

לימוד התנאים המשפיעים על מגפות קימחון במנהרות קטנות.

חוקרים שותפים :

יגאל אלעד, דנה יעקוב, זליה רב דוד, המחלקה לפתולוגיה של צמחים ומדע העשבים, מינהל המחקר החקלאי.

יואל מסיקה, גיא רשף, שה"מ, משרד החקלאות.
חנה יחזקאל, ליאנה גנות ודוד שמואל, מו"פ דרום.

מבוא ותיאור הבעיה

מחלת הקימחון הנה פגע חמור בעגבניות בארץ ובעולם. המחלה נגרמת על ידי פטרייה, פרזיטית אובליגטורית *Oidium neolycopersici*. מחוללת המחלה פוגעת בעלוות העגבנייה והיא ייחודית לעגבנייה ולמספר מאחסנים נוספים. בעלים, הנזק מתבטא בכיסוי בתפטיר לבן סבוך עם הרבה נבגים. כתמי התפטיר הלבן הלא רגולרים מצויים בצד העלה העליון ובמידה פחותה בצד התחתון. הקימחון עשוי להופיע גם על ציר העלה, הפטוטרות והגבעול. מגפות בחממות בארץ מתרחשות בקיץ, בסתיו ובאביב, ובעגבניות בשטח הפתוח בתנאים דומים אך בתקופה מוגבלת יותר. התקיפה תיתכן בצמחים בני חודש ויותר בעיקר בעלים המבוגרים יותר אך גם בעלים צעירים. הדבקה חמורה גורמת לעלים הזדקנות מוקדמת, פחיתה ביכולת הפוטוסינטזה, תמותה וירידה בגודל הפרי ואיכותו. בניגוד לקימחונות רבים אחרים העלים מתמוטטים מהר ואף נושרים. המחלה בארץ מחמירה במהלך השנים האחרונות ומהווה בעיה באזורי גידול העגבניות החשובים.

לעיתים טועים מאבחני המחלה לחשוב שהיא קימחונית הנגרמת על ידי *Leveillula taurica*. הקימחונית הינה גורם מחלה שונה אשר פגיעתו בעגבנייה שונה מזו של ה- *O. neolycopersici*. לדוגמא, בניסוי שערכנו בחוות הבשור בסתיו 2004 הגיעה חומרת הקימחונית לכדי 5% כיסוי עלים בדצמבר ולאחר הסרת עלים תחתונים כמקובל בגידול עגבניות חממה נעלמו תסמיני המחלה ולא התחדשו. לעומת זה קימחון העגבנייה שהחל אף הוא בעקבות הדבקה טבעית, המשיך להתפתח לכדי 80%!! כיסוי ותמותת נוף כמעט מוחלטת. מידע מהארץ ומחו"ל לא מצביע על מידת נזק שונה בזנים שונים ולא דווח על זן עמיד במבנים לא מחוממים מתרחשות מגפות באביב ובסתיו ויתכנו גם בקיץ. צמחי שתילות מוקדמות בבתי רשת (יולי-אוגוסט) ובחממת (אוגוסט) הן המועדים ביותר למגפות; בהר הנגב ובנגב המערבי נתקפים צמחי עגבנייה בספטמבר-אוקטובר. הפצת מדבק באוויר החלקה היא מהירה וכן גם התפתחות המגפה. בפרויקט קימחון העגבנייה אנו לומדים את המחלה ונבנה מערך בקרה המתבסס על הידע שילמד ואמצעים שיוצעו להדברה. בעונות סתיו 2005 ואביב 2006 חקרנו את התנאים המתאימים להתפתחות המחלה על ידי אפיונה במבנים קטנים בחוות הבשור.

שיטות

צמחי עגבנייה מהזן 1402 נשתלו באדמת חול ב-15.8.05 לקראת הגידול הסתווי ושתילי הזן 1402 בשני מועדים (19.2.06 ו-13.3.06) לגידול האביבי. הצמחים הושקו, דושנו וטופלו כמקובל באזור אך לא נתנו ריסוסי הדברה נגד מחלות פרט לטיפול נגד כימשון באביב. הצמחים גדלו בשמונה מנהרות שגודל כל אחת

מהן 6×4 מ'. בתוך כל אחת מהמנהרות היו שלוש שורות כפולות של צמחי עגבנייה. המנהרות היו שונות זו מזו על ידי יצירת שילוב של כיסוי מבנה ו/או פתחים ברשת 50 מאש מאחד משני סוגים, רשת צל או פוליאטילן ועל ידי יצירת מקור לחות באחד המבנים (טבלה 1). כדי ליצור רמת מדבק ראשוני דומה במבנים השונים בכל אחד ממחזורי הגידול, הובאו ממרכז וולקני צמחי עגבנייה מאולחים באופן אחיד בקימחון והוצבו בקצות השורות ובמרכזן כך שבכל מבנה היו תשעה עציצים מאולחים כמקור מידבק. עם תחילת התפתחות המחלה החלה הערכת חומרתה בעלים על ידי הערכת מידת כיסוי העלים באחוזים, בשלושה גבהים של צמח (נמוך=קומות 3-4, בינוני=קומות 7-9 וגבוה=קומות 12-14), בשמונה צמחים בכל ערוגה. התוצאות סוכם לפי גבהי העלים בכל מבנה וכן סוכם חומרת מחלה כללית בכל מבנה. התפתחות המגפות תוארה בגרפים וחושב השטח מתחת לכל עקומה (AUDPC).

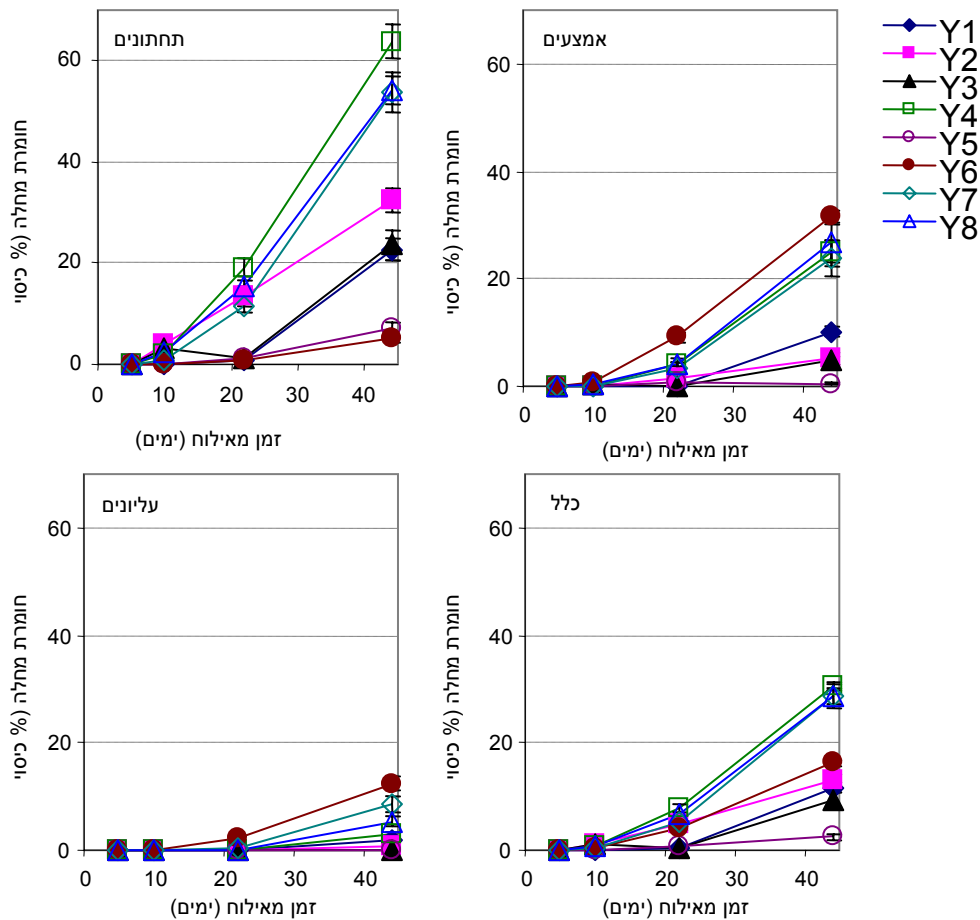
תנאי המיקרו-אקלים במבנים השונים נאספו באמצעות אוגרי נתונים אלקטרוניים, סוכם לפי תקופות התרחשות (שבועות) לפני הערכת המחלה בטווחים שונים של לחויות יחסיות וטמפרטורות. המתאם בין חומרת המחלה ושעות התרחשות התנאים בטווחים השונים נבדקו ואלה המובהקים מעידים על קשרי לחות יחסית או טמפרטורה לחומרת מחלה.

טבלה 1: מבני הניסויים בעונות סתיו 2005 ואביב 2006 ואפיוניהם

מספר חממה	כסוי חממה	פתחים	קרקע	אפיוני מיקרו-אקלים טמפרטורה לחות
Y1	פוליאטילן	רשת 50 מאש	חשופה	בינונית
Y2	50 מאש	רשת 50 מאש	חשופה	נמוכה
Y3	פוליאטילן + רשת צל	רשת 50 מאש	חשופה	נמוכה
Y4	פוליאטילן	רשת 50 מאש	מחופה בפוליאטילן שקוף	בינונית
Y5	פוליאטילן	רשת 50 מאש + וילון פוליאטילן לכיסוי 2/3 הפתח	חשופה	גבוהה
Y6	רשת 50 מאש "אופטינט"	50 מאש "אופטינט"	חשופה	נמוכה
Y7	פוליאטילן	רשת 50 מאש (העלאת לחות באמצעות ווילון אחורי רטוב)	חשופה העלאת לחות באמצעות מישטחי מים בחממה	בינונית
Y8	פוליאטילן	רשת 50 מאש	חשופה	בינונית

תוצאות

מחלת הקימחון התפתחה באופן שונה במבני הניסוי בהתאם למיקום המבנה, לכיסוי, כיסוי הפתח או תוספת לחות והגיעה לכדי יותר מ-60% חומרת כיסוי העלים התחתונים 45 ימים לאחר האילוח בגל הסתווי. פוטנציאלית התכנון 3-4 מחזורי הדבקה בעלים המבוגרים בחממות המאולחות ביותר. ככלל חומרת המחלה הייתה פחותה בעלים גבוהים יותר כנראה בגלל חשיפה למידבק לתקופה קצרה יותר של עלים שהופיעו מאוחר יותר במהלך הגידול (ציור 1). במנהרה עם טמפרטורה גבוהה התפתח קימחון קל ביותר בעוד כאשר שררה טמפרטורה בינונית התפתחה מחלה חמורה בדרך כלל. לא ברורה התפתחות הקימחון במבנה Y6 אשר בו התפתחה מחלה חמורה בעלים בגובה בינוני וגבוה אך לא בגובה הנמוך.



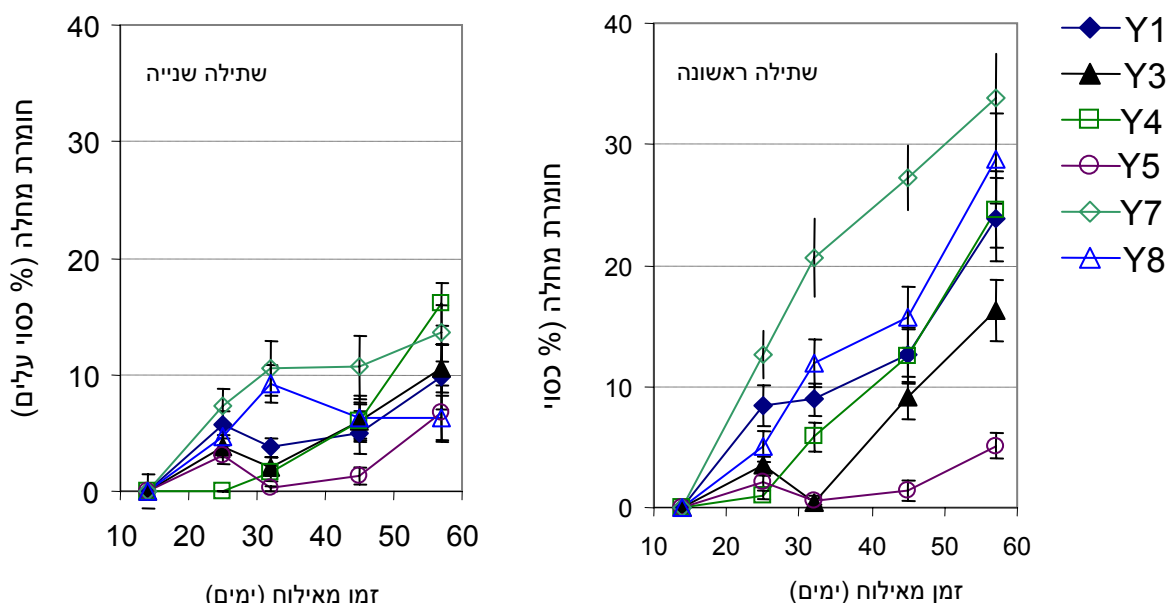
ציור 1: חומרת כיסוי בקימחון העגבנייה בעלים בשלושה גבהים וממוצע חומרה לצמח; צמחים גדלו במבנים Y1-Y8 מחופים בשילובים שונים של פוליאטילן ורשתות (טבלה 1) ובהם המיקרו-אקלים היה שונה, ניסוי סתיו 2005 (קיום אנכיים מיצגים את שגיאת התקן)

טבלה 2: התפתחות מגפות קימחון בעלי עגבנייה בשתילת סתיו 2005 במבנים בעלי מיקרו-אקלים שונה; השטח מתחת לעקום התפתחות המחלה (AUDPC) חושב לחומרת כיסוי עלים בשלושה גבהים ולכלל הצמח

חומרת מחלה, שטח מתחת לעקומה (% X ימים ± שגיאת				
מיבנה	תקן			
	מיקום עלים			
	כלל מחלה	גבוה	בינוני	נמוך
Y1	119.2±9.8	20.0±4.9	102.3±10.1	235.2±22.8
Y2	195.5±13.7	10.3±3.9	71.1±11.0	505.2±30.2
Y3	105.8±12.1	1.4±0.6	50.4±8.9	265.7±30.4
Y4	401.8±14.2	31.6±5.9	298.1±29.9	875.7±32.3
Y5	33.1±5.6	0.0±0.0	12.8±3.2	86.4±13.6
Y6	212.7±9.1	149.0±15.0	430.1±14.9	59.0±7.8
Y7	349.1±20.3	90.0±16.7	279.2±42.1	678.0±45.5
Y8	375.7±24.3	55.1±9.7	333.4±41.7	738.6±32.6

באביב 2006 עקבנו אחר התפתחות המחלה בצמחי עגבנייה אשר נשתלו בשני מועדים כך שנוצרו

שני מקבצי מגפות. המגפות מתוארות בציר 2. במהלך הגידול נתקפו צמחי העגבנייה במבנים Y2 ו-Y6 ולכן אין תוצאות הקימחון על גביהם מוצגות. מירב העלים הנגועים בקימחון היה בקומת הצמחים הנמוכה (ציר 2). בשתילה השנייה נחשפו נצפתה מחלה חמורה פחות מזו שנצפתה בשתילה השנייה, כנראה בגלל חשיפה קצרה יותר בתקופה שבה הטמפרטורות מתונות יותר. בשתילת האביב השפיעו סוגי המבנים על חומרת המחלה בדומה לשתילה הראשונה (טבלה 3). המחלה הופיעה בעלים בגובה בינוני כחודש וחצי לאחר האילוח. חומרת המחלה בעלים אלה המוצגת בטבלה 3 אף היא מתאימה למתואר לגבי הקימחון בסתיו ובעלים התחתונים באביב. בדומה, לא הודבקו צמחים במבנה החם יותר (Y5) והיה קימחון חמור יותר במבנים Y3 ו-Y8 (טבלה 3).



ציר 2: חומרת כיסוי עלים בקימחון העגבנייה; צמחים גדלו במבנים Y1,3-5,7,8 מחופים בשילובים שונים של פוליאיתילן ורשתות (טבלה 1) ובהם המיקרו-אקלים היה שונה; שני מועדי שתילה בניסוי אביב 2006

(קרים אנכיים מיצגים את שגיאת התקן)

טבלה 3: התפתחות מגפות קימחון בעלי עגבנייה בשתילות אביב 2006 במשטרי מיקרו-אקלים שונים; קימחון בקומת העלים האמצעית והשטח מתחת לעקום התפתחות המחלה (AUDPC)

שתילה ראשונה	שתילה שנייה	שתילה ראשונה	שתילה שנייה	מבנה
שטח מתחת לעקומה (X %)		חומרת מחלה בעלים בגובה בינוני		
ימים ± שגיאת תקן)		57 ימים לאחר האילוח (% כסוי)		
406.65 ± 44.73	105.64 ± 12.68	0.17 ± 0.02	0.00 ± 0.00	Y1
53.79 ± 7.53	179.44 ± 19.74	0.00 ± 0.00	0.48 ± 0.06	Y3
261.60 ± 34.01	178.43 ± 23.20	1.89 ± 0.28	1.00 ± 0.13	Y4
216.84 ± 32.53	28.44 ± 3.13	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	Y5
818.06 ± 98.17	112.40 ± 11.24	1.41 ± 0.17	0.00 ± 0.00	Y7
495.36 ± 59.44	84.89 ± 10.19	2.11 ± 0.25	3.60 ± 0.50	Y8

מבנים Y2 ו-Y6 לא נכללים בסיכום בגלל הופעת כימשון חמור.

תנאי המיקרו-אקלים במבנים השונים סוכמו לפי תקופות התרחשות (שבועות) לפני הערכת המחלה בטווחים שונים של לחויות יחסיות וטמפרטורות. המתאם בין חומרת המחלה ושעות התרחשות התנאים בטווחים השונים נבדקו ואלה המובהקים מובאים בטבלאות 4-5. מועד ההתרחשות עשוי להעיד על שלב המחלה המושפע מתנאי הטמפרטורה או הלחות. במעבר שבין שבוע 4 לשבוע אחד שלפני ההערכה של המחלה מתרחשים אירועים שלפני הדבקה, פיזור נביגים, נביטתם וחדירה לרקמת הצמת, גידול ברקמה ולבסוף הנבגה והופעת סמפטומים.

לחות יחסית נמוכה מ- 40% נמצאה במתאם שלילי (מעכבת) קימחון העגבנייה בשבועות 1-4 לפני ההערכה ולחות יחסית 50-60% מעכבת בשבוע 3. בשבועות 2-3 לחות גבוהה 90-100% מעכבת אף היא מחלה. לחות יחסית 60-90% בשבועות 1-4 נמצאו מעודדות (במתאם חיובי) למחלה וכן 50-60% בשבוע 1 (טבלה 4).

טבלה 4: טווחי לחות יחסית שנמצאו במתאם מובהק למחלה בניסויים במבנים בתקופות (שבועות) לפני מועד הבדיקה

טווח לחות יחסית (%)									מועד התרחשות תנאי המיקרו-אקלים
90-100	80-90	70-80	60-70	50-60	40-50	30-40	20-30	10-20	
	+0.97115		+0.99843	+0.93925		-0.92839			שבוע 1 לפני
	*		**	*		*			
-0.97127			+0.94115			-0.95107		-0.86123	שבוע 2
**			*			*		**	
-0.75636		+0.9193	+0.93912	-0.93957				-0.80927	שבוע 3
*		*	*	*				*	
+0.95174	+0.9943	+0.95322	+0.94764			-0.98539		-0.75204	שבוע 4
*	**	*	*			*		*	

קורלציות מובהקות ברמות *95%, **99% ו-***99.9% ; מתאם שלילי -, מתאם חיובי +.

טמפרטורה 5-15 ו-35-40 מ"צ מעכבות קימחון בכל טווח התקופה שלפני ההערכה. טווח הטמפרטורות מעודד המחלה בכל תקופת המדידה הינו 15-25 מ"צ. נמצאה מתאם חיובי גם בטווחי טמפרטורה שעד 35 מ"צ בחלק מהתקופה (טבלה 5).

טבלה 5: טווחי טמפרטורה שנמצאו במתאם מובהק למחלה בניסויים במבנים בתקופות (שבועות) לפני מועד הבדיקה

טווח טמפרטורה (מ"צ)										מועד התרחשות תנאי המיקרו-אקלים
20-30	10-20	35-40	30-35	25-30	15-25	20-25	15-20	10-15	5-10	
		-0.7675		+0.9519	+0.9583		+0.8827			שבוע 1 לפני
		*		***	***		**			
	+0.8085		+0.9319		+0.9465			-0.9815	-0.9679	שבוע 2
	*		***		***			*	*	
+0.9672	-0.7526	-0.857		+0.9425	+0.9918	+0.9759	+0.9614		-0.9622	שבוע 3
*	*	**		***	***	*	*		*	
		-0.9129	+0.7923		+0.955	+0.9566	+0.9523		-0.9502	שבוע 4
		**	*		***	*	*		*	

קורלציות מובהקות ברמות *95%, **99% ו-***99.9% ; מתאם שלילי -, מתאם חיובי + .

סיכום

בעונות סתיו 2005 (שתילה אחת) ואביב 2006 (שני מועדי שתילה) חקרנו את התנאים המתאימים להתפתחות המחלה על ידי אפיונה במבנים קטנים בחוות הבשור. המנהרות היו שונות זו מזו כתוצאה משילוב של כיסוי מבנה ו/או פתחים ברשת 50 מאש מאחד משני סוגים, רשת צל או פוליאאתילן ועל ידי יצירת מקור לחות באחד המבנים. מחלת הקימחון התפתחה באופן שונה במבני הניסוי בהתאם למיקרו-אקלים ששרר בהם כתוצאה ממיקום המבנה, כיסוי, כיסוי הפתח או תוספת לחות. לעומת זאת המדבק הראשוני של קימחון היה דומה בגלל הכנסת צמחים נגועים אחיד למבנים.

המחלה התפתחה במבנים בעלי טמפרטורה בינונית בעוד בטמפרטורה גבוהה היא התפתחה במידה מועטה בלבד. במבחינת מתאם בין כמות השעות בהן התרחשו לחיות יחסיות וטמפרטורות בכל אחד מארבעת השבועות לפני הערכת המחלה לבין חומרת המחלה במועדים שונים מצביעים על קשרי מיקרו-אקלים מחלה. לחות יחסית נמוכה מ-40% נמצאה במתאם שלילי (מעכבת) קימחון העגבנייה בשבועות 1-4 לפני ההערכה. בשבועות 2-3 לחות גבוהה 90-100% מעכבת אף היא מחלה. לחות יחסית 60-90% בשבועות 1-4 נמצאו מעודדות (במתאם חיובי). טמפרטורה 5-15 ו-35-40 מ"צ מעכבות קימחון בכל טווח התקופה שלפני ההערכה. טווח הטמפרטורות מעודד המחלה בכל תקופת המדידה הינו 15-25 מ"צ. לימוד נוסף עשוי להצביע על טווחי תנאים מדויקים יותר. השפעת הטמפרטורה והלחות נלמדת גם בתנאים מבוקרים במרכז וולקני.