

**משרד החקלאות - דו"ח לתוכניות מחקר
לקרן המדען הראשי**

קוד זיהוי	א. נושא המחקר (בעברית)
603-0257-12	התמוטטות חורפית של פלפל – אפיון הגורמים לתופעה

ב. צוות החוקרים		
חוקר ראשי	שם משפחה	שם פרטי
	פיבוניה	שמעון
חוקרים משניים		
1	לויטה	רחל
2	אוקה	יוג'י
3	אתיאל	אביתר
4	דוברינין	סבטלנה
5		
6		

ג. כללי		
מוסד מחקר של החוקר הראשי		
מו"פ ערבה		
סוג הדו"ח		תאריכים
סופי	תקופת המחקר	
	עבודה מוגש הדו"ח	
	התחלה	סיום
	שנה חודש	שנה חודש
	01 / 2010	ש 12 / 2012
		ש 07 / 2013

ד. מקורות מימון עבורם מיועד הדו"ח		
שם מקור המימון	קוד מקור מימון	סכום שאושר למחקר בשנת תיקצוב הדו"ח בשקלים
קרן המדען	0882	80,000

ה. תקציר שים לב - על התקציר להיכתב בעברית לפי סעיף ה' שבהנחיות לכתיבת דיווחים

- 1. הצגת הבעיה:** תופעת ההתמוטטות החורפית בפלפל, נבילת צמחים בוגרים במהלך החודשים דצמבר עד פברואר, ידועה בערבה מזה שנים רבות. השימוש במתיל ברומיד לחיטוי קרקע הפך במהלך השנים את ממדי התופעה לזניחים. בשנים האחרונות הופיעה התמוטטות פלפל חורפית במימדים רחבים יחסית בעונות גידול 2004/5 ו-2006/7. התופעה נצפית בעיקר באזורים הקרים יחסית בערבה, בפארן, צופר ופחות בעין יהב.
- בשנים האחרונות נצפתה גם תופעה נוספת של נזק לצמחים, האטה בצימוח ואף איבוד טורגור עד כדי נבילה. עיקר הנזק לצמחים נצפה במהלך הסתיו, בנובמבר, ובאביב, בפברואר. הגורם שאובחן היה נמטודה מהמין *Pratylenchus penetrans*. במסגרת העבודה נבחן האם יש אינטרקציה בין הנזק מהנמטודה לנזק מהפטריה ונבחנה היעילות של חומרים ביולוגיים שונים כנגד הפטריה.
- 2. מהלך ושיטות עבודה:** בניסויים שנערכו בחדרי גידול מבוקרים בתחנת יאיר אולחו צמחי פלפל בשילובים של פיתיוס ונמטודות שבודדו מצמחים נובלים ומהקרקע. הצמחים גודלו בטמפרטורות ממוצעות של 20, 25, 14 ו-8 מ"צ. בנוסף נבחנה היעילות של חומרים ביולוגיים למניעת תמותת הצמחים. הבחינה בוצעה על צמחי פלפל שגדל בעציצים בתנאי גידול מבוקרים. נבדק מועד היישום המתאים והמינון הדרוש. נבחנו בעציצים ובתנאים מבוקרים חומרים ביולוגיים למניעת התמוטטות, נבחנה בתנאים מבוקרים בעציצים האפשרות לאינטראקציה בין נמטודות לפיתיוס.
- 3. תוצאות עיקריות:** בטמפרטורות 25 ו-14 מ"צ לא נראה כל נזק לצמחים המאולחים בהשוואה לצמחי בקורת. לעומת זאת בטמפרטורה של 8.6 מ"צ נצפתה תמותת צמחים רבה שהחלה כשבועיים ממועד האילוח. בטמפרטורה של 10.5 מ"צ נצפתה תמותת צמחים חלקית שהחלה שבועות רבים ממועד האילוח. מין הפיתיוס נשלח לזיהוי במעבדה בחו"ל ונמצא כמין *Pythium spp.* החדש למדע.
- החומר רידומיל (Metalaxyl) נמצא יעיל למניעת תמותת הצמחים. כאשר היישום בוצע בטמפרטורה של 20 או 14 מ"צ נמנעה תמותת הצמחים מפיתיוס לאחר שעברו לטמפרטורה של 8 מ"צ. אולם, כאשר היישום בוצע בטמפרטורה הנמוכה יעילות הטיפול הייתה פחותה. הטמפרטורות 20 ו-14 מ"צ מייצגות את טמפרטורות הקרקע הממוצעת בפארן בתחילת חודש נובמבר ובתחילת דצמבר, בהתאמה. לא נמצאו עד עתה חומרים ביולוגיים שמנעו תמותת צמחים מפיתיוס חורפי. עושה רושם שהחומר קנון (אשלגן זרחיתי) הביא להפחתה ברמת התמותה של הצמחים מפיתיוס. לא נמצאה החמרה ברמת הנזק לצמחים שאולחו בשילוב של פיתיוס עם נמטודות. ולא נמצא שינוי ברגישות הצמחים מבחינת הטמפרטורות.
- 4. מסקנות והמלצות:** התוצאות שהתקבלו מסבירות היטב את הקשר בין מופע המחלה, בית הגידול ותנאי הסביבה. בעשור האחרון נצפתה התמוטטות רבה יחסית בעונות גידול 04/05, 99/00 ו-06/07. ואכן, בשנים אלו הטמפרטורה בחודשים דצמבר וינואר הייתה נמוכה מהממוצע לאורך זמן. הסבת בתי רשת לחממות בשטחים שסבלו בעבר מהתמוטטות חורפית הביאה לפחיתה ניכרת ברמת ההתמוטטות. מדידות טמפרטורות קרקע שנערכו בעונה האחרונה בחממות ובתי רשת מסבירות את התופעה. באזורים אקלימיים זהים, טמפרטורת המינימום בקרקע בחממות גבוהה מזו שבבתי רשת. בעונת גידול 2011-12 שררו בערבה ובאזורים אחרים בארץ תנאים טובים להתפתחות התמוטטות חורפית בשדות. החקלאים ברובם ישמו רידומיל שאושר השנה לשימוש בפלפל והנזק שנצפה לצמחים בשדות המסחריים בערבה היה שולי. נזקים כבדים מהתמוטטות חורפית של פלפל נצפו בעונה זו רק בשטחים אורגניים בעין יהב.

1. אישורים

הנני מאשר שקראתי את ההנחיות להגשת דיווחים לקרן המדען הראשי והדו"ח המצ"ב מוגש לפיהן

שמעון פיבניה	יגאל אלעד	בועז הורביץ	01/07/2013
חוקר ראשי	מנהל המכון (פקולטה)	רשות המחקר	תאריך (שנה) (חודש) (יום)
מנהל המחלקה	אמרכלות (רשות המחקר)	רשות המחקר	

דו"ח סופי לתכנית מחקר מספר 603-0257-12

התמוטטות חורפית של פלפל – אפיון הגורמים לתופעה

Characterization of the causal agents of the winter collapse of peppers in the Arava

מוגש לקרן המדען הראשי במשרד החקלאות

שמעון פיבניה, מ"פ ערבה, ספיר. shimonp@arava.co.il

רחל לויטה מ"פ ערבה.

יוג'י אוקה מח' לנמטודות, המכון למדעי הקרקע המים והסביבה, מרכז מחקר גילת אביתר
אתיאל וסווטלנה דוברינין שה"מ, משרד החקלאות

Shimon Pivonia, Plant protection, Central and North Arava R&D, Sapir 86825. E-mail:

shimonp@arava.co.il

Rachel Levita, Arava R&D

Oka Yuji, . Dept. of Nematology, Gilat Research Center, ARO

Etiel Eviatar and Dobrinin Svetlana, Extension Service, Ministry of Agriculture

יולי, 2013

תמוז תשע"ג

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

חתימת החוקר 

פרסומים:

S. Pivonia, R. Cohen, R. Levita, E. Etiel and A. de Cock (2012). Winter wilt of pepper plants in the Arava valley of southern Israel: Identification of the causal agent and conditions for disease development. *Phytoparasitica* 40: 525-531

תקציר

הצגת הבעיה: תופעת ההתמוטטות החורפית בפלפל, נבילת צמחים בוגרים במהלך החודשים דצמבר עד פברואר, ידועה בערבה מזה שנים רבות. השימוש במתיל ברומיד לחיטוי קרקע הפך במהלך השנים את ממדי התופעה לזניחים. בשנים האחרונות הופיעה התמוטטות פלפל חורפית במימדים רחבים יחסית בעונות גידול 2004/5 ו-2006/7. התופעה נצפית בעיקר באזורים הקרים יחסית בערבה, בפארן, צופר ופחות בעין יהב. בשנים האחרונות נצפתה גם תופעה נוספת של נזק לצמחים, האטה בצימוח ואף איבוד טורגור עד כדי נבילה. עיקר הנזק לצמחים נצפה במהלך הסתיו, בנובמבר, ובאביב, בפברואר. הגורם שאובחן היה נמטודה מהמין *Pratylenchus penetrans*. במסגרת העבודה נבחן האם יש אינטראקציה בין הנזק מהנמטודה לנזק מהפטריה ונבחנה היעילות של חומרים ביולוגיים שונים כנגד הפטריה.

מהלך ושיטות עבודה: בניסויים שנערכו בחדרי גידול מבוקרים בתחנת יאיר אולחו צמחי פלפל בשילובים של פיתיוס ונמטודות שבודדו מצמחים נובלים ומהקרקע. הצמחים גודלו בטמפרטורות ממוצעות של 25, 20, 14 ו-8 מ"צ. בנוסף נבחנה היעילות של חומרים ביולוגיים למניעת תמותת הצמחים. הבחינה בוצעה על צמחי פלפל שגדל בעציצים בתנאי גידול מבוקרים. נבדק מועד היישום המתאים והמינון הדרוש. תוצאות עיקריות: בטמפרטורות 25 ו-14 מ"צ לא נראה כל נזק לצמחים המאולחים בהשוואה לצמחי בקורת. לעומת זאת בטמפרטורה של 8.6 מ"צ נצפתה תמותת צמחים רבה שהחלה כשבועיים ממועד האילוח. בטמפרטורה של 10.5 מ"צ נצפתה תמותת צמחים חלקית שהחלה שבועות רבים ממועד האילוח. מין הפיתיוס נשלח לזיהוי במעבדה בחר"ל ונמצא כמין *Pythium* spp. החדש למדע.

החומר רידומיל (Metalaxyl) נמצא יעיל למניעת תמותת הצמחים. כאשר היישום בוצע בטמפרטורה של 20 או 14 מ"צ נמנעה תמותת הצמחים מפיתיוס לאחר שעברו לטמפרטורה של 8 מ"צ. אולם, כאשר היישום בוצע בטמפרטורה הנמוכה יעילות הטיפול הייתה פחותה. הטמפרטורות 20 ו-14 מ"צ מייצגות את טמפרטורות הקרקע הממוצעת בפארן בתחילת חודש נובמבר ובתחילת דצמבר, בהתאמה. לא נמצאו עד עתה חומרים ביולוגיים שמנעו תמותת צמחים מפיתיוס חורפי. נראה שהחומר קנון (אשלגן זרחיתי) הביא להפחתה ברמת התמותה של הצמחים מפיתיוס. לא נמצאה החמרה ברמת הנזק לצמחים שאולחו בשילוב של פיתיוס עם נמטודות. ולא נמצא שינוי ברגישות הצמחים מבחינת הטמפרטורות.

מסקנות והמלצות: התוצאות שהתקבלו מסבירות היטב את הקשר בין מופע המחלה, בית הגידול ותנאי הסביבה. בעשור האחרון נצפתה התמוטטות רבה יחסית בעונות גידול 99/00, 04/05 ו-06/07. ואכן, בשנים אלו הטמפרטורה בחודשים דצמבר וינואר הייתה נמוכה מהממוצע לאורך זמן. הסבת בתי רשת לחממות בשטחים שסבלו בעבר מהתמוטטות חורפית הביאה לפחיתה ניכרת ברמת ההתמוטטות. מדידות טמפרטורות קרקע שנערכו בעונה האחרונה בחממות ובתי רשת מסבירות את התופעה. באזורים אקלימיים זהים, טמפרטורת המינימום בקרקע בחממות גבוהה מזו שבבתי רשת. בעונת גידול 2011-12 שררו בערבה ובאזורים אחרים בארץ תנאים טובים להתפתחות התמוטטות חורפית בשדות. החקלאים ברובם ישמו רידומיל שאושר השנה לשימוש בפלפל והנזק שנצפה לצמחים בשדות המסחריים בערבה היה שולי. נזקים כבדים מהתמוטטות חורפית של פלפל נצפו בעונה זו רק בשטחים אורגניים בעין יהב.

מבוא

פלפל הוא גידול הירקות העיקרי בערבה התיכונה והצפונית. היקף שטחי הגידול הוא מעל 20,000 דונם של פלפל ליצוא בחממות, בתי רשת ומנהרות עבירות. לגידול הפלפל פוטנציאל שעדין לא מומש במלואו והיקפי היצור והיצוא לשווקים הקיימים ולשווקים חדשים עתידים לעלות. להמשך התפתחות הענף בערבה חשוב למצוא פתרונות לבעיות יסוד המהווים עדיין נעלם, מחלות קרקע.

התמוטטות פתאומית של צמח הפלפל הייתה בעיה קשה בערבה עד אמצע שנות השמונים. תופעה זו אינה מוכרת או מדווחת באזורי גידול פלפל אחרים בעולם. בשנים האחרונות נצפתה התמוטטות חורפית מלבד בערבה, גם באזורי גידול פלפל אחרים בארץ, בבקעה, ברמת נגב ובחוף כרמל. שימוש במתיל ברומיד לחיטוי קרקע הקטין מאוד את רמת ההתמוטטות וממדי התופעה הפכו לזניחים. עם הפסקת השימוש במתיל ברומיד בשנים האחרונות, יש עליה במספר המקרים ובהיקף השטחים המתמוטטים. בעבר ניסו להגדיר את הגורמים להתמוטטות אולם עד העת האחרונה הם לא היו ידועים. הצמח רגיש לתופעה בייחוד בחודשים הקרים של השנה, במהלך דצמבר-ינואר. השטח הניזוק מהתמוטטות בערבה מתרכז בעיקר במושבים פארן וצופר ופחות בעין יהב. כלל השטח הניזוק מהתמוטטות פלפל מוערך בכמה עשרות דונמים בשנה, וברמת החקלאי הבודד הנזק יכול להיות קשה מאוד. התמוטטות הצמח מביאה לפגיעה טוטאלית ביבול משלב ההתמוטטות והלאה, פחיתת יבול של 50% בערך. מציאת דרכים למניעת ההתמוטטות עשויה להביא להגדלת היבול בשטחים הסובלים מתופעה זו לרמה המקובלת.

בשנים האחרונות נצפתה גם תופעה של פחיתה בצימוח ואף נבילת צמחים במהלך החודשים נובמבר ופברואר. התופעה נמצאה במספר שדות באזורים שונים לכל רוחב הערבה ולא מוגבלת רק לחלק הדרומי. הגורם שהוגדר הוא הנמטודה *pratylenchus penetrans*.

מטרות המחקר:

זיהוי הגורם או קומפלקס הגורמים להתמוטטות פלפל בערבה.
חיפוש דרכים למניעה ו/או הפחתה של התמוטטות הצמחים באמצעים כימיים וביולוגיים.
בחינה האם יש אינטרקציה בין הנזק מהנמטודה לנזק מהפטרייה.

עקרי הניסויים שבוצעו ותוצאות שהתקבלו:

איסוף קרקע נגועה ובידוד גורמים החשודים כפתוגניים

לקראת סוף עונת 2006/7 נאספה קרקע עליה גדלו צמחים שהתמוטטו משני בתי רשת מכל אחד מהמושבים פארן, צופר ועין יהב. הקרקע אוחסנה בטמפרטורת החדר בדליים ושימשה ללימוד הגורמים להתפתחות המחלה.

צמחי פלפל גודלו בעציצים בחדרי גידול מבוקרים בטמפרטורות שונות, בין 8 ל- 25 מ"צ ולאחר זמן מה בוצעו בידודי שורשים מהצמחים ללימוד אוכלוסיית הפטריות הפתוגניות.

נמצאו מספר פטריות החשודות כפתוגניות אולם רק הפיתיום היה הגורם שבודד משורשים שגדלו בכל הקרקעות שנבדקו.

מבחן הדבקה

שתיילי פלפל נשתלו בעציצים בנפח 350 סמ"ק שהכילו תערובת של 90% ורמיקולט ו-10% קרקע. הקרקע הייתה משני סוגים, קרקע מעוקרת ואו קרקע שנלקחה מחלקה עם התמוטטות חורפית. הצמחים אולחו עם

זואוספורות של פיתיום והועברו לגידול בטמפרטורות השונות כפי שיתואר. טיפולי ההדבקה שנבחנו כללו: ביקורת לא מאולחת, אילוח מלאכותי עם פיתיום לצמח שגדל על קרקע מעוקרת וגידול בקרקע נגועה באופן טבעי. גידול הצמחים היה בארבעה משטרי טמפרטורה: 8, 11, 14 ו-20 מ"צ עם תאורה של 12 שעות ביממה. מחצית מהשתילים (10 עציצים לכל טיפול) הועברה מייד לאחר האילוח לטמפרטורות השונות. המחצית השנייה גודלה למשך שלושה שבועות ב- 23 מ"צ ולאחר מכן פוצלה לטמפרטורות השונות. הניסוי בוצע פעמיים.

צמחי פלפל מאולחים באופן מלאכותי שגודלו בטמפרטורה ממוצעת של 8.6 מ"צ החלו לנבול כשבועיים לאחר האילוח. לאחר כעשרים ימים גם צמחים שגדלו על קרקע נגועה פיתחו את סימני המחלה (טבלאות 1, 2). סמני המחלה בשתילים היו בשלב ראשון התייבשות פסיגים, ובהמשך השחרות ונקרוזות בגבעול ואיבוד טורגור בעלים מלמטה כלפי מעלה עד לתמותה מלאה של הצמחים (תמונות 1, 2). בטמפרטורה של 10.5 מ"צ הייתה תמותת צמחים מועטה שהופיעה בעיקר בטיפול האילוח המלאכותי ורק בצמחים שהועברו לטמפרטורה זו לאחר שלושה שבועות השהייה ב-23 מ"צ. בטמפרטורות גבוהות יותר, 14 ו-20 מ"צ מופע הצמחים המאולחים היה דומה לזה של צמחי הביקורת. שורשי הפלפל נראו פגועים מאד בטמפרטורה של 8.6 מ"צ ופחות מזה בטמפרטורה של 10.5 מ"צ. בטמפרטורות האחרות שורשי הצמחים נראו חיוניים וללא סימני פגיעה של פיתיום (תמונה 3). הפיתיום בודד חזרה מצמחים שגודלו בכל משטרי הטמפרטורה.

טבלה 1: שכיחות המחלה (%) של צמחי פלפל שאולחו בפיתיום וגודלו בחדר גידול עם טמפרטורה ממוצעת של 8.6 מ"צ ו-12 שעות אור ביממה.

זמן לאחר העברה (ימים)						טיפול
50	37	30	19	14	10	
0	0	0	0	0	0	ביקורת
100	80	80	0	0	0	קרקע נגועה טבעי מעין יהב
		100	40	0	0	קרקע נגועה טבעי מפארן
			100	30	0	אילוח מלאכותי בפיתיום

טבלה 2: רמת המחלה (%) של צמחי פלפל שגדלו במשך שלושה שבועות בטמפרטורה ממוצעת של 20 מ"צ ולאחר מכן הועברו לחדר גידול עם טמפרטורה ממוצעת של 8.6 מ"צ.

זמן לאחר העברה (ימים)					טיפול
48	36	30	17	10	
0	0	0	0	0	ביקורת
80	80	80	0	0	קרקע נגועה טבעי מעין יהב
80	80	60	20	0	קרקע נגועה טבעי מפארן
		100	40	0	אילוח מלאכותי בפיתיום

תמונה 1: צמחי פלפל מודבקים בפיתיום עם סימני נבילה כפי שצולמו בחדר גידול עם טמפרטורה ממוצעת של 8.6 מ"צ, 13 יום לאחר ההדבקה.



תמונה 2: צמחי פלפל מטיפול הביקורת בחדר גידול עם טמפרטורה ממוצעת של 8.6 מ"צ, 13 יום לאחר השתילה.

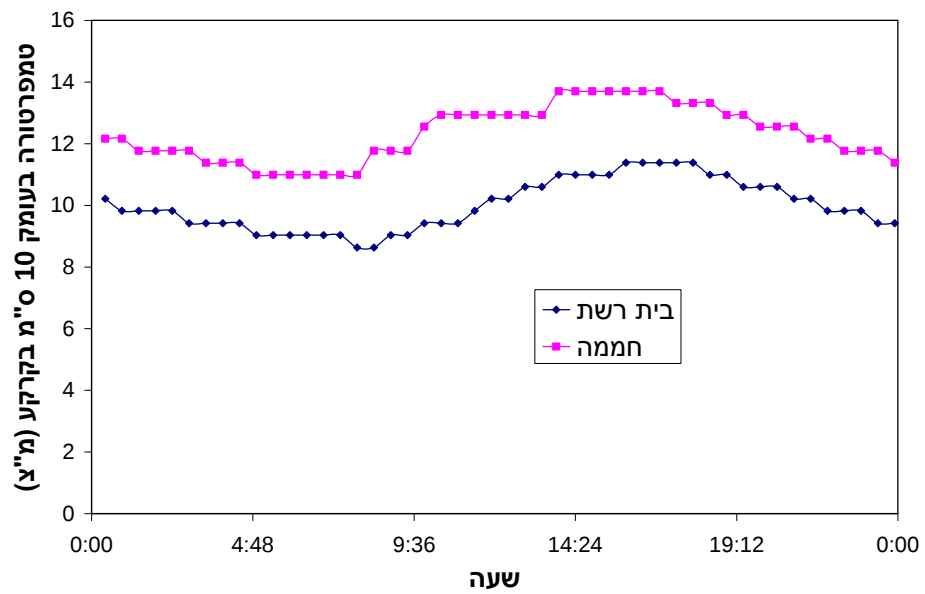


תמונה 3: שורשי פלפל מצמחים מאולחים בפיתיום שגדלו בארבעה משטרי טמפרטורה ממוצעת: 8.6, 10.5, 14 ו-20 מ"צ.

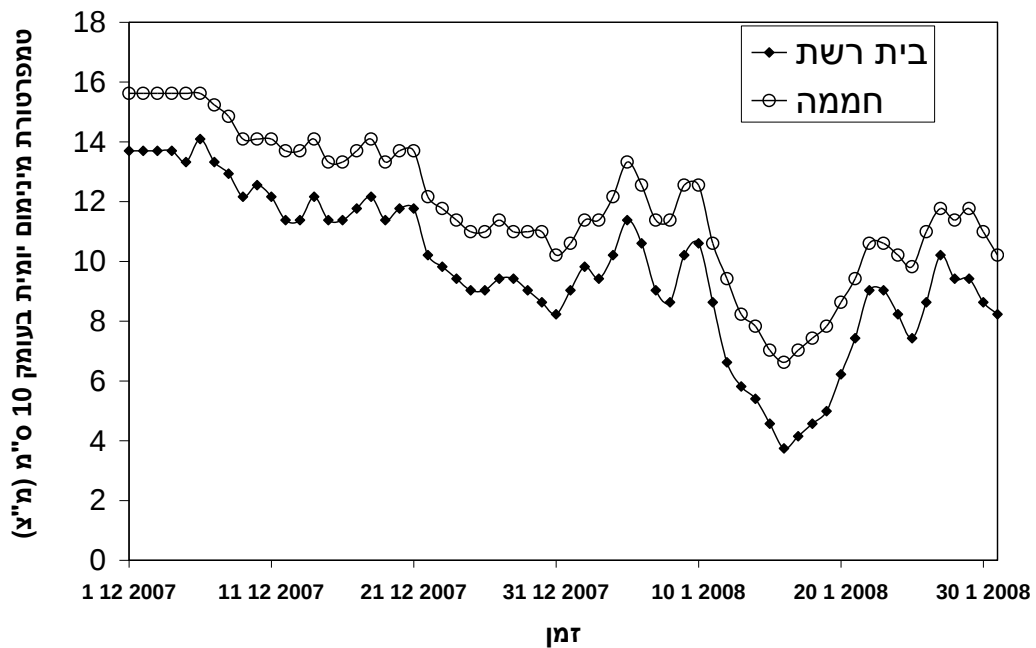


מדדת טמפרטורת הקרקע בחממות ובתי רשת:

בישובים פארן, צופר ועין יהב נבחרו צמדים של מבני חממה ובית רשת סמוכים להשוואת טמפרטורת הקרקע. טמפרטורת הקרקע נבדקה בעומקים 5, 10, 20 ו-30 ס"מ. נמצא שטמפרטורת המינימום בקרקע החממה הייתה גבוהה ב 1-2 מ"צ לעומת בתי הרשת. באיור 1 ניתן לראות מהלך יומי של טמפרטורת הקרקע בחממה ובית רשת בפארן ביום חורפי מייצג (30/12/07) ובאיור 2 השוואה בין טמפרטורת המינימום בחממה ובית הרשת בפארן במהלך דצמבר וינואר.



איור 1: מהלך יומי של הטמפרטורה בעומק 10 ס"מ בקרקע בבית רשת וחממה סמוכים בפארן בתאריך 30/12/07.



איור 2: טמפרטורת המינימום היומית בעומק 10 ס"מ בקרקע, בחממה ובית רשת סמוכים בפארן בין תחילת דצמבר 2007 לסוף ינואר 2008.

בחינת הטמפרטורות בפארן בעשור האחרון והקשר למופע התמוטטות חורפית בפלפל

בעשור האחרון הופיעה התמוטטות חורפית בפלפל ברמות גבוהות יחסית בעונות הגידול 99/00, 04/05 ו-06/07. בטבלה 3 ניתן לראות שבשנים אלו הטמפרטורה בחודשים דצמבר וינואר הייתה נמוכה מהמוצע הרב שנתי. בשנים אלו הטמפרטורה הייתה נמוכה עקב ימים רבים עם טמפרטורות מתחת לממוצע ולא בגלל פרק זמן קצר עם טמפרטורות נמוכות באופן קיצוני, כפי שקרה במהלך ינואר 2008.

טבלה 3: טמפרטורת מינימום ממוצעת חודשית במהלך החורפים 1997-2008 כפי שנמדדה בתחנה המטאורולוגית בפארן בגובה שני מטר

חודש/שנה	1997-8	1998-9	1999-0	2000-1	2001-2	2002-3	2003-4	2004-5	2005-6	2006-7	2007-8	ממוצע
נובמבר	12.6	12.9	11.4	10.4	10.8	12.3	11.3	12.2	9.7	10.1	11.7	11.4
דצמבר	8.2	7.9	6.3	8.2	8.0	8.9	7.5	5.1	7.9	5.1	6.8	7.3
ינואר	6.8	6.6	6.4	6.1	5.2	7.5	7.4	5.7	5.6	5.7	4.2	6.1
פברואר	8.0	7.8	6.1	6.4	7.1	7.9	7.6	7.0	9.1	8.6	6.1	7.4
מרץ	9.5	10.4	8.3	12.2	11.2	9.2	11.1	10.2	10.2	9.7	12.3	10.4

בחינת דרכים להדברת המחלה:

צמחי פלפל גודלו בעציצים של 400 סמ"ק המכילים 90% פרלייט ו-10% חול. כל הצמחים (פרט ל-20 צמחים ששימשו לביקורת) הודבקו במין הפיתום הגורם להתמוטטות חורפית וגודלו במשטר הטמפרטורות הבא: שלושה שבועות בטמפרטורה של 20°C, לאחר מכן שבועיים בטמפרטורה של 14°C ולאחר מכן בטמפרטורה של 8°C.

נבחנה יעילות ההדברה של שני חומרים, עמיסטאר ורידומיל גולד נוזלי. הניסוי בוצע פעמיים.

מועדי היישום שנבחנו היו: 1. בטמפרטורה של 20°C, כעשרה ימים לאחר ההדבקה בפיתום.

2. בטמפרטורה של 14°C, כעשרה ימים לאחר המעבר לטמפרטורה זו. 3. בטמפרטורה של 8°C, כשלושה ימים לאחר המעבר לטמפרטורה זו בניסוי ראשון וכשבוע לאחר המעבר בניסוי שני.

בניסוי הראשון החומרים שנבחנו והמינונים היו: עמיסטאר במינונים של 0.05 סמ"ק לצמח ו-0.01 סמ"ק לצמח. רידומיל במינונים של 0.025 סמ"ק לצמח ו-0.005 סמ"ק לצמח.

בניסוי השני החומרים והמינונים שנבחנו היו: עמיסטאר במינון של 0.05 סמ"ק לצמח. ורידומיל במינונים של 0.005 סמ"ק לצמח ו-0.0025 סמ"ק לצמח. כל עציץ קיבל מנה של 50 סמ"ק מים עם הכמות המצוינת של החומרים הנ"ל. כל טיפול של מועד ישום * מינון החומר כלל עשרה עציצים.

סימני נבילת צמחים ראשוניים בצמחי הביקורת המאולחת החלו בניסוי הראשון לאחר 11 יום מהמעבר לטמפרטורה הנמוכה ובניסוי השני, עשרה ימים לאחר המעבר לטמפרטורה הנמוכה.

צמחי פלפל שהוגמנו עם רידומיל בטמפרטורה 20°C או 14°C לא הראו סימני נבילה בכל הריכוזים שנבחנו (טבלה 4). רידומיל שניתן לאחר המעבר לטמפרטורה נמוכה הגורמת לנבילה, היה יעיל למניעת הנבילה רק בניסוי הראשון. עמיסטאר לא היה יעיל מספיק למניעת נבילת הצמחים (טבלה 4). הריכוז הגבוה של רידומיל בניסוי הראשון גרם לצריבות בעלווה.

טבלה 4: ניסוי ראשון, תוצאות סך צמחי הפלפל המראים סמני נבילה מפיתיום, 37 ימים לאחר המעבר לטמפרטורה של 8°C.

הטיפול	מינון החומר (סמ"ק לצמח)	טמפ. במועד היישום	שכיחות צמחים עם סימני נבילה (%)
ביקורת לא מאולחת			0
ביקורת מאולחת			88
עמיסטאר	0.05	20°C	10
עמיסטאר	0.01	20°C	80
עמיסטאר	0.05	14°C	40
עמיסטאר	0.01	14°C	100
עמיסטאר	0.05	8°C	50
עמיסטאר	0.01	8°C	90
רידומיל	0.025	20°C	10
רידומיל	0.005	20°C	0
רידומיל	0.025	14°C	0
רידומיל	0.005	14°C	0
רידומיל	0.025	8°C	10
רידומיל	0.005	8°C	0

בשל העובדה שמספר רשתות באירופה אינן מאשרות לחקלאים את השימוש ברידומיל ובכדי שתהיה אלטרנטיבה לרידומיל בחנו גם חומרים נוספים שאינם סיסטמיים. בניסוי שנערך לאחרונה בחנו בעצצים את החומר fenamidone שהצטיין במבחן עציצים כנגד פיתיום קייצי, *pythium aphanidermatum*. אולם נמצא שהחומר לא מנע את הפגיעה בצמחים מפיתיום חורפי. תוצאות ההדברה בשלושה ריכוזי חומר לא נבדלו מהביקורת. לעומת זאת תוצאות היישום ברידומיל היו כרגיל, טובות.

בחינת יעילות חומרים ביולוגיים כנגד פיתיום חורפי בפלפל:

נבחנה היעילות של מספר חומרים ביולוגיים מסחריים שאמורים למנוע נזקי פיתיום בצמחים. החומרים הביולוגיים שנבחנו כללו תכשירים המכילים תערובות שונות של מיקרואורגניזמים מועילים; בקטריות חומצה לקטית, בקטריות פוטוסינטטיות, שמרים ועוד: התכשיר EM (effective microorganisms) מתוצרת יפן, התכשירים Quantum revive ו-Quantum light מתוצרת ארצות הברית, והתכשיר vita biosa מתוצרת דנמרק. כמו כן נבחן החומר קאנון; פוטסיום פוספיט. יעילות החומרים השוותה לביקורת מודבקת ללא טיפול, לביקורת לא מודבקת ולביקורת מודבקת שטופלה ברידומיל נוזלי בשני מינונים.

מהלך הניסוי: שתילי פלפל בגיל המתאים לשתילה בשדה נשתלו בעצצים בגודל 350 סמ"ק.

לאחר השתילה הצמחים גודלו במשטר טמפרטורות של 20 מעלות לשבועיים, 14 מעלות לשבועיים ולאחר מכן העברה ל-8 מעלות. יום לאחר שתילה בוצע טיפול ראשון עם החומרים הביולוגיים ועם הקאנון. שבוע לאחר שתילה בוצע האילוח בפיתיום. לאחר העברת הצמחים ל-14 מעלות בוצע טיפול שני עם החומרים הביולוגיים ועם הקאנון וכן בוצע טיפול הרידומיל.

ריכוזי החומרים הנבדקים ואופן היישום בכל טיפול:

EM – הוכנה תמיסה עם 1% של התכשיר וניתנו 30 סמ"ק מהתמיסה לעצין (צמח).

Quantum revive – הוכנה תמיסה עם 1% של התכשיר וניתנו 30 סמ"ק מהתמיסה לעצין.

שילוב של Quantum revive ו- Quantum light – הוכנה תמיסת 1% revive ו- 0.5% light וניתנו לעצין 30 סמ"ק.

vita biosa – הוכנה תמיסה עם 1% של התכשיר וניתנו 30 סמ"ק מהתמיסה לעצין (צמח).

קאנון – הוכנה תמיסת 0.2% וניתנו 30 סמ"ק לעצין, בנוסף הצמחים רוססו עם התמיסה.

רידומיל ריכוז גבוה – הוכנה תמיסה של 20 מיקרוליטר רידומיל נוזלי לליטר וניתנו 30 סמ"ק לצמח.

רידומיל ריכוז נמוך – ניתנה עשירית המינון של טיפול רידומיל גבוה.

כל טיפול נבחן בעשרה עצים.

בתם ארבע שבועות מהעברת הצמחים ל- 8 מעלות, נצפתה נבילת צמחים גבוהה ברמה של 80-100% בטיפול הביקורת המאולחת ובכל הטיפולים הביולוגיים שנבחנו. בטיפול הקאנון נראו סמני נבילה קלים ב-40% מהצמחים וסמני נבילה חזקים ב-10%, אולם נראה שהטיפול גרם לפגיעה בקצב הצימוח של הפלפל. בטיפול הביקורת הלא מאולחת ובטיפולי הרידומיל לא נראו סימני נבילה בצמחים.

בחינת האינטראקציה בין פיתום חורפי ונמטודות חופשיות בהקשר להתמוטטות פלפל:

שתילי פלפל אולחו באחד מהגורמים הבאים:

1. ללא אילוח – ביקורת.

2. פיתום חורפי.

3. נמטודות פרטילנכוס פנטרנס.

4. שילוב של פיתום ונמטודות.

הצמחים נשמרו לאחר ההדבקה בתנאים מבוקרים במשטרי הטמפרטורה הבאים:

1. 25 מעלות.

2. 20 מעלות.

3. 14 מעלות.

4. 8 מעלות.

5. צמחים שגודלו שבועיים ב- 20 מעלות לאחר מכן עברו לשבועיים בטמפרטורה 14 מעלות ולאחר מכן הועברו ל-8 מעלות.

הניסוי בוצע פעמיים. בכל ניסוי ובכל שילוב של טיפול אילוח וטמפרטורה היו 10 עצים (חזרות).

בכל ניסוי נבחנה רמת התמותה של הצמחים, נבחנה רמת האילוח של הנמטודות בקרקע ונבחן המשקל היבש של הצמחים.

מקור האילוח של פיתום היה עם תערובת תבדידי פיתום שבודדו מצמחים מצופר ועין יהב.

מקור האילוח בנמטודות בניסוי הראשון עם קרקע שבה בוצע גידול מעבדתי של הנמטודה. בניסוי השני, מקור

האילוח בנמטודות היה עם קרקע נגועה משדה פלפל בחצבה.

בניסויים נמצא שהאילוח בפיתום הפחית מעט את רמת אוכלוסיית הנמטודות בשורשים ובקרקע. כמו כן לא הייתה שונות גדולה ברמת הנמטודות בשורשים ובקרקע כתלות בטמפרטורת הגידול של הצמחים. מבחינת

תמותת צמחים, לא נצפה הבדל ברמה ובקצב התמותה של צמחים מאולחים בפיתיום בהשוואה לצמחים מאולחים בשילוב של פיתיום עם נמטודות. כמו בפעמים קודמות, הצמחים מתו רק בטמפרטורה הנמוכה. בשל העובדה שרמת האילוח בנמטודות בניסוי הראשון הייתה נמוכה מאד. מוצגות רק תוצאות הניסוי השני עם אילוח בנמטודות מקרקע חקלאית נגועה. בטבלה 5 מוצגת כמות הנמטודות שנספרה בשורשים ובקרקע ובטבלה 6 המשקל הטרי של הצמחים לפי הטיפולים. כמות הנמטודות שנספרה הייתה בדרך כלל גבוהה יותר בטיפולים שאולחו בנמטודות בלבד, בהשוואה לאילוח המשולב. מבחינת צבירת משקל בנוף, רק בטמפרטורה 14 מעלות נראה שיש הבדל במשקל הצמחים המאולחים בנמטודות ואו בשילוב של פיתיום עם נמטודות בהשוואה לביקורת הלא מאולחת.

סימני נבילה בצמחים בטמפרטורה של 8 מעלות החלו כשבועיים לאחר העברה לטמפרטורה זו ולאחר 30 ימים מהעברה הגיעה רמת הנבילה ל- 100% בטיפול הדבקה בפיתיום ו- 80% בטיפול הדבקה משולב. בצמחים שגודלו בטמפרטורה משתנה של 20 מעלות למשך שבועיים לאחר מכן 14 למשך שבועיים ולאחר מכן הועברו ל- 8 מעלות, סימני נבילה החלו, בדומה לצמחים שהועברו ל- 8 מעלות מייד לאחר ההדבקה, כשבועיים לאחר המעבר לשמונה מעלות ורמת התמותה הגיעה ל- 100% לאחר 35 יום מההעברה, גם בטיפול האילוח בפיתיום בלבד וגם באילוח המשולב.

טבלה 5: מספר הנמטודות (ממוצע של עשרה צמחים) מהמין פרטילנכוס פנטרנס שנספרו מ-60 ג' קרקע + שורשים של צמחי פלפל שגדלו בטמפ. המצוינות בטבלה ואולחו בתחילת הגידול בנמטודות ואו בשילוב של נמטודות + פיתיום. ספירת הנמטודות בוצעה לאחר כחודשיים מאילוח הצמחים. בסוגריים מצוינת סטיית התקן.

טמפרטורה/אילוח	נמטודות	פיתיום+נמטודות
25	41.4 (31.5)	21.5 (12.2)
20	4.1 (2.7)	15.6 (11.1)
14	37.75 (14.0)	23.6 (14.2)
8	48.5 (32.2)	23.3 (9.4)
20-14-8	10.8 (7.9)	4.5 (3.3)

טבלה 6: משקל טרי של עשרה צמחי פלפל (בגרם) כתלות בטיפול האילוח וטמפרטורת הגידול.

טמפרטורה/אילוח	ביקורת	פיתיום	נמטודות	פיתיום+נמטודות
25	183	197	185	175
20	227	202	191	224
14	44	27	20	22

בחינת הטמפרטורות בעונת 2011-12 והקשר למופע התמוטטות חורפית בפלפל: בתחילת חורף 2011-12 הטמפרטורות בערבה היו נמוכות במיוחד (טבלה 7) עם טמפרטורות נמוכות ב 3-4 מעלות מממוצע המינימום הרב שנתי. החל מהעשרת השלישית של חודש נובמבר היו תנאים המתאימים להתפתחות התמוטטות חורפית. ואכן כבר מאמצע דצמבר הופיעה ההתמוטטות בשדות במקומות המועדים. הרידומיל קיבל בתחילת השנה שעברה רישוי לשימוש בפלפל כנגד פיתיון ורב החקלאים עם שדות בסיכון להתמוטטות חורפית יישמו את התכשיר בשדותיהם. נראה שכתוצאה מכך רמת התמותה שנצפתה בשדות הייתה בסופו של דבר שולית ביותר. בשני שדות פלפל לגידול אורגני בעין ירב בשטח המועד להתמוטטות חורפית, בהם כמובן לא ישמו את הרידומיל, רמת תמותת הצמחים מהתמוטטות חורפית בסוף דצמבר 2011 הייתה בסביבות 25%.

טבלה 7: טמפרטורת מינימום אוויר ממוצעת לעשרת בפארן בעונת 2011-12 לעומת טמפרטורת מינימום ממוצעת רב שנתי. עונת 2011-2012 הייתה קרה במיוחד ועם טמפרטורות המתאימות להתפתחות התמוטטות חורפית בשלב מוקדם יחסית.

טמפרטורת מינימום, ממוצע רב שנתי לשנים 1997-2012	טמפרטורת מינימום ממוצעת לעונת 2011-12	עשרת
13.4	10.8	עשרת ראשונה - נובמבר 2011
11.3	10.2	עשרת שנייה - נובמבר 2011
9.5	5.8	עשרת שלישית - נובמבר 2011
8.2	4.5	עשרת ראשונה - דצמבר 2011
7.6	5.5	עשרת שנייה - דצמבר 2011
6.3	7.1	עשרת שלישית - דצמבר 2011
6.5	6.4	עשרת ראשונה - ינואר 2012
5.8	5.1	עשרת שנייה - ינואר 2012
6.7	7.2	עשרת שלישית - ינואר 2012

דיון

תוצאות הניסוי שבוצע בשתילים בחדרי גידול מוכיחות שמין פיתיון הוא הגורם להתמוטטות חורפית בפלפל. הפיתיון נשלח להגדרה במעבדה מתמחה בהולנד ונמצא כמין שלא היה ידוע למדע, עד עתה. הקשר בין הופעת המחלה וטמפרטורות נמוכות במיוחד מסביר את מופע המחלה בעיצומו של החורף ובעיקר באזורים היותר קרים בערבה. על פי נתונים היסטוריים נראה שרמת המחלה גבוהה יותר בשנים בהן הטמפרטורות נמוכות מהממוצע במהלך החודשים דצמבר וינואר. הפחיתה ברמת המחלה בשטחים שהוסבו מבית רשת לחממה קשורה כנראה לעלייה בטמפרטורות המינימום בקרקע החממה.

מהתוצאות נראה ששימוש ברידומיל עשוי למנוע ואו להפחית את מימדי תמותת הצמחים בשדות. נראה שהעיתוי המתאים ליישום הוא לפני הופעת הסימנים הראשונים על הצמחים. תחילת חודש דצמבר, עת הטמפרטורה הממוצעת בקרקע באזור פארן היא בסביבות 14°C, נראה כמועד שעשוי להיות מתאים לטיפול כזה. היות והמחלה מופיעה רק בשנים בהן הטמפרטורה בחורף נמוכה במיוחד לאורך זמן והיות ואין

באפשרותנו לחזות זאת, יהיו שנים בהם יינתנו טיפולים שלא לצורך. בהסתמך על תוצאות הניסויים שערכנו על פיתום חורפי ופיתום קיצי בפלפל, החומר רידומיל נוזלי קיבל רישוי כנגד פיתום בפלפל. עונת 2011-12 הייתה עם חורף קר יחסית ועם תנאים המתאימים להתמוטטות חורפית. על פי אינדיקציות מהתמוטטות חורפית שהתרחשה השנה בהיקף גדול יחסית בשדות אורגניים באזור מועד בעין יהב, נראה שהיישום רחב ההיקף ברידומיל שבוצע ע"י החקלאים בערבה באזורים המועדים להתמוטטות, לפני ועם הופעת סימנים ראשונים של התמוטטות צמחים בשדות, תרם למניעת רב נזקי ההתמוטטות החורפית ולהפיכתה לגורם נזק שולי בלבד. בעונה זו הופיעה ההתמוטטות החורפית גם באזורים אחרים בארץ. בבדיקות שביצענו נמצא שהגורם הוא אותו מין פיתום הגורם למחלה בערבה, והחקלאים נעזרו בהצלחה בטיפול עם הפונגיצידי למזעור הנזקים. מבין החומרים הביולוגיים שנבחנו עד עתה לא נמצא עדיין חומר שהפחית נזקי התמוטטות חורפית בפלפל. נראה שלחומר קנון יש פוטנציאל להפחית נזקי התמוטטות חורפית בפלפל ונושא זה דורש לימוד נוסף. לא נמצאה אינטראקציה בין נמטודות מהמין *Pratylenchus penetrans* ופיתום חורפי בהקשר להחמרה אפשרית של הנזקים לצמחים.

פרסומים מדעים מהמחקר

S. Pivonia, R. Cohen, R. Levita, E. Etiel and A. de Cock (2012). Winter wilt of pepper plants in the Arava valley of southern Israel: Identification of the causal agent and conditions for disease development. *Phytoparasitica* 40: 525-531

מטרות המחקר:

זיהוי הגורם או קומפלקס הגורמים להתמוטטות פלפל בערבה.
חיפוש דרכים למניעה ו/או הפחתה של התמוטטות הצמחים באמצעים כימיים וביולוגיים.
בחינה האם יש אינטרקציה בין הנזק מהנמטודה לנזק מהפטרייה.

עיקרי הניסויים ותוצאות:

בניסויים שנערכו בחדרי גידול מבוקרים בתחנת יאיר אולחו צמחי פלפל בפיתוי שבודד מצמחים נובלים. הצמחים גודלו בטמפרטורות ממוצעות של 14, 25, 10.5 ו-8.6 מ"צ. בטמפרטורות 25 ו-14 מ"צ לא נראה כל נזק לצמחים המאולחים בהשוואה לצמחי בקורת. לעומת זאת בטמפרטורה של 8.6 מ"צ נצפתה תמותת צמחים רבה שהחלה כשבועיים ממועד האילוח. בטמפרטורה של 10.5 מ"צ נצפתה תמותת צמחים חלקית שהחלה שבועות רבים ממועד האילוח. מין הפיתוי נשלח לזיהוי במעבדה בחו"ל ונמצא כמין *Pythium* spp. החדש למדע.

נבחנה היעילות של פונגיצידיים למניעת תמותת הצמחים מגורם ההתמוטטות החורפית. הבחינה בוצעה על צמחי פלפל שגדל בעציצים בתנאי גידול מבוקרים. נבדק מועד היישום המתאים והמינון הדרוש. החומר רידומיל (Metalaxyl) נמצא יעיל למניעת תמותת הצמחים. כאשר היישום בוצע בטמפרטורה של 20°C או 14°C נמנעה תמותת הצמחים מפיתוי לאחר שעברו לטמפרטורה של 8°C. אולם, כאשר היישום בוצע בטמפרטורה הנמוכה לא נמנעה תמותת צמחים. הטמפרטורות 20°C ו-14°C מייצגות את טמפרטורת הקרקע הממוצעת בפארן בתחילת חודש נובמבר ובתחילת דצמבר, בהתאמה. לא נמצאו עד עתה חומרים ביולוגיים שמנעו תמותת צמחים מפיתוי חורפי. עושה רושם שהחומר קנון (אשלגן זרחיתי) הביא להפחתה ברמת התמותה של הצמחים מפיתויים.
לא נמצאה אינטראקציה בין נמטודות מהמין *Pratylenchus penetrans* ופיתוי חורפי בהקשר להחמרה אפשרית של הנזקים לצמחים.

מסקנות מדעיות והשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו:

התוצאות שהתקבלו מסבירות היטב את הקשר בין מופע המחלה, בית הגידול ותנאי הסביבה. בעת האחרונה נצפתה התמוטטות רבה יחסית בעונות גידול 99/00, 04/05 ו-06/07. ואכן, בשנים אלו הטמפרטורה בחודשים דצמבר וינואר הייתה נמוכה מהממוצע לאורך זמן. הסבת בתי רשת לחממות בשטחים שסבלו בעבר מהתמוטטות חורפית הביאה לפחיתה ניכרת ברמת ההתמוטטות. מדידות טמפרטורות קרקע שנערכו בחממות ובתי רשת מסבירות את התופעה. באזורים אקלימיים זהים, טמפרטורת המינימום בקרקע בחממות גבוהה מזו שבבתי רשת. בעונת 2011-12 שררו בערבה ובאזורים אחרים בארץ תנאים טובים מאד להתפתחות התמוטטות חורפית בשדות. החקלאים ברובם ישמו רידומיל שאושר לשימוש בפלפל והנזק שנצפה לצמחים בשדות המסחריים היה שולי. נזקים כבדים יחסית מהתמוטטות פלפל בערבה נצפו בשנה זו רק בשטחים אורגניים בעין ירב.

הבעיות שנותרו לפתרון:

עדיין אין בידינו טיפול מתאים לשימוש לחקלאים אורגניים. חשוב להמשיך ולהרחיב את סל החומרים שיתאים למניעה ואו הפחתה של נזקי התמוטטות חורפית. חשוב לסיים את ההגדרה המדעית של מין הפיתיום הגורם להתמוטטות פלפל חורפית.

הפצת ידע:

הידע הועבר למגדלים בערבה ובכל הארץ באמצעות דוחות מחקר שפורסמו בחוברת סיכום עונת מחקרים וכן באמצעות הרצאות. כמו כן הידע הופץ באמצעות כנסים ופרסום בעתונות מקצועית בינלאומית ומקומית. תוצאות עבודה זו ועבודה נוספת על פיתיום קייצי בפלפל סייעו לרישוי החומר מטלקסיל לשימוש כנגד פיתיום בפלפל.

פרסום הדו"ח: ללא הגבלה.

האם בכוונתך להגיש תוכנית המשך בתום תקופת המחקר הנוכחי? לא