורמת לריקבון הכתר בעגבניות. כל שקיות הרשת נשלפו מהחלקות ללא כל שאריות בקרקע בתום החיטוי.

ביצוע החיטוי בקיטור. חיטוי הקרקע בוצע על ידי חברת "חקלאות ירוקה בע"מ" - כפר ויתקין על ידי דוד קיטור בהספק 2 מיליון קלוריות. החיטוי נעשה על ידי הזרמה עילית תחת יריעות PVC בדומה לאשר תואר בשנה הראשונה. משך החיטוי והתחממות הקרקע היו דומים לאשר התקבל בשנה הקודמת.

ביצוע החיטויים הכימיים. חיטוי הקרקע במתיל ברומיד בוצע בשיטת הגז החם במינון 70 ק"ג לדונם. החיטוי המשולב בזאמיד-קונדור-סולרי בוצע תחילה על ידי פיזור בזאמיד במינון 45 גר' למ"ר באמצעות מכונה יעודית. לאחר מכן נפרשו שלוחות טפטוף והקרקע חופתה ביריעות פוליאאתילן שקופות. קונדור (1,3 dichloropropene בתוארית תרכיז מתחלב) במינון 20 סמ"ק למ"ר הוזרם דרך מערכת הטפטוף. יריעות הפלסטיק הושארו על פני הקרקע לצורך חיטוי סולרי למשך 6 שבועות.

### בדיקות בתום החיטוי

בתום החיטוי הוצאו שקיות רשת שהכילו את הפתוגנים (שהוצנעו לפני ביצוע החיטוי) לצורך בדיקות חיוניות ויעילות הקטילה.

בדיקות במהלך הגידול. בחודש ספטמבר נשתלו עגבניות בכל החממה. במחצית כל מפתח נשתלו עגבניות צ'רי מזן 139 ובמחצית השניה עגבניות מזן 870. בכל מפתח סומנו 4 קטעים לשקילת יבול. במהלך כל הגידול בוצע מעקב אחר התפתחות מחלות שורש בטיפולים השונים. צמחים נובלים סומנו וסולקו על מנת לא לאפשר אילוח במהלך הגידול. בצמחי העגבניות מזן 139 בחנו האם גורם הנבילה הוא FORL (הגורם לרקבון הכתר) או FOL (פוזריום הנבילה של העגבניות).



בתום הגידול בחודש מאי, נעקרו כל הצמחים ונבדקה נגיעות השורשים בנמטודות עפצים והחמה בגבעולים כתוצאה מפוזריום. בעקבות תוצאות הנגיעות צוירה מפת נגיעות בגורמי הפגעים בכל מפתח.

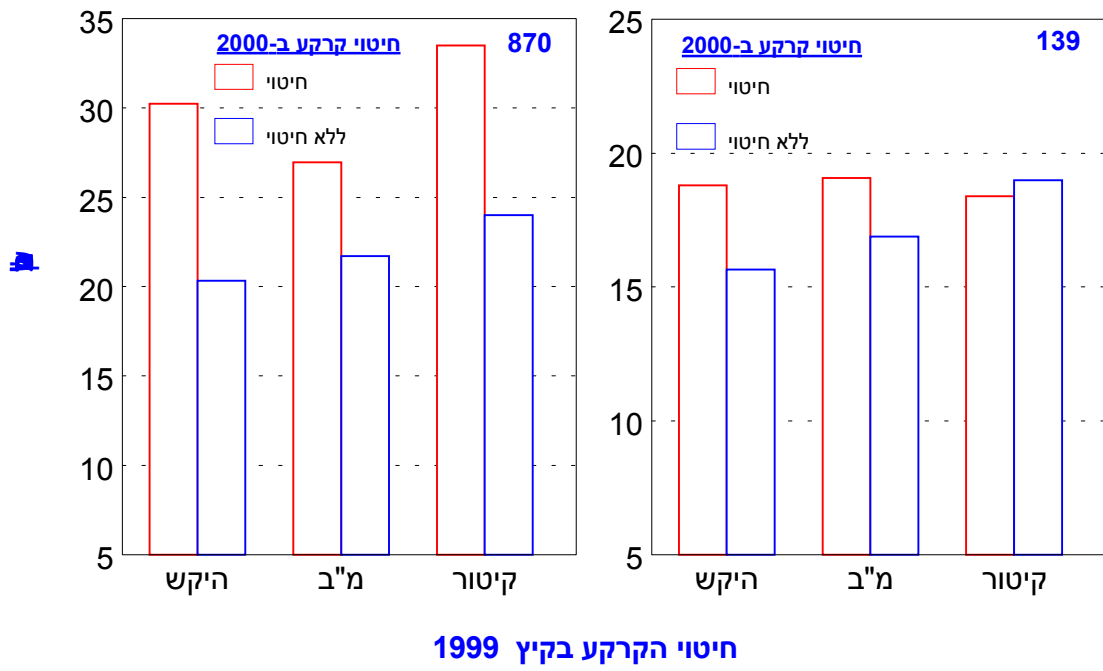
## **תוצאות**

קטילת פגעי קרקע: גופי ריבוי של פטריות פתוגניות הוטמנו בקרקע בחלקות השונות, בעומקים שונים לפני ביצוע החיטויים. הפתוגנים הוצנעו בתוך שקיות רשת שנשלפו כולם מהקרקע בתום החיטוי. הושגה קטילה מלאה של גופי ריבוי הפטריה FORL לעומק 60 ס"מ בחיטויים השונים.

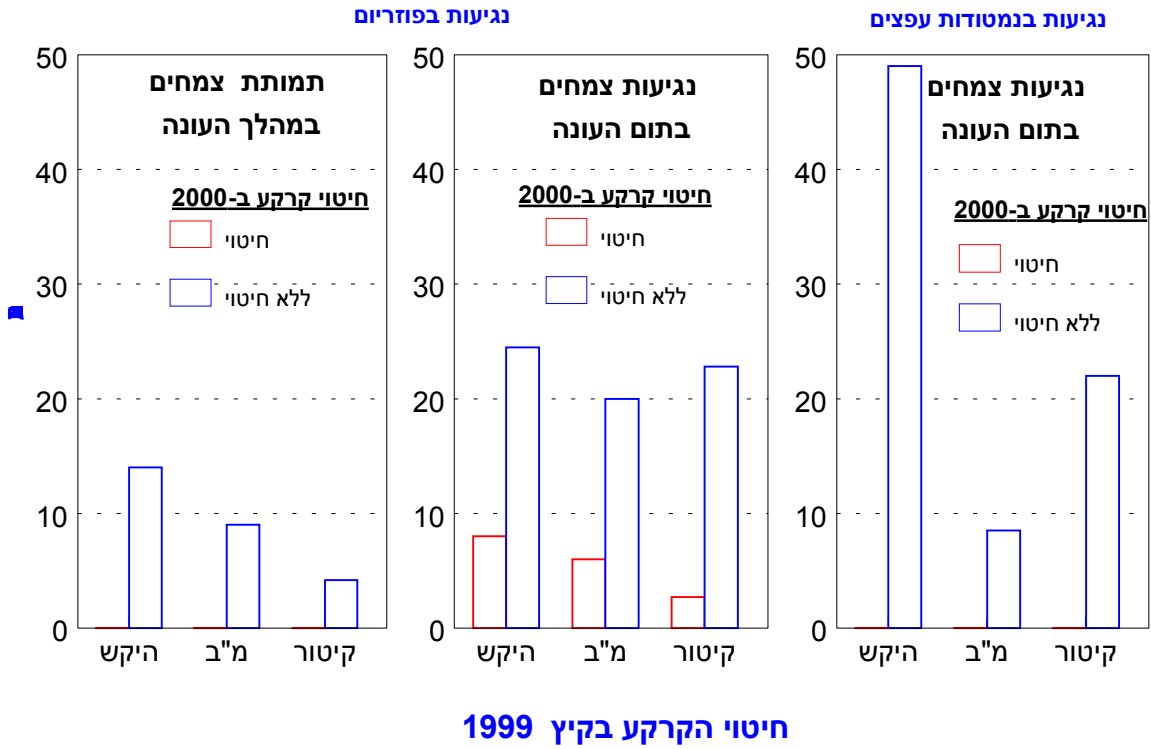
גידול צמחים ויבול: התפתחות שתילי העגבניות בכל החלקות היה דומה וללא תופעות מיוחדות. הצמחים שגדלו על גבי החיטוי בקיטור נראו מפותחים יותר (גבעולים עבים יותר וצמוח נמרץ יותר). במהלך הגידול נצפתה תמותה של צמחים בעקבות מחלות נבילה במהלך הגידול. שיעור התמותה במפתח ההיקש היה 15% (איור 5). במפתחים בהם בוצע חיטוי קרקע לא נצפתה תמותת צמחים. יבול העגבניות בחיטוי בקיטור ובטיפול הכימי המשולב היה רב יותר בשני הזנים בהשוואה לחיטוי במתיל ברומיד או לחלקות ההיקש (איור מס' 6). כן בולט ההבדל ביבול העגבניות בין חלקות ההיקש. בחלקות ההיקש ללא חיטוי במשך שנתיים היה יבול נמוך בהשוואה לחלקות שחוטאו שנה קודם. בחלקה שחוטאה בקיטור בשנת 1999 אך לא בשנת 2000 היה היבול דומה לזה לחלקה שחוטאה גם בשנת 2000.

נגיעות צמחים בתום עונת הגידול: בתום עונת הגידול נעקרו הצמחים ונבדקה נגיעות השורשים בנמטודות והחמה בגבעולים כתוצאה מפוזריום. נגיעות רבה בנמטודות אובחנה בחלקות ההיקש (איור 7). הנגיעות התפשטה לאורך המפתחים בערוגות ההיקש. לעומת זאת בחלקות המחוטאות לא היתה כמעט נגיעות בנמטודות. נראה כי לחיטוי בשנה קודמת לא היתה השפעה על התפשטות הנמטודות, ורק החיטוי בשנת 2000 הדבירו אותן (איור 7).

נגיעות בפוזריום אובחנה בכל חלקות ההיקש (איור 6). הנגיעות התפזרה במפתחים בערוגות ההיקש. ובשיעור פחות בחלקות המחוטאות. לחיטוי בקיטור או מתיל ברומיד בקיץ 1999 היתה השפעה בדיכוי התפשטות הפוזריום (איור 7). בזן 139 איבחנו גם פוזריום הגורם לריקבון הכתר (FORL) וגם פוזריום הנבילה של העגבניה (FOL). בזן 870 אשר עמיד ל-FOL לא היתה נגיעות בפתוגן זה. מפת נגיעות של החממה בפגעי הקרקע בתום הגידול מובאת באיור 7.

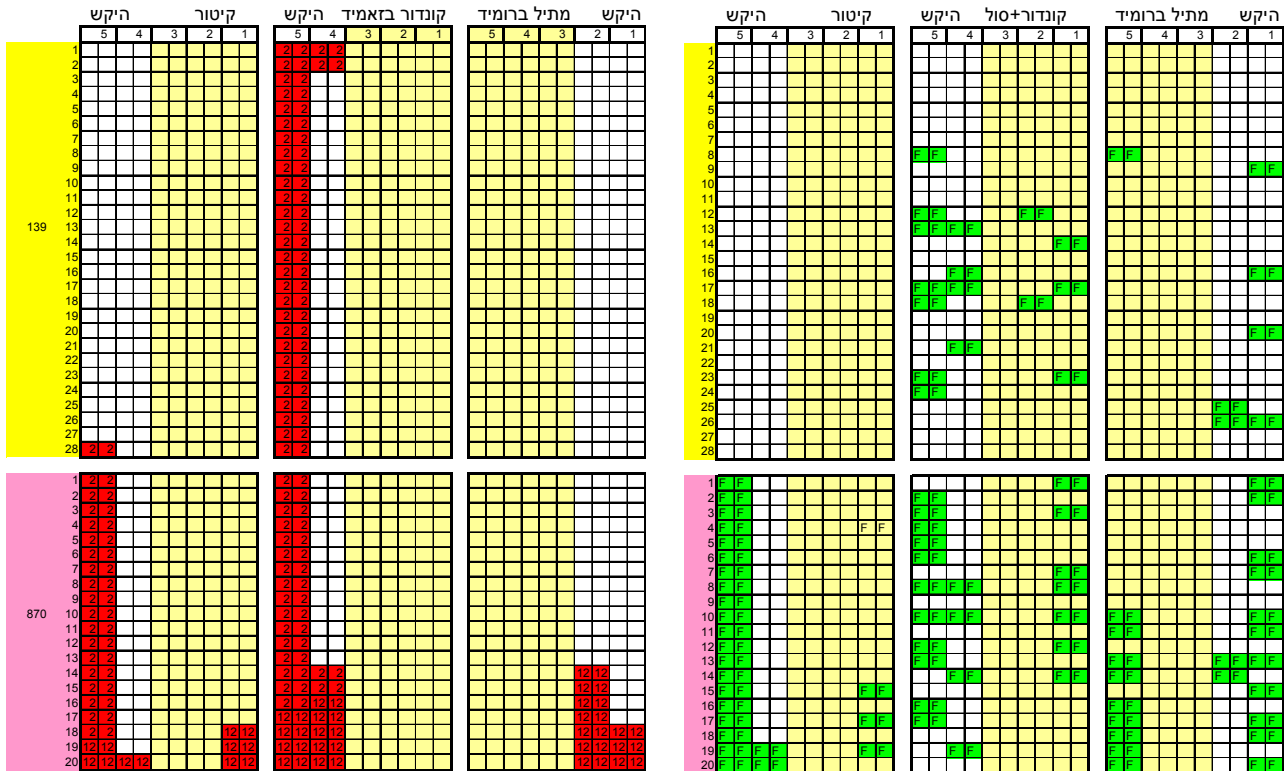


איור מס' 5. השפעת חיטוי קרקע והיסטוריה של חיטויים שנה קודם על יבול עגבניות. פרוט מפת הטיפולים ב-1999 ובקיץ 2000 מופיע בטבלה 2.



חיטוי הקרקע בקיץ 1999

איור מס' 6. השפעת חיטוי קרקע והיסטוריה של חיטויים שנה קודם על תמותת צמחים מפוזריום במהלך העונה, ונגיעות בפוזריום ונמטודות בתום העונה. פרוט מפת הטיפולים ב-1999 ובקיץ 2000 מופיע בטבלה 2.



איור 7. תרשים פיזור הנגיעות בצמחים בתום העונה בנמטודות (שמאל) ופוזריום (ימין). כל משבצת מציינת צמח בשורה. משבצות כהות מציינות צמח שנמצא נגוע בתום העונה. המחצית העליונה בכל מפתח צמחים מזן 139 והמחצית התחתונה צמחים מזן 870. פרוט מפת הטיפולים ב1999- ובקיץ 2000 מופיע בטבלה 2.

### שנה ג' 2001-2002

#### חומרים ושיטות

גם בשנת העבודה השלישית נשמרו המפתחים לפי הטיפולים בשנים שקדמו ובמפתחים בהם בוצע חיטוי בקיטור או מתיל ברומיד בקיץ 1999, בוצע חיטוי זהה בקיץ 2000 ובקיץ 2001. בשנה זו חולק כל מפתח לשני חלקים לאורכו. מחצית מכל מפתח חוטאה והמחצית השניה הושארה כהיקש ללא חיטוי. במפתח ההיקש (שלא חוטא כלל בשנת 1999) חוטאה מחצית בחיטוי משולב (בזאמיד-קונדור-סולרי) והמחצית השניה הושארה כהיקש. מפת החיטויים מוצגת בטבלה 3.

טבלה מס' 3. מפת הטיפולים בחממה במשך שלוש השנים.

מפתח 3		מפתח 2		מפתח 1		
קיטור	קיטור	היקש	היקש	מתיל ברומיד	מתיל ברומיד	1999
היקש	קיטור	היקש	בזאמיד+ קונדור+ סולרי	מתיל ברומיד	היק ש	2000
קיטור	קיטור	היקש	בזאמיד+ קונדור+ סולרי	מתיל ברומיד	היק ש	2001

### **הכנת החלקות וביצוע החיטויים**

**הטמנת ציוד מדידה.** לפני ביצוע החיטוי הוצנעו בקרקע חיישני טמפרטורה בעומקים 20,30,45,60 ס"מ. רישום טמפרטורה בעומקים השונים בוצע באופן רציף במהלך החיטוי במכשיר Data logger מסוג Campbell. גופי ריבוי של פטריות פתוגניות הוטמנו בקרקע בעומקים שונים לפני ביצוע החיטויים, כפי שתואר לעיל. הפתוגן שנבחן היה פטריית הפוזריום הגורמת לריקבון הכתר בעגבניות. כל שקיות הרשת נשלפו מהחלקות ללא כל שאריות בקרקע בתום החיטוי.

**ביצוע החיטוי בקיטור.** חיטוי הקרקע בוצע על ידי חברת "חקלאות ירוקה בע"מ" - כפר ויתקין על ידי דוד קיטור בהספק 2 מיליון קלוריות. החיטוי נעשה על ידי הזרמה עילית תחת יריעות PVC בדומה לאשר תואר בשנה הראשונה. משך החיטוי והתחממות הקרקע היו דומים לאשר התקבל בשנה הקודמת. בעקבות מגבלות טכניות חוטא כל המפתח בקיטור ללא חלקת היקש.

**ביצוע החיטויים הכימיים.** חיטוי הקרקע במתיל ברומיד בוצע בשיטת הגז החם במינון 70 ק"ג לדונם. החיטוי המשולב בזאמיד-קונדור-סולרי בוצע תחילה על ידי פיזור בזאמיד במינון 45 גר' למ"ר באמצעות מכונה יעודית. לאחר מכן נפרשו שלוחות טפטוף והקרקע חופתה ביריעות פוליאאתילן שקופות. קונדור ( 1,3 dichloropropene בתוארית תרכיז מתחלב) במינון 20 סמ"ק למ"ר הוזרם דרך מערכת הטפטוף. יריעות הפלסטיק הושארו על פני הקרקע לצורך חיטוי סולרי למשך 6 שבועות.

### **בדיקות בתום החיטוי**

בתום החיטוי הוצאו שקיות רשת שהכילו את הפתוגנים (שהוצנעו לפני ביצוע החיטוי) לצורך בדיקות חיוניות ויעילות הקטילה.

**בדיקות במהלך הגידול.** בחודש ספטמבר נשתלו בכל החממה עגבניות צ'רי (זן 139). כל שורה חולקה לאורך לארבעה קטעים אשר טופלו בטיפולים משלימים במהלך הגידול. טיפולים אלה כללו:

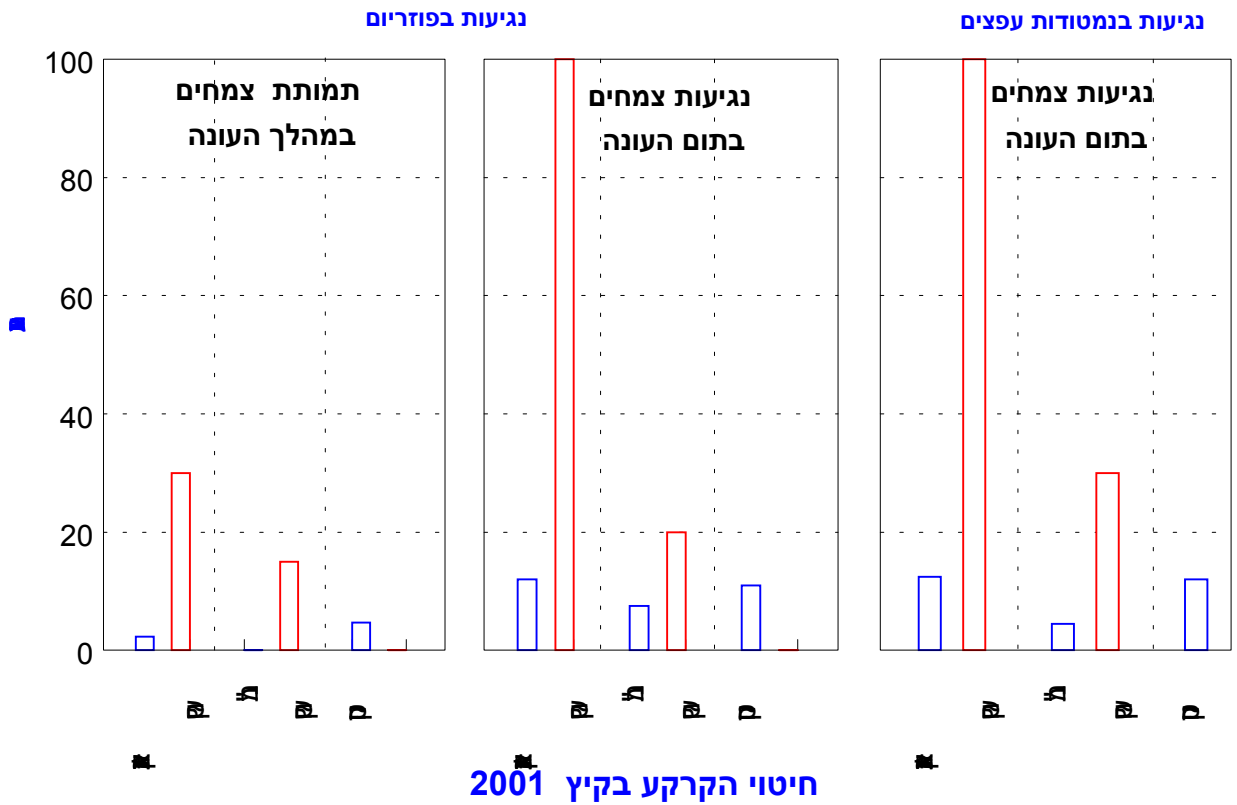
1. היקש ללא טיפול נוסף לחיטוי הקרקע
2. הטענת שתילים במשתלה בטאציגארן ויישום נוסף בהגמעה במהלך הגידול
3. הגמעת שתילים בבוסאן (תכשיר לחיטוי זרעים) במהלך הגידול.

בכל מפתח סומנו 4 קטעים לשקילת יבול (לכל טיפול משנה). במהלך כל הגידול בוצע מעקב אחר התפתחות מחלות שורש בטיפולים השונים. צמחים נובלים סומנו וסולקו על מנת לא לאפשר אילוח במהלך הגידול. בצמחי העגבניות מזן 139 בחנו האם גורם הנבילה הוא FORL (הגורם לרקבון הכתר) או FOL (פוזריום הנבילה של העגבניות). בתום הגידול בחודש מאי, נעקרו כל הצמחים ונבדקה נגיעות השורשים בנמטודות עפצים והחמה בגבעולים כתוצאה מפוזריום. בעקבות תוצאות הנגיעות צוירה מפת הנגיעות בגורמי הפגעים על פי הטיפולים.

## **תוצאות**

קטילת פגעי קרקע: גופי ריבוי של פטריות פתוגניות הוטמנו בקרקע בחלקות השונות, בעומקים שונים לפני ביצוע החיטויים. הפתוגנים הוצנעו בתוך שקיות רשת שנשלפו כולם מהקרקע בתום החיטוי. הושגה קטילה מלאה של גופי ריבוי הפטריה FORL לעומק 60 ס"מ בחיטויים השונים.

גידול צמחים ויבול: התפתחות שתילי העגבניות בכל החלקות היה דומה וללא תופעות מיוחדות. הצמחים שגדלו על גבי החיטוי בקיטור נראו מפותחים יותר (גבעולים עבים יותר וצמוח נמרץ יותר). במהלך הגידול נצפתה תמותה של צמחים בעקבות מחלות נבילה במהלך הגידול. שיעור התמותה במפתח ההיקש היה 30% (איור 8). זהו שיעור כפול משיעור המחלה בשנה הקודמת. במפתחים בהם בוצע חיטוי קרקע נצפתה תמותת צמחים מועטה. יבול העגבניות בחלקות החיטוי היה רב יותר בהשוואה לחלקות ההיקש (איור מס' 9). כן בולט ההבדל ביבול העגבניות בין חלקות ההיקש. בחלקות ההיקש ללא חיטוי במשך שנתיים היה יבול נמוך בהשוואה לחלקות שחוטאו שנה קודם. עיקר ההבדל ביבול מתבטא בפירות הגדולים (איור מס' 9).

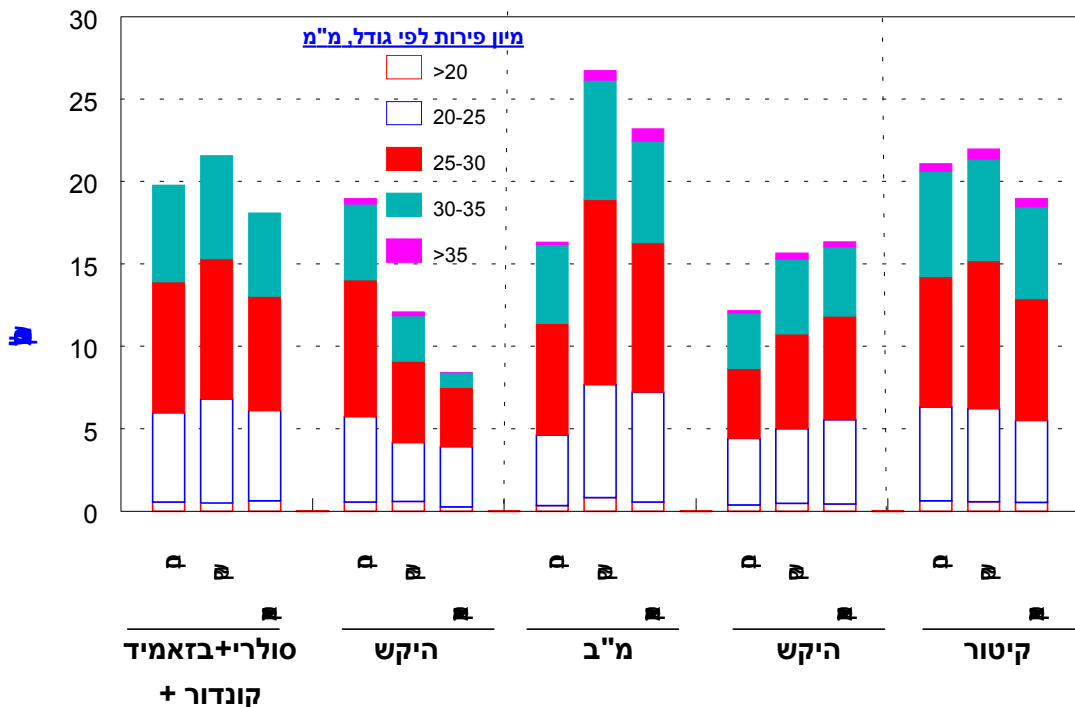


איור מס' 8. השפעת חיטוי קרקע והיסטוריה של חיטויים שנה קודם על תמותת צמחים מפוזריום במהלך העונה, ונגיעות בפוזריום ונמטודות בתום העונה. פרוט מפת החיטויים בקיץ 2001 והחיטויים בשנים הקודמות מופיע בטבלה מס' 3. קווי האורך בכל איור מציינים מפתחים נפרדים בחממה. בכל מפתח מופיע חלקת היקש צמודה לחלקת החיטוי למעט המפתח בו בוצע חיטוי בקיטור

**נגיעות צמחים בתום עונת הגידול:** בתום עונת הגידול נעקרו הצמחים ונבדקה נגיעות השורשים בנמטודות והחמה בגבעולים כתוצאה מפוזריום. נגיעות מלאה בנמטודות אובחנה בחלקות ההיקש (איור 8). הנגיעות התפשטה לכל אורך המפתחים בערוגות ההיקש. לעומת זאת בחלקות המחוטאות לא היתה כמעט נגיעות בנמטודות. נראה כי הגידול הרצוף ללא חיטוי גורם להתפשטות מהירה של הנמטודות, ורק החיטוי מדביר אותן ומדכא את התפשטותן (איור 8).

נגיעות בפוזריום אובחנה בכל חלקות ההיקש (איור 10). הנגיעות התפזרה במפתחים בערוגות ההיקש. ובשעור פחות בחלקות המחוטאות. לחיטוי בקיטור או מתיל ברומיד בשלוש שנות המחקר היתה השפעה בדיכוי התפשטות הפוזריום (איור 10). בשנה זו עיקר הנגיעות היתה פוזריום הנבילה של העגבניה (FOL) ופחות פוזריום הגורם לריקבון הכתר (FORL) (ריקבון הכתר היה הגורם העיקרי בזן 870 אשר עמיד ל-FOL). בשנה השלישית לא גידלנו את הזן 870 ויתכן כי זהו גורם המשפיע על התבטאות FORL בשנה זו.

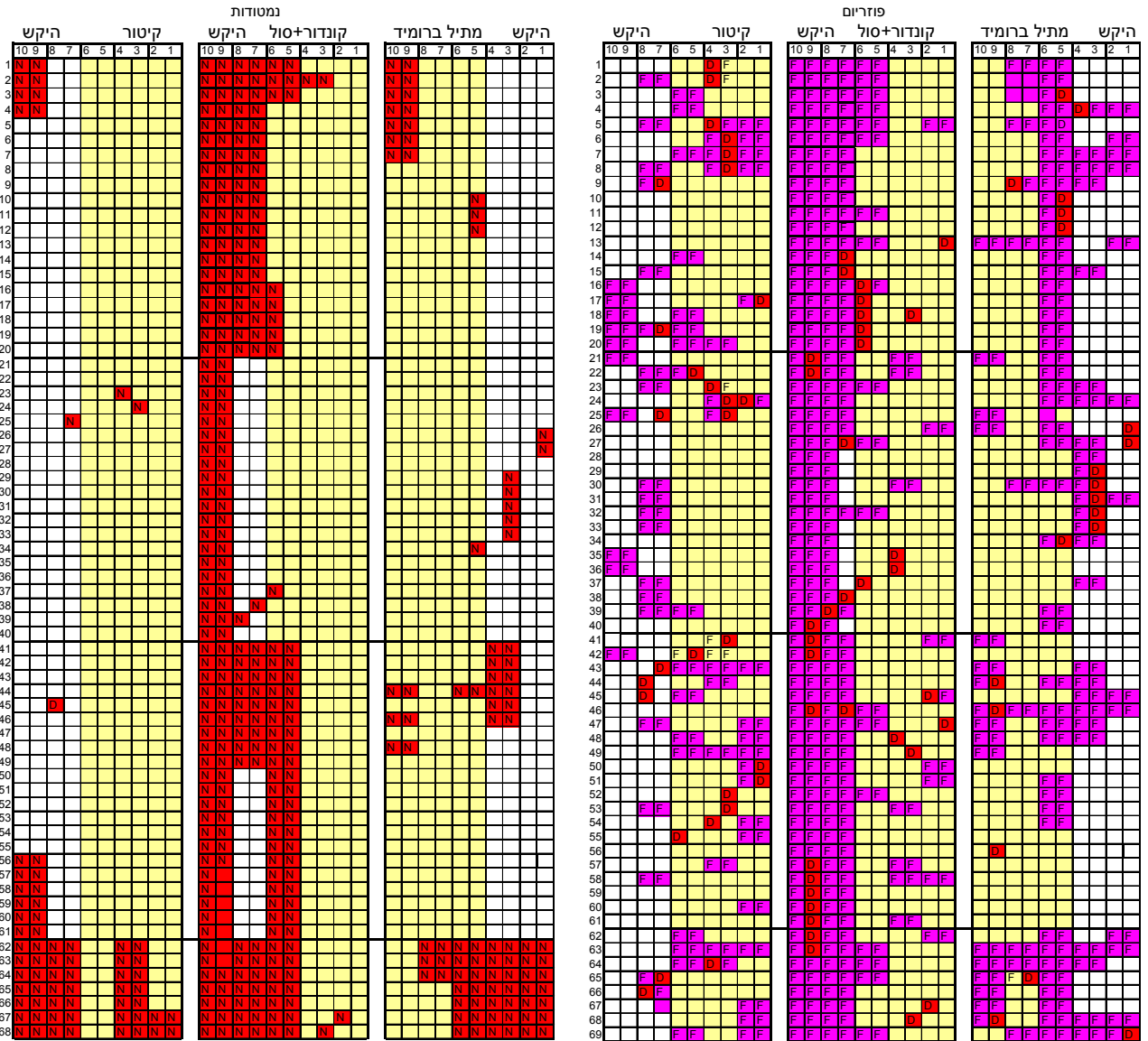
לא היתה נגיעות בפתוגן זה. מפת נגיעות של החממה בפגעי הקרקע בתום הגידול מובאת באיור 10. הטיפולים המשלימים שכללו הטענת שתילים או הגמעת צמחים במהלך העונה בבוסן או טאציגארן, לא השפיעו באופן בולט על התחלואה של הצמחים או על היבול. קיים שוני בהשפעת טיפולים אלה במפתחים השונים. מכיוון שמתכונת ההצבה מראש היתה של משק מודל, לא ניתן ליחס את השוני לטיפולים או לשגיאה אקראית ולכן מוצגים הממצאים ללא אפשרות לניתוח סטטיסטי ופרוק ההשפעות בנפרד.



**חיטוי קרקע וטיפולים משלימים ב-2001**

איור מס' 9. השפעת חיטוי קרקע והיסטוריה של חיטויים שנה קודם על יבול עגבניות והתפלגותו לפי גודל הפירות. פרוט מפת החיטויים בקיץ 2001 והחיטויים בשנים הקודמות מופיע בטבלה מס' 3. קווי האורך בכל איור מציינים מפתחים נפרדים בחממה. בכל מפתח מופיע חלקת היקש צמודה לחלקת החיטוי למעט המפתח בו בוצע חיטוי בקיטור





איור 10. תרשים פיזור הנגיעות בצמחים בתום העונה בנמטודות (שמאל) ופוזריום (ימין). כל משבצת מציינת צמח בשורה. משבצות כהות מציינות נגיעות. D – מציין תמותת צמח במהלך העונה, F – מציין נגיעות בתום העונה. פרוט מפת הטיפולים בשלושת השנים מופיע בטבלה 3.

## סיכום:

בשלוש השנים האחרונות בחנו במסגרת של משק מודל יישום של קיטור כשיטת חיטוי בבית צמיחה לגידול עגבניות. למטרה זו נבחר בית צמיחה בחוות הניסויים של מו"פ דרום בבשור אשר בעבר שימש לגידול אפרסמון ומנגו. בחלקה זו לא היתה היסטוריה קודמת של גידול עגבניות לפני תחילת העבודה. מטרת העבודה העיקריות היו:

1. לבחון את שיטת החיטוי בקיטור בהזרמה עילית משולבת בשאיבה מהעומק.
2. לבחון השפעות לטווח ארוך יותר של גידול רצוף בחלקה ללא חיטוי או במשך חיטוי רצוף על התפתחות פגעים בחממה.

הממצאים העיקרים בעבודה הם:

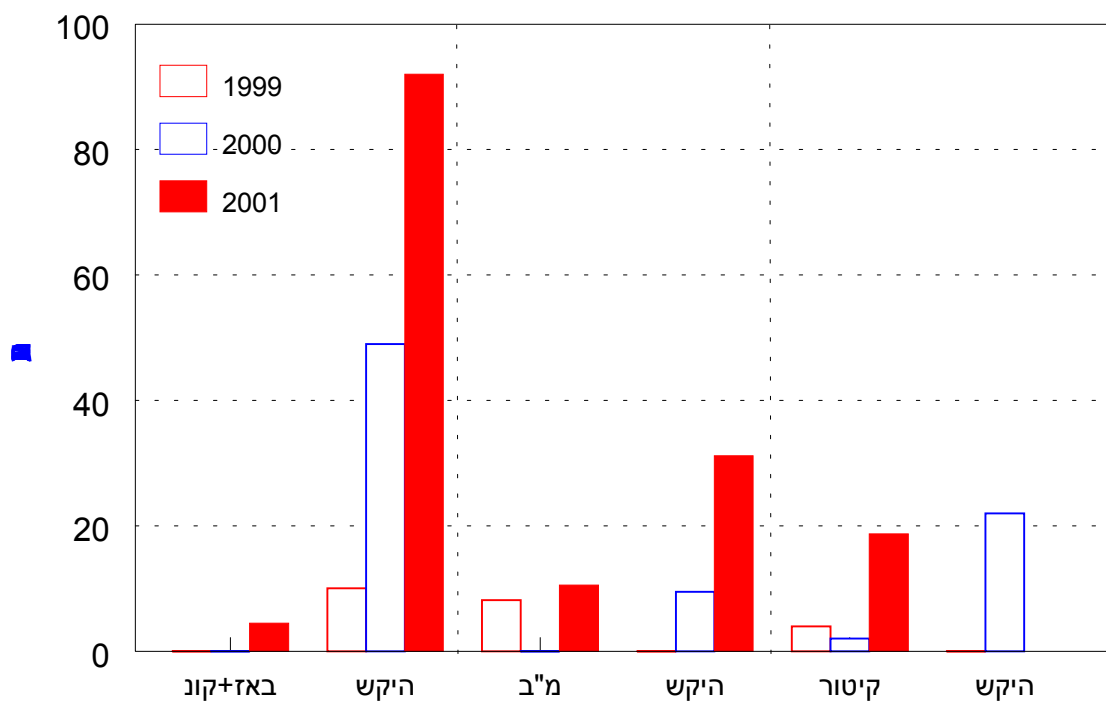
1. בחיטוי בקיטור בשיטה זו הושג חימום הקרקע וחיטוייה לעומק של 60 ס"מ. קטילת גופי ריבוי של פטריות פתוגניות שהוטמנו בקרקע היתה מושלמת עד לעומק 60 ס"מ. החיטוי בקיטור היה יעיל בשמירה על חלקות נקיות מפוזריום ונמטודות יוצרות עפצים במשך הגידול. הדברת נמטודות מחייבת חיטוי לפני כל עונה. בהיעדר חיטוי, התפשטו הנמטודות לכל אורך החלקה. עדות לכך אנו מוצאים בשנה השניה של המחקר שבה מחצית מכל מפתח הושארה ללא חיטוי נוסף. בשנה זו התגברה בחלקות שלא חוטאו הנגיעות. לעומת זאת חיטוי רצוף במשך כל שנה שמר על נגיעות נמוכה מאד בנמטודות. תופעה זו בולטת בשנה השלישית שבה בוצע חיטוי בקיטור על פני כל המפתח. ואכן הנגיעות בנמטודות בעקבות החיטוי בקיטור בשנה השלישית היתה נמוכה מאד (איורים 10, 11).
2. תוצאות העבודה מצביעים על יעילות חיטוי קרקע בקיטור כאמצעי יעיל להדברת מחלות קרקע. תוצאות המחקר מציגים את הפוטנציאל החיובי בגישה זו. מוצגת בבירור גם החשיבות ביישום אופטימלי של אמצעי החיטוי כדי להשיג תוצאות הדברה מיטביות.
3. החיטוי במתיל ברומיד ובשילוב התכשירים (בזאמיד+ קונדור + סולרי) היה יעיל ביותר בשנה השניה והשלישית. לעומת זאת בשנה הראשונה בוצע החיטוי ביעילות נמוכה אשר השפיעה על קטילת לא יעילה של גופי ריבוי בקרקע ועל שיעור תחלואה גבוה במהלך העונה. ליישום יעיל של שיטות החיטוי חשיבות רבה בהבטחת הדברה טובה ויעילה במהלך העונה.
4. החלקה שנבחרה לא היתה ידועה כמאולחת בגורמי מחלות בתחילת המחקר. בתום השנה הראשונה נרשמה נגיעות נמוכה בחלקה בנמטודות שהתרכזו בשולי החלקה. התפשטות הנמטודות בחלקה בהיעדר חיטוי היא מהירה מאד, ובתום השנה השניה והשלישית הפשטה בכל החלקות שלא חוטאו (איור 10, 11).
5. נגיעות החלקה בפוזריום היתה רבה כבר בשנת העבודה הראשונה. מקור הנגיעות אינו ברור. ייתכן שגורמי המחלה שרדו בקרקע גם בהיעדר פונדקאי ראשי (לפטריה זו מנגנוני הישרדות מגוונים). איבחנו בחלקה גם את FORL הגורם לרקבון הכתר בעגבניות וגם את FOL הגורם לנבילה בעגבניות. החיטוי בקיטור ובמתיל ברומיד בשנה השניה היה יעיל בהפחתת התפשטות פוזריום. פטריות הפוזריום התפשטו בחלקות במגמת עליה הדרגתית גם בחלקות המחוטאות (איור 12). בחלקות ההיקש היתה הנגיעות לאחר שלוש שנים גבוהה במיוחד בחלקות ההיקש שלא חוטאו כלל. שיעור הנגיעות בחלקות אלה היה 100%.

6. השפעת התחלואה של הצמחים על היבול בולטת גם היא. בחלקות ההיקש ניכרת פחיתה מתמשכת בכמות היבול (איור 13). פחיתה זו בולטת בעיקר בחלקות ההיקש שלא חוטאו כלל במהלך שלוש שנות הניסוי. בחלקת שחוטאה במתיל ברומיד ולאחר מכן לא חוטאה במשך שנתיים לא היתה הפחיתה ביבול בולטת. בחלקות החיטוי לא ראינו שינויים בולטים ביבול במשך שלוש השנים. תמונה זו הפוכה לתמונת התחלואה של הצמחים כפי שהוצגה באיורים 11, 12. אין ספק כי התגברות התחלואה בצמחים במשך שנות הניסוי גורמת לפחיתה מתמשכת ביבול.

תוצאות הניסוי שנערך במשך שלוש שנים ממחישות את חשיבותו של חיטוי הקרקע בהבטחת גידול נקי ממחלות בגידול רצוף. מונוקולטורה ללא טיפולי קרקע מתאימים גוררים התעצמות פגעי קרקע אשר פוגעים ביבול באופן בולט ומשמעותי. חיטוי קרקע בקיטור בשיטת השאיבה מהעומק מהווה אמצעי יעיל למטרה זאת כאשר הוא מיושם כהלכה. מאידך חיטויים אלה אינם מקנים הגנה מעבר לעונת גידול אחת. הבטחת גידול בריא מחייבת חיטוי לפני כל עונה.

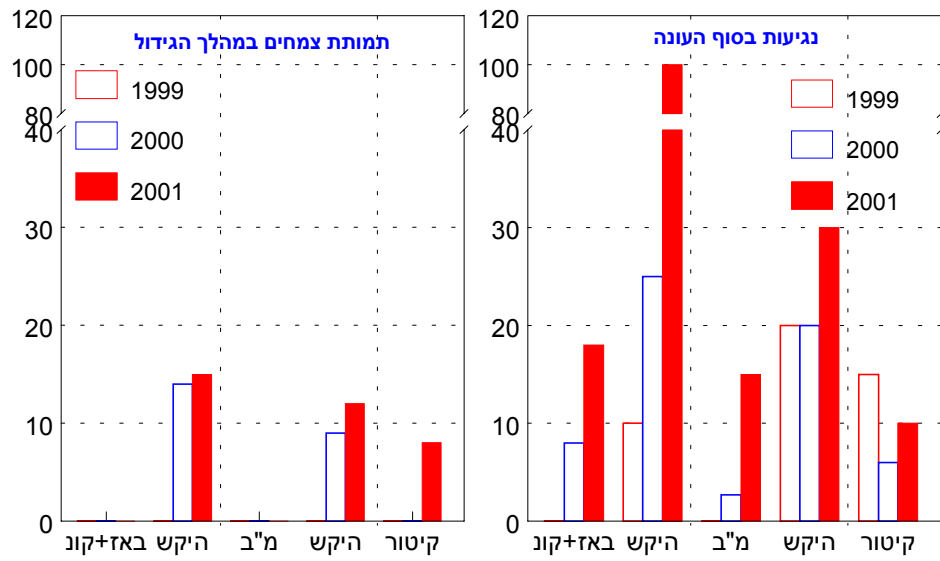
:dcez zrad

zpgz zeevl ,miieqipd revial mirvn`de dwlgd z`vwd lr mexc t`enl micen ep`  
dwexi ze`lwg zxagl .mzwfg`e miieqipd davda daxd dxfrd lr ,xeyaa miieqipd  
zexage ,l`xa ihen l`xa ipc ,oelgk mxeil ,xehiwa miiehigd revia lr n"ra  
mi`vnnd .miiehigd reviaa daxd dxfrd lr n"ra ,mkixb` qiqxze ,mexa zeaekxz  
zevlnd dxwn meya mpi`e xwgn ly zeiwlg ze`vez mpid df g"eca mibvend  
yeniyl dvlnd meyn g"eca miritend zehiyd e` mixiykzd xekf`a oi` .yeniyl  
epgap `ly mixg` ipt lr dtcrd e` mda



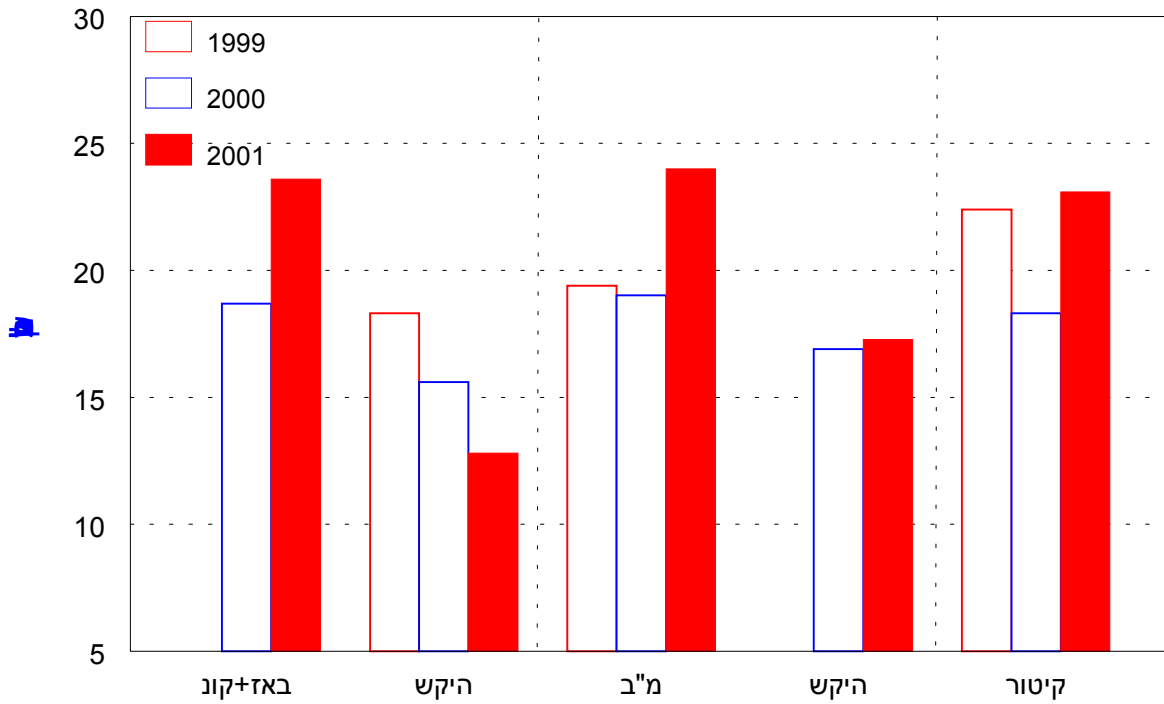
### חיטוי קרקע

איור מס' 11. השפעת חיטוי קרקע והיסטוריה של חיטויים שנה קודם על נגיעות צמחי עגבניות  
בנמטודות יוצרות עפצים בתום העונה. פרוט מפת החיטויים בכל שלושת השנים מופיע בטבלה מס' 3.  
קווי האורך בכל איור מציינים מפתחים נפרדים בחממה. בכל מפתח מופיע חלקת היקש צמודה  
לחלקת החיטוי למעט המפתח בו בוצע חיטוי בקיטור



### חיטוי קרקע

איור מס' 12. השפעת חיטוי קרקע והיסטוריה של חיטויים שנה קודם על תמותת צמחי עגבניות מפוזרים במהלך העונה ונגיעות שורשים בתום העונה. פרוט מפת החיטויים בכל שלושת השנים מופיע בטבלה מס' 3. קווי האורך בכל איור מציינים מפתחים נפרדים בחממה. בכל מפתח מופיע חלקת היקש צמודה לחלקת החיטוי למעט המפתח בו בוצע חיטוי בקיטור



### חיטוי קרקע

איור מס' 13. השפעת חיטוי קרקע והיסטוריה של חיטויים במשך שלוש שנים על יבול עגבניות. פרוט מפת החיטויים בשלושת השנים מופיע בטבלה מס' 3. קווי האורך בכל איור מציינים מפתחים נפרדים בחממה. בכל מפתח מופיע חלקת היקש צמודה לחלקת החיטוי למעט המפתח בו בוצע חיטוי בקיטור