היבטים אפידמיולוגים והפחתת נזקי קימחון בעגבניות חממה הנגרמת ע"י הפטרייה *Oidium neolycopersici*.

חוקרים שותפים:

יגאל אלעד, דליה רב דוד - המחלקה לפתולוגיה של צמחים ומדע העשבים, מינהל המחקר החקלאי.
יואל מסיקה, הישאם יוניס, גיא רשף - שה"מ,משרד החקלאות.
ליאנה גנות, חנה יחזקאל, דוד שמואל ואלי מתן - מו"פ דרום.

תקציר:

מחלת הקימחון הנה פגע חמור בעגבניות בארץ ובעולם. מגפות בחממות בארץ מתרחשות בקיץ, בסתיו ובאביב בעיקר בשתילות מוקדמות בבתי רשת (יולי-אוגוסט) ובחממת (אוגוסט). מטרת המחקר היא בניית מערך הדברה כוללני שיאפשר בקרת מחלה תוך פחיתה בשימוש בתכשירים כימיים.

מהלך ושיטות עבודה: בשנה השנייה נותחו התנאים המעכבים התפתחות מחלה בתנאי שדה, נבדקו תכשירי הדברה ושילובים שלהם עם שני משטרי טמפרטורה, האחת מעודדת והשנייה מעכבת קימחון בעגבנייה.

תוצאות עיקריות: טמפרטורה גבוהה נמצאה במתאם מובהק עם פחיתה במחלה בתנאי שדה. תכשירי הדברה כימיים ותמציות צמחים נמצאו יעילים בהדברת המחלה. שילוב תכשירים ידידותיים עם טמפרטורה תת מיטבית לווה בדרך כלל ברמת מחלה נמוכה יותר מאשר פעילותם בטמפרטורה מיטבית.

מסקנות והמלצות: הממצא החשוב הוא שבטמפרטורה גבוהה מוגבלת המחלה בתנאי שדה. המחקר ממשיך בתנאי שדה. בחממות כמו מסחריות יש צורך לבדוק שילוב משטר טמפרטורה, זנים ותכשירים ידידותיים לבקרת המחלה.

מבוא ותיאור הבעיה:

מחלת הקימחון הנה פגע חמור בעגבניות בארץ ובעולם. המחלה נגרמת על ידי פטרייה, פרזיטית אובליגטורית, מהגנוס *Oidium*. באירופה הוגדרו שני מינים והם *O. neolycopersici* ו- *O. lycopersici*. *O. neolycopersici* הוא השם המקובל היום. 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 רגולריים מצויים בצד העלה העליון ובמידה פחותה בצד התחתון. הקימחון עשוי להופיע גם על ציר העלה, הפטוטרת והגבעול. מגפות בחממות בארץ מתרחשות בקיץ, בסתיו ובאביב, ובעגבניות בשטח הפתוח בתנאים דומים אך בתקופה מוגבלת יותר. הדבקה חמורה גורמת לעלים הזדקנות מוקדמת, פחיתה ביכולת הפוטוסינטזה, תמותה וירידה בגודל הפרי ואיכותו (Whipps et al., 1998, ציור 1). 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 (Lindhout et al., 1994a,b; Van der Beek et al., 1994). צמחי שתילות מוקדמות

בבתי רשת (יולי-אוגוסט) ובחממת (אוגוסט) הן המועדים ביותר למגפות; עד כדי 50% מחלקות אלה בהר הנגב ובנגב המערבי נתקפות בספטמבר-אוקטובר. הפצת מדבק באוויר החלקה היא מהירה וכן גם התפתחות המגפה.

בגלל היות המחלה חדשה יחסית קיימים מעט פרסומים על קימחון בעגבנייה. המחלה פרצה לראשונה באירופה בשנות השמונים. לדוגמא, אחד הדיווחים הראשונים היה על התפרצות באנגליה ב- 1986 (Fletcher et al., 1988). לאחר מכן תוארה אותה מחלה או דומה לה במקומות שונים ברחבי העולם, לדוגמא בקליפורניה (Arredondo et al., 1996) ובפלורידה (Marois et al., 2001). הגדרות ראשונות של הקימחון ייחסו לו שמות שונים ועד לאחרונה נראה שהשם *O. lycopersici* היה המוסמך (Mieslerová & Lebeda, 1999). בדיקה של קימחונות מכל העולם העלתה שקימחון העגבנייה שמקורו באוסטרליה יוצר נבג בודד על גבי נושא הנבגים בעוד בשאר העולם אומנם נוצרים נבגים בודדים אך בלחות גבוהה נוצרים 2-6 נבגים במבנה דמוי שרשרת. קימחונות שאר העולם הוגדרו כ-*O. neolycopersici* וזה שנמצא באוסטרליה הוגדר כ- *O. lycopersici* (Kiss et al., 2001). מאחר ונמצאו קוים עמידים לקימחון "חדש" זה בקרב מיני *Lycopersicum* בר, נראה שהוא היה קיים מקדמא דנא (Kiss et al., 2001), אך הסיבה להתפרצותו המהירה והרחבה ברחבי העולם בשנים האחרונות אינה ברורה. יתכן שאחראים לכך התנועה הרבה של חומר צמחי בין מדינות, יכולת התפוצה הרבה של הנבגים של הפתוגן ויכולתו להתקיים על מאכסנים רבים. טווח הפונדקאים של *O. neolycopersici* כולל צמחים חשובים מ- 13 משפחות בוטניות (Whipps et al., 1998) אך יתכן שהנושא מורכב בגלל נוכחות 'פטוטיפים' שונים (Huang et al., 2000; Mieslevá & Lebeda, 1999).

רוב הקימחונות (ובכללם קימחון העגבנייה) הם אקטופרזיטים. נבגי קימחון העגבנייה הינם אליפסואידים בממדים של 15×30 מיקרון. בקצה נחשון נביטה תופח אפרסוריום, בד"כ מעל מקום חיבורם של שלושה תאי אפידרמיס של העלה וממנו גדל קור הדבקה החודר לעלה ויוצר האוסטוריה להזנה על תאיו. נחשון הנביטה והאפרסוריום יוצרים חומר הצמדה חוץ תאי. קורים נוספים גדלים מהנבג ומהאפרסוריום ומאכלסים את הצמח. הנבגים יכולים לנבוט בתוך 3-5 ש', אפרסוריה 6-8 ש' והחדירה למאכסן בתום 11 ש' (Jones et al., 2000).

טיפולי הדברה סומכים בעיקר על ריסוסים תכופים של פונגיצידים פרוטקטנטים וסיסטמיים המרושים כנגד קימחונית מתחילת הופעת המחלה. מרססים תכשירים לחילופין כדי לדחות את התפתחות העמידות באוכלוסיות הפתוגן. מערך בקרת המחלה המומלץ, נכשל לעיתים בהדברת המחלה וכרוך ביישום תכשירים כימיים רבים. תכשירים אלה הינם תכשירי הגפרית (רובם מלכלכים את הפרי) מעכבי ביוסינטזה של ארגוסטרול, סטרובילורינים, פוליאוקסין (פולאר) ונימגרד (מיצוי צמחי, צורב בקיץ). בחו"ל דווחו חומרים פעילים יעילים בדרגות יעילות שונות הכוללים benomyl, carbendazim, bitertanil, bupirimate, fenarimol, pyrazophos, thiabendazole, triforine, ותכשירי גפרית (Mieslerová & Lebeda, 1999). הדברה ביולוגית נמצאה אף היא יעילה כנגד המחלה באנגליה (Jones et al., 2001). שמנים צמחיים הדבירו את המחלה והיעיל ביותר, שמן חמניות, הפחית נביטה, גדול תפטיר ומחלה שלא באמצעות השראת עמידות (Ko et al., 2003). מילזנה, מיצוי של הצמח *Reynoutria sachalinensis*, השרה עמידות בעגבנייה כנגד הקימחון (Schmitt, 2001). מלחי סידן, מגנזיום ואשלגן ($CaCl_2$, $Ca(NO_3)_2$, KCl, $MgSO_4$, K_2HPO_4) הפחיתו מחלה בדומה לגפרית (Ehret et al., 2002).

ככלל, עוצמת מגפות קימחון מושפעות מתנאי מיקרואקלים שהנם אינטראקציה של לחות וטמפרטורה. קימחונות שונים תוקפים מיני צמחים שונים ומושפעים במידה שונה על ידי תנאי הסביבה; הם מעדיפים שילובי אופטימום שונים של גורמים אלה לצורך התפתחותם. רוב הקימחונות יוצרים את נבגיהם האל מיניים בלחות יחסית בינונית עד גבוהה ובמספר קימחונות מים נוטים למנוע נביגה ואחרים מעדיפים לחות נמוכה. נביגת

הקימחונות מתרחשת בתחומי טמפרטורה רחבים למדי וברובם הטמפרטורה המיטבית הנה 15-25 מ״צ. פיזור הנבגים פאסיבי באמצעות תנועת אויר מתרחש בעקר עם שינוי הלחות מגבוהה לנמוכה עם התחממות האוויר בבוקר. גופי פרי (קליסטוטציות) מצויים בחלק מהקימחונות (פלטי, 2000). לגבי קימחון העגבנייה לא ידוע מה התנאים המעודדים נביטה, גידול קורים, יצירת אפרסוריה, גידול בריקמה, ייצור נבגים ושחרורם והישרדות גורם המחלה. בניסוי אחד נמצא שלחות גבוהה קשורה בפחיתה במחלה בהשוואה ללחות יחסית 80% (Whipps & Budge, 2000). לעומת זה דווח מקונטיקט שהאופטימום הוא מעל 90% לחות יחסית, ובכל מקרה המחלה מתרחשת מעל 50% לחות יחסית, ללא צורך ברטיבות על פני הצמח. טווח הטמפרטורות להתפתחות המחלה הוא 10-35 מ״צ עם העדפה לטמפרטורות מתחת ל- 30 מ״צ (Douglas, 2003).

מטרת המחקר הינה חקר מחלת הקימחון בעגבנייה ובניית מערך הדברה כוללני שיאפשר בקרת מחלה תוך פחיתה בשימוש בתכשירים כימיים. המטרות הספציפיות הינן: אפיון הפרמטרים (מיקרואקלים, תנאי גידול ואגרוטכניקה) המעודדים את שלבי המחלה השונים (נביטת נבגים, יצירת אפרסוריה, חדירה ואכלוס, הנבגה, הישרדות) של הקימחון בעגבנייה, איתור תנאים מגבילים להתפתחות המחלה, בחינת תכשירי הדברה 'ידידותיים', אמצעים אגרוטכניים ובניית מערך הדברה מושכלת המתבססת על ממצאי המחקר.

ניסויים:

שיטות

הערכת נגיעות בקימחון: הערכת חומרת הנגיעות של הצמחים המאולחים בוצעה בצורה חזותית. מדד חומרת המחלה מבטא באחוזים את שטח העלים המכוסה בסימני המחלה. הסימן הבולט של הקימחון הוא כסוי הלבן או אפרפר על פני עלי הצמח הנגוע, שמופיע לעתים גם על פני החלק התחתון של העלה. בחלק מהניסויים ערכי הנגיעות במועדים שונים במהלך הניסוי שימשו לחישוב ערכי השטח שמתחת לעקומת התפתחות המחלה (AUDPC - Area Under the Disease Progress Curve), מדד המבטא את חומרת המחלה במהלך הניסוי.

ניסויים בתאי צמיחה: צמחי עגבנייה שגדלו בחממה במשך שבועיים אולחו אילוח רטוב בפתוגן (כמתואר בסעיף 1.1), הוכנסו לחדר גידול ומידי 3-4 ימים התבצעה הערכת נגיעות במשך 29 יום מאילוח. בניסוי נבדקו זנים שונים ובהם 1125 ו 1107 המיוצרים ע״י טופ זרעים (כפר ויתקין), 1402, 870, 662 ו 1912.

ניסויי שדה: נערכו שלושה ניסויי שדה בסתיו ובאביב במבני מנהרה עבירה שהתנאים המיקרו-אקלימיים בהם היו שונים בזכות כיסויי פוליאתילן ורשתות שונים שנפרסו על המבנים או פתחיהם. צמחי עגבנייה מהזן 1402 נשתלו באדמת חול ב-15.8 לגידול הסתווי והזן 870 בשני מועדים (19.2 ו-13.3) לגידול האביבי. הצמחים הושקו, דושנו וטופלו כמקובל באזור אך לא נתנו ריסוסי הדברה נגד מחלות פרט לשני טיפולים כנגד כימשון באביב שהיו במרחק של שבוע אחד מהשני (הטיפולים היו שילוב של אקרובט WG, BASF, לודויגשאפן, גרמניה ופוליוגולד SC, סינג׳נטה, בזל, שוויץ). הצמחים גדלו בשמונה מנהרות שגודל כל אחת מהן 6 × 4 מ׳. בתוך כל אחת מהמנהרות היו שלוש שורות כפולות של צמחי עגבנייה. המרחק בין השתילים באותה השורה היה 40 ס״מ והמרחק בין שורות הצמד היה 50-60 ס״מ. ההבדל בין המבנים נוצר על ידי שילוב של כיסוי מבנה ו/או פתחים ברשת 50 מאש מאחד משני סוגים, רשת צל או פוליאתילן ועל ידי יצירת מקור לחות באחד המבנים (טבלה 9, הוצגה גם בדו״ח הראשון). 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 סה"כ 24 צמחים בכל מבנה וחושבה הנגיעות הכללית לצמח. כמו כן חושב השטח מתחת לכל עקומה (AUDPC). הצמחים במבנים 4Y ו- 8Y נתקפו בקימחונית בגידול הסתיו ומבנים 2Y ו- 6Y נתקפו בכימשון באביב ולכן הם לא נכללים בדיווח. בכל מבנה נוצרו משטרי טמפרטורה ולחות שונים דבר שגרם לחומרת נגיעות שונה במבנים השונים. תנאי אקלים אלו אופיינו, בכדי לזהות מאפייני מיקרואקלים המשפיעים על המחלה. הלחות היחסית והטמפרטורה במבנים השונים נמדדו אחת לשעה במהלך תקופת הניסוי באמצעות אוגרי נתונים אלקטרוניים (Hobo H8). משך הזמן (בשעות) של טמפרטורות ולחויות יחסיות בטווחים נבחרים חושב בכל תקופה שלפני מועד הערכה נתון.

נערכו מבחני קורלציות (מתאמים) באמצעות תוכנת Excel לפי הנוסחה: $r = Cov(x,y)/(\sigma_x * \sigma_y)$ $(1 \leq r \leq 1)$.

כאשר $r<1$ קיים מתאם חיובי בין חומרת המחלה לטמפרטורה/ לחות יחסית, לעומת זאת מתאם שלילי מתקיים כאשר $r>-1$. נבדק הקשר בין ערכי מחלה לבין מספר השעות בטווח טמפרטורות שבין 5-45 מ"צ בתנודות של 5 מ"צ בין כל טווח וגם ב 10-20, 20-30, 15-25 מ"צ, ובטווח לחויות שבין 10-100% במרווחים של 10% בין טווח לטווח. ערכים מובהקים עשויים להעיד על קשר בין הלחות היחסית או הטמפרטורה לחומרת המחלה.

<u>בחינת אמצעים כימיים ומיצויי צמחים כשיטות להתמודדות עם המחלה</u>: יעילות 11 תכשירים- כימיים ואחרים, (פירוט התכשירים וריכוזם מובא בטבלה 2) המדבירים קימחונות ומורשים לשימוש בחקלאות הקונבנציונאלית נבדקה ע"י ריסוס צמחי עגבנייה בחומרים עד לנגירה. הצמחים נחלקו לשני טיפולים: ריסוס שבועי- מידי שבוע הצמחים רוססו בתכשירים כשהריסוס הראשון היה יום לפני האילוח בפתוגן ולריסוס חד פעמי שבוצע יום לפני אילוח הצמחים בפתוגן. הניסוי בוצע בחממה בקיץ כשטווח הטמפרטורות היה 25-37 מ"צ ביום ו 20-25 מ"צ בלילה. כל טיפול כלל 10 חזרות. חומרת הנגיעות במחלה הוערכה מידי 3-5 ימים במשך 30 ימים.

<u>מיצויי צמחים כאמצעים להתמודדות עם המחלה</u>: יעילות שלושה תכשירים המבוססים על תמציות צמחים נבדקה בריכוזים שונים כנגד קימחון העגבנייה. התכשירים בניסוי היו טימורקס (1, 2%) טימורקס גולד (0.35, 0.5%) ונימגארד. בניסוי בתנאי מעבדה צמחים מזן 1402 רוססו בחומרים אלו עד לנגירה. מספר הריסוסים נחלק לחד שבועי (בהתאם להמלצות היצרן), ולריסוס חד פעמי יום לפני האילוח בפתוגן. הניסוי בוצע בחדר גידול ב- 10 חזרות בטמפרטורה של 22±3 מ"צ. חומרת הנגיעות במחלה הוערכה מידי 3-5 ימים במשך 30 ימים. בניסוי בחממה בתנאים חצי מסחריים שנערך בחוות הבשור נבדקה יעילותם של תכשירים ניסיוניים המבוססים על תמציות צמחים וכאלו המורשים לשימוש בחקלאות האורגנית כנגד קימחונות. התכשירים בניסוי היו טימורקס (1, 2%) סופרנו ושילוב של קוצייד ונימגארד. צמחים מזן 1912 רוססו מידי שבוע כאשר סה"כ מס' הריסוסים היה 9. במקרה זה האילוח בפתוגן היה אילוח טבעי כתוצאה מנוכחות הפתוגן באזור. חומרת הנגיעות במחלה הוערכה מידי שבוע - שלושה שבועות במשך 70 ימים.

<u>השפעת תכיפות הריסוסים</u>: צמחי עגבנייה מזן 1402 טופלו עם המדבירים שגודלו על מצע מוצק בצלחת פטרי, בתכיפות של ריסוס אחד מדי שבוע (4 ריסוסים סה"כ) לעומת ריסוס פעמיים בשבוע (7 ריסוסים בסה"כ) כאשר הריסוס הראשון היה שלושה ימים טרם האילוח בפתוגן. הניסויים התבצעו בחממה בתנאי קיץ, בתנאי טמפרטורה 30-35 מ"צ ביום, וטמפ' של כ-20-25 מ"צ בשעות הלילה, והלחות היחסית הייתה גבוהה כתוצאה מרטיבות שנוצרה על רצפת החממה ובסתיו, בו הטמפרטורה המרבית הייתה 25 מ"צ והמזערית כ-15 מ"צ. כל טיפול כלל 10 חזרות.

<u>אמצעי הדברה משולבת כדרך להתמודדות עם המחלה</u>: צמחי עגבנייה מזן 1402 נחלקו למספר טיפולים בשתי טמפרטורות 24±1 ו 26±1 מ"צ. הטיפול בתמציות הצמחים התבצע יום לפני האילוח והטיפול במיקרואורגניזמים כלל שני ריסוסים, 3 ימים ו-3 שעות לפני האילוח; או לריסוס יחיד שהתבצע 3 שעות טרם האילוח בפתוגן. הטיפול המשולב של מיקרואורגניזם 16 והתכשירים כלל 2 ריסוסים של המיקרואורגניזם 3 ימים וביום האילוח וריסוס

בריכוז מופחת של התכשיר. הצמחים אולחו אילוח רטוב בפתוגן והוכנסו לחדר גידול. חומרת הנגיעות במחלה הוערכה חזותית, מידי 5-3 ימים במשך 30 ימים. כל טיפול כלל 10 חזרות.

ניתוחים סטטיסטיים: הנתונים שנאספו בניסויים נותחו בעזרת התוכנות JMP 5 ו-Excel 2000 על פי מתכונת הניסויים. הניתוחים הסטטיסטיים בוצעו ברמת מובהקות של $P\leq0.05$, וכללו ניתוחי שונות (ANOVA) עם משתנה בודד ושני משתנים עם חזרות, חישוב ערכי LSD, בלוקים באקראי, רגרסיה לינארית פשוטה ומסדר שני. בעת הצגת התוצאות מצוינים בכל מקרה המבחנים הסטטיסטיים שבוצעו ורמת המובהקות.

תוצאות:

המחקר מתבצע במעבדה, בחממות המחקר במרכז וולקני ובחלקות בתנאים מסחריים. בדוח הקודם נסקרו תוצאות בתנאים מבוקרים ובהם התנאים להתפתחות. בסוף הדוח הוזכרו שלושה ניסויי שדה שנערכו בחוות הבשור. *מספרי הגרפים והטבלאות ממשיכים את המספרים שניתנו בדוח הראשון של מחקר זה.*

קשרי אקלים מחלה בתנאי שדה: מחלת הקימחון בסתיו התפתחה באופן שונה במבני הניסוי בהתאם למיקום המבנה, לכיסויו, כיסוי הפתח או תוספת לחות והגיעה לכדי יותר מ- 60% חומרת כיסוי העלים התחתונים 45 ימים לאחר האילוח בגל הסתווי. ככלל חומרת המחלה הייתה פחותה בעלים גבוהים יותר כנראה בגלל חשיפה למידבק לתקופה קצרה יותר של עלים שהופיעו מאוחר יותר במהלך הגידול (ציור 8, הוצג בדו"ח הראשון). במנהרה עם טמפרטורה גבוהה התפתח קימחון קל ביותר בעוד כאשר שררה טמפרטורה בינונית התפתחה מחלה חמורה בדרך כלל. באביב 2006 עקבנו אחר התפתחות המחלה בצמחי עגבנייה אשר נשתלו בשני מועדים כך שנוצרו שני מקבצי מגפות. מירב העלים הנגועים בקימחון היה בקומת הצמחים הנמוכה. בשתילה השנייה נצפתה מחלה חמורה פחות מזו שנצפתה בשתילה השנייה, כנראה בגלל חשיפה קצרה יותר בתקופה שבה הטמפרטורות מתונות יותר.

איתור תנאים להגבלת הדבקה והתפתחות המחלה: התוצאות שהתקבלו מהסעיפים הקודמים מאפשרות להציע תנאים להגבלת התפתחות המחלה. 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 13-12. מועד ההתרחשות עשוי להעיד על שלב המחלה המושפע מתנאי הטמפרטורה או הלחות. במעבר שבין שבוע 4 לשבוע אחד שלפני ההערכה של המחלה מתרחשים באופן יחסי ובהדרגה יותר אירועים שלפני הדבקה, פיזור נבגים, נביטתם וחדירה לרקמת הצמח, גידול ברקמה ולבסוף הנבגה והופעת סימנים.

לחות יחסית נמוכה מ- 40% עיכבה (מתאם שלילי) את קימחון העגבנייה בשבועות 4-1 לפני ההערכה ולחות יחסית 60-50% מעכבת בשבוע 3. בשבועות 3-2 לחות יחסית גבוהה 100-90% מעכבת אף היא מחלה. לחות יחסית 90-60% בשבועות 4-1 נמצאו מעודדות (במתאם חיובי) למחלה וכן 60-50% בשבוע 1 (טבלה 12). טמפרטורה 15-5 ו- 40-35 מ"צ מעכבות קימחון בכל טווח התקופה שלפני ההערכה. טווח הטמפרטורות מעודד המחלה בכל תקופת המדידה הינו 25-15 מ"צ. נמצאה מתאם חיובי גם בטווחי טמפרטורה שעד 35 מ"צ בחלק מהתקופה (טבלה 13).

הדברה כימית: נבדקה יעילותם של תכשירים ניסיוניים וכאלו המורשים לשימוש בחקלאות הקונבנציונאלית בעגבנייה והמיועדים להדברת קימחונית. צמחים מזן 1402 נחלקו לשני טיפולים, ריסוס חד פעמי וריסוס שבועי (סה"כ 5 ריסוסים); הריסוס הראשון התבצע יום לפני האילוח בפתוגן. חומרת הנגיעות במחלה הוערכה מידי 5-3 ימים במשך 30 ימים, הנתונים סוכמו כשטח מתחת לעקומת התפתחות המחלה וחומרת המחלה בסוף הניסוי. ביישום שבועי של התכשירים לא נצפתה מחלה כלל, בעוד שבהיקש חומרת המחלה בסוף הניסוי הייתה 72% (תוצאות לא מוצגות). ביישום חד פעמי נצפו הבדלים מובהקים בין הטיפולים לביקורת פרט לריסוס בסרנייד, שחומרת המחלה בו הייתה דומה להיקש (טבלה 14). יעילות ההדברה בריסוס יחיד הייתה גבוהה ונעה בין -18

99.5%. כמו כן ניתן לראות כי קיימים הבדלים מובהקים בין המינונים השונים של החמרים, לדוגמה יישום הליוגפרית בריכוז 1% הפחית את חומרת המחלה יותר מריכוז 0.25% של החומר.

<u>הדברה באמצעות תמציות צמחים</u>: נבדקה יעילותם של תכשירים המבוססים על תמציות צמחים המורשים לשימוש בחקלאות האורגנית כנגד קימחון העגבנייה. בוצעו שני ניסויים: במעבדה, ובתנאי שדה חצי מסחריים.

בניסוי חממה בתנאים חצי מסחריים נבדקה יעילותם של תכשירים ניסויים המבוססים על תמציות צמחים וכאלו המורשים לשימוש בחקלאות האורגנית כנגד קימחונות. צמחים מזן 1912 רוססו מידי שבוע בתכשירים (סה"כ 9 ריסוסים). האילוח בפתוגן במקרה זה היה אילוח טבעי כתוצאה מנוכחות הפתוגן באזור. חומרת הנגיעות במחלה הוערכה מידי שבוע-שלושה שבועות במשך 70 ימים (דווח בדוח הקודם, איור 9). מתוצאות הניסוי ניתן לראות כי יישום התכשירים בריסוס שבועי הפחית את חומרת המחלה באופן מובהק ביחס לביקורת (טבלה 15), פרט לריסוס בטימורקס 2% שחומרת המחלה בו לא הייתה מובהקת ביחס לביקורת. חומרת המחלה הנמוכה ביותר נצפתה בשילוב של נימגארד וקוצייד.

ניסוי המעבדה: צמחים מזן 1402 נחלקו לשני טיפולים: ריסוס חד פעמי וריסוס שבועי (סה"כ 5 ריסוסים), כאשר הריסוס הראשון התבצע יום לפני האילוח בפתוגן. חומרת הנגיעות במחלה הוערכה מידי 3-5 ימים במשך 30 ימים (איור 10). מתוצאות הניסוי ניתן לראות כי יישום התכשירים הן בריסוס שבועי והן בריסוס חד פעמי הפחית את חומרת המחלה באופן מובהק ביחס לביקורת. כמו כן יישום שבועי של התכשירים גרם לחומרת המחלה נמוכה יותר לעומת יישום חד פעמי ויעילות ההדברה הייתה בטווח בין 55-83% לעומת 15-50%, בהתאמה (טבלה 16). לא נצפו הבדלים מובהקים בין המינונים השונים של החמרים, לדוגמה ביישום טימורקס 1% חומרת המחלה הייתה דומה לזו של 2%, אך בריכוז הגבוה (2%) ובטימורקס גולד (0.5%) הופיעו צריבות על גבי העלים.

<u>אמצעי הדברה משולבים בבקרת טמפרטורה</u>: כמעט כל הטיפולים הפחיתו את חומרת המחלה הן ב 24±1 מ"צ וב 26±1 מ"צ (טבלה 17) וטווח יעילות ההדברה היה בין 6.9-71.8% ו-22.2-84.5%, בהתאמה. חומרת המחלה ב 26 מ"צ הייתה נמוכה באופן מובהק לעומת 24 מ"צ (טבלה 18). מיצויי הצמחים הפחיתו מחלה באופן מובהק; בריכוזים גבוהים של טימורקס גולד ונימגארד נמצא כי חומרת המחלה הייתה נמוכה יותר, אם כי בריסוס נימגארד במינון הגבוה הייתה המחלה גבוהה לעומת הריסוס בריכוז המופחת (טבלה 17). הדברה ביולוגית הפחיתה מחלה באופן מובהק (טבלה 18); לא נמצא הבדל מובהק בין ריסוס חד פעמי ביום האילוח לשני ריסוסים הן ב 24 מ"צ וב 26, פרט ל 16 ב 26 מ"צ שבשני ריסוסים יעילות ההדברה עלתה מ 51.2 ל 60% (טבלה 17). שילוב נימגרד במינון המופחת וחלק מטיפולי המיקרואורגניזמים הפחיתו את המחלה במידה רבה יותר בטמפרטורה הגבוהה.

<u>דיון:</u>

תנאי המיקרואקלים משפיעים על הפונדקאי ועשויים לקבוע את תגובתו לפתוגנים (הגברה של עמידות או רגישות) ובכך להשפיע על המגפה. לבדיקת השפעת הטמפרטורה והלחות היחסית על קצב התפתחות מחלת קימחון העגבנייה בוצעו שלושה ניסויי שדה, באביב ובסתיו. בניסויים נמצאה חומרת מחלה גבוהה בתנאי לחות גבוהה (60-90%) ובטמפרטורות בינונית (15-25 מ"צ), מחלה בינונית נמצאה בטמפרטורות נמוכות- בינוניות ובינוניות (5-15 מ"צ) ואילו בטמפרטורות גבוהות (35-40 מ"צ) נצפתה חומרת מחלה נמוכה. תוצאות אלה תואמות את ניסויי המעבדה בהם חומרת מחלה גבוהה הייתה בטמפרטורות 22-24 מ"צ ובלחות בינונית גבוהה 70-85%, בעוד שבתנאי טמפרטורה גבוהה חומרת המחלה הייתה נמוכה.

בהשוואה בין הטמפרטורות המעכבות את המחלה בתנאי מעבדה (דו"ח קודם) מבוקרים לשדה ניתן לראות כי בניסויי השדה הטמפרטורות שהיו קשורות בחומרת מחלה נמוכה היו בין 35-40 מ"צ בעוד שבמעבדה הן היו נמוכות יותר (28 מ"צ). ניתן להסביר הבדלים אלו בכך שבשדה על אף התנאים, שאינם מטיבים עם הפתוגן, מתפתחת המחלה וזאת בגלל תופעת הפיצוי: גורמים המצויים ברמה מיטבית מפצים על נוכחות גורמים אחרים,

המצויים ברמה גבולית. הסבר נוסף להבדלים בין הניסויים, הוא שמדידת הטמפרטורות בשדה נעשתה בגובה הצמח אך לא באופן ישיר על העלה. בטמפרטורות הגבוהות מ 25 מ״צ מתבצע אידוי מרקמות הצמח המפחית את טמפרטורת שטח פני העלה כך שיתכן שהטמפרטורות היו נמוכות יותר בעלה.

חומרת המחלה בעלים העליונים הייתה פחותה ביחס לנמוכים ולאמצעיים, במעבדה ובשדה כנראה בגלל חשיפה קצרה יותר של העלים הצעירים למידבק, שהופיע מאוחר יותר במהלך הגידול. כמו כן חומרת המחלה בשתילה השנייה הייתה נמוכה ביחס לראשונה באביב, כנראה בגלל חשיפה קצרה יותר בתקופה שבה הטמפרטורות מתונות יותר. המסקנה מחלק זה של המחקר היא שמאחר וקימחון העגבנייה היא פטרייה פוליציקלית, כלומר היא יוצרת מספר אירועי הדבקה במקביל, שמירה על תנאי אקלים שאינם מיטיבים עם הפטרייה, יכולה לגרום להורדת המדבק לאורך זמן בשל הפגיעה הכוללת ביחידות הריבוי של הפטרייה, או השראת עמידות לפונדקאי.

תכשירי הגפרית משמשים כמדבירים כימיים מוצלחים של קימחון והם מורשים בשימוש גם בחקלאות האורגנית, אולם קיימות מספר מגבלות בשימוש בגפרית ובעקבות כך פותחו תכשירים בעלי פעילות סיסטמית. קיימים מספר רב של תכשירים מסחריים היעילים בהדברת קימחונות. בניסוי נבדקה השפעה של 11 תכשירים כנגד קימחון העגבנייה, ונמצא כי ביישום שבועי של החומרים לא נצפתה המחלה אם כי בכמה מהטיפולים נצפתה תופעת הפיטוטוקסיות הנגרמת במזג אוויר חם ויבש (טמפרטורה מעל 30 מ״צ). ביישום ריסוס אחד בלבד טרם האילוח בפתוגן פחתה חומרת המחלה בעד כדי 97%. ריסוס לחלופין של תכשיר הדברה הינו דרך יעילה להדברת מחלות צמחים. שילוב של שני תכשירים עשוי להיות יעיל יותר מריסוס תכשיר אחד לאורך זמן, מאחר ותכשירים שונים פוגעים במנגנונים שונים בפטרייה הפתוגנית ובכך נמנעת התפתחות גזעים עמידים. בשל התפתחות עמידות של קימחונות לתכשירי ההדברה יש לפתח תכשירים ושיטות חדשות להדברת המחלה. המסקנה מחלק זה של הניסוי היא שיעילות התכשירים כנגד הפתוגן הייתה טובה בתנאים מבוקרים יחסית, אך יש לבצע ניסויים נוספים הבודקים את השפעת הפונגיצידים כנגד קימחון העגבנייה בניסויים חצי מסחריים בתנאי אקלים שונים.

קיימים מס׳ תכשירים מסחריים המבוססים על תמציות צמחים כדוגמת *Melaleuca alternifolia* (Timorex), נימגארד (*Azadirachta indica*), מילסנה (*Reynoutria sachalinensis*) שנבחנו ונמצאו יעילים בהפחתת חומרת קימחונות. בדקנו השפעה של טימורקס, טימורקס גולד ונימגארד כנגד קימחון העגבנייה, ונמצא כי הם הפחיתו את חומרת המחלה הן בתנאי מעבדה מבוקרים והן בשדה בניסוי חצי מסחרי. המסקנה העיקרית מחלק זה של המחקר היא שריסוס שבועי משפר את יעילות ההדברה ואפילו ריסוס אחד הגנתי, שמטרתו למנוע את התפתחות המחלה הפחית את המחלה באופן משמעותי.

הדברה משולבת עשויה לשמש כחלופה להדברה הכימית כאשר היא משלבת בתוכה שימוש בשיטות הדברה שונות (ביולוגית/ אגרוטכנית). על סמך תוצאות הניסויים הקודמים, בהם נמצא כי טמפרטורות גבוהות מורידות את חומרת המחלה, הוחלט לבדוק שילוב של טמפרטורות גבוהות וטיפולים שונים מיקרואורגניזמים ותואריות שונות של שמן עץ התה והאזדרכת. מתוצאות הניסוי נמצא כי העלאת הטמפרטורה ב 2 מ״צ הפחיתה את חומרת המחלה באופן משמעותי. יעילות ההדברה של תמציות הצמחים הייתה גבוהה אם כי לא היה הבדל מובהק בין יעילות ההדברה בטמפרטורות השונות פרט לנימגארד. המסקנה מחלק זה של הניסוי שניתן ליישם תכשירים בתנאי אקלים פחות מעודדים לקימחון להפחית את החומר כמות החומר הנדרשת או להגביר יעילות הדברה.

יישום מיקרואורגניזמים הפחית את חומרת המחלה אם כי לא באופן משמעותי ב 24 מ״צ ואילו ב 26 יעילות ההדברה הייתה טובה יותר. ניתן להסביר זאת כי אוכלוסיית המיקרואורגניזמים מושפעת ממספר גורמים: חלק מגורמים הם גורמים קבועים כמו מנגנון הפעולה של המדביר הביולוגי, קצב התרבותו יחסית לקצב התרבות הפתוגן וההתפתחות האופיינית של המחלה וחלקם הם גורמים משתנים, כמו תנאי הסביבה, או רמת המדבק

ההתחלתי של הפתוגן בסביבת הגידול. הבנת ההשפעה של תנאי הסביבה על יעילות ההדברה של המיקרואורגניזמים היא מפתח ליישום נכון, כך שניתן יהיה ליישמם בתנאים המיטביים עבורם.

סיכום:

עבודה זו בחנה עד כה את הביולוגיה ותנאי ההדבקה של מחלת הקימחון בעגבנייה. נמצא כי קיימים מס' גורמים אביוטיים המשפיעים על שלבים במחזור החיים של קימחון העגבנייה. תוצאות ניסויי השדה הראו כי לחות גבוהה וטמפרטורות גבוהות מעכבות את התפתחות המחלה. בניגוד למחקריו של Whipps שהציע להעלות את הלחות בחממת העגבניות כאמצעי להפחתת המחלה הנגרמת ע"י *O. lycopersici*- דבר היכול לגרום להתפתחות פתוגנים הדורשים לחות גבוהה (לדוגמה, בוטריטיס), מחקר זה מציע להעלות את הטמפרטורה באמצעות שיטות אגרוטכניות, כדוגמת סגירת הווילונות בחממה במהלך היום, ובכך להפחית את כמות המדבק. יש לציין כי סגירת החממה תגרום להעלאת הלחות, ובכדי למנוע התפתחות פתוגנים יש ליצור אוורור חלקי. לשיטה זו מס' יתרונות, שהבולט ביניהם הוא רגישות פתוגנים נוספים הפוגעים בעגבנייה לטמפרטורות גבוהות (לדוגמה כימשון), אך החיסרון בשיטה זו הוא רגישות שלבים בהתפתחות העגבנייה לטמפרטורות חמות (לדוגמה, חנטה, יצירת הליקופן וכד'), לכן יש לבצע ניסויים בתנאי שדה שמטרתם תהיה לבדוק את השפעת הטמפרטורה על הפונדקאי, ולהתאימה לצרכי הגידול.

רשימת ספרות מצוטטת:

פלטיי (2000) קימחונות (Erysiphaceae). עמ' 197-185 בספר מחלות צמחים בישראל בעריכת רותם י, פלטי י ובן יפת י, הוצאת המחלקה לפרסומים מדעיים, מרכז וולקני. הוצאה שנייה.

Arredondo CR, Davis RM, Rizzo DM and Stahmer R (1996) First report of powdery mildew of tomato in California caused by an *Oidium* sp. Plant Disease 80: 1303.

Douglas SM (2003) Powdery mildew of tomato. The Connecticut Agricultural Experimetal Station. PP037 (11/03R), http://www.caes.state.ct.us/FactSheetFiles/Plant Pathology/fspp037f.htm

Ehret DL, Menzies JG, Bogdanoff C, Utkhede RS and Frey B (2002) Foliar applications of fertilizer salts inhibit powdery mildew on tomato. Canadian Journal of Plant Pathology 24: 437-444.

Fletcher JT, Smewin BJ and Cook RTA (1988) Tomato powdery mildew. Plant Pathology 37: 594-598.

Huang CC, Biesheuve lJ, Lindhout P, Niks RE and Huang CC (2000) Host range of *Oidium lycopersici* occurring in the Netherlands. European Journal of Plant Pathology 106: 465-473.

Jones HE, Whipps JM, Thomas BJ, Carver TLW and Gurr SJ (2000) Initial events in the colonisation of tomatoes by *Oidium lycopersici*, a distinct powdery mildew fungus of *Lycopersicon* species. Canadian Journal of Botany 78: 1361-1366.

Kiss L, Cook RTA, Saenz GS, Cunnington JH, Takamatsu S, Pascoe I, Bardin M, Nicot PC, Sato Y and Rossman AY (2001) Identification of two powdery mildew fungi, *Oidium neolycopersici* sp. nov. and *O. lycopersici*, infecting tomato in different parts of the world. Mycological Research 105: 684-697.

Ko WH, Wang SY, Hsieh TF and Ann PJ (2003) Effects of sunflower oil on tomato powdery mildew caused by *Oidium neolycopersici*. Journal of Phytopathology 151: 144-148.

Lebeda A and Mieslerová B (1999) Identification, occurnce and host range of tomato powdery mildew (*Oidium lycopersici*) in the Chech Republic. Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica 34: 15-27.

Lindhout P, Pet G and Van der Beek JG (1994a) Screening wild *Lycopersicon* species for resistance to powdery mildew (*Oidium lycopersici*). Euphytica 72: 43-49.

Lindhout P, Van der Beek JG and Pet G (1994b) Wild *Lycopersicon* species as sources for resitance to powdery mildew (*Oidium lycopersici*). Mapping of the resistance gene OL-1 on chromosome of *L. hirsutum*. Acta Horticulturae No. 376: 387-394.

Marois JJ, Momol MT, Kimbrough JW, Hochmuth RC and Dankers W (2001) First report of powdery mildew on greenhouse tomatoes caused by *Oidium neolycopersici* in Florida. Plant Disease 85: 1292.

Mieslerová B and Lebeda A (1999) Taxonomy, distribution and biology of the tomato powdery mildew (*Oidium lycopersici*). Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz 106: 140-157.

Schmitt A (2001) Induced responses by plant extracts from *Reynoutria sachalinensis*: a case study. IOBC/WPRS Bulletin 25(6): 83-88.

Van der Beek LG, Pet G and Lindhout P (1994) Resistance to powdery mildew (*Oidium lycopersici*) in *Lycopersicum hirsutum* is controlled by an incompletely-dominant gene *Ol*-1 on chromosome 6. Theoretical and Applied Molecular Genetics 89: 467-473.

Whipps JM and Budge SP (2000) Effect of humidity on development of tomato powdery mildew (*Oidium lycopersici*) in the glasshouse. European Journal of Plant Pathology 106: 395-397.

Whipps JM, Budge SP and Fenton JS (1998) Characteristics and host range of tomato powdery mildew. Plant Pathology 47: 36-48.

נספח *(מספרי הטבלאות והגרפים ממשיכים את המספרים שנתנו בדוח הקודם (שנה ראשונה)*

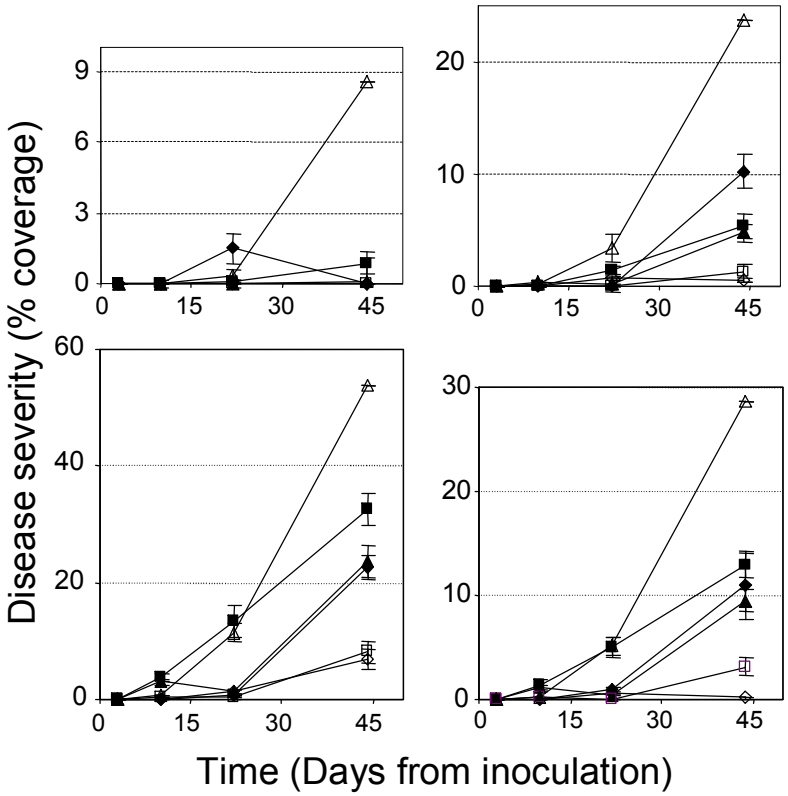
טבלה 1 : אבני דרך

הפעילות	לפני	שנה 1	שנה 2	שנה 3	אחרי
א' תנאי הדבקה והופעת מחלה	+++	++++++	++++++		
ב' אפיון מחזור החיים של הפטרייה		++++++	++++++	++	
ג' איתור תנאים להגבלת הדבקה והתפתחות המחלה		++	++++++	+++	
ד' בחינת תכשירי הדברה		++	++++++	++++++	
ה' הדברה משולבת			+++	++++++	+++

+ = חודשיים, מיקום יחסי בשנה.

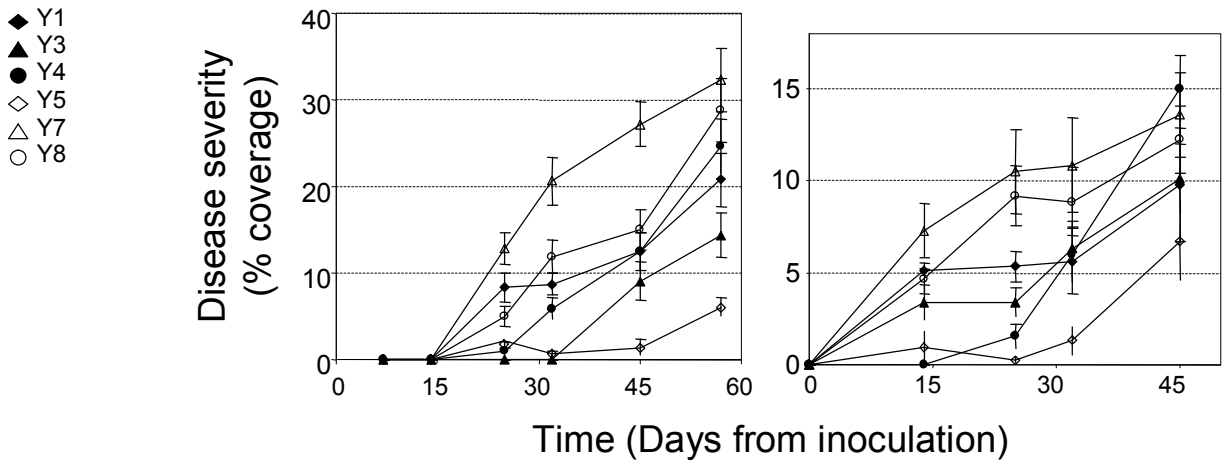
טבלה 9 : מבני הניסויים בעונות סתיו 2005 ואביב 2006 בחוות הבשור ואפיוניהם

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



ציור 8 : חומרת מחלה בצמחי עגבנייה מזן 1402 בשלושה ניסויים בחוות הבשור

מבני הניסוי (Y1-8) כוסו בפוליאתילן או רשתות לשם קבלת תנאי מיקרואקלים שונים (טבלה 9). ברביעית הציורים העליונה מתוארת הנגיעות בגידול הסתווי והיא מתוארת לגבי העלים העליונים (שמאל למעלה) האמצעיים (ימין למעלה), התחתונים (שמאל למטה) וחושבה הנגיעות הממוצעת לכל הגבהים (ימין למטה)



ציור 8 (המשך): הנגיעות בגידול הראשון (שמאל) והשני (ימין) באביב

טבלה 10: התפתחות מחלת הקימחון *Oidium neolycopersici* בערכי AUDPC בצמחי עגבנייה מזן 1402 בששת המבנים במשך 44 ימים בשלושה גבהים: תחתון, בינוני ועליון וכלל המחלה.

TABLE 10. Development of powdery mildew epidemics in tomato (cv. 1402) in greenhouses with different microclimates (Autumn 2005)

Greenhouse (No.)	Disease severity (% × days ± SE) [a]			
	Leaf location (nodes)			Overall disease
	Low (3-4)	Intermediate (7-9)	High (12-14)	
Y1	75.2±693.4	40.5±274.2	6.822.0±	110.2±1142.3
Y2	124.8±1810.4	34.9±220.6	9.8±20.6	49.5±752.4
Y3	91.4±902.1	26.7±161.2	1.5±2.8	33.3±358.4
Y5	55.3±260.3	7.9±27.1	0.0±0.0	3.8±20.6
Y6	13.2±277.1	3.9±29.9	0.0±0.0	5.8±105.9
Y7	171.8±2327.1	124.7±847.9	55. 8±222.6	78.9±1191.1

[a]AUDPC values (Fig. 1) were calculated for leaves at three plant heights and for the total plant.

טבלה 11: השוואת התפתחות מחלת הקימחון *Oidium neolycopersici* בערכי AUDPC בצמחי עגבנייה מזן 870 בשני מועדי שתילה שונים בששת המבנים במשך 44 ימים בגובה בינוני. מבנים Y2 ו- Y6 לא נכללים בסיכום בגלל הופעת כימשון חמור.

TABLE 11. Development of powdery mildew epidemics on tomato (cv. 870) during Spring 2006 in greenhouses with different microclimates

Greenhouse (No.)	AUDPC[y], total disease severity (%×days ±SE)	
	Crop 1[z] (57 days after planting)	Crop 2[z] (45 days after planting)
Y1	2512.7±355.0	744.0±204.1
Y3	1187.0±160.8	819.0±190.3
Y4	2410.3±380.5	984.0±216.3
Y5	391.5±99.1	318.03±92.5
Y7	5348.8±448.0	1754.3±276.0
Y8	3230.8±344.8	1281.5±207.9

[y]AUDPC values were calculated for the total plant.
[z]Crop 1 was planted on February 19, 2005 and Crop 2 was planted on March 3, 2006.

טבלה 12: טווחי לחות יחסית שנמצאו במתאם מובהק למחלת קימחון העגבנייה בניסויים במבנים בתקופות (שבועות) לפני מועד הערכות המחלה.

TABLE 12. Correlations of temperatures during the 4-week period before evaluation of the tomato powdery mildew with disease severity in greenhouse experiments

Week before disease evaluation	Temperature range (ºC)									
	5-10	10-15	15-20	10-20	20-25	15-25	20-30	25-30	30-35	35-40
1	/	/	0.8827 +[y] **[z]	/	/	0.9583 + ***	/	0.9519 + ***	/	0.7675 - *
2	0.9679 - *	0.9815 - *	/	0.8085 + *	/	0.9465 + ***	/	/	0.9319 + ***	/
3	0.9622 - *	/	0.9614 + *	0.7526 - *	0.9759 + *	0.9918 + ***	0.9672 + *	0.9425 + ***	/	0.857 - **
4	0.9502 - *	/	0.9523 + *	/	0.9566 + *	0.955 + ***	/	/	0.7923 + *	0.9129 - **

[y] (+) = positive correlation, (-) = negative correlation, and / = no significant correlation as obtained using a series of *t* tests.
[z] Positive correlation: the higher the microclimate parameter, the more severe the disease.
* = $P \leq 0.05$, ** = $P \leq 0.01$, *** = $P \leq 0.001$.

טבלה 13: טווחי טמפרטורה שנמצאו במתאם מובהק למחלת קימחון העגבנייה בניסויים במבנים בתקופות (שבועות) לפני מועד הערכת המחלה.

TABLE 13. Correlations of relative humidity levels during the 4 weeks before evaluation of the tomato powdery mildew with disease severity in greenhouse experiments

Week before disease evaluation	Relative humidity range (%)								
	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100
1	/	/	0.9284 -[y] *[z]	/	0.9392 + *	0.9984 + **	/	0.9711 + *	/
2	0.8612 - **	/	0.9511 - *	/	/	0.9411 + *	/	/	0.9713 - **
3	0.8093 * -	/	/	/	0.9396 * -	0.9391 * +	0.9193 * +	/	0.7564 * -
4	0.7520 - *	/	0.9854 - *	/	/	0.9476 + *	0.9532 + *	0.9943 + **	0.9517 + *

[y] (+) = positive correlation, (-) = negative correlation, and / = no significant correlation obtained using a series of *t* tests .
[z] Positive correlation: the higher the microclimate parameter, the more severe the disease.
* = $P \leq 0.05$, ** = $P \leq 0.01$, *** = $P \leq 0.001$.

טבלה 14: התפתחות מחלת הקימחון *Oidium neolycopersici* בצמחי עגבנייה מזן 1402 לאחר טיפול חד פעמי בתכשירים כימיים ויעילות ההדברה (בערכי AUDPC) בעגבנייה במשך 30 ימים.

א' פרוט התכשירים

שם מסחרי	שם גנרי	תוארית[1]	ריכוז חמר פעיל (%)	מינון ריסוס (%)	סוג התכשיר	חברה מייצרת
הליוגפרית	Sulphur	ת"מ	70	0.25,1	פרוטקטנטי	Actio Pin
סולפולי	Sulphur	ת"נ		1	פרוטקטנטי	Calliope
דומארק קומבי	+Sulphur Tetraconazole	א"ר	40 1	0.3	סיסטמי + פרוטקטנטי	Isagro
עמיסטר	Azoxystrobin	ת"ר		0.75	סיסטמי	Syngenta AG
EOS	Mineral Oil	ת"ש	99	1	פרוטקטנטי	SK Corporation
נימגארד	Neem Oil	שמן	97	1	פרוטקטנטי	Certis
סרנייד	*Bacillus subtillis*	ג"ר	10	0.5	פרוטקטנטי	AgraQuest
אופיר	Penconazole	ת"שב	20	0.5	סיסטמי	Syngenta AG
נץ	Cyflufenamid	ת"שב	5	0.2	סיסטמי	Nippon Soda
סיגנום	+ Pyraclostrobin Boscalid	ג"ר	6.7 26.7	0.75	סיסטמי	BASF
נפטון	+Diphenoconazol Dinocat	ת"מ	6 31	0.1	סיסטמי + פרוטקטנטי	Syngenta AG

[1] א"ר- אבקה רטיבה, ג"ר- גרגרים רחיפים, ת"נ- תרכיז נוזלי, ת"מ- תרכיז מתחלב, ת"ר- תרכיז רחיף, ת"ש- תחליב שמן, ת"שב- תחליב שמן במים.

ב' תוצאות

טיפול	AUDPC (ימים×% כיסוי)		יעילות הדברה (%)	חומרת מחלה בתום הניסוי (% כיסוי עלים)		יעילות הדברה (%)
היקש	1149.3	a		72.65	a	
הליוגפרית 0.25%	289.4	b	73.0	48.30	b	33.5
הליוגפרית 1%	28.9	d	98.0	4.2	d	94.2
סולפולי	25.0	d	98.0	3.5	d	95.2
דומארק קומבי	33.1	d	97.0	5.1	d	93.0
עמיסטר	10.0	d	99.5	2.2	d	97.0
EOS	47.5	d	95.5	6.5	d	91.0
נימגארד	144.7	c	87.0	23.6	c	67.5
סרנייד	868.2	a	18.0	68.3	a	6.0
אופיר	232.0	bc	78.0	43.5	bc	59.9
נץ	145.8	c	87.0	24.1	c	66.8
סיגנום	101.5	c	91.0	18.9	c	74.0
נפטון	20.0	d	99.0	3.4	d	95.3

AUDPC – השטח שמתחת לעקום התפתחות המחלה במשך 30 ימים. בכל טור, אותיות שונות מציינות טיפולים השונים זה מזה באופן מובהק ($P \leq 0.05$), פי מבחן Fisher's protected LSD test.

טבלה 15: התפתחות מחלת הקימחון *Oidium neolycopersici* בצמחי עגבנייה מזן 1912 לאחר טיפול שבועי בתמציות צמחים ויעילות ההדברה (בערכי AUDPC) בעגבנייה במשך 70 ימים (איור 9 בדוח קודם).

א' תכשירים

שם מסחרי	חומר פעיל	תוארית[1]	ריכוז חומר פעיל (%)	מינון ריסוס (%)	סוג התכשיר	חברה מייצרת
טמורקס	Tea tree Oil	ת"מ	66	1,2	פרוטקטנטי	Biomor
טמורקס גולד	Tea tree Oil	ת"מ	23.8	0.35, 0.5	פרוטקטנטי	Biomor
סופרנו	Tea tree Oil+ Sophora Jopanica	ת"מ	(לא נמסר ע"י החברה)	2	פרוטקטנטי	Biomor
נימגארד+ קוצייד	+Neem Oil	שמן	97	1	פרוטקטנטי	Certis
	Copper hydroxide[2]	ג"ר	53.8	0.5		Griffin

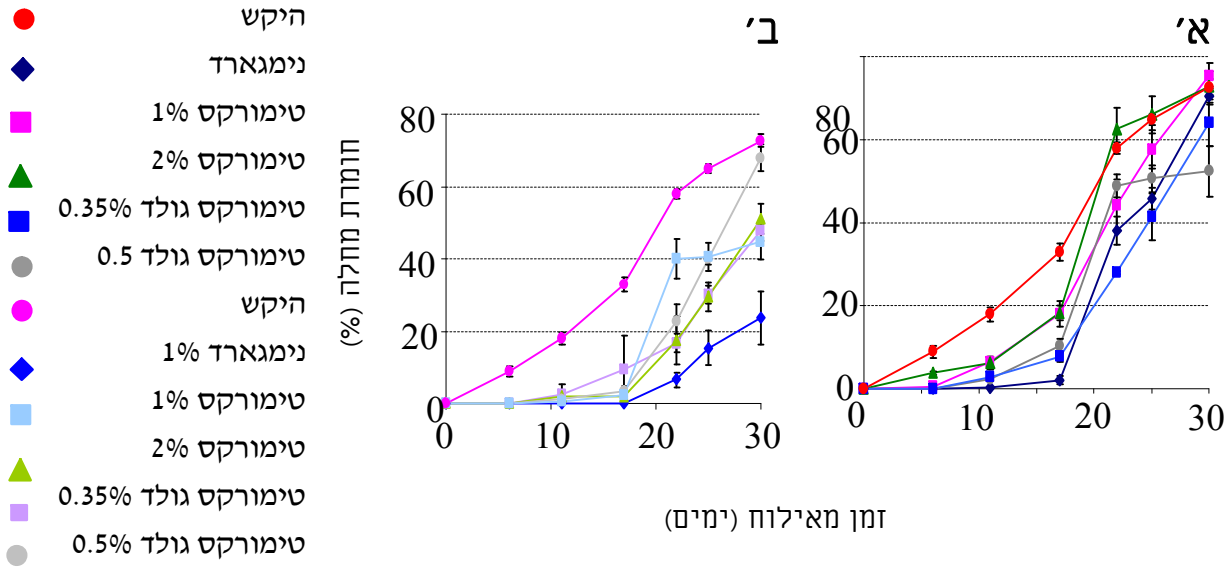
[1] ג"ר- גרגרים רחיפים, ת"מ- תרכיז מתחלב, [2] ניתן לצורך טיפול כנגד כימשון.

ב' תוצאות ניסוי שדה בחוות הבשור

טיפול	חומרת מחלה (AUDPC)		יעילות הדברה (%)
היקש	2482.3	a	
טימורקס 1%	836.4	b	66.3
טימורקס 2%	1082.3	ab	56.4
סופרנו	318.0	c	87.1
נימגארד+ קוצייד	4.3	d	99.8

AUDPC – השטח שמתחת לעקום התפתחות המחלה במשך 70 ימים. בכל טור, אותיות שונות מציינות טיפולים השונים זה מזה באופן מובהק ($P \leq 0.05$), פי מבחן Fisher's protected LSD test.

ג' תוצאות ניסוי חממה במרכז וולקני



ציור 10: השפעת תמציות צמחים ביישום חד פעמי (א') ושבועי (ב') על התפתחות מחלת קימחון העגבנייה על גבי צמחי עגבנייה מזן 1402 לאחר 30 ימים מאילוח. הקווים האנכיים מייצגים את שגיאת התקן.

טבלה 16: התפתחות מחלת הקימחון *Oidium neolycopersici* בצמחי עגבנייה מזן 1402 לאחר טיפול חד פעמי ושבועי בתמציות צמחים ויעילות ההדברה (בערכי AUDPC) בעגבנייה במשך 30 ימים.

טיפול	חומרת מחלה (AUDPC)		יעילות הדברה (%)	חומרת מחלה בתום הניסוי (% כיסוי עלים)		יעילות הדברה (%)
היקש	1000.1	a		72.6	a	
טמורקס גולד 0.5% שבועי	449.4	def	55	44.6	abcd	38.5
טמורקס גולד 0.5% חד פעמי	499.2	cd	50	64.0	e	11.8
טמורקס גולד 0.35% שבועי	446.7	de	55	68.0	abc	6.3
טמורקס גולד 0.35% חד פעמי	604.2	def	40	52.4	bcde	27.8
טמורקס 1% שבועי	377.7	ef	62	47.8	de	34.2
טמורקס 1% חד פעמי	733.5	bc	27	75.4	a	-3.8
טמורקס 2% שבועי	338.3	f	66	51.0	cde	29.7
טמורקס 2% חד פעמי	845.6	b	15	72.7	a	-1.3
נימגארד 1% שבועי	167.0	g	83	23.6	f	67.5
נימגארד 1% חד פעמי	524.2	de	46	70.6	ab	2.7

AUDPC – השטח שמתחת לעקום התפתחות המחלה במשך 30 ימים. בכל טור, אותיות שונות מציינות טיפולים השונים זה מזה באופן מובהק ($P \leq 0.05$), פי מבחן Fisher's protected LSD test.

טבלה 17: השפעת טיפול במיקרואורגניזמים ובתמציות צמחים בשתי טמפרטורות על חומרת מחלת קימחון בעגבנייה ויעילות ההדברה (בערכי AUDPC) בעגבנייה במשך 27 ימים.

טיפול	24±1 חומרת מחלה (AUDPC)		24±1 יעילות הדברה (%)	26±1 חומרת מחלה (AUDPC)		26±1 יעילות הדברה (%)
היקש	710.6	a		512.2	a	
נימגארד 1%	365.6	ef	49.6	110.4	cd	84.5
נימגארד 0.5%	205.4	gh	71.1	150.3	h	70.6
טימורקס גולד 0.5	297.0	fg	58.2	293.0	h	42.8
טימורקס גולד 0.25%	366.4	ef	48.4	327.0	h	36.1
16* ריסוס אחד	456.2	de	35.8	346.9	bcd	51.2
16* שני ריסוסים	414.8	def	41.6	205.4	ef	60.0
69* ריסוס אחד	629.4	abc	11.4	310.4	gh	39.4
69* שני ריסוסים	661.5	ab	6.9	425.3	fg	17.0
16*+נימגארד 0.5%	200.4	gh	71.8	136.3	def	73.4
16*+ טימורקס גולד 0.25%	333.6	efg	53.0	356.1	h	30.5

AUDPC – השטח שמתחת לעקום התפתחות המחלה במשך 27 ימים. בכל טור, אותיות שונות מציינות טיפולים השונים זה מזה באופן מובהק ($P \leq 0.05$), על פי מבחן Fisher's protected LSD test.

* מיקרואורגניזם ניסויי

טבלה 18: ניתוח שונות דו גורמי של התכשירים המבוססים על תמציות צמחים והטמפרטורה על חומרת מחלת קימחון העגבנייה.

	טמפרטורה× תמציות צמחים		טמפרטורה×מיקרואורגניזמים	
	P=0.0001		P=0.0001	
תמציות צמחים	נימגארד 1% 24 מ״צ	c	16 ריסוס 1 24 מ״צ	def
P=0.0001	נימגארד 1% 26 מ״צ	f	16 ריסוס 1 26 מ״צ	fg
	נימגארד 0.5% 24 מ״צ	de	16 2 ריסוסים 24 מ״צ	ef
טמפרטורה	נימגארד 0.5% 24 מ״צ	ef	16 2 ריסוסים 26 מ״צ	g
P=0.0001	טימורקס גולד 0.5% 24 מ״צ	cd	69 ריסוס 1 24 מ״צ	abc
	טימורקס גולד 0.5% 26 מ״צ	ef	69 ריסוס 1 26 מ״צ	fg
מיקרואורגניזמים	טימורקס גולד 0.25% 24 מ״צ	c	69 2 ריסוסים 24 מ״צ	ab
P=0.0001	טימורקס גולד 0.25% 24 מ״צ	c	69 2 ריסוסים 26 מ״צ	ef
	היקש 24 מ״צ	a	היקש 24 מ״צ	a
	היקש 26 מ״צ	b	היקש 26 מ״צ	cde