

# התמודדות מושכלת עם מחלת העובש האפור בצמחי ליזיאנטוס

עבודת גמר

מוגשת לפקולטה למדעי החקלאות, המזון ואיכות הסביבה

האוניברסיטה העברית בירושלים

לשם קבלת תואר "מוסמך" במדעי החקלאות

מאת לנה שפיאלטר



עבודה זו נעשתה בהדרכתו של

ד"ר יגאל אלעד

המחלקה לפתולוגיה של צמחים וחקר

עשבים, מינהל המחקר החקלאי, בית

דגן.

## הבעת תודה

תודה לכל אלו אשר סייעו במהלך עבודה זו:

לדרי' יגאל אלעד- על ההנחייה הצמודה והעזרה הרבה לאורך כל העבודה בשדה ובמעבדה, על ההתעניינות וההדרכה, על הסבלנות הרבה ועל הגהות האין סופית שנעשה בעבודה זו.

לדליה רב דוד- על לימוד העבודה במעבדה, על העצות המעשיות, על מסירותה בביצוע הניסויים, על העידוד והיחס האישי והחם לאורך כל הדרך.

למנחם בורשטיין – על העזרה הרבה במעבדה ובשדה.

לצוות מו"פ דרום בחוות הבשור – לעירית דורי, ליאנה גנות, דוד שמואל ואלי מתן על העזרה בביצועי ניסוי שדה ועל הטיפול המסור בחממות הליזיאנטוס, למדריכי שה"מ יואל מסיקה, משה ברונר, יאיר נישרי על העזרה והמעורבות בעבודה ולדרי' אורי ירמיהו על מעורבותו בניסויי ההזנה בסידן ולצביקה אברהם מחברת ליזור על עזרתו הרבה בריסוס צמחי הליזיאנטוס בתכשירי הדברה.

לחברי למעבדה – דנה, עופר, רועי, עומר על סביבת העבודה הנעימה, תמיכה והגשת העזרה.

לקרן המדען הראשי של משרד החקלאות והנהלת ענף פרחים על מימון המחקר.

עבודה זו זכתה במלגה מטעם החברה הישראלית לפיטופתולוגיה מתרומה של חברת "דנציגר – משק פרחים – דן" ועל כך תודתי.

תודה לחברי ובני משפחתי על התמיכה והאימון לאורך כל הדרך.

תודה מיוחדת לדני בעלי – על האימון, העידוד והתמיכה לאורך כל הדרך.

# תוכן העניינים

## עמוד

7	.....	תקציר
9	.....	מבוא
11	.....	סקירת ספרות
21	.....	שיטות וחומרים
21	.....	שיטות עבודה כלליות, <i>B. cinerea</i> ומצעי גידול
23	.....	א. לימוד ההדבקה
24	.....	ב. תנאי ההדבקה והופעת המחלה
25	.....	ג. הישרדות הפטריה
26	.....	ד. תיאור מחזור החיים של הפטריה בחממה
26	.....	ה. בחינת תכשירים כימיים כנגד בוטריטיס
27	.....	ו. בחינת אמצעי הדברה חלופיים לאמצעים כימיים – ניסויי שדה
28	.....	ז. נתוני מיקרואקלים
29	.....	תוצאות
29	.....	א. לימוד ההדבקה בגבעול ובעלים
	.....	א.1. השפעת סוג המדבק על ההדבקה בגבעול
	.....	א.2. הדבקה בגבהים שונים בצמח
	.....	א.3. השפעת צורת חתך של הגדם על חומרת המחלה בגבעול
31	.....	ב. תנאי הדבקה והופעת המחלה
	.....	ב.1. השפעת טמפרטורה ולחות יחסית על הופעת המחלה
	.....	ב.2. הדבקה הגבעול מעלים נגועים: השפעת מיקום העלה, לחות וטמפרטורה
	.....	ב.3. השפעת חיץ בין הקרקע לעלים על התפתחות המחלה
	.....	ב.4. רגישות זני ליזיאנטוס לבוטריטיס
	.....	ב.5. השפעת עוצמת אור על חומרת המחלה
39	.....	ג. הישרדות הפטריה

33	.....	ג.1. ההשרדות של מידבק בוטריטיס בקרקע במשך תקופת הקיץ
40	.....	ד. תיאור מחזור החיים של הפטרייה בחממה
40	.....	ה. בחינת תכשירים כימיים כנגד בוטריטיס
	.....	ה.1. בחינת תכשירים כימיים לפני ואחרי הדבקה בבוטריטיס
	.....	ה.2. יישום תכשירים כימיים, דשן וסידן בהגמעה
	.....	ה.3. השפעת חיטוי קרקע על חיוניות הפטריה
44	.....	ו. בחינת אמצעי הדברה חלופיים לאמצעים כימיים - ניסוי שדה
	.....	ו.1. ניסוי מקדים לבדיקת חיפוי קרקע וסוגי ההשקיה כאמצעי להפחתת התפתחות העובש האפור במנהרות עבירות בשנת 2004/5
	.....	ו.2. ניסוי במנהרות עבירות לבדיקת חיפוי קרקע ודישון סידני מוגבר כאמצעי להפחתת התפתחות העובש האפור בשנת 2005/6
	.....	ו.3. ניסוי חממה לבדיקת שיטות אלטרנטיביות לבקרת התפתחות עובש אפור
	.....	ו.4. ההשפעה של חיפוי קרקע, איזורור מאולץ וטיפולים כימיים על נגיעות בעובש אפור
50	.....	ז. נתוני מיקרואקלים

53	.....	<b>דיון</b>
61	.....	<b>רשימת ספרות</b>
67	.....	<b>נספחים</b>
69	.....	<b>תקציר באנגלית</b>

## תקציר

מחלת העובש האפור הנגרמת על ידי הפטרייה *Botrytis cinerea* Pers; Fr פוגעת בגידולים רבים וביניהם צמחי הליזיאנטוס. הפטרייה פוגעת בפרחים, בצוואר השורש ובבסיס הגבעול גם בהעדר פצע קטיף וזה יכול להביא לתמותת הצמח כולו. חלק ניכר מחלקות הליזיאנטוס סובל מנגיעות חמורה במחלת העובש האפור. הנזק עשוי להשמיד מעל למחצית מהצמחים ולפגוע בכדאיות הגידול. עבודה זו עוסקת בלימוד ההדבקה של בוטריטיס בגבעול ובתנאים המשפיעים על הופעת המחלה בבסיס הגבעול. כמו כן נבחנו אמצעי מניעה והדברה כנגד מחלת העובש האפור.

התפתחות הריקבון בגבעולים בצמחי הליזיאנטוס אינה תלויה בצורת ההדבקה. עם זאת נמצא כי הפרקים האמצעיים (3-5) הם הרגישים ביותר. התנאים האופטימליים להתפתחות המחלה בקטעי גבעול היו שונים מאלו שנמצאו בצמחים שלמים. בקטעי גבעול התנאים האופטימליים להתפתחות המחלה בלחות יחסית נמוכה (65-75%) הם טמפרטורה של 15 מ"צ, לעומת זאת בלחות יחסית מעל 85% הטמפרטורה האופטימלית להתפתחות המחלה היא 25 מ"צ. בצמחים שלמים, התפתחות המחלה אינה מוגבלת על ידי הטמפרטורה כאשר יש תנאי לחות יחסית גבוהה. לא היו הבדלים בהשפעת הטמפרטורה על הופעת המחלה בלחות יחסית מעל 85%, אך בלחות יחסית נמוכה (65-75%) הטמפרטורה האופטימלית היא 22 מ"צ. רמת ההנבגה הגבוהה נצפתה בלחות יחסית מעל 99% בצמחים שלמים ומעל 85% בקטעי גבעול.

פרקי הגבעול הנמוכים לא נמצאו רגישים יותר להדבקה ולא נמצא שעוצמת האור הנמוכה באזור בסיס הגבעול מעודדת את המחלה בגבעול אלא רק בעלים, כלומר, השפעת עוצמת האור על התפתחות המחלה גם היא תלויה בסוג האיבר המודבק. בנוסף, העלים התחתונים (הסמוכים לקרקע) בצמחי הליזיאנטוס רגישים יותר מעלי הפרקים העליונים. רגישותם של העלים התחתונים ואופי הצימוח הצפוף של צמחי הליזיאנטוס, הגורם להופעת תנאי מיקרואקלים מיטביים להתפתחות המחלה, גורמים להדבקה והתקדמות מהירה של הפטרייה לאורך העלה. הפטרייה עוברת מהעלה הנגוע לגבעול וגורמת לנגיעות. בתנאים אופטימליים לחות יחסית מעל 95% וטווח טמפרטורות 18-22 מ"צ יש נגיעות חמורה בגבעול וזה יכול לגרום לתמותת הצמח כולו. שימוש ביריעת הפוליאאתילן כחיץ בין העלה התחתון לקרקע רטובה הפחית את הנגיעות בבוטריטיס. בבדיקת רגישותם של שני זני ליזיאנטוס נמצא כי רגישותם תלויה בסוג האיבר המודבק (עלה או גבעול).

לפטריית הבוטריטיס יש יכולת הישרדות גבוהה בקרקע. לאחר כשלושה חודשים שהיית הפטרייה בקרקע (בצורת קשיונות או כתפטיר חבוי בתוך רקמה צמחית יבשה) נמצאו 64% קשיונות חיוניים מתבדיד B-16 ו-73% של פטרייה חיונית בתוך רקמה צמחית יבשה. חיטוי קרקע בתכשירים כימיים כמו אדיגן, קונדור, טלודריפ ומתיל ברומיד היו יעילים בהפחתת חיוניות הפטרייה בקרקע. חיטוי סולרי בלבד הפחית את חיוניות הפטרייה בדומה לתכשירים כימיים.

תכשירי הדברה נמצאו יעילים בהפחתת מחלת העובש האפור כאשר רוססו לפני ואחרי ההדבקה בבוטריטיס. ריסוס הסידן על פני העלים לפני ההדבקה נמצא יעיל בהפחתת המחלה, אך לא היה יעיל כלל כאשר רוסס על גבי העלים אחרי ההדבקה. כמו כן, לא היתה השפעה של סידן על הפחתת המחלה בקטעי גבעול. יישום תכשירים כימיים בהגמעה הפחית את התפתחות המחלה בצמחי הליזיאנטוס בתנאים מבוקרים. הוספת סידן ודשן למערכת ההשקיה לא הפחיתה כלל את המחלה בהשוואה לטיפולים הכימיים אך ריסוס בסידן בתנאי שדה הפחית את המחלה.

לשימוש באמצעי הדברה חלופיים יש פוטנציאל בהדברת מחלת העובש האפור. טיפוסו טמון וחיפוי קרקע הפחיתו את הנגיעות בבוטריטיס בחממות. שינויים בצפיפות השתילה יכולים להשפיע על תנאי המיקרואקלים

(טמפרטורה ולחות יחסית) בתוך נוף הגידול. בעומד השתילה המדולל רמת המחלה היתה נמוכה יותר מעומד השתילה הצפוף. איוורור מאולץ של נוף הגידול אשר מפחית את הלחות היחסית ואת משך הרטיבות של חלקי הצמח, לא נמצא יעיל בעבודה זאת, עקב בעיות ישומיות, אבל נמצא יעיל בעבודות אחרות לכן מצריך בדיקה נוספת בעתיד.



## מבוא

בישראל תוקפת מחלת עובש אפור את צימחי הליזיאנטוס בחודשי החורף. בגידול החורפי נוהגים לשתול ליזיאנטוס מסוף אוגוסט עד אמצע אוקטובר. עד להופעת גל פריחה ראשון צורך גידול מים רבים. צמח הליזיאנטוס מפתח שושנת עלים ממנה עולים גבעולים. הגל הראשון נקטף מספר שבועות בדצמבר - ינואר והקטיף מותר גדמים חשופים. צלקות אלו מהוות אתר להדבקת הצמח על ידי הפטרייה *Botrytis cinerea* Pers.; Fr. הגורמת למחלת עובש אפור בגידול זה ובגידולים אחרים. הפטרייה פוגעת בצוואר השורש ובבסיס הגבעול גם בהעדר פצע קטיף וזה יכול להביא לתמותת הצמח כולו. הגל השני נקטף במרץ עד סוף מאי וגם הוא נתקף בפטרייה.

מחלת העובש האפור בליזיאנטוס עלולה לפגוע גם בפרחים כמו בגידולים רבים אחרים אך הנגיעות בבסיס הגבעול היא הצורה החמורה והנפוצה ביותר של מגפות עובש אפור. עובש אפור נצפה גם על בסיס הגבעול ועל עלים שמסביבו בליזיאנטוס. תופעת הנגיעות בגבעולים ידועה בגידולים שונים, אך נראה כי בליזיאנטוס היא שונה מבצמחים כמו העגבניה ובזיל. החדירה לפונדקאי יכולה להתבצע על ידי קורי הנביטה של הנבגים או על ידי תפטיר שמתבסס על חלקי צמח מתים או חיים. ניתן, בדרך כלל, בגידולים שונים להדביר *B. cinerea* באמצעות אוורור וחימום האוויר בסביבת הגידול, אך בליזיאנטוס קיימים הרבה עלים קרוב לקרקע כך שבקרת האקלים, כמו אוורור וסיחרור אוויר מועילים חלקית בלבד. המחלה מופיעה בשטח לעיתים בכתמים, יתכן בגלל תנועת אוויר מוגבלת בנוף הגידול או בגלל אופי המדבק הראשוני.

לאחרונה דווחו זני ליזיאנטוס עם עמידות בינונית ל-*B. cinerea*, אך עדיין חלק ניכר מחלקות הליזיאנטוס סובל מנגיעות חמורה במחלת העובש האפור. בחלקות מסוימות הנזק עשוי להשמיד מעל למחצית מהצמחים. פחיתה במספר הצמחים המניבים מבטלת כל אפשרות לרווח. מניעת הבוטריטיס לא רק תחסוך את עלות התכשירים היקרים אלא גם תבטיח גידול רווחי למגדלים. בעבודה הנוכחית התמקדנו בלימוד הנגיעות בבסיס הגבעול ובבקרה מושכלת של המחלה.



## סקירת ספרות

### 1. הפונדקאי: ליזיאנטוס

ליזיאנטוס (*Eustoma grandiflorum*) שייך למשפחת הערבזיים (*Gentianaceae*). מקורו מארצות הברית ומקסיקו. הוא משמש כפרח קטיפי וכעציץ פורח. רוב הגידול בארץ הוא חורפי ונמצא בחבל הבשור ובערבה. בגידול חורפי שותלים את הליזיאנטוס מסוף אוגוסט עד אמצע אוקטובר. צמח זה מייצר שושנת עלים וגבעול אחד שמסתעף לאחר הצצה של מספר עלים אמיתיים. הגבעול המרכזי מייצר פריחה מסיימת, אך עדיין ממשיכים להופיע פרחים על הסתעפויות של הגבעול. בגל הראשון הנקטף בדצמבר - ינואר, קוטפים את הגבעול המרכזי. לקראת קטיפת הגל השני מפתח צמח הליזיאנטוס מספר גבעולים צדדיים ההופכים את נוף הגידול לצפוף וסבוך ביותר. הגל השני נקטף במרץ ועד סוף מאי. הפרחים משווקים ליצוא בעיקר בחורף ובאביב.

היקף גידול הליזיאנטוס הינו כ- 520 דונם ויש פוטנציאל הרחבה בגלל היותו גידול הדורש מומחיות רבה ובגלל העדר תחרות משמעותית ממדינות מתפתחות. רוב הגידול החורפי הוא באיזור הבשור שהוא האיזור העיקרי לגידול ליזיאנטוס לייצוא. היקף הגידול מסתכם בכ- 460 דונם רובו בבתי צמיחה. כ- 100 דונם מגדלים במרכז הארץ באביב ובקיץ והגידול מיועד לשוק מקומי. מרב הפרחים הנקטפים מופנים ליצוא תוך הבטחת הכנסה נאותה למגדלים. גידול הליזיאנטוס התפתח מאוד בעשר השנים האחרונות. בשנת 1990 הגיעה ההספקה בבורסות בהולנד לכ- 23 מיליון פרחים ובשנת 2007 גדלה לכ- 45 מיליון פרחים. בעשר השנים האחרונות עלה הליזיאנטוס ברשימת הגידולים הנמכרים בבורסת הולנד לפי ערך הפידיון מהמקום ה-28 למקום ה-11. כיום מחיר הפרח הוא כחצי יורו לגבעול בממוצע.

### 2. הפתוגן: *Botrytis cinerea*

הפטרייה *Botrytis cinerea* Pers.; Fr. שייכת לתת מערכת הפטריות הבלתי מושלמות (*Fungi imperfecti*), סדרת ה-Moniliales, משפחת ה-Moniliaceae. פטרייה זאת היא הצורה האל מינית של הפטרייה *Botryotinia fuckeliana* (De Bary) Whets. הסוג *Botrytis* הוגדר לראשונה ע"י Micheli ב-1929. הוא המין הנפוץ והמזיק ביותר של הסוג הזה. הפטרייה יוצרת נבגים אלמיניים רבים על גבי נושאי נבגים. בתרבות הפטרייה עשויה לייצר מיקרוקונידיות שכנראה אין להן חשיבות ביצירת המחלה. בתרבות נוצרים גם קישיונות אשר חשיבותם במעגל חיי הפטרייה, בטבע הוכח רק בחו"ל. גופי פרי ניצפו בטבע רק במקרים מיוחדים ואין להם חשיבות בהפצת המחלה (אלעד, 1998).

#### 2.1 תהליך ההדבקה

תהליך ההדבקה כולל שלושה שלבים: נביטה, חדירה והתבוססות (Goodman et al., 1986). על מנת לנבט הנבג זקוק ללחות יחסית של 94% ולעיתים, לא בהכרח, זקוק למים חופשיים (Williamson et al., 1995). נוכחות שכבת מים דקה, שאינה נראית לעין, על פני איברי הצמח הכרחית לנביטת הנבג. שכבה זו נוצרת כאשר טמפרטורת הצמח נמוכה מטמפרטורת הסביבה (Elad and Yunis, 1993). לאחר חשיפת הנבג למים חופשיים, תהליך הנביטה החל לאחר 4 שעות של הדגרה ב- 22 מ"צ, לאחר כ- 7 שעות היתה נביטה של 50% ולאחר 11 שעות היתה 95% נביטה. ייבוש הנבגים במהלך התהליך עיכב את הנביטה (Carre and Coyier, 1984). תהליך ההנבגה התרחש ללא נוכחות מים חופשיים לאחר 30 שעות בהדגרה ב- 100% לחות יחסית, בפחות מ-95% היתה הנבגה רק לאחר 52 שעות של

הדגרה (Yunis et al., 1994). נביטת הנבג של *B. cinerea* בצמחי מלפפון מתרחשת ב- 94% לחות יחסית, אבל כאשר מנעו הופעת שכבת המים על פני הצמח לא היתה נביטה אפילו ב- 98% לחות יחסית. נגיעות נמוכה נצפתה ב- 54% לחות יחסית בעגבניה. שילוב בין לחות יחסית גבוהה ונמוכה לסרוגין לא הפחית את רמת הנגיעות (Eden et al., 1996).

תחום הטמפרטורה המיטבית להדבקה היא 10-20 מ"צ אך יכולה להתרחש גם ב- 2 מ"צ ומעל 25 מ"צ (Salinas et al., 1989; Jarvis, 1980; O'Neill et al., 1997; Shtienberg et al., 1998) לא ישירה על תהליך ההדבקה. צמחי מלפפון היו רגישים יותר למחלת עובש אפור לאחר הדגרה בטמפרטורות נמוכות (8 מ"צ) וגבוהות (30 מ"צ), תופעה הנקראת פרהדיספוזיציה. תנאי היובש המתבטאים גם כן בטמפרטורה גבוהה עודדו הופעת המחלה בצמחי מלפפון (Elad and Yunis, 1993; Yunis et al., 1990). נוכחות חומרי המזון מעודדת את נביטת הנבגים של *B. cinerea*, אך זה לא תמיד הכרחי בתבדידים אחרים (אלעד, 1998). חומרי המזון המופרשים מרקמת הפונדקאי כגון סוכרים, חומצות אמינו, חומצות אורגניות, ויטמינים והורמונים צמחיים הם המסייעים לנביטה (אלעד, 1998).

לאחר הנביטה מתרחש תהליך החדירה לתוך רקמת הפונדקאי שנמשך כ-2-3 שעות ב-*B. cinerea*. החדירה יכולה להתבצע ע"י נחשוני הנביטה של הנבגים או ע"י תפטיר שהתבסס על חלקי הצמח המתים או חיים. חדירת קורי הנביטה נעשית דרך פצעים, פיוניות או ישירות דרך הקוטיקולה. החדירה מתרחשת באיברי צמח שונים בהתאם לרגישות איבר הצמח לפתוגן: בעלי כותרת וגביע, בפירות, בעלים, בגבעולים ואף בשורשים. תהליך החדירה לרקמה הוא אנזימתי. הקוטיקולה מהווה את המחסום הראשון של הפטרייה במהלך החדירה לפונדקאי ולכן הקוטינאזות (מפרקי קוטיקולה) יכולות להיות חשובות בתהליך ההדבקה. בנוסף הפטרייה מפרישה אנדו ואקסו פקטינאזות שיכולות להיות הידרולאזות, אסטראזות או ליאזות (Verhoeff, 1980; Kapat et al., 1998). הן מפרקות את הפקטין, הרכיב המרכזי של למלת הביניים. פירוק הפקטין מביא לפירוק הרקמה ולפגיעה בתאי הצמח. בזמן הנביטה והחדירה הנבגים רגישים ביותר לתנאי המיקרו אקלים החיצוניים בעוד התפטיר בזמן התבוססותו בריקמה מושפע מתנאים בתוך רקמה הפונדקאי. תהליך הנביטה והחדירה מתרחש במשך כ-9-10 שעות ולכן הפתוגן חשוף לתנאי הסביבה החיצוניים במשך זמן רב. תנאי הסביבה משפיעים על הפתוגן ועל הפונדקאי ומהווים גורם מרכזי בהתפתחות המחלה. מזמן ההדבקה עד להופעת סימפטומי המחלה עוברים כ-5-8 ימים.

## 2.2 הנבגה והפצה

הנבגה של *B. cinerea* מתרחשת בטווח רחב של טמפרטורות, אפילו בטמפרטורות נמוכות בזמן האיחסון. נוכחות של שכבת המים על תפטיר מעכבת את ההנבגה של הפטרייה. הנבגים הנוצרים על גבי רקמה בתנאי לחות גבוהה (O'Neill et al., 1997). בנוסף ההנבגה של חלק מתבדידי הבוטריטיס מושפעת מאור (Elad, 1997). קרינה אולטרא סגולה (300-400 nm) ואינפרא אדום (מעל 700 nm) משרה יצירת הנבגים של *B. cinerea*, בעוד קרינה באור אדום (620-720 nm) או כחול (380-530 nm) מעכבת את התהליך. למרות שההנבגה של *B. cinerea* מושרית על ידי אור בטווחים שונים של אורכי גל, בחלק מהתבדידים מתקיימת הנבגה בחושך (Jarvis, 1980; Elad, 1997). נבגי הבוטריטיס נוצרים בטיפת מים שמתיבשת לאחר הבשלת הנבגים. נבגי הפטרייה מופצים באוויר ולפעמים בטיפת מים. שחרור הנבגים מווסת ע"י מנגנון היגרוסקופי בתנאים של שינוי מלחות גבוהה לנמוכה (Elad and Shtienberg, 1995). הנבגים משתחררים עם שינוי תנועת האויר המקיף אותם. בחממות משתחררים הנבגים בדרך

כלל עם עליית הטמפרטורה וירידת הלחות היחסית (Jarvis, 1980). תנועת האויר ופעילות בתוך חממת פלרגוניום עודדו שחרור נבגי ה- *B. cinerea* לאוויר (Hausbeck and Pennypacker, 1991).

### 2.3 הישרדות

*B. cinerea* תוקף טווח רחב של פונדקאים. לאחר הדבקה ומות הפונדקאי הפטרייה יכולה לשרוד בצורה ספרופיטית על רקמה מתה או ליצור גופי קיימא. קיימות שלוש אפשרויות באמצעותם יכולה פטריית הבוטריטיס לשרוד: קישיונות, נבגים ותפטיר חבוי בתוך רקמה צימחית יבשה. קישיונות נחשבים בארצות שונות כצורת קיימא עיקרית בכל מיני הבוטריטיס השורדת במשך זמן רב. מבנה הקישיון מותאם לשרידות בקרקע בתנאי שדה קיצוניים. טמפרטורה גבוהה ורטיבות גבוהה בקרקע יכולים לפגוע בחיוניות הקישיון ולקצר את משך חייו. הישרדות הקישיונות בקרקע בעלת 17% רטיבות היא כשמונה חודשים לעומת כחודש בקרקע 35% רטיבות (Coley-Smith *et al.*, 1980). בישראל כמעט ולא נמצאו קישיונות על צמחים נגועים ב- *B. cinerea*. טמפרטורה גבוהה ותנאי יובש מקצרים מאד את חיי הקישיון בארץ (Yunis and Elad, 1989). באיזורים בהם האקלים חם ולח, הפתוגן פעיל במשך הקיץ בשטחים פתוחים כמו כרמים ובחורף בחממות מחוממות. באיזורים אלו הגורם המשפיע ביותר על הישרדות הוא הטמפרטורה הנמוכה. באזורים בהם האקלים חם ויבש המגפות מתרחשות בחממות במשך החורף. באזורים אלו שורד *B. cinerea* על שאריות הצמחים ובעיקר על גבעולים. רקמה צמחית מספקת לתפטיר הפטריה הגנה מפני תנאי סביבה קיצוניים ומפני מיקרואורגניזמים אחרים. בארץ נמצא שתפטיר חבוי בריקמה צמחית יבשה מהעונה הקודמת אחראי להדבקות ראשוניות לאחר הקיץ (Yunis and Elad, 1989). הישרדות מחוץ לרקמה נגועה היא נדירה מפני שנבגים חשופים לא יכולים לשרוד במשך הקיץ. טמפרטורות גבוהות, לחות נמוכה, פעילות מיקרוביאלית וחשיפה לאור שמש מגבילים מאוד את הישרדות הנבגים מחוץ לרקמה צמחית. חשיפת הנבג של *B. cinerea* ישירות לאור השמש בישראל גרמה לירידה משמעותית בחיוניות הנבג (Rotem and Aust, 1991). הנבגים שורדים בקרקע במשך זמן קצר, כ- 53 ימים בתנאים פחות קיצוניים (Coley-Smith *et al.*, 1980).

דרך נוספת להישרדות *B. cinerea* בשטח היא פונדקאים משניים או צמחי בר הגדלים בסמוך לחלקות חקלאיות (Yunis and Elad, 1989). כמו כן מחלת עובש אפור נמצאה בגידולים שונים בקיץ. כנראה בחממות או בכרמים קיימים תנאי לחות וטמפרטורה המאפשרים לפטריה לעבור את הקיץ (Yunis and Elad, 1989).

## 3. מחלת העובש האפור

### 3.1 תאור המחלה

מחלת צמחים מתרחשת כאשר קיימים בו זמנית פתוגן אלים, רקמת צמח רגישה ותנאי סביבה מתאימים. מבחינת הפתוגן – הימצאות מדבק אינפקטיבי ראשוני של הפטריה מחוללת המחלה לא מהווה, בדרך כלל, גורם המגביל את התפרצות מגפות העובש האפור. המחלה נפוצה בכל האיזורים בהם מגדלים גידולים חקלאיים בארץ ומתפתחת על גידולים רבים.

המחלה פוגעת ב-250 מיני צמחים בחממה, בשדה ובמהלך האיחסון. הפטרייה יכולה לפגוע בעלים, בגבעולים ובפרחים (Elad *et al.*, 2004). במהלך הגידול הפטריה חודרת לרקמת הצמח. בשלב זה לא נראים סימני מחלה. הם מופיעים בשלבים מאוחרים או לאחר הקטיף. על גבי הרקמה הצמחית הרקובה מופיע עובש אפור, כלומר תפטיר ונבגים על גבי נושאי נבגים. בנוסף נוצרות לעיתים צלקות מוגבלות בגודלן ללא עובש הנראה לעין. בעלים הפתוגן גורם

לפצעים נקרוטיים שבמצב של מגפה עלולים להתפשט בכל העלווה. הגבעולים יכולים להידבק לאחר חדירת הפטריה דרך פטוטרת העלה או דרך פצעים בגבעולים לאחר גיזום הצמחים. פגיעת הפטרייה בגבעול יכולה לגרום לחיגור הגבעול וכתוצאה מכך לתמותת הצמח כולו. פגיעת הפטרייה בפרחים של גידולים שונים (עגבנייה, חציל, פלפל, תות שדה) גורמת לנפילת הפרח. בגידולים אחרים הפטריה מתפתחת לאורך הפרי ויכולה להגיע עד הגבעול. בפירות גורם הפתוגן לריקבון אופיני שבדרך כלל מתפתח גם על עוקץ הפרי וגורם לנפילתו ובכך מהווה הפרי המנותק מקור מידבק נוסף בתוך החממה (Elad and Shtienberg, 1995). בארץ נפגעים גידולי חממה כמו מלפפון, עגבניה, פלפל, חציל, שעועית, בזיל, תות שדה ופרחים כמו ורדים וגרברה (Elad et al., 2004). בפרחי קטיף, כמו ורד או גרברה, הנגיעות ב-*B. cinerea* מופיעה בעלי כותרת וזה פוגע באיכות ואורך חיי המדף של הפרחים. בחממות מחוממות לא נראים סימני נגיעות על הפרחים, אך נבגי הפטרייה יכולים להימצא על עלי הכותרת ולשרוד למשך תקופה ארוכה (Salinas et al., 1989).

נגיעות מוגברת בעלים מזדקנים בצמחי הרקפת יכולה להביא לתמותת הצמח כולו (Köhl et al., 2000). פרחי הפלרגוניום הופכים להיות רגישים עם התבגרותם (Sirjusingh and Sutton, 1996). גיל הצמח ושלבי התפתחות שונים של איברי הצמח יכולים להשפיע על התפתחות מחלת עובש אפור. רגישות איברי הפרח הצעירים של צמחי הגרניום ל-*B. cinerea* היתה נמוכה מאוד ביחס לאיברי הפרח הבוגרים (3-5 ימים). רגישותם של עלים צעירים (בני שבוע) ועלים בוגרים (8-10 שבועות) היתה גבוהה מאוד ביחס לעלים בני 4 שבועות (Sirjusingh et al., 1995). זמינות חומרי מזון ורגישות רקמה צמחית בשלבי התפתחות שונים מהווים גורם מגביל להתפתחות המחלה. חומרי מזון על פני רקמה צמחית משמשים כמקור אנרגיה ל-*B. cinerea* ומעודדים את פעילותם של אנזימי הפטריה. בפרחים ריכוז חומרי מזון ונוכחות האבקה יותר גבוהים מאשר בעלים (Jarvis, 1977), לכן רגישות הפרחים למחלת עובש אפור היא יותר גבוהה. שינויים פיסיולוגיים, כמו הגברת חדירות התא וכמות גדולה של סוכרים, מגבירים את רגישותם של פרחים למחלה עם התבגרותם (Jarvis, 1992). שינויים בעובי הקוטיקולה בעלי הגרניום, ריכוז חומרי מזון המופרשים, ריכוז האבקה על פני רקמה צמחית והמצב הפיסיולוגי של הרקמה משפיעים על הדבקה של העלים על ידי *B. cinerea*. לדוגמה, הקוטיקולה בעלי הגרניום הצעירים והבוגרים היא דקה מאוד לעומת קוטיקולה עבה בעלים מזדקנים (Navasero, 1991).

### 3.2 מחלת העובש האפור בצמחי הליזיאנטוס

הדיווח הראשון על נגיעות ב-*B. cinerea* בצמחי הליזיאנטוס נעשה על ידי Wolcan ב-1996 בארגנטינה. בישראל תוקפת מחלת העובש האפור את צימחי הליזיאנטוס בחודשי החורף. הגל הראשון נקטף מספר שבועות בדצמבר ינואר והקטיף מותיר צלקות על גבי הגבעולים. צלקות אלו מהוות מקום להדבקת הצמח על ידי *B. cinerea*. הגל השני נקטף במרץ עד סוף מאי. מחלת העובש האפור בליזיאנטוס עלולה לפגוע גם בפרחים כמו בגידולים רבים אחרים. צמח הליזיאנטוס מפתח שושנת עלים ממנה עולים הגבעולים. הפטרייה פוגעת בצוואר השורש ובבסיס הגבעול וזה יכול להביא לתמותת הצמח כולו. נגיעות בבסיס הגבעול זאת הצורה החמורה והנפוצה ביותר של מגפות עובש אפור. תופעת הנגיעות בגבעולים ידועה בגידולים שונים, אך נראה כי בליזיאנטוס היא שונה מבצמחי העגבניה ובזיל אשר נחקרו בעבר. בבזיל תוקף ה-*B. cinerea* את הגדמים שנוצרו לאחר הקטיף, מתקדם לאורך הגבעול ותוקף עלים וניצנים מישניים עד כדי תמותת הצמח כולו (Sarabani et al., 1999). הדבקה ישירה של הגבעול עקב הפציעה שנוצרה מהורדת עלים יבשים או נגועים והדבקת הגבעול מעלים נגועים הן הדרכים העיקריות בהדבקת צמחי עגבניה

ב- *B. cinerea*. רוב הנגיעות בצמחי העגבניה בחממות לא מחוממות היא כתוצאה מהתקדמות הפטריה מעלעלים נגועים לגבעול (Shtienberg *et al.*, 1998). בשנים האחרונות מיחסים חשיבות רבה להדבקה ישירה של הגבעול עקב הפגיעה לאחר הקטיפ. נמצא כי התנאים האופטימליים להדבקת הגבעול של צמחי העגבניה הם לחות יחסית מעל 80% (O'Neill *et al.*, 1997). תנאי הדבקה דומים נמצאו בצמחי בזיל (Sharabani *et al.*, 1999). הדבקה חמורה של הגבעול מתרחשת בתנאי לחות יחסית נמוכה והמצב יכול להחמיר בטמפרטורות גבוהות (Dik and Koning, 1996). עובש אפור נצפה בליזיאנטוס גם על בסיס הגבעול ועל עלים שמסביבו. החדירה לפונדקאי יכולה להתבצע על ידי קורי הנביטה של הנבגים או על ידי תפטיר שהתבסס על חלקי צמח מתים או חיים. המחלה מופיעה בשטח לעיתים בכתמים, יתכן בגלל תנועת אוויר מוגבלת בנוף הגידול ותנאי מיקרואקלים ייחודיים לאזורי חממה שונים או בגלל אופי המדבק הראשוני. בישראל נצפים זני ליזיאנטוס עם נגיעות חמורה מהאחרים (לדוגמא, אקו שמפיין). יתכן שרמת הנגיעות קשורה באופי הצימוח, כלומר זנים בעלי צימוח רב יותר יוצרים נוף צפוף וסבוך יותר ותנאים טובים יותר להתפתחות המחלה. לאחרונה נמצאו זני ליזיאנטוס מסחריים עם עמידות בינונית ל-*B. cinerea* בארה"ב. הזן מזייק שמפיין נמצא כעמיד ביותר מבין זני ליזיאנטוס מסחריים, לעומת זאת הזנים אקו לבן ואקו לבנדר נמצאו רגישים מאוד ל-*B. cinerea* (Wegulo and Vilchez, 2007) אך לא תואר מנגנון העמידות.

#### 4. הדברת המחלה

##### 4.1 אמצעי הדברה כימיים

שימוש בחומרים כימיים כריסוס על נוף הגידול או ישירות על האתר הנגוע בעובש אפור נפוץ מאוד בקרב החקלאים, אך היכולת העצומה של פתוגן להתאים את עצמו לקבוצות כימיות חדשות ולפתח כל הזמן גזעים סבילים או עמידים יוצרת צורך לפיתוח בוטריצידיים חדשים על ידי החברות העוסקות בכך. במשך הרבה שנים יישום כמיקלים מקבוצות ה- benzimidazole ו- dicarboximide היה יעיל כנגד הבוטריטיס.

##### 4.1.1 הבנזאימידאזולים

הבנזאימידאזולים (thiabendazole, carbendazim, benomyl and thiophanate-methyl) פותחו בסוף שנות השישים כפונגיצידיים הסיסטמיים הראשונים והיו בעלי טווח פעילות רחב (Delp, 1995). הם לא מעכבים נביטה של נבגי בוטריטיס אך בריכוז נמוך מאוד מעכבים גידול קורים וגורמים לעיוות נחשון הנביטה (Leroux *et al.*, 1999), בגלל השפעתם על תת היחידה  $\beta$ -tubulin של סיבי הכישור הפטריטיים (Davids and Ishii, 1995). זמן קצר אחרי תחילת השימוש תועדו מספר מקרים של עמידות לבנזאימידאזולים בפטריות שונות ובכללן בבוטריטיס. בתוך מספר עונות העמידות נפוצה עד כדי פגיעה נרחבת ביעילות הפונגיצידיים. עמידות כנגד בנזאימידאזולים ידועה כיציבה ואינה דועכת בתבדידים העמידים, לפיכך יכולת הישרדותם דומה לזאת של תבדידי הבר הרגישים (Gullino, M. L., 1992).

##### 4.1.2 הדיקרבוקסאימידים

הדיקרבוקסאימידים הינם אימידים ציקליים (עליהם נמנים iprodione, vinclozolin) המאופיינים בנוכחות קבוצת 3,5-dichophenyl. הם החליפו את הבנזאימידאזולים בסוף שנות השבעים לבקרת הבוטריטיס. התבדידים העמידים הראשונים לדיקרבוקסאימידים נמצאו בכרם בגרמניה ב- 1978. עקב שימוש רב ואינטנסיבי בחומרים מקבוצות אלו

נמצאו תבדידי בוטריטיס רבים המראים עמידות כנגדם בהרבה מדינות (Elad *et al.*, 1988; Katan *et al.*, 1989). מאמצע שנות התשעים נכנסו לשוק קבוצות חומרים חדשים היעילים כנגד *B. cinerea* (Elad *et al.*, 1992; Rosslenbroich and Stuebler, 2000; Leroux, 2004).

#### 4.1.3 מעכבי ביוסינתזה של מתיונין

מעכבי ביוסינתזה של מתיונין שייכים לקבוצת ה- anilinopyrimidines (cyprodinil, mepanipyrim, pyrimethanil). הם דומים זה לזה וההבדל בניהם הוא בשיירים על טבעת הפירימידין. הפירימיטניל הוא החומר הפעיל של התכשיר מיתוס וציפרודיניל הוא אחד משני החומרים הפעילים של התכשיר סוויץ'. חומרים אלו לא פוגעים בנביטת הנבגים, אך פוגעים בנחשון הנביטה וצימוח התפטיר. יש להם יכולת הגנה ויכולת ריפוי של המחלה, אולם יעילותם של חומרים אלו היא בעיקר במניעת המחלה. הפעילות הביוכימית של קבוצה זו היא עיכוב תהליך הביוסינתזה של חומצת האמינו מתיונין (Fritz *et al.*, 1997). נמצא גם כי קבוצה זאת מדכאת הפרשה של אנזימים הידרוליטיים המעורבים בתהליך הפתוגנזה (Milling and Richardson, 1995; Muira *et al.*, 1994; Daniels and Hilber and Lucas, 1995). נמצאה עמידות צולבת (cross-resistance) בין הציפרודיניל, הפירימיטניל והמפניפירים (Hilber and Schuepp, 1996a,b). תופעה זו אינה מפתיעה בגלל מנגנון פעילותם הזהה. קימות ראיות לכך שהעמידת בבוטריטיס כלפי האנלינופירימידינים הינה מונוגנית ולכן התפרצותה צפויה מראש (Hilber and Hilber-Bodmer, 1998).

#### 4.1.4 פונגיצידיים המשפיעים על אוסמורגולציה

הפונגיצידי fludioxonil - אחד החומרים הפעילים של תכשיר סוויץ', שייך לקבוצת ה- phenylpyrroles הוא אנלוגי לחומר אנטיביוטי פירולניטרין המופק ממספר מיני החיידק פסאודומונאס. זהו חומר הגנתי המעכב את נביטת הנבגים, התארכות נחשון הנביטה וצמיחת התפטיר. חומר זה משרה שינויים מורפולוגיים בנחשון הנביטה, הדומים לשינויים המושרים על ידי חומרים מקבוצת הדיקרבוקסאימידים שהיה נהוג להשתמש בהם בעבר: התנפחות, הסתעפות לא נורמלית ושבירת תאים (Leroux, 1996). ה- fludioxonil יציב באור ולכן יכול להיות מיושם על נוף הגידול כנגד *B. cinerea* ופטריות דומות.

#### 4.1.5 מעכבי ביוסינתזה של ארגוסטרולים

הפונגיצידי fenhexamid - החומר הפעיל של התכשיר טלדור, השייך לקבוצת ה- hydroxyanilides הוא סיסטמי-מקומי עם פעילות מצוינת כנגד *B. cinerea* ופטריות אחרות כמו *Monilinia* ו- *Sclerotinia* כריסוס מונע. חומר זה יעיל כנגד נביטת הנבגים רק בריכוזים גבוהים. הוא מעכב ביעילות גבוהה את התארכות הנחשון וצמיחת התפטיר של הפטריה. נחשוני נביטה מפסיקים לגדול, תחילה מופיעים מבנים גרנולרים בציטופלסמה ואחר כך היא מצטמקת כך שנבטי בוטריטיס מתמוטטים לפני חדירתם לצמח. בעקבות טיפולת בקצות קורים מפותחים מופיעה הפרשה שהינה תוכן הציטופלסמה או חומר בונה דופן (Rosslenbroich and Stuebler, 2000). כתוצאה מכך הציטופלסמה מקרישה ומתכווצת ונחשון הנביטה מת לפני שהוא מצליח לחדור לרקמת הצמח. ה- fenhexamid הוא בעל מנגנון הפעולה השונה ממנגנוני שאר החומרים, לא התגלתה עמידות צולבת עם חומרים אחרים כנגד *B. cinerea* ולכן בעל פוטנציאל



לטיפול לחילופין עם תכשירים אחרים במסגרת אסטרטגיה למניעת התפתחות עמידות ( Rosslenbroich *et al.*, 1998; Rosslenbroich and Stueber, 2000; Baroffio *et al.*, 2003).

התפתחות העמידות בתבדידי הבוטריטיס כנגד תכשירים כימיים שונים גורמת לירידה במספר התכשירים הכימיים היעילים בשימוש כנגד הבוטריטיס. במאגר מידע של משרד החקלאות נמצאו 34 תכשירים כימיים המותרים לשימוש כנגד הבוטריטיס וביניהם מיתוס, סוויץ' וטלדור שהוזכרו קודם.

## 4.2 אמצעי הדברה קולטורליים

אמצעים קולטורליים יכולים להיות יעילים כנגד מחלות צמחים בחממות כאשר ערך היבול הוא גבוה והמגדלים משקיעים מאמצים לבקרת המחלה לאורך כל העונה. מאמצים אלו מיועדים לגרום לשינוי המיקרואקלים בעלוה ובאיברים הרגישים של הצמחים, למנוע את כניסת המדבק והתבססותו בחממה ולהפיכת הצמחים לפחות רגישים למחלה.

### 4.2.1 הורדת כמות מידבק

אחד האמצעים לדיכוי המחלה הוא הורדת כמות המידבק ההתחלתי או המדבק המתפתח במהלך הגידול. הוצאת צמחים נגועים וחלקי צמחים במשך ובסוף כל עונת הגידול היא אמצעי חשוב בהפחתת כמות המידבק. ניתן להפחית נגיעות בגידולים שונים באמצעות סניטציה. הורדת עלים נגועים בעובש אפור פעם בשבוע בחממה מסחרית לא מחוממת של עגבניות הפחיתה את רמת הנגיעות באופן משמעותי ללא שימוש בחומרי ההדברה ( Shtienberg *et al.*, 1998). הסרת עלים, אך לא פירות נגועים, הפחיתה נגיעות ב- *B. cinerea* בתות (Mertely *et al.*, 2000). הדברה קולטוראלית של המידבק יכולה להתבצע באמצעות קיטור או חימום אקטיבי, באמצעות כימיקלים או חימום סולארי. חימום סולארי בארצות חמות מתבצע על ידי הרטבת החממה וסגירתה למשך מספר שבועות בקיץ, זה מגביר משמעותית את הטמפרטורה בחממה וגורם להפחתת הנגיפים (Elad and Shtienberg, 1995).

### 4.2.2 יריעות פוטוסלקטיביות

בעבר נמצא כי יריעות פוטוסלקטיביות יכולות למנוע הנבגה של *B. cinerea*. יריעות פוליוניל כלוריד החוסמות קרני UV באורכי גל נמוכים מ-390 nm הפחיתו נגיעות ב- *B. cinerea* במלפפונים (Honda *et al.*, 1977). Sasaki and Honda (1985) מצאו כי יריעות ויניל בולעות UV הפחיתו הנבגה של *B. cinerea*. הם קבעו כי טווח האור המעודד נהבגה הוא בתחום 300-340 nm. יריעות פוליאיתילן פוטוסלקטיביות הפחיתו הנבגה של *B. cinerea*, אבל לא באופן משמעותי כאשר היה מדובר בחממות מסחריות (Reuveni *et al.*, 1989). הפחתת הנבגה באמצעות יריעות פוטוסלקטיביות לא מספיקה להפחתת המחלה, כי באוכלוסיות - *B. cinerea* יש תבדידים המנביגים בחושך. למרות זאת נמצא שצמחים שגדלו מתחת ליריעות מסננות היו עמידים יותר למחלה (Elad, 1997).

### 4.2.3 הפחתת הלחות

להתפתחות מחלת עובש אפור נדרשת לחות יחסית גבוהה. מאחר ולחות גבוהה או נוכחות מים חופשיים הם הגורם המגביל התפתחות בוטריטיס, לכן הפחתת הלחות בחממות על ידי אוורור, חימום מאולץ, שיונויים במתכונת השתילה וחיפוי קרקע ביריעת פוליאיתילן יכולים להפחית נגיעות הצמחים ב- *B. cinerea*.

#### 4.2.3.1 חימום בתוך החממה

חימום מיבש את אוויר החממה ומביא לתנועה של אוויר כך שהתנאים עשויים להיות לא מתאימים להדבקה ב- *B. cinerea*. חימום יתכן במקרים שהתוצאות בתוספת היבול, באיכותו ובהפחתת המחלה הם כדאים כלכלית. חימום מאולץ בחממת צמחי גרניום הפחית את רמת ההנבגה (Hausbeck *et al.*, 1996).

#### 4.2.3.2 איוורור בתוך החממה

איוורור של נוף הגידול מביא גם הוא לפחיתה של לחות בחממה ולקיצור התקופה בה מכוסים חלקי הצמח השונים בשכבת מים המעודדת נביטה של נבגי *B. cinerea*. ניתן להגביר את איוורור הגידול על ידי הגדלת הפתחים בצידי החממה, הצבת החממה בהתאם לכיווני הרוחות הנפוצות ובאתרים מוגבהים יחסית לסביבה, שינוי רשתות הצד (הסרה או שינוי הצפיפות), החלפת אוויר פעילה באמצעות מאווררים. פעולות אלה לא רק מפחיתות את לחות האוויר אלא עשויות לתרום להעלאת טמפרטורת הנוף יחסית לסביבתו ולהפחתת משך ומידת הרטיבות על איברי צמח רגישים (Sarabani *et al.*, 1999; Elad, 2000).

#### 4.2.3.3 שינויים במתכונת השתילה

שינויים במתכונת השתילה ועיצוב הנוף לפחיתה הצפיפות משפיעים על המיקרואקלים בתוך הצמח ואת סיכויי המגע שבין הצמחים. מרווחי שתילה יכולים להפחית נגיעות ב-*B. cinerea*. בחלקות צפופות נמצאה נגיעות מוגברת (Legard *et al.*, 2000; Tolinger and Strider, 1984). קיימת השפעה ישירה על צפיפות הפונדקאים שמפחיתה את מספר הפונדקאים הזמינים לפתוגן ומשפיעה על גרדיינט הפיזור של הנבגים. ישום תכשירי הדברה יעיל יותר בחלקות הלא צפופות. בנוסף איסוף פירות מחלקות לא צפופות הוא קל יותר, לא נשארים פירות בשלים בשטח שיכולים להיות מקום הדבקה ל- *B. cinerea*. שינויי מיקרואקלים גם נצפים בחלקות לא צפופות (Legard *et al.*, 2000).

#### 4.2.3.4 חיפוי קרקע

אמצעי נוסף להפחתת לחות בחממה הוא חיפוי קרקע על ידי פוליאטילן. שימוש בשיטה זאת נמצא בעבר תורם להפחתת עובש אפור (Elad, 1998; Elad, 2000) ולאחר מכן להפחתת מחלת הכימשון (שהינה מחלה מוגברת לחות) בעגבניה נמצא יעיל מאוד (שטיינברג וחובי, 2004; Cohen, et al, 2006). הממצא העיקרי שעלה ממחקר זה היה שחיפוי קרקע בפוליאטילן שצידו התחתון שחור וצידו העליון בצבע כסף השפיע בצורה משמעותית על התפתחות מחלות נוף אוהבות לחות (כימשון, עובש אפור ועובש עלים), בעוד שבחממות עם קרקע חשופה התפתחו מגיפות קשות עד כדי השמדה מוחלטת של הצמחים. בחממות עם חיפוי קרקע המחלות התפתחו מאוחר יותר וחומרת המחלה היתה נמוכה יותר. בחממות עם חיפוי קרקע משך הרטיבות של העלים במהלך הלילה היה קצר יותר מאשר בחממות עם קרקע חשופה. השפעה עקיפה על משך זמן רטיבות העלווה בעת חיפוי קרקע מתרחשת בשעות האור. החיפוי בפוליאטילן גורם לעליה של טמפרטורת הקרקע במשך היום. שטף החום הנפלט מהקרקע בחממות עם חיפוי קרקע משנה את טמפרטורת הצמחים במשך הלילה ובכך את נקודת הטל. עקב כך נדחה המועד בו מתעבים מים על העלווה, משך זמן בו העלווה רטובה מתקצר ונמנעת התפתחות המחלות אוהדות לחות.

### 4.3 ממשק ההזנה כאמצעי הדברה

הרכב הדשן עשוי להשפיע על רגישות הצמחים למחלות. השפעת מקור החנקן על בוטריטיס הינה ספציפית למין הצמח ולתנאי גדילתו. צמחי עגבניה שגדלו בקרקע עם ריכוז גבוה של חנקן היו רגישים יותר למחלה ( Verhoeff, 1965). לעומת זאת נמצאו תוצאות הפוכות בפרחי החרציות שגדלו באותם התנאים (Hobbs and Waters, 1964). ריכוז גבוה של חנקן גרם לעליה בעוצמת המחלה בצמחי בזיל (Yermiyahu et al., 2006) ובצמחי עגבניה ( Hoffland et al., 1999). השינויים הפיסיולוגיים המתרחשים עם עליית ריכוז החנקן מעלים את רגישות הצמחים למחלה. החנקן מגביר את קצב גדילת הצמחים ובכך עולה היחס בין רקמות צעירות למבוגרות. מאחר והרקמות הצעירות רגישות יותר למחלה, הצמח כולו הופך להיות רגיש יותר. בצמחי חציל ופלפל נמצא שנוכחות החנקן בדשן לא השפיעה כלל על רגישות הצמחים למחלת עובש אפור, לעומת זאת ריכוז גבוה של חנקן בדשן בצמחי מלפפון הפחית את שכיחות המחלה (Elad et al., 1993).

לחות יחסית גבוהה היא אחת המדדים המשמעותיים בחממות. לחות יחסית גבוהה מקטינה את קצב הדיות בצמח וקצב העברת יונים מסוימים בצמח (O'Leary and Knecht, 1972). נגיעות ב- *B. cinerea* פחתה עם העלאת ריכוז הסידן במי ההשקיה פי שתיים ויותר מהקיים במי השקיה בגידולים כמו ורד, רוסקוס, עגבניה, פלפל, חציל, בזיל ומלפפון וכאשר עלה ריכוז הסידן ברקמות בהן נדרשת ההגנה (Elad, Y. and Evensen K., 1995). לדוגמה בבזיל עם עליית ריכוז החנקן התקבלה עליה בעוצמת הנגיעות בעוד עם עליית רמת הסידן במי ההשקיה נצפתה ירידה לינארית ברמת הנגיעות (שמאי, 2004). בוורדים נצפתה ירידה ברגישות ל- *B. cinerea* עם עליית ריכוז הסידן במי השקיה. בריכוזים גבוהים של אשלגן ומגנזיום היתה ירידה ברמת הסידן הנקלט בצמחי הוורד, עקב קיום התחרות בין קטיונים אלו לבין סידן. כתוצאה מכך יש עליה ברגישות הורדים ל- *B. cinerea* (Bar-Tal et al., 2001). הסידן בצמח מחזק את דפנות התאים על ידי היקשרות לפקטין (Poovaiah et al., 1988) ועמידות רקמה צמחית לפטריות עולה עם עליית ריכוז הסידן בתאי הצמח (Charbonnet and Doneche, 1995). נוכחות סידן ברקמה צמחית מעכב תהליך ההזדקנות על ידי הקטנת קצב הנשימה ועיכוב ייצור הורמון האתילן הגורם להזדקנות וריכוך הרקמה הצמחית (Ferguson, 1984). חיזוק ממברנות צמחיות על ידי הסידן מונע דליפת חומרי מזון מרקמה צמחית שמעודדים נביטה של נבגי *B. cinerea*. בנוסף הוא מעכב אנזימי פטריתי פוליגלקטורונאז המסייע לחדירת הפטריה לתוך הרקמה הצמחית. סידן הניתן בריסוס יכול להפחית נגיעות ב- *B. cinerea* בפירות לפני ואחרי הקטיפ (Conway et al., 1991). סידן נע בדרך כלל באופן פאסיבי בעצה. תנאי הסביבה המשפיעים על הלחות היחסית יכולים להשפיע על קצב הדיות, ובכך מושפע באופן ישיר ריכוז סידן (על ידי הצטברותו) ברקמות צעירות ובפירות (Hobbs and Waters, 1964). לחות יחסית וטמפרטורות גבוהות משפיעים על קצב הדיות בצמח. ריכוז הסידן בצמחי ורד שטופלו בסידן בישראל היה גבוה מצמחים שטופלו בהולנד (Bar-Tal et al., 2001).

### 4.4 הדברה משולבת

הדברה כימית היא האמצעי העיקרי בהדברת מחלת עובש אפור, אך שילובה עם אמצעי הדברה אחרים, כמו אמצעים קולטורליים, ביולוגיים או פיסיולוגיים, עשוי להפחית את השימוש בריסוסים כימיים ולמנוע התפתחות עמידות ע"י הפתוגן לתכשירים כימיים שונים. במקרים רבים שימוש באמצעי הדברה לא כימיים לא תמיד היה יעיל, אבל יישום של הדברה כימית במקביל או לסירוגין עם אמצעי הדברה אלטרנטיביים יכולים להגביר את יעילותם של אמצעים אלטרנטיביים וגם להפחית פגיעה סביבתית הנגרמת ע"י חומרי הדברה כימיים. בחממות לא מחוממות הסרת עלים

נגועים של עגבניה בשילוב עם הדברה כימית, הפחיתו בצורה משמעותית את שכיחות המחלה ( Shtienberg *et al.*, 1998). שימוש ביריעות פוליאאתילן לחיפוי קרקע בשילוב עם חימום מאולץ בתוך החממות נמצאו כיעילים בהדברת *B. cinerea* בצמחי הגרניום. יישום של כל אמצעי בנפרד היה פחות יעיל מיישום משולב שלהם ( Hausbeck, *et al.*, 1996). שילוב של אמצעי הדברה כימיים וקולטורליים בצמחי בזיל לא רק הראו הדברה יעילה כנגד ה-*B. cinerea*, אלא גם הפחיתו את שארתיות של חומרי הדברה בצמח. הימנעות מקטיף בימים גשומים ויישום ריסוס כימי מיד לאחר הקטיף מאפשרים הגנה מירבית של הצמח מפני נגיעות בבוטריטיס (Sharabani *et al.*, 1999).

כאשר מתקיימים תנאים אופטימליים להתפתחות המחלה ההדברה הכימית יכולה להיות יעילה כנגד *B. cinerea*. בעת קיום תנאים לא אופטימליים גם אמצעי הדברה אלטרנטיביים יכולים לעכב או לדכא את התפתחות מחלת עובש אפור. שימוש במערכות חיזוי המבוססת על נתוני מיקרואקלים ביחד עם הדברה משולבת או הדברה כימית יכולים להפחית בעתיד ריסוסים כימיים. בישראל פותחה מערכת חיזוי להתפתחות מחלת עובש אפור (BOTMAN) הכוללת תנאי מזג האוויר המשפיעים על תנאי מיקרואקלים בתוך החממה. רמת המחלה בחלקות שקיבלו טיפול לפי המלצות של מערכת החיזוי לא נבדלה מחלקות עם טיפול קונבנציונלי. עם זאת בחלקות עם טיפולים לפי BOTMAN מספר הריסוסים הכימיים היה נמוך ממספרם בחלקות הרגילות ( Shtienberg and Elad, 1997).

מטרת העבודה היא לימוד מחלת העובש האפור בליזיאנטוס ומציאת אמצעי הדברה חלופיים שיאפשרו

בקרת המחלה תוך פחיתה בשימוש בתכשירים כימיים. המטרות הספציפיות הן:

- לימוד תנאי ההדבקה של גבעולי הליזיאנטוס.
- לימוד התנאים להופעת המחלה בצמחי הליזיאנטוס.
- הישרדות הפטריה בקרקע.
- תיאור של מחזור החיים של הפטריה בחממה.
- בחינת תכשירים כימיים כנגד הבוטריטיס.
- בחינת אמצעי הדברה חלופיים כנגד הבוטריטיס.
- יישום הדברה משולבת.

## שיטות וחומרים

### שיטות עבודה כלליות, *B. cinerea* ומצעי גידול

#### 1. תבדיד הפטרייה וגידולו בתרבית

הניסויים נערכו עם תבדיד B16 של *B. cinerea* (אלא אם צוין אחרת) שנלקח מאוסף המעבדה של דר' יגאל אלעד מהמחלקה לפתולוגיה של צמחים ומדע העשבים, מרכז וולקני, בית דגן. הפטרייה גודלה בטמפרטורה של 20 מ"צ על גבי מצע אגר תפוחי אדמה (PDA) שהכיל 39 גרם/ליטר (Difco) Potato Agar Dextrose (Difco), 5 גרם/ליטר Agar (Difco) ו-0.25 גרם/ליטר Chloramphenicol (Sigma). כל עשרה ימים חודש הגידול על צלחת עם מצע חדש. אחת לשלושה חודשים חודשה תרבית הפטרייה מנבגים שהתפתחו על גבי קטעי גבעולים שאולחו בתבדיד B16. מצע סלקטיבי לבוטריטיס: 2 גרם/ליטר Glucose (Merck), 0.1 גרם/ליטר  $\text{NaNO}_3$  (Merck), 0.1 גרם/ליטר  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  (Merck), 0.1 גרם/ליטר, 0.2 גרם/ליטר  $\text{MgSO}_4$  (Merck), 0.1 גרם/ליטר, penta Chloro Nitro (Merck), 20 מ"ג/ליטר (Olin Chemicals) (PCNB) Benzene Tannic acid, 250 מ"ר/ליטר, Chloramphenicol (Sigma), 20 מ"ר/ליטר, 1.5 גרם/ליטר על מנת להגיע ל-pH=4.5-5.0, 20 Agar (Difco), 3 גרם/ליטר, 1N NaOH (Merck), 1.5 מ"ל/ליטר על מנת להגיע ל-pH=4.5-5.0, 20 Agar (Difco), 3 גרם/ליטר (אלעד וקטן, 1993, 1978, Kritzman *et al.*). מצע זה הוא מודיפיקציה של המצע שפותח על ידי Kritzman and Netzer (1978).

#### 2. הכנת תרחיף נבגים ואילוח

תרבית *B. cinerea* בת 14 יום שעליה תפטיר מנביג, טולטלה למשך 10 שניות על גבי וורטקס במבחנה שהכילה 5 מ"ל מים מזוקקים. התרחיף סונן מבעד לגוזה רפואית. הנבגים נספרו בעזרת זכוכית משוננת לספירת תאי דם (המוציטומטר) מבעד למיקרוסקופ אור ונמהלו במים לקבלת הריכוז הדרוש ( $5 \times 10^5$  נבגים לסמ"ק). D-glucose (Merck) ו- Potassium dihydrogen phosphate (Merck) הוספו לתרחיף בריכוז 0.1%. אילוח החומר הצמחי (קטעי גבעול, צמחים שלמים ועלים מנותקים) התבצע בכמה שיטות:

א. הנחת טיפת תרחיף בנפח 10 מיקרוליטר על גבי חתך אופקי (או אנכי אם צוין אחרת) בגבעול או קטע גבעול או באמצעם של עלים מנותקים. האילוח בשיטה זו בוצע כאשר היתה כוונה לעקוב אחרי קצב התקדמות חומרת המחלה.

ב. ריסוס תרחיף הנבגים במרסס ידני. הדבקה בשיטה זו בוצעה כאשר היה צורך לאלח כמות גדולה של צמחים, או כאשר בוצע האילוח על צמחים שלמים בחממות ובחדרי הגידול.

#### 3. חומר צמחי

##### 3.1 ניסוי מעבדה

צמחי ליזיאנטוס מהזנים קטלינה צהוב ואקו שמפיין הובאו ממשלתל חישתיל אשקלון 30-40 יום לאחר הזריעה. השתילים נשתלו בעציצים בעלי קוטר 12 ס"מ בנפח של כ-300 סמ"ק, במצע גידול של טוף: כבול ביחס 70:30, בהתאמה. השתילים אוכסנו בחממה נקייה ממחלות וממזיקים, בטמפרטורת יום 22-25 מ"צ וטמפרטורת לילה 15-

18 מ"צ. הצמחים הושקו מידי 1-3 ימים, בהתאם לצורך. דישון הצמחים התקיים שבוע לאחר שתילה ב- 5 גרם לליטר מים בדשן 20:20:20 (יחסי N;P;K).

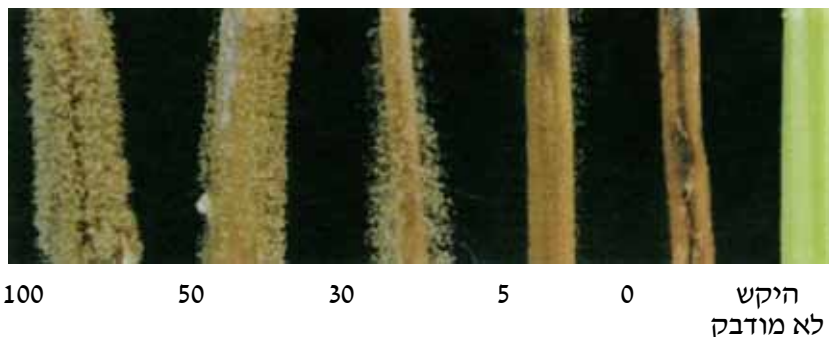
נעשה שימוש בשלושה מבחנים ביולוגיים: קטימת גבעול של צמח שלם המחובר לשורש, קטעי גבעול אשר נלקחו מצמחים שלמים וננעצו בבסיסם בפרלייט לח ועלים מנותקים. לאחר הדבקת הצמחים בבוטריטיס הם הוכנסו לתא גידול להדגרה בטמפרטורה של  $20 \pm 1$  מ"צ בלחות יחסית של  $97 \pm 3\%$ , תחת עוצמת אור בינונית (1020 לוקס), אלא אם כן צויין אחרת.

### 3.2 ניסויי שדה

צמחי ליזיאנטוס מזן "אקו שמפיין" בהם השתמשנו בניסויים המדמים גידולים מסחריים הובאו ממשלת "חישתיל" אשקלון 30-40 יום לאחר זריעה. השתילים נשתלו בערוגות בחממות בהתאם לסוג הניסוי, כפי שיתואר בהמשך.

### 4. הערכת המחלה

הערכת הנגיעות בקטעי גבעול וצמחים שלמים נעשתה על ידי בדיקת שני פרמטרים: אורך הרקבון הנמדד בעזרת סרגל (ס"מ או מ"מ) ועוצמת ההנבגה באחוזים מרמה מקסימלית הנקבעת לפי דוגמת סקלה ויזואלית שהוכנה מראש כמתואר בתמונה 1. הערכת נגיעות בעלים מנותקים בהם הוערכה חומרת המחלה שבאזור טיפת התרחיף שהונח על העלה נעשתה לפי סקלה שהוכנה מראש כמתואר בתמונה 2. בחלק מהניסויים ערכי הנגיעות במועדים שונים במהלך הניסוי שימשו לחישוב ערכי שטח מתחת לעקומת התפתחות המחלה (AUDPC- Area Under the Disease Progress Curve). מדד זה מבטא את עוצמת המגפה במהלך הניסוי.



**תמונה 1.** סקלה ששימשה לקביעת עוצמת ההנבגה של *B. cinerea* על קטעי גבעול של צמחי ליזיאנטוס. מספרים המצויינים מתחת לכל גבעול מייצגים את שיעור (%) השטח המנביג מכלל השטח הנגוע.

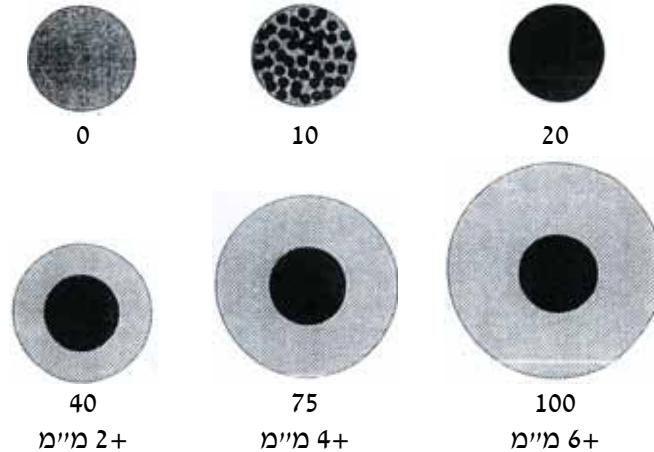
### 5. ניתוח סטטיסטי

ערכי התוצאות נותחו בתכנת JMP של SAS על פי מתכונת של ניסויים (אקראיות גמורה) לבדיקת מובהקות ההבדלים ביניהם באמצעות מבחן T ברמת מובהקות של  $P \leq 0.05$  או מבחן תחום מרובה לפי שיטת Tukey-Kramer. נבדקה מובהקות הפרמטרים השונים והשפעות הגומלין ביניהם.

## א. לימוד ההדבקה:

### א.1. השפעת סוג המדבק על ההדבקה בגבעול

נעשה שימוש בשלושה אופנים וסוגי מדבק: תרחיף נבגים – הכנתו תוארה בשיטות עבודה כלליות; אילוח יבש - פיזור הנבגים בעזרת זרם אוויר – נלקחה צלחת פטרי בקוטר 90 מ"מ עם תרבית הפטריה בת 12 יום שעליה תפטיר מנביג. בעזרת זרם אוויר קבוע פוזרו הנבגים מעל חומר צמחי; דיסקית תפטיר - צלחת עם תרבית הפטריה בת 12 יום שעליה תפטיר מנביג ממנה נגזרו דיסקיות תפטיר בקוטר של 0.5 ס"מ והועברו לחומר צמחי. הניסוי נעשה בצמחים שלמים שגודלו בעציצים בחממה. בכל טיפול היו 4 חזרות.



**תמונה 2.** סקלה ששימשה לקביעת חומרת המחלה בעלים מנותקים של צימחי לזיאנטוס. מספרים מתחת לכל כתם מייצגים את אחוז השטח הנגוע לעומת שטח העלה הנגוע במידה הרבה ביותר. עיגול פנימי – טיפת תרחיף התחלתית. צבע שחור – השטח הנגוע בבוטריטיס הנמצא מתחת לטיפה. אפור מקווקו – התפשטות השטח הנגוע (Guetsky et al., 2001; Swartzberg et al., 2008).

0% - טיפת תרחיף התחלתית

10% - נגיעות מתחת לטיפת תרחיף

20% - נגיעות מתחת לטיפת תרחיף

40% - נגיעות מתחת לטיפת תרחיף + התפשטות הכתם לאורך של 2 מ"מ

75% - נגיעות מתחת לטיפת תרחיף + התפשטות הכתם לאורך של 4 מ"מ

100% - נגיעות מתחת לטיפת תרחיף + התפשטות הכתם לאורך של 6 מ"מ

### א.2. הדבקה בגבהים שונים בצמח

גבעולים של צמחים שלמים נקטמו בגבהים שונים (מפרק 1 הקרוב לקרקע ועד פרק 6 הקרוב לקודקוד הצמיחה) והודבקו בדיסקית תפטיר. לאחר ההדבקה הצמחים הוכנסו להדגרה לתא גידול בטמפרטורה של 20 מ"צ, לחות יחסית מעל 95% ועוצמת אור בינונית (1020 לוקס). בכל טיפול 4 חזרות. הערכת נגיעות נעשתה כפי שתואר בשיטות כלליות.

### א.3. השפעת צורת חתך של הגדם על חומרת המחלה בגבעול

נדגמו קטעי גבעול של לזיאנטוס מפרקים 2-4, הם ננעצו בבסיסם בפרלייט לח ונפצעו בצורה אופקית על גבי הגבעול או אנכית בצד הגבעול. הגדמים הודבקו בתרחיף נבגים כמתואר לעיל והוכנסו להדגרה לתא גידול

בטמפרטורה של 20 מ"צ, לחות יחסית מעל 95% ועוצמת אור בינונית (1020 לוקס). בכל טיפול 4 חזרות. הערכת הנגיעות נעשתה כפי שתואר בשיטות כלליות.

## ב. תנאי הדבקה והופעת המחלה

### ב.1. השפעת טמפרטורה ולחות יחסית על הופעת המחלה

בצמחים שלמים נקטמו גבעולים בגובה אחיד של 15 ס"מ והודבקו בתרחיף נבגים. לאחר ההדבקה הצמחים הוכנסו לשקיות פוליאאתילן עם חירור שונה כדי ליצור תנאי לחות יחסית שונים (70-85%, 85-95%, מעל 99%) שנמדדו על ידי קורא נתונים אלקטרוני (Hobo H8 Series, Onset Computer Corporation, Miami, USA). הצמחים הודגרו בתאי גידול עם טמפרטורות שונות (18, 22 ו-26 מ"צ) כך שנוצרו צרופי לחות וטמפרטורה שונים כמפורט בפרק התוצאות. בכל טיפול היו 4 צמחים שלמים.

קטעי גבעול שנעצו בבסיסם בפרלייט לח הנתון בעציצים הוכנסו לתבניות פלסטיק עם תמיסות מלחים רוויות שסיפקו לחות יחסית שונה לכל טיפול. בכל טיפול היו 5 קטעי גבעול. התמיסות הרוויות היו (בסוגריים הלחות היחסית המתקבלת):  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  (Sigma) (65%), NaCl (Sigma) (75%),  $\text{KNO}_3$  (Sigma) (94%),  $\text{K}_2\text{SO}_4$  (Sigma) (97%) ומים ללא תוספת מלחים (מעל 99%) (Young, 1967). התבניות עם קטעי הגבעול הוכנסו לשקיות פוליאאתילן אוטומות ולאינקובטורים לזמן ההדגרה עם טמפרטורה שונה בכל טיפול (12, 15, 18, 22, 25, ו-29 מ"צ). הערכת הנגיעות נעשתה כפי שתואר בשיטות כלליות. לאחר קבלת ערכי הנגיעות חושב קצב התקדמות

$$\frac{H_2 - H_1}{n}$$

$H_1$  – ערך הנגיעות במועד הראשון להערכת המחלה

$H_2$  – ערך הנגיעות במועד האחרון להערכת המחלה

n – מספר הימים בין המועדים

### ב.2. הדבקה הגבעול מעלים נגועים: השפעת מיקום העלה, לחות וטמפרטורה

בצמחי ליזיאנטוס שלמים הודבקו עלים עליונים (עלה בפרק מספר 6) ועלים תחתונים (עלה בפרק מספר 1) במרכזם על ידי דסקית תפטיר. לאחר ההדבקה הצמחים הוכנסו לשקיות פוליאאתילן עם חירור שונה כדי ליצור תנאי לחות יחסית שונים (91-94, 95-96, 97-99 ומעל 99%). בכל טיפול היו 4 צמחים שלמים. לאחר מכן הצמחים הוכנסו לתאי גידול עם טמפרטורות שונות (18, 22, ו-26 מ"צ) לזמן ההדגרה של יומיים בעוצמת אור בינונית (1020 לוקס). הערכת הנגיעות נעשתה על ידי חישוב המרחק מהעלה המודבק עד לגבעול. מנתונים אלו חושב קצב התקדמות הריקבון. חישוב קצב התקדמות הריקבון נעשה לפי הנוסחה:  $(x_2 - x_1)/(y_2 - y_1)$ ,  $x_2$  – ערך הנגיעות מהערכת המחלה האחרונה,  $x_1$  – ערך הנגיעות מהערכת המחלה הראשונה,  $y_2$  – מועד הערכת המחלה האחרונה,  $y_1$  – מועד הערכת המחלה הראשונה.

### ב.3. השפעת חיץ בין קרקע לעלים על התפתחות המחלה

נלקחו צמחי ליזיאנטוס שלמים שגודלו בעציצים ונבדלו ביניהם בנוכחות יריעת פוליאאתילן הפרוסה על הקרקע הרטובה המשמשת כחיץ בינה לבין העלים התחתונים. עלים תחתונים (משושנת עלים) הודבקו על ידי דסקית תפטיר. הצמחים המודבקים הוכנסו לשקיות פוליאאתילן אוטומות, כדי ליצור תנאי לחות יחסית גבוהה (מעל 95%), והוכנסו



לתאי גידול בטמפרטורה של 20 מ"צ למשך שבעה ימים. בכל טיפול היו 10 חזרות (10 עלים נגועים). הערכת הנגיעות של התקדמות הכתם הנגוע בעלה נעשתה כפי שתואר בשיטות כלליות.

#### **ב.4. השפעת זני ליזיאנטוס על הופעת המחלה**

נלקחו קטעי גבעול ועלים מנותקים (משושנת עלים) משני זני ליזיאנטוס: אקו שמפיין וקטלינה צהוב. קטעי גבעול ננעצו בבסיסם בפרלייט לח והודבקו בתרחיף נבגים. עלים מנותקים הוכנסו לתא לח – קופסת פלסטיק עם נייר סופג לח ומעליו רשת שעליה מונחים העלים. בניסויים עם קטעי גבעול נלקחו 10 קטעי גבעול לכל טיפול. בניסויים עם עלים מנותקים נלקחו 6 עלים לכל טיפול. גם עלים מנותקים הודבקו בתרחיף נבגים והוכנסו לשקיות אטומות כדי ליצור תנאי לחות יחסית גבוהה (מעל 95%). קטעי גבעול ועלים מנותקים הוכנסו לתאי גידול בטמפרטורה של 20 מ"צ לזמן ההדגרה. הערכת הנגיעות של קטעי גבעול ושל עלים מנותקים נעשתה כפי שתואר בשיטות כלליות.

#### **ב.5. השפעת עוצמת אור על חומרת המחלה**

בניסוי זה נלקחו קטעי גבעול ועלים מנותקים (משושנת עלים) משני זני ליזיאנטוס: אקו שמפיין וקטלינה צהוב. קטעי גבעול שננעצו בפרלייט לח ועלים מנותקים שהוכנסו לתא לח (סעיף ב.4), הודבקו בתרחיף נבגים והוכנסו לשקיות פוליאאתילן אטומות כדי ליצור תנאי לחות יחסית גבוהים (מעל 95%). בניסויים עם קטעי גבעול נלקחו 10 קטעי גבעול לכל טיפול. בניסויים עם עלים מנותקים נלקחו 6 עלים לכל טיפול. חומר צמחי מודבק הוכנס לתאי גידול בטמפרטורה של 20 מ"צ תחת עוצמות אור שונות שהושגו באמצעות הנחת חומר צמחי במדפים במרחקים שונים ממקור התאורה (התקרה): עוצמת אור גבוהה – 4860 לוקס, בינונית – 1020 לוקס, נמוכה – 140 לוקס. עוצמת האור נמדדה על ידי Digital Lux Tester, דגם Y-F-1065 תוצרת Yu Fing, טייוואן.

### **ג. הישרדות הפטריה**

#### **ג.1. הישרדות של מידבק בוטריטיס בקרקע בממשך תקופת הקיץ**

בניסוי זה נעשה שימוש בקטעי גבעול נגועים בתבדיד B-16 וקשיונות משני תבדידי הפטריה: B-16 ו-B-301 שבודד מצמחי מלפפון ורוסקוס נגועים, בהתאמה. לכל טיפול היו 5 חזרות, בכל חזרה 6 פרטים. תבדידי הבוטריטיס גודלו בטמפרטורה 20 מ"צ ולחות יחסית מעל 95% בצלחות פטרי על מצע PDA עד להופעת הקשיונות. הקשיונות נאספו ויובשו בטמפרטורת החדר. בנוסף, נלקחו קטעי גבעול של ליזיאנטוס באורך של 7 ס"מ והודבקו בתרחיף נבגים של B-16. קטעי הגבעול יובשו בטמפרטורת החדר לאחר הופעת הנבגים. קשיונות וקטעי גבעול יבשים הוכנסו לשקיות רשת מחומר אינרטי (רשת פוליאאתילן 50 מאש) והוטמנו בקרקע בחממות בחוות הבשור (כדי לדמות את המצב הטבעי של החומר הצמחי השורד בקרקע בקיץ). לפני הטמנת חומר צמחי בקרקע נעשתה בדיקת חיוניות של הפטריה במעבדה בזמן "0". במהלך תקופת הקיץ נדגמו שלוש דגימות נוספות מהשטח, לאחר חודש, חודשיים ושלושה חודשים, של השקיות עם המידבק מהקרקע ונבדקה חיוניות של הקשיונות וקטעי הגבעול על גבי צלחות פטרי עם מצע סלקטיבי לבוטריטיס (סעיף 1). המדבק נשמר בקרקע למשך תקופה של שלושה חודשים, תקופה המייצגת את מרווח הזמן להישרדות הבוטריטיס בקרקע מתום גידול אחד ועד תחילת העונה לאחר מכן.

## ד. תיאור מחזור החיים של הפטריה בחממה

במהלך הניסויים בחממות בחוות הבשור נערכו תצפיות ותיעוד, בעזרת מצלמה דיגיטאלית ( Nikon Coolpix 8800), של מופעי המחלה והפטריה בצמחים שונים בשטח או כאלה שנעקרו מהקרקע.

## ה. בחינת תכשירים כימיים כנגד בוטריטיס

### ה.1. בחינת תכשירים כימיים לפני ואחרי ההדבקה בבוטריטיס

הניסוי נעשה בקטעי גבעול ובעלים מנותקים (משושנת עלים). קטעי גבעול ננעצו בבסיסם בפרלייט לח ועלים מנותקים הוכנסו לתא לח. בכל טיפול היו 10 חזרות. בחלק הראשון של הניסוי קטעי גבעול ועלים מנותקים רוססו, בעזרת מרסס ידני, בתכשירים הכימיים (שם התכשיר מלווה בריכוזו בניסוי) טלדור 0.15%, רובראל 0.1%, פולאר 0.05%, סוויץ 0.1%, וסילבקור 0.15% וכן בסידן 0.1% (נספח 1) בנפח של 20 מ"ל לפני ההדבקה בבוטריטיס. ההדבקה נעשתה על ידי ריסוס תרחיף הנבגים של בוטריטיס על פני החומר הצמחי בנפח של 20 מ"ל. בחלק השני של הניסוי נעשתה ההדבקה בבוטריטיס שעה לפני הריסוס בתכשירים כימיים כמו בחלק הראשון של הניסוי. לאחר ביצוע הטיפולים הכימיים הצמחים הוכנסו לשקיות פוליאאתילן אטומות, כדי ליצור תנאי לחות יחסית גבוהים (מעל 95%), והוכנסו ולתאי גידול בטמפרטורה של 20 מ"צ לזמן ההדגרה. הערכת הנגיעות בקטעי גבעול ובעלים מנותקים נעשתה כפי שתואר בשיטות כלליות.

### ה.2. יישום תכשירים כימיים, דשן וסידן בהגמעה

צמחי לזיזיאנטוס שלמים שגודלו בעציצים בתאי גידול בטמפרטורה של 25 מ"צ קיבלו 4 טיפולי הגמעה במשך חודש ימים. התכשירים שנוסו בטיפול הגמעה וריכוזם היו: מיתוס 0.005%, מיתוס 0.01%, טלדור 0.005%, טלדור 0.01% (טבלה 2), דשן, דשן עם תוספת סידן 2% (נספח 2). בתום טיפולי הגמעה גבעולים של צמחי הליזיאנטוס נקטמו בגובה אחיד והודבקו בתרחיף נבגים של הפטריה. בכל טיפול 8 חזרות (צמחים שלמים). הצמחים הוכנסו לתאי גידול בטמפרטורה של 20 מ"צ ולחות יחסית מעל 95% לזמן ההדגרה. הערכת הנגיעות בגבעולים נעשתה כפי שמתואר בשיטות עבודה כלליות.

### ה.3. השפעת חיטוי קרקע על חיוניות הפטריה

בניסוי זה נעשה שימוש בקטעי גבעול נגועים בתבדיד B-16 וקשיונות מתבדיד B-301. גידול הקשיונות והדבקה של קטעי גבעול נעשה כפי שמתואר בסעיף ג.1. קטעי גבעול יבשים וקשיונות הוכנסו לשקיות מחומר אינרטי (רשת פוליאאתילן 50 מ"ש) והוטמנו בקרקע בחממות בחוות הבשור ובתחנת זהר בערבה. בניסוי שנעשה בחוות הבשור נעשו שני חיטויי קרקע: מתיל ברומיד וחיטוי משולב של אדיגן וקונדור (נספח 1). מהלך של חיטוי קרקע מפורט בנספח 2. בניסוי זה הוטמנו בקרקע קטעי גבעול נגועים וקשיונות משני תבדידי הפטריה. בניסוי שנערך בתחנת זהר שבכיכר סדום נעשו ארבעה חיטויי קרקע: אדיגן, טלודריפ, מתיל ברומיד וחיטוי סולרי (חיפוי קרקע עם יריעת פוליאאתילן וניצול קרני שמש לחימום הקרקע). פרטי חיטויי קרקע מובאים בנספח 2. חומר צמחי שהוטמן בקרקע: קטעי גבעול נגועים בתבדיד B-16 וקשיונות מתבדיד B-301. לאחר חודשיים, עם סיום טיפולי חיטוי קרקע, נאספו השקיות עם החומר הצמחי והקשיונות מחממות בחוות הבשור ותחנת זהר והועברו למעבדה לבדיקת חיוניות הפטריה על גבי צלחות פטרי עם מצע סלקטיבי לבוטריטיס (סעיף 1 בשיטות כלליות). בכל טיפול היו 4 חזרות, בכל חזרה 8 פרטים.

## **1. בחינת אמצעי הדברה חלופיים לאמצעים כימיים – ניסויי שדה**

### **1.1. ניסוי מקדים לבדיקת חיפוי קרקע וסוגי ההשקיה כאמצעים להפחתת עובש אפור**

בעונת גידול 2004/5 נערך ניסוי בחוות הבשור שבו נבדקה ההשפעה של חיפוי קרקע וסוגי טפטוף על הופעת המחלה בשטח. הניסוי נערך ב-4 מנהרות עבירות בגודל 45-50 מ"ר. בכל מנהרה 3 חלקות. שתי חממות היו עם קרקע מחופה ביריעת פוליאאתילן בצבע שחור-כסוף (גניגר) ושתי חממות עם קרקע חשופה. בכל החממות היה טפטוף עילי הפרוס על הקרקע. בחממות עם טיפול "טיפטוף טמון" היה סוג השקיה נוסף החבוי בתוך הקרקע בעומק של 20 ס"מ. טיפוף טמון הופעל בתאריך 9/11/2004 בחממות עם חיפוי קרקע טפטוף עילי נפרס על הקרקע אך מתחת לחיפוי. ב-13/10/2004 נשתלו צמחי ליזיאנטוס מזן אקו שמפיין 60 צמחים למ"ר. נעשה אילוח מלאכותי על ידי הדבקה צמח בודד בקצה המערבי של כל חלקת הניסוי ב-21/12/2004. הערכת הנגיעות נעשתה מ-7/3/2005 עד 29/6/2005 על ידי עקירת וספירת צמחים שלמים נגועים וגדמים נגועים בבוטריטיס.

### **2.1. ניסוי במנהרות עבירות לבדיקת השפעת חיפוי קרקע ודישון סידני מוגבר על עובש אפור**

בעונת גידול 2005/6 נערך ניסוי בחוות הבשור בו נבדקה ההשפעה של חיפוי קרקע ודישון סידני מוגבר על הופעת המחלה. הניסוי נערך ב-8 מנהרות עבירות בגודל 45-50 מ"ר. בכל מנהרה 6 חלקות. ארבע חממות היו עם קרקע מחופה ביריעת פוליאאתילן בצבע שחור-כסף (גניגר) וארבע חממות אחרות היו עם קרקע חשופה. בכל חממה היו 6 חלקות, 3 מתוכן בנוסף לדישון רגיל קיבלו תוספת סידן למי השקיה (נספח 2) ו-3 אחרות דישון רגיל (נספח 2). במהלך גידול גל ראשון 2 חלקות בכל חממה קיבלו טיפולי ריסוס בסידין (קלניט 2%). צמחי ליזיאנטוס מזן אקו שמפיין נשתלו ב-12/9/2005 בעומד שתילה 60 צמחים למ"ר ואולחו באופן מלאכותי על ידי הדבקה צמח בודד בקצה המערבי של כל חלקת הניסוי ב-1/12/2005. המחלה החלה להופיע 40-50 יום לאחר האילוח. הערכת הנגיעות נעשתה על ידי עקירת וספירת צמחים שלמים נגועים וגדמים נגועים.

### **3.1. ניסוי חממה לבדיקת שיטות אלטרנטיביות לבקרת התפתחות עובש אפור**

בעונת גידול 2005/6 נערך ניסוי בחוות הבשור בו נבדקה ההשפעה של עומד השתילה וטיפולים כימיים על הופעת המחלה. הניסוי נערך בחממה מסחרית (פרוייקט 16) בגודל 250 מ"ר. גודל כל חלקה 2.8 מ"ר. צמחי ליזיאנטוס מזן אקו שמפיין נשתלו ב-12/9/2005 בשני עומדים: בעומד הצפון נשתלו 70 צמחים למ"ר ובעומד המדולל נשתלו 50 צמחים למ"ר. בשני העומדים בוצעו ריסוסים כימיים במרסס גב כנגד בוטריטיס בתכשירים (מלווה בריכוז התכשיר): טלדור 0.15%, מיתוס 0.25% וריסוס לחילופין של מיתוס, טלדור ורובראל 0.1%. הריסוסים החלו מ-15/11/2005 וניתנו בתדירות של אחת לשבועיים. נעשה אילוח מלאכותי על ידי הדבקה צמח בודד בתחילת כל חלקת הניסוי ב-1/12/2005. המחלה החלה להופיע 40-50 יום לאחר האילוח. הערכת הנגיעות נעשתה על ידי עקירת וספירת צמחים שלמים נגועים וגדמים נגועים.

### **4.1. ניסוי חממה לבדיקת ההשפעה של חיפוי קרקע, איוורור מאולץ וטיפולים כימיים על נגיעות בעובש אפור**

בעונת גידול 2006/7 נערך ניסוי בחוות הבשור בו נבדקה ההשפעה של חיפוי קרקע, טיפולים כימיים ואיוורור מאולץ של נוף הגידול על הופעת המחלה. הניסוי נערך בשתי חממות מסחריות (פרוייקט 16). חממה אחת היתה עם קרקע מחופה ביריעת פוליאאתילן בצבע שחור-כסוף (גניגר), הכסוף כלפי מעלה, וחממה שנייה עם קרקע חשופה. בכל חממה היו טיפולי איוורור מאולץ שניתנו לחצי מהחלקות בחממה (18 חלקות) במהלך הלילה בלבד. בכל חממה בוצעו טיפולים כימיים כנגד בוטריטיס (אופן יישום, תכשיר וריכוז): ריסוס של סוויץ 0.1% וריסוס של מיתוס 0.25% במרסס בג והגמעה של מיתוס 500 גרם/דונם דרך מערכת ההשקיה. צמחי ליזיאנטוס מזן "אקו שמפיין" נשתלו ב-

19/9/2006 בעומד של 70 צמחים למ"ר ואולחו בצורה מלאכותית על ידי הדבקת צמח בודד בתחילת כל חלקת הניסוי ב- 14/12/2006. המחלה החלה להופיע 40-60 יום לאחר האילוח. הערכת הנגיעות נעשתה על ידי עקירת וספירת צמחים שלמים נגועים וגדמים נגועים.

## ז. נתוני מיקרואקלים

במהלך כל שנות הניסוי נמדדו נתוני מיקרואקלים כגון טמפרטורה, לחות יחסית ורטיבות העלה. בכל ניסוי הוצבו קוראי נתונים אלקטרוניים Hobo H8 Seies, Onset Computer Corporation, Miami, USA שמדדו את הטמפרטורה והלחות היחסית, וקורא נתונים אלקטרוני WatchDog, Leaf Wetness/Temperature Logger, Spectrum Technologies, Inc. Plainfield, IL, USA שהעריך את התנאים להיווצרות טל על פני העלה. מד הטל מודד את ערכי ההתנגדות החשמלית של המוליך החשמלי לרטיבות. ערך ההתנגדות המקסימלי הינו 14.9 מילי הום. הרטיבות תוארה כחלק ההתנגדות באחוזים יחסית להתנגדות ברטיבות מלאה. המדידות של נתוני המיקרואקלים נעשו מידי שעה במהלך הניסוי.

בעונת גידול 2004/5 נערכו מבחני מתאמים (קורלציות) באמצעות תוכנת Excel על פי הנוסחה הבאה:  $Cov$   
 $r = (x,y)/(\sigma_x * \sigma_y)$ ,  $(-1 \leq r \leq 1)$  בין ערכי מחלה לבין מדדי האקלים נבחרים: טמפרטורה ולחות יחסית ממוצעת ביום ובלילה ומספר שעות בטווח טמפרטורות שבין 10-20, 20-30 ו-30-40 מ"צ ובטווח לחויות שבין 30-40, 40-50, 50-60, 60-70, 70-80, 80-90, 90-100%. מדדי מיקרואקלים נאספו במהלך כמה שבועות לפני הערכת המחלה (שבוע לפני, שבועיים לפני, שלוש שבועות לפני, רק בשבוע שני, רק בשבוע שלישי ורק במהלך שבוע שני ושלישי).

## תוצאות

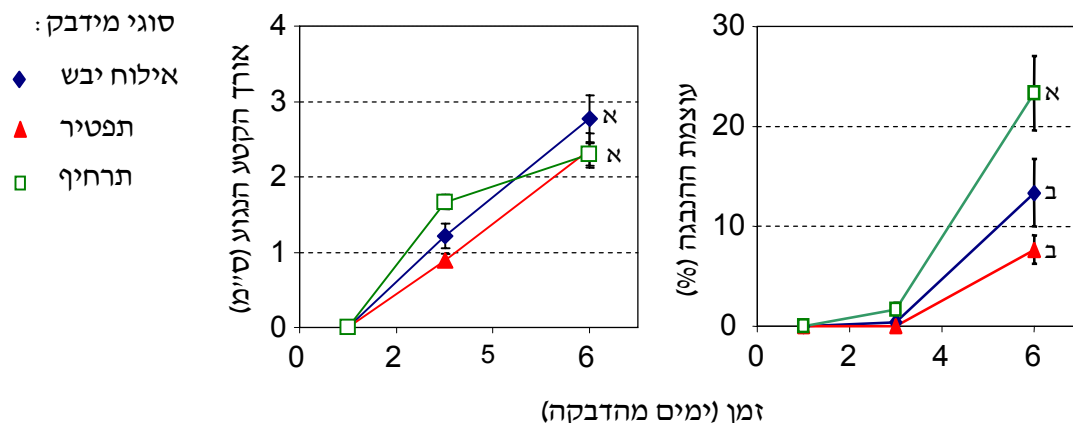
### א. לימוד ההדבקה בגבעול ובעלים

אופן ההדבקה בבוטריטיס עשוי להשתנות בהתאם לגידול ולאיבר (Sharabani *et al.*, 1999; O'Neill *et al.*, 1997). בפרק זה נבדק אם חומרת המחלה תלויה בסוג המדבק ואם רגישות הצמח משתנה עם מיקום הריקמה המודבקת בהתאם למרחק מבסיס הגבעול.

ברוב הניסויים שבוצעו בעבודה זו נבדקו שני מדדים. המדד הראשון הוא התפתחות הריקבון המראה את השפעת הפטריה על הגבעול הבודד. לאחר ההדבקה מתפתח ריקבון ברקמה צמחית נגועה שעלול להביא לתמותת הצמח הבודד. המדד השני הוא רמת ההנבגה המעידה על מידת התבססות הפטריה בריקמה הצמחית. בתנאים נאותים מייצרת פטריה הבוטריטיס נבגים מחוץ לרקמה צמחית המשמשים להפצה של הפטריה בשטח. לפיכך בדיקת רמת ההנבגה חשובה גם מבחינת פוטנציאל ההפצה של גורמי הריבוי של המחלה.

#### 1.1. השפעת סוג המדבק על ההדבקה בגבעול

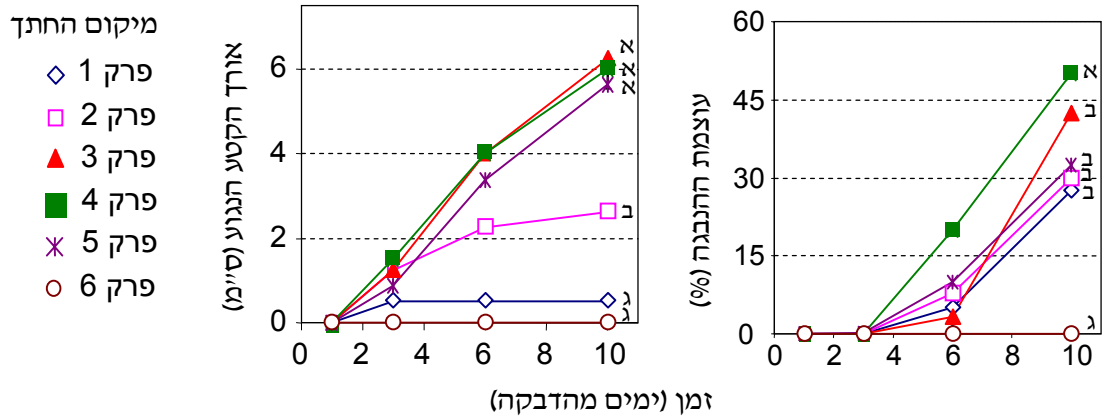
נבדקו שלוש צורות מידבק: 1. תרחיף נבגים; 2. אילוח יבש (פיזור הנבגים בעזרת זרם אוויר); 3. דיסקית תפטיר בצמחים שלמים. הדבקה של גדמי הגבעול בצמח השלם היתה מוצלחת בכל צורות ההדבקה (איור 1). לא היו הבדלים בין סוגי המדבק בחומרת הריקבון, אבל רמת ההנבגה היתה גבוהה יותר בצמחים שהודבקו באמצעות תרחיף הנבגים (איור 1), דבר המעיד על התקדמות מהירה יותר של ההדבקה.



**איור 1.** התפתחות ריקבון (משמאל) והנבגה (מימין) בעקבות הדבקה בבוטריטיס באמצעות סוגי מדבק שונים בגבעולים פצועים בצמח שלם. קוים אנכיים מייצגים את שגיאת התקן. הניתוח הסטטיסטי חושב לערכי הנגיעות שהתקבלו ביום האחרון להערכת המחלה; התפתחות ריקבון ( $P=0.5634$ ), הנבגה ( $P=0.0002$ ). אותיות שונות מייצגות הבדלים סטטיסטיים לפי מבחן Student's t.

#### 2.1. הדבקה בגבהים שונים בצמח

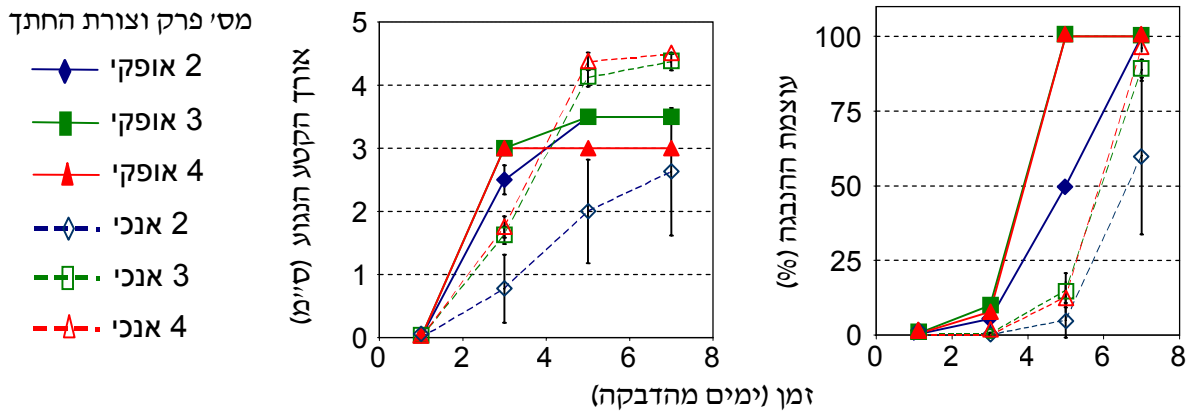
מאחר ובחלקות ליזיאנטוס מסחריות מתרחשת ההדבקה באתרים ספציפיים על גבי הגבעול, עלתה האפשרות שרגישות הגבעול משתנה עם גובה הפרק המודבק בצמח. הגבעול של צמחי ליזיאנטוס נקטם בפרקים 1 עד 6 והודבקו בדיסקית תפטיר. הריקבון התפתח בעוצמה רבה יותר בגדמים מפרקים 3-5, בפרק 2 המחלה התפתחה לאט יותר ובפרקים 1 ו-6 הייתה חומרת המחלה מועטה ביותר (איור 2). רמת ההנבגה היתה גבוהה יותר בהדבקת גדם מפרק 4 (איור 2). לפיכך, נמצא שלמרות שהמחלה מופיעה בפרק הנמוך ביותר, פרק זה אינו הרגיש ביותר למחלה.



**איור 2.** התפתחות ריקבון (שמאל) והנבגה (ימין) בעקבות הדבקת גדמי גבעול בבוטריטיס בגבהים שונים בצמחים שלמים באמצעות דיסקית תפטיר. הניתוח הסטטיסטי נעשה לערכי השטח מתחת לעקומי התפתחות המחלה (AUDPC); התפתחות ריקבון ( $P < 0.0001$ ), הנבגה ( $P = 0.0002$ ). אותיות שונות מייצגות הבדלים סטטיסטיים לפי מבחן Student's t.

**א.3. השפעת צורת חתך של הגדם על חומרת המחלה בגבעול**

בניסוי זה נבדקו צורות חיתוך של הגדם (אופקי/אנכי) בקטעי גבעול מגבהים שונים. נדגמו קטעי גבעול של ליזיאנטוס מפרקים 2-4 ונפעו בצורה אופקית על גבי הגבעול או בצורה אנכית בצד הגבעול. הגדמים הודבקו באמצעות תרחיף הנבגים (איור 3). לא נמצאה השפעה של צורת החיתוך של הגדם על התפתחות הריקבון, לעומת זאת למיקום החתך היתה השפעה מובהקת על התפתחות הריקבון (טבלה 1). הריקבון התפתח מהר יותר בקטעי גבעול מפרקים 3-4 מאשר בקטעי גבעול שנלקחו מפרק 2 (איור 3 וטבלה 1). נמצאה השפעת גומלין מובהקת של מיקום וצורת החתך על התפתחות הריקבון. ברמת ההנבגה נמצאה השפעה של כל גורם בנפרד, אך לא נמצאה השפעת גומלין ביניהם (טבלה 5).



**איור 3.** השפעת מיקום בגבעול וצורת החתך בקטעי גבעול על חומרת מחלת עובש אפור בגבעול. התפתחות ריקבון (שמאל) והנבגה (ימין) בעקבות הדבקת קטעי גבעול עם צורות חתך אופקי או אנכי ובגבהי פרקים 2-4 בתרחיף נבגים. קווים אנכיים מייצגים את שגיאת התקן.

**טבלה 1.** ניתוח שונות דו גורמי בניסוי בו נבדקה ההשפעה המשולבת של מיקום החתך וצורת החתך בקטעי גבעול והשפעת הגורמים הבודדים על התפתחות מחלת עובש אפור. התוצאות מייצגות ערכי השטח מתחת לעקום התפתחות המחלה (AUDPC) (ס"מ × ימים או % × ימים, בהתאמה). מוצגים ערכי  $P$  לאינטראקציות ולכל אחד מהגורמים הראשיים.

הנבגה			התפתחות ריקבון		
מיקום החתך × צורת החתך	צורת החתך	מיקום החתך (מס' פרק)	מיקום החתך × צורת החתך	צורת החתך	מיקום החתך (מס' פרק)
$P=0.0859$ *ל.מ.	$P<0.0001$	$P<0.0001$	$P=0.0053$	$P=0.0574$ *ל.מ.	$P=0.0041$
	אופקי 282.16 א	מפרק 2 140.75 ב	2 אנכי 8.17 ב	אופקי 15.67 א	2 11.84 ב
	אנכי 104.00 ב	מפרק 3 219.87 א	3 אנכי 15.87 א	אנכי 13.60 א	3 16.19 א
		מפרק 4 218.62 א	4 אנכי 16.75 א		4 15.87 א
			2 אופקי 15.50 א		
			3 אופקי 16.50 א		
			4 אנכי 15.00 א		

\*ל.מ. = לא מובהק

בכל מדד, אותיות שונות מעידות על הבדל מובהק ברמת המובהקות המצוינת בראש העמודה לפי מבחן Tukey.

## ב. תנאי הדבקה והופעת המחלה

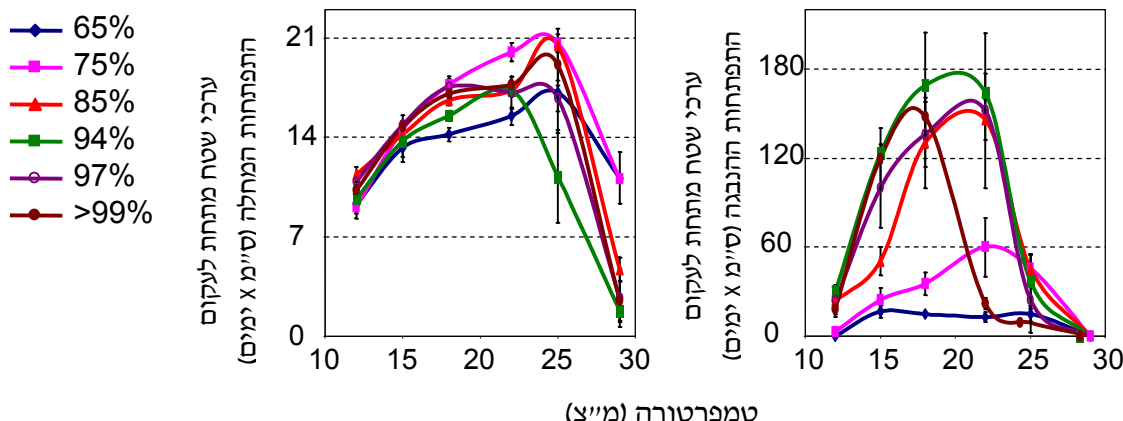
בפרק זה נבחנו תנאי טמפרטורה ולחות יחסית המשפיעים על התפתחות המחלה. כמו כן נבחנו גורמים נוספים המשפיעים על הופעת המחלה, כמו רגישות הזנים ל- *B. cinerea*, השפעת עוצמת התאורה על התפתחות המחלה, הדבקת גבעולים מעלים נגועים ורטיבות הקרקע המעודדת את הופעת המחלה.

### ב.1. השפעת טמפרטורה ולחות יחסית על הופעת המחלה

הפטרייה *B. cinerea* היא בין הפטריות הדורשות לחות יחסית גבוהה להתפתחות המחלה. בניסויים הבאים נבחנה ההשפעה של טמפרטורה ולחות יחסית על התפתחות המחלה. נבחנו טווחי טמפרטורות 12-29 מ"צ ולחות יחסית 65-99% להדבקת קטעי גבעול. בניסוי נוסף נבחנו טווחי טמפרטורות 18-26 מ"צ ולחות יחסית 70-99% להדבקת צמחים שלמים. הצמחים הודבקו בתרחיף נבגים.

#### ב.1.1. השפעת טמפרטורה ולחות יחסית על הופעת המחלה בקטעי גבעול

בקטעי גבעול הטמפרטורה המיטבית להתפתחות המחלה היא 22-25 מ"צ ( $P<0.0001$ ). בטמפרטורה גבוהה (29 מ"צ) המחלה התפתחה לאט יותר (איור 4). רמת ההנבגה היתה גבוהה בלחות יחסית מעל 85% ובטמפרטורות 18-22 מ"צ ( $P<0.0001$ ). בלחות יחסית נמוכות (65-75%) רמת ההנבגה היתה נמוכה בכל הטמפרטורות. בטמפרטורה 29 מ"צ לא היתה הנבגה בכלל בכל הלחות (איור 4). מהתוצאות שהתקבלו בניסוי זה חושב קצב התקדמות המחלה (טבלה 2 ו-3). נמצא כי קצב התפתחות הרקבון המהיר ביותר היה בלחות יחסית גבוהה 94-97% וטמפרטורה 25 מ"צ, לעומת זאת בלחות יחסית נמוכה 65-85% קצב התפתחות המחלה היה מהיר בטמפרטורה של 15 מ"צ. קצב ההנבגה היה גבוה בלחות יחסית מעל 85% וטמפרטורה 15-18 מ"צ.



**איור 4.** ערכי AUDPC של התפתחות הריקבון (שמאל) והתעצמות ההנבגה (ימין) של בוטריטיס בקטעי גבעול בתנאי לחות וטמפרטורה שונים. קיים אנכיים מייצגים שגיאת התקן.

**טבלה 2.** קצב התפתחות הריקבון בעקבות ההדבקה בבוטריטיס בקטעי גבעול בתנאי טמפרטורה ולחות יחסית שונים. הערכים מייצגים את קצב התקדמות המחלה (ס"מ/יום).

		לחות יחסית (%)						טמפרטורה (מ"צ)		
		99	97	94	85	75	65			
אבג	0.33	אבגד	0.3	אבגד	0.3	אבגד	0.3	אבג <sup>1</sup>	0.39	12
אבג	0.33	אבגד	0.2	אבגד	0.2	אבג	0.4	א	0.46	15
אבג	0.27	גדה	0.1	אבגד	0.2	אבגדה	0.3	אבגדה	0.28	18
דה	0.17	בגדה	0.2	גדה	0.2	אבגדה	0.3	אבגדה	0.28	22
אבג	0.36	אב	0.4	אבגד	0.3	אבגד	0.3	אבגדה	0.28	25
ה	0.08	ה	0.0	ה	0.0	אבגדה	0.2	אבג	0.33	29

<sup>1</sup>אותיות שונות מייצגות הבדלים מובהקים בין הטיפולים ( $P \leq 0.05$ ) לפי מבחן Tukey. נמצאה השפעת גומלין של טמפרטורה ולחות יחסית ( $P < 0.0001$ ) ולכן מובא הניתוח המפורט לפי טיפולים.

**טבלה 3.** קצב התעצמות ההנבגה של בוטריטיס בקטעי גבעול בתנאי טמפרטורה ולחות יחסית שונים. הערכים מייצגים את קצב התקדמות ההנבגה (%/יום).

		לחות יחסית (%)						טמפרטורה (מ"צ)			
		99	97	94	85	75	65				
גדהו	1.	בגדהו	2.2	אבגדהו	2.8	בגדהו	2.2	ו	0.00	12	
א	5.	א	5.4	אב	4.8	אבגד	4.0	בגדהו	2.	גדהו	1.57
אבג	4.	אבגד	3.6	אב	4.8	א	5.3	אבגדה	2.	דהו	1.42
הו	1.	אבגד	3.1	בגדהו	2.2	אב	4.9	אבגדה	3.	דהו	1.17
הו	0.	ו	0.3	דהו	1.1	אבגד	3.0	אבגדה	2.	דהו	1.31
ז	0.	ז	0.0	ז	0.0	ז	0.0	ז	0.	ז	0.00

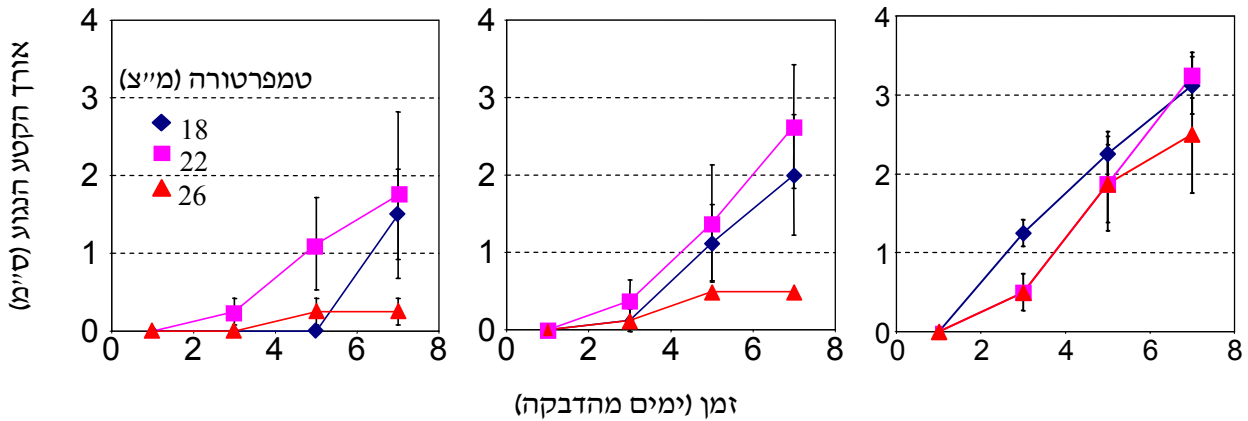
\*אותיות שונות מייצגות הבדלים סטטיסטיים בין הטיפולים ( $P \leq 0.05$ ) לפי מבחן Tukey. נמצאה השפעת גומלין של טמפרטורה ולחות יחסית ( $P < 0.0001$ ) ולכן מובא הניתוח המפורט לפי טיפולים.

### ב.1.2 השפעת טמפרטורה ולחות יחסית על הופעת המחלה בצמחים שלמים

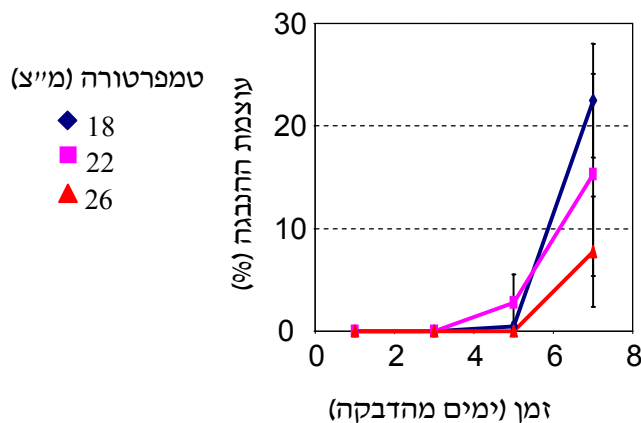
בלחות יחסית גבוהה (מעל 99%) לא היו הבדלים בהתפתחות המחלה בטמפרטורות שונות ( $P=0.3653$ ) בצמחים שלמים. תוצאות דומות נצפו גם בטווח לחות יחסית של 85-95% ( $P=0.0904$ ). בטווח לחות יחסית 70-85% ובטמפרטורה של 22 מ"צ רמת המחלה היתה גבוהה יותר מאשר בטמפרטורות של 18 ו-26 מ"צ באותו טווח של לחות



יחסית (איור 5). הנבגה של גדמים נגועים נצפתה רק בטווח לחות יחסית מעל 99% (איור 6) ללא הבדל משמעותי בין הטיפולים בטמפרטורות השונות ( $P=0.3747$ ). לא נמצאה השפעת גומלין בין גורם "הטמפרטורה" ו"הלחות היחסית" על התפתחות הריקבון, אך נמצאה השפעה מובהקת של כל גורם בנפרד (טבלה 4). כמו כן לא נמצאה השפעת גומלין של טמפרטורה ולחות יחסית על רמת ההנבגה בגדמים נגועים, לעומת זאת נמצאה השפעה מובהקת של לחות יחסית על רמת ההנבגה, בעוד השפעת גורם הטמפרטורה אינה מובהקת (טבלה 4).



**איור 5.** התפתחות ריקבון של בוטריטיס בצמחים שלמים בתנאי לחות יחסית וטמפרטורה שונים. לחות יחסית מעל 99% (ימין), בתחום של 85-95% (אמצע) ובתחום של 70-85% (שמאל). קווים אנכיים מייצגים את שגיאת התקן.



**איור 6.** עוצמת ההנבגה של בוטריטיס בצמחים שלמים בלחות יחסית 99% ותנאי טמפרטורה שונים. קווים אנכיים מייצגים את שגיאת התקן.

מהתוצאות שהתקבלו בניסוי זה חושב קצב התקדמות המחלה (טבלה 5). נמצא כי בטמפרטורות של 18-22 מ"צ קצב התקדמות המחלה היה מהיר ביותר בכל טווחי הלחות היחסית. קצב ההנבגה היה מהיר בלחות יחסית מעל 99%. לעומת זאת לא נמצאה השפעת גומלין של גורם "הטמפרטורה" ו"הלחות היחסית" על קצב התפתחות המחלה וההנבגה (טבלה 6).

**טבלה 4.** ניתוח שונות דו גורמי של ניסוי בו נבדקה השפעת הגומלין של טמפרטורה ולחות יחסית והשפעת הגורמים הבודדים על התפתחות הריקבון והנבגה של בוטריטיס בגדמים על צמחים שלמים. התוצאות מייצגות ערכי השטח מתחת לעקום התפתחות המחלה (AUDPC) (ס"מ × ימים או % × ימים, בהתאמה). מוצגים ערכי  $P$  להשפעות הגומלין ולכל אחד מהגורמים הראשיים.

הנבגה			התפתחות ריקבון		
טמפרטורה (מ"צ)	לחות יחסית (%)	טמפרטורה × לחות יחסית	טמפרטורה (מ"צ)	לחות יחסית (%)	טמפרטורה × לחות יחסית
$P=0.3781$	$P<0.0001$	$P=0.3483$	$P=0.0156$	$P<0.0001$	$P=0.2573$
ל.מ.*	ב	ל.מ.*	אב	ב	מ.ל.*
	70-85		18	70-85	
	85-95		22	85-95	
	>99		26	>99	
			3.25		
			8.45		

\*ל.מ.=לא מובהק

בכל מדד, אותיות שונות מעידות על הבדל מובהק ברמת המובהקות המצוינת בראש העמודה לפי מבחן Tukey

**טבלה 5.** קצב התפתחות מחלת עובש אפור בתנאי טמפרטורה ולחות יחסית שונים. הערכים בטבלה מייצגים את קצב התקדמות המחלה (ס"מ/ימים ± שגיאת תקן או % ליום, בהתאמה):

קצב התפתחות ההנבגה (לחות יחסית %)			קצב התקדמות המחלה (לחות יחסית %)			טמפרטורה (מ"צ)
>99	85-95	70-85	>99	85-95	70-85	
$3.7 \pm 0.9$	0.0	0.0	$0.31 \pm 0.046$	$0.31 \pm 0.12$	$0.25 \pm 0.096$	18
$2.53 \pm 0.01$	0.0	0.0	$0.46 \pm 0.0001$	$0.37 \pm 0.164$	$0.23 \pm 0.184$	22
$1.3 \pm 0.9$	0.0	0.0	$0.28 \pm 0.124$	$0.06 \pm 0.024$	$0.04 \pm 0.028$	26

**טבלה 6.** ניתוח שונות דו גורמי של ניסוי בו נבדקה השפעת הגומלין של טמפרטורה ולחות יחסית והשפעת הגורמים הבודדים על קצב התפתחות מחלת עובש אפור בצמחים שלמים. התוצאות מייצגות את קצב התפתחות המחלה (ס"מ/ימים). מוצגים ערכי  $P$  לאינטראקציות ולכל אחד מהגורמים הראשיים:

קצב התפתחות ההנבגה			קצב התקדמות המחלה		
טמפרטורה (מ"צ)	לחות יחסית (%)	טמפרטורה × לחות יחסית	טמפרטורה (מ"צ)	לחות יחסית (%)	טמפרטורה × לחות יחסית
$P=0.2631$	$P<0.0001$	$P=0.2658$	$P=0.6062$	$P=0.0598$	$P=0.0251$
ל.מ.	ב	ל.מ.	ל.מ.	ל.מ.	אב
	0.0	70-85	0.37	>99	18
	0.0	85-95	0.25	85-95	22
	2.53	>99	0.18	70-85	26
					0.14
					0.43
					1.25
					0.85
					0.21

\*ל.מ.=לא מובהק

בכל מדד, אותיות שונות מעידות על הבדל מובהק ברמת המובהקות המצוינת בראש העמודה לפי מבחן Tukey

## 2.2. הדבקת הגבעול מעלים נגועים: השפעת מיקום העלה, לחות וטמפרטורה

בחלקות ליזיאנטוס מסחריות נצפתה הדבקת גבעולים מעלים נגועים שהיו סמוכים לקרקע. בניסויים קודמים נמצאו הבדלים ברגישות של הגבעול בגבהים שונים (הפרקים האמצעיים רגישים יותר), אשר הצביעה על כך שהפרק התחתון לא מתייחד ברגישות יתרה. בשטחי ליזיאנטוס צפינו בגידול בוטריטיס לאורך העלים ולעבר הגבעול. לכן נבחנה ההתקדמות של המחלה מעלים נגועים לכיוון הגבעול. המבחן נעשה בשני גבהים: עלים תחתונים הסמוכים לקרקע (עלה מספר 1) ועלים עליונים (עלה מספר 6) הרחוקים יחסית מהקרקע. נלקחו צמחי ליזיאנטוס שלמים שגודלו בעציצים בהם הודבקו עלים במרכזם. הצמחים הודגרו בטמפרטורה 18-26 מ"צ ובארבעה משטרי לחות יחסית מעל 90%. נמדד המרחק מהכתם הנגוע בעלה עד הגבעול וחושב קצב התקדמות הריקבון (טבלה 7). בעלים העליונים והתחתונים קצב התקדמות המחלה היה מהיר יותר בטמפרטורות 18 ו-20 מ"צ. בטמפרטורה 26 מ"צ המחלה לא

התקדמה או התקדמה לאט (ב-100% לחות יחסית). בכל הטיפולים קצב התקדמות המחלה היה גבוה בעלים התחתונים בהשוואה לעלים עליונים. לאחר בדיקת האינטרקציה בין שלושת הגורמים נמצא כי רק לטמפרטורה ולחות יחסית יש השפעה משולבת על התפתחות הריקבון בעלים (טבלה 8). כמו כן נמצא שבטמפרטורה 18 מ"צ התפתח הריקבון בגבעול בשיעור של 20-75% ובטמפרטורה של 22 מ"צ בשיעור של 50-95% בעוד שבטמפרטורה של 26 מ"צ הגבעולים לא נפגעו (התוצאות אינן מוצגות).

**טבלה 7.** השפעת טמפרטורה ולחות יחסית על קצב התקדמות מחלת עובש אפור מעלים נגועים עד הגבעול. הערכים מוצגים כקצב ההתקדמות (ס"מ/יום ± שגיאת התקן)

לחות יחסית (%)				מיקום העלה	טמפרטורה
>99	97-99	95-96	91-94	(פרק בגבעול)	(מ"צ)
0.31±0.09	0.29±0.05	0.33±0.05	0.22±0.03	1	18
0.22±0.07	0.13±0.09	0.26±0.06	0.12±0.04	6	
0.39±0.11	0.27±0.06	0.22±0.06	0.37±0.02	1	20
0.26±0.06	0.27±0.08	0.26±0.08	0.29±0.02	6	
0.29±0.05	0.03±0.01	0.01±0.00	0.12±0.03	1	26
0.15±0.03	0.03±0.01	0.05±0.06	0.07±0.05	6	

**טבלה 8.** ניתוח שונות תלת גורמי בניסוי בו נבדקה השפעת גומלין של טמפרטורה, לחות יחסית ומיקום העלה והשפעת הגורמים הבודדים על קצב התקדמות מחלת עובש אפור מעלה נגוע עד לגבעול. התוצאות מייצגות ערכי השטח מתחת לעקום התפתחות המחלה (AUDPC) (ס"מ × ימים). מוצגים ערכי  $P$  לאינטראקציות ולכל אחד מהגורמים הראשיים.

$P$	השפעת גומלין	מיקום העלה (פרק בגבעול)	לחות יחסית (%)	טמפרטורה (מ"צ)
0.0279	טמפרטורה × לחות יחסית	$P=0.0014$	$P=0.0080$	$P<0.0001$
0.3842	לחות יחסית × מיקום העלה	א 0.24 1	א 0.27 >99	א 0.23 18
0.4038	טמפרטורה × מיקום העלה	ב 0.18 6	אב 0.20 95-96	א 0.29 20
0.7173	טמפרטורה × לחות יחסית × מיקום העלה		אב 0.20 91-94	ב 0.10 26
			ב 0.17 97-99	

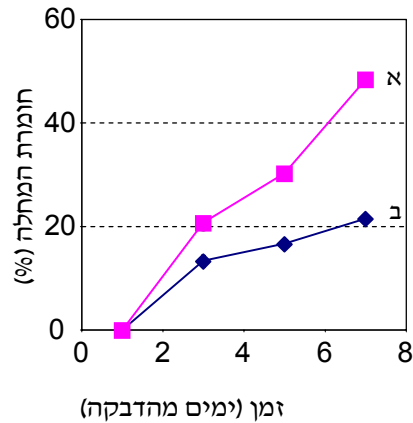
\* בכל מדד, אותיות שונות מעידות על הבדל מובהק ברמת המובהקות המצוינת בראש העמודה לפי מבחן Tukey.

### ב.3. השפעת חיץ בין הקרקע לעלים על התפתחות המחלה

בניסוי הקודם תוארה תופעת ההדבקה של הגבעול מעלים נגועים הסמוכים לקרקע. תצפיות בחלקות מגדלים העלו את האפשרות שהמגע של העלים התחתונים בקרקע הרטובה עלול ליצור תנאי מיקרואקלים מתאימים (לחות יחסית או רטיבות) להדבקה של העלה על ידי *B. cinerea*. בניסוי זה נבדקה ההשפעה של יריעת פוליאאתילן הפרוסה על הקרקע כחיץ בין העלים התחתונים לקרקע הרטובה. הניסוי נעשה בצמחי ליזיאנטוס שלמים שגודלו בעציצים ונבדלו ביניהם בנוכחות יריעת פוליאאתילן הפרוסה על הקרקע בלבד בעוד תנאי הלחות דמו בשני הטיפולים ובקרקע לא היה מידבק של בוטריטיס אלא רק על העלים. העלים התחתונים הודבקו בטיפת תרחיף של נבגי הפטריה. הצמחים הודגרו בטמפרטורה 20 מ"צ בתנאי לחות יחסית של מעל 95% ותחת עוצמת אור בינונית (1020 לוקס). חומרת המחלה בעלים שהופרדו מהקרקע על ידי יריעת פוליאאתילן היתה נמוכה משמעותית מעלים עם קרקע חשופה (איור 7).

#### נוכחות יריעת פוליאתילן

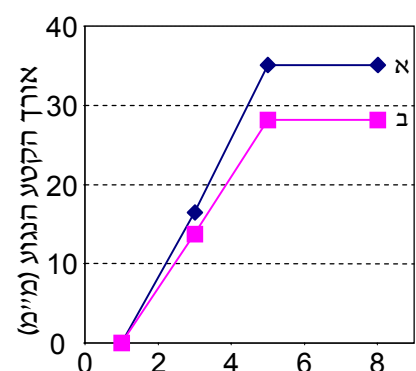
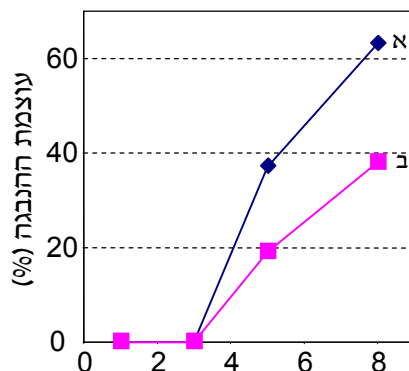
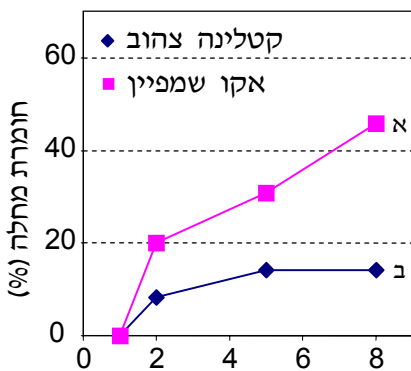
- ◆ עם יריעה
- בלי יריעה



**איור 7.** השפעת יריעת פוליאתילן הפרוסה על הקרקע מתחת לעלים על חומרת מחלת עובש אפור בעלים. אותיות שונות מייצגות הבדלים סטטיסטיים לפי מבחן Student's t ( $P < 0.0001$ ). הניתוח נעשה לערכי שטח מתחת לעקום התפתחות המחלה (AUDPC) (ס"מ × ימים).

#### ב. רגישות זני ליזיאנטוס לבוטריטיס

בחלקות מסחריות נצפה לכאורה הבדל ברגישות בזני ליזיאנטוס. הזן אקו שמפיין דווח כרגיש ביותר. יתכן שרמת הנגיעות קשורה באופי הצימוח של הזנים, כלומר זנים בעלי צימוח רב יותר יוצרים נוף צפוף יותר ולכן נוצרים תנאים טובים להתפתחות המחלה אך נושא זה לא נתן לבדוק במעבדה. לאחרונה נמצאו זני ליזיאנטוס עם עמידות בינונית ל-*B. cinerea* בארה"ב. נערך ניסוי לבדיקת רגישות שני זני ליזיאנטוס: "אקו שמפיין" ו"קטלינה צהוב" הנמצאים בשימוש מסחרי בארץ. הניסוי נעשה בקטעי גבעול ובעלים מנותקים שנלקחו משובנת העלים. בקטעי גבעול הרגישות של זן אקו שמפיין היתה נמוכה משמעותית ( $P < 0.0001$ ) מהרגישות של הזן קטלינה צהוב (איור 8). התוצאות שהתקבלו מהניסוי בעלים מנותקים היו הפוכות מהתוצאות שהתקבלו בניסוי בקטעי גבעול. הזן אקו שמפיין היה יותר רגיש ( $P = 0.0310$ ) מזן קטלינה צהוב (איור 8).

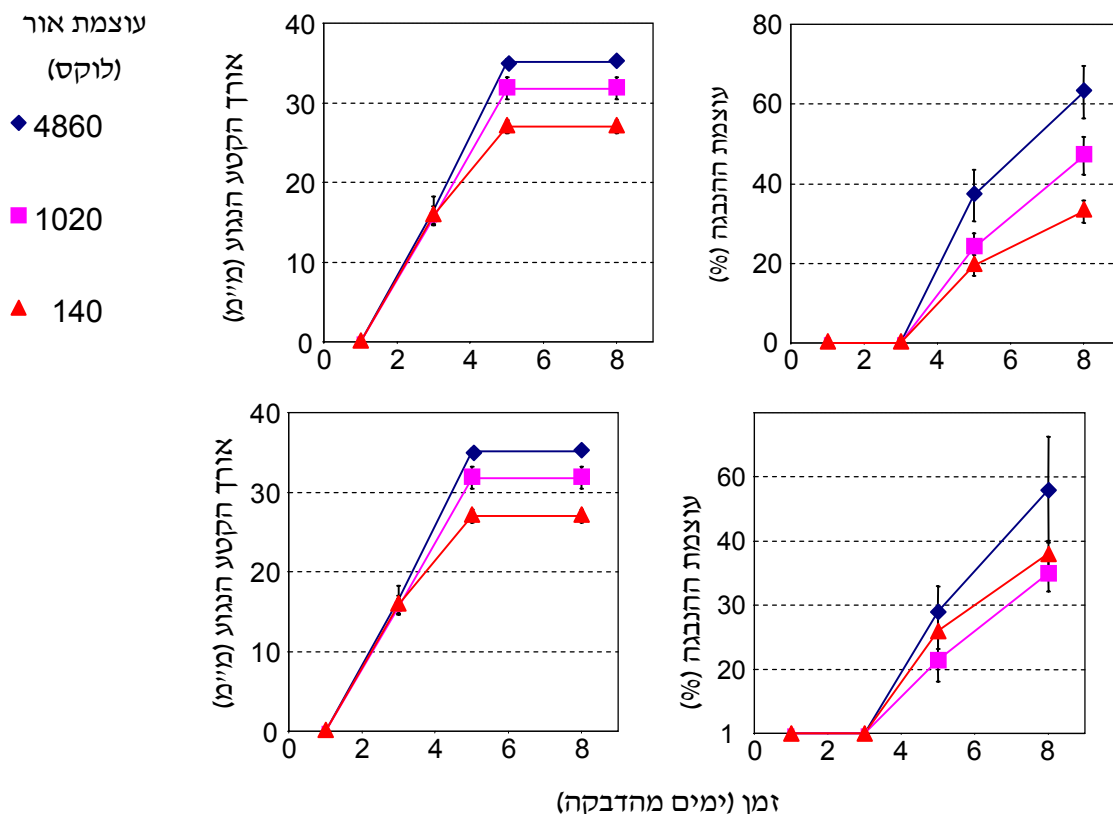


זמן (ימים מהדבקה)

**איור 8.** רגישות של זני ליזיאנטוס להדבקה ב-*B. cinerea*. עוצמת תאורה 4860 לוקס. התפתחות הריקבון ( $P < 0.0001$ ) (ימין) וההנגבה ( $P = 0.0110$ ) (אמצע) בקטעי גבעול והתפתחות הריקבון בעלים מנותקים ( $P = 0.0433$ ) (שמאל). אותיות שונות בכל גרף מייצגות הבדלים מובהקים לפי מבחן Student's t.

## ב.5. השפעת עוצמת אור על חומרת המחלה

צמחי ליזיאנטוס מייצרים נוף סבוך וצפוף בקרבת הקרקע. עוצמת האור בסביבת בבסיס הצמח הינה שונה מעוצמת האור בנוף העליון. בספרות ידוע על תבדידי *B. cinerea* הנמביגים בחושך. יתכן ועוצמת האור הנמוכה הקיימת בקרבת בסיס הגבעול מעודדת את הופעת מחלת העובש האפור בבסיס הצמח. בניסוי זה נבדקה ההשפעה של שלוש עוצמות אור: גבוהה – 4860 לוקס, בינונית – 1020 לוקס ונמוכה – 140 לוקס על הופעת המחלה בבסיס הגבעול. המבחן נעשה בשני זני ליזיאנטוס, אקו שמפיין וקטלינה צהוב, בקטעי גבעול ובעלים מנותקים. נמצאו הבדלים בין ההשפעות של עוצמת האור על הופעת המחלה בזן קטלינה צהוב ( $P < 0.0001$ ). בעוצמת אור גבוהה (4860 לוקס) רמת המחלה הייתה הגבוהה ביותר ובעוצמת אור נמוכה (140 לוקס) רמת המחלה הייתה נמוכה (איור 9). כמו כן רמת ההנבגה הייתה גבוהה תחת עוצמת אור גבוהה (4860 לוקס) שנבדלה משמעותית ( $P = 0.0022$ ) מרמת ההנבגה תחת עוצמת אור בינונית ונמוכה (איור 9). בזן "אקו שמפיין" נמצא הבדל בין השפעת עוצמת האור הגבוהה (4860 לוקס) והנמוכה (140 לוקס) בלבד על הופעת המחלה ( $P = 0.0085$ ). לא נמצאו הבדלים בין השפעת עוצמות אור שונות ( $P = 0.1385$ ) על רמת ההנבגה (איור 9). כאשר נבדקה השפעת גומלין בין גורמי הזן ועוצמת אור נמצא כי קיימת השפעה של כל אחד מהגורמים בנפרד, אך לא קיימת השפעת גומלין בין שני גורמים אלו (טבלה 9).



**איור 9.** השפעת עוצמת האור על הופעת מחלת עובש אפור בקטעי גבעול בזן קטלינה צהוב (למעלה) ובזן אקו שמפיין (למטה). חומרת המחלה (שמאל) והנבגה (ימין). קווים אנכיים מייצגים את שגיאת התקן.

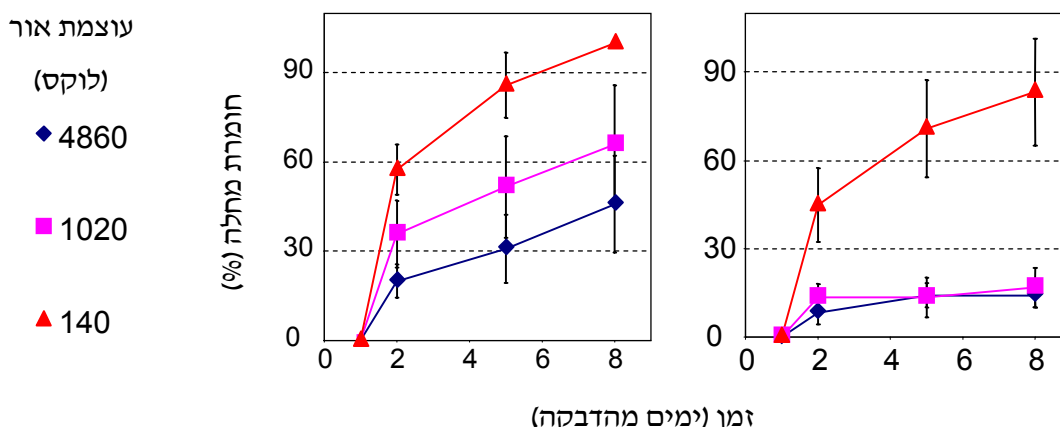
**טבלה 9.** ניתוח שונות דו גורמי של ניסוי בו נבדקה השפעת גומלין של שני זני לזיאנטוס (אקו שמפיין וקטלינה צהוב) ושלוש עוצמות אור (גבוהה, בינונית ונמוכה) והשפעת הגורמים הבודדים על התפתחות הריקבון והנבגה של בוטריטיס בקטעי גבעול. התוצאות מייצגות ערכי השטח מתחת לעקום התפתחות המחלה (AUDPC) (ס"מ × ימים). מוצגים ערכי  $P$  לאינטראקציות ולכל אחד מהגורמים הראשיים:

הנבגה		התפתחות ריקבון			
זן × עוצמת אור	עוצמת אור (לוקס)	זן	זן × עוצמת אור	עוצמת אור (לוקס)	זן
$P=0.0763$	$P=0.0007$	$P<0.0001$	$P=0.3106$	$P<0.0001$	$P<0.0001$
ל.מ.	א 145.7 4860	קטלינה צהוב א 138.6	ל.מ.	א 156.9 4860	קטלינה צהוב א 157.2
	ב 98.4 1020	אקו שמפיין ב 84.2		ב 144.4 1020	אקו שמפיין ב 130.2
	ב 90.1 140			ג 129.8 140	

\*ל.מ.=לא מובהק

\*בכל מדד, אותיות שונות מעידות על הדבל מובהק ברמת המובהקות המצוינת בראש התור לפי מבחן Tukey.

בניסוי בעלים מנותקים (איור 10) התוצאות שהתקבלו היו הפוכות מתוצאות שהתקבלו בניסוי עם קטעי גבעול (איור 9). רמת המחלה היתה גבוהה בעוצמת אור נמוכה (140 לוקס) בשני זני הליזיאנטוס. רמת המחלה בזן "קטלינה צהוב" היתה נמוכה מאוד בעוצמות אור גבוהה ובינונית לעומת רמת המחלה בעוצמות אור אלו בזן "אקו שמפיין". כאשר נבדקה השפעת גומלין בין גורם ה"זן" ו"עוצמת אור" נמצא כי לגורם "הזן" ו"עוצמת האור" יש השפעה משמעותית על הופעת המחלה בעלים מנותקים, אך לא קיימת אינטראקציה ביניהם (טבלה 10).



**איור 10.** השפעת עוצמות אור על הופעת מחלת עובש אפור בעלים מנותקים. זן "קטלינה צהוב" (שמאל) וזן "אקו שמפיין" (ימין). קווים אנכיים מייצגים את שגיאת התקן.

**טבלה 10.** ניתוח שונות דו גורמי של ניסוי בו נבדקה ההשפעה המשולבת של שני זני לזיאנטוס ("אקו שמפיין" ו"קטלינה צהוב") ושלוש עוצמות אור (גבוהה, בינונית ונמוכה) והשפעת הגורמים הבודדים על התפתחות הריקבון של בוטריטיס בעלים מנותקים. התוצאות מייצגות ערכי השטח מתחת לעקום התפתחות המחלה (AUDPC) (ס"מ × ימים). מוצגים ערכי  $P$  לאינטראקציות ולכל אחד מהגורמים הראשיים:

חומר המחלה					
זן × עוצמת אור	עוצמת אור (לוקס)		זן		
$P=0.4371$	$P<0.0001$		$P=0.0029$		
ל.מ.	ב 140.8	4860	א	349.7	אקו שמפיין
	ב 208.5	1020	ב	199.9	קטלינה צהוב
	א 475.0	140			

\*ל.מ.=לא מובהק

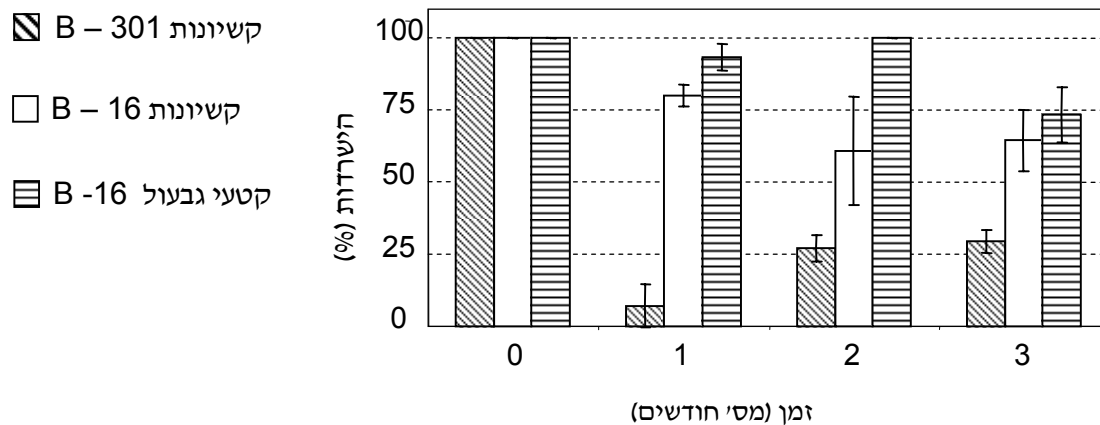
\*בכל מדד, אותיות שונות מעידות על הדבל מובהק ברמת המובהקות המצוינת בראש העמודה לפי מבחן Tukey.

### ג. הישרדות הפטריה

#### 1.ג. ההישרדות של מידבק בוטריטיס בקרקע במשך תקופת הקיץ

לאחר ההדבקה ב *B. cinerea* ומות הצמח הפונדקאי, הפטריה עשויה לשרוד בצורה ספרופיטית על רקמה מתה או ליצור גופי קיימא. קשיונות ותפטיר חבוי בתוך רקמה צמחית יבשה הן הצורות בעלות הפוטנציאל הרב יותר להישרדות של הפטריה בקרקע. מבנה הקשיונות מותאם לשרידות בתנאים קיצוניים והרקמה הצמחית היבשה מספקת הגנה לתפטיר. בפרק זה נבחנה הישרדות של קשיונות וחומר צמחי נגוע בקרקע למשך מספר חודשים. נעשה שימוש בקשיונות משני תבדידי בוטריטיס (תבדידים B-16 ו-B-301) וקטעי גבעול יבשים שהיו עם תפטיר בוטריטיס (תבדיד B-16). קשיונות וקטעי גבעול יבשים הוכנסו לשקיות מחומר אינרטי והוטמנו בקרקע בחממות (כדי לדמות את המצב הטבעי של החומר הצמחי השורד בקרקע בקיץ). במהלך תקופת הקיץ נדגמו שלוש פעמים, לאחר חודש, חודשיים ושלושה חודשים, השקיות עם המדבק מהקרקע ונבדקה חיוניות של הקשיונות וקטעי הגבעול על גבי צלחות פטרי עם מצע סלקטיבי לבוטריטיס. חומר צמחי הודגר בקרקע למשך תקופה של שלושה חודשים, תקופה המייצגת את מרווח הזמן להישרדות הבוטריטיס בקרקע מתום גידול אחד ועד תחילת העונה לאחר מכן.

נמצא שהישרדות הפטריה בתוך קטעי גבעול יבשים והישרדות של קשיונות מתבדיד B-16 יותר טובה מהישרדות קשיונות מתבדיד B-301. לאחר שלושה חודשים נמצאו 73% של קטעי גבעול שהכילו פטריה חיונית ו-64% של הקשיונות חיוניות מתבדיד B-16, לעומת 28% קשיונות חיוניות מתבדיד B-301 (איור 11 וטבלה 11).



**איור 11.** הישרדות חומר צמחי הנגוע בבוטריטיס (עמודות עם קויים אופקיים) וקשיונות של שני תבדידים (עמודות עם קויים אלכסוניים ועמודות ריקות) בקרקע למשך תקופת הקיץ בחוות הבשור. קויים אנכיים מייצגים את שגיאת התקן.

**טבלה 11.** ניתוח שונות של תוצאות מניסוי 1.ג. התוצאות מייצגות את לערכי הנגיעות שהתקבלו ביום האחרון להערכת המחלה:

$P=0.0048$	חומרת המחלה	סוג המידבק
א	0.73	קטעי גבעול B-16
א	0.64	קשיונות B-16
ב	0.28	קשיונות B-301

\* בכל מדד, אותיות שונות מעידות על הדבל מובהק ברמת המובהקות המצוינת בראש העמודה לפי מבחן Student's t.

#### ד. תיאור מחזור החיים של הפטרייה בחממה

נערך מעקב אחר הדבקות בוטריטיס בחלקות ליזיאנטוס בחוות הבשור של מו"פ דרום. לאחר שבוסס מוקד נגיעות בחלקות. בשטח נמצאו הדבקות בעלים הסמוכים לקרקע. ריקבון העלים מתקדם לעבר בסיס הגבעול בצמחים שלמים ובגדמים לאחר הקטיף (תמונה 3). נצפתה הדבקה מעלה נגוע של צמח אחד לעלים של צמח שכן (תמונה 4). בנוסף, לאחר הקטיף נוצר גדם ובו הפצע נדבק ישירות (תמונה 5). לפיכך התקדמות הבוטריטיס בין הצמחים מתקיימת אך לטווח קצר במהלך העונה. נבגים רבים נוצרים בבסיס הגבעול. עיקר פיזור המחלה נגרם על ידי תפוצת נבגים באוויר. בסוף עונת הגידול 2005 נאספו צימחי ליזיאנטוס והודבקו בבוטריטיס. הם הודגרו במעבדה בתא לח ב- 20 מ"צ למשך חודש על מנת לקבל כמות רבה של קשיונות. לא נמצאו קשיונות על גבי או בתוך הגבעולים. לעומת זאת, נמצאו צמחים בודדים נגועים עם קשיונות על גבי הגבעול בחממה (תמונה 6).



3- התקדמות ריקבון העלה לעבר הגבעול; 4 - הדבקה העלה מעלה שכן נגוע; 5 - גדם נגוע; 6 - קשיונות על גבי גבעול.

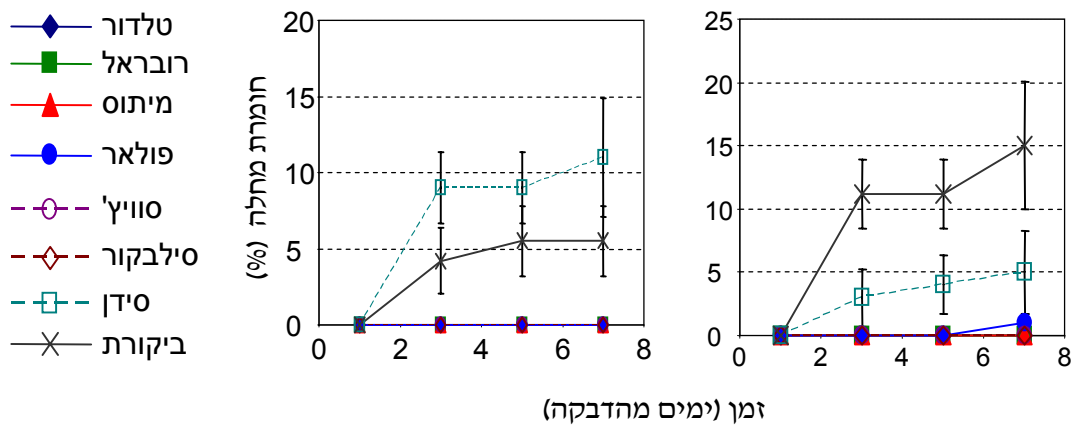
#### ה. בחינת תכשירים כימיים כנגד בוטריטיס

##### ה.1. בחינת תכשירים כימיים לפני ואחרי הדבקה בבוטריטיס

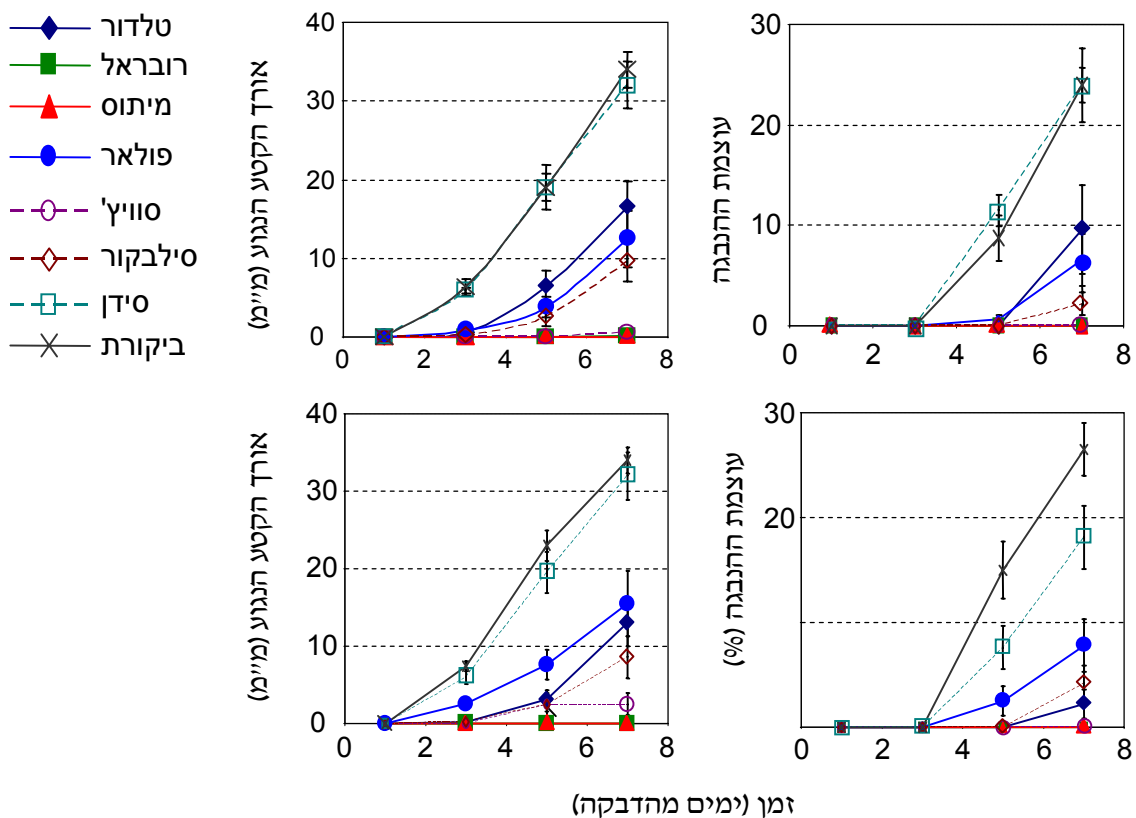
תכשירי הדברה חשובים מאוד בהדברת מחלות צמחים והם עשויים לתרום גם להדברת הבוטריטיס בליזיאנטוס. בפרק זה נבדק פוטנציאל ההדברה של התכשירים טלדור (fenhexamid), רובראל (iprodione), מיתוס (pyrimethanil), פולאר (polyoxin AL), סוויץ (fludioxonil + cyprodinil), וסילבקור (dichlofluanid + tebuconazole). בנוסף נבדק ריסוס בסידן כאמצעי למניעת ההדבקה בבוטריטיס. המבחנים נעשו בעלים מנותקים ובקטעי גבעול. לאחר ההדבקה בבוטריטיס הודגרו החומר הצמחי בתא לח בטמפרטורה של 20 מ"צ. בעלים מנותקים כל התכשירים הכימיים וריסוס בסידן נמצאו יעילים מאוד (איור 12 וטבלה 12) כאשר רוססו לפני ההדבקה



בבוטריטיס. ביישום אחרי הדבקה בבוטריטיס נמצאו כל הפונגיצידיים יעילים אך לא הסידן שהיה גרוע מהביקורת (איור 13 וטבלה 12).



**איור 12.** פוטנציאל ההדברה של תכשירים כימיים כנגד בוטריטיס ביישום על גבי עלים מנותקים. ישום התכשירים נעשה בריסוס לפני (ימין) ואחרי (שמאל) הדבקה בבוטריטיס. טלדור 0.15%, רובראל 0.1%, מיתוס 0.25%, פולאר 0.05%, סוויץ' 0.1%, סילבאקור 0.15%, סידן  $Ca(NO_3)_2$  0.1 ג"ר/מ"ל. קווים אנכיים מייצגים את שגיאת התקן.



**איור 13.** פוטנציאל ההדברה של תכשירים כימיים כנגד בוטריטיס ביישום לפני (למעלה) ואחרי (למטה) הדבקה בבוטריטיס בקטעי גבעול. התפתחות ריקבון (משאל) והנבגה (ימין). טלדור 0.15%, רובראל 0.1%, מיתוס 0.25%, פולאר 0.05%, סוויץ' 0.1%, סילבאקור 0.15%, סידן  $Ca(NO_3)_2$  0.1 ג"ר/מ"ל. קווים אנכיים מייצגים את שגיאת התקן.

ביישום לפני הדבקה בקטעי גבעול תכשירים כמו רובראל, מיתוס וסוויץ היו יעילים והדבירו את המחלה בצורה טובה. התכשירים פולאר, סילבקור וטלדור היו פחות יעילים וסידן לא היה יעיל כלל (טבלה 12). עוצמת ההנבגה היתה גבוהה בריסוס סידן ובביקורת בעוד בטיפולי הפונגיצידיים עוצמת ההנבגה היתה נמוכה מאוד (איור 13 וטבלה 12). ביישום אחרי ההבדקה בבוטריטיס בקטעי גבעול תכשירים כמו מיתוס, רובראל וסוויץ היו יעילים ביותר בעוד טלדור, פולאר וסילבקור היו פחות יעילים וסידן לא היה יעיל כלל (טבלה 12). עוצמת ההנבגה היתה נמוכה מאוד בכל הטיפולים הכימיים פרט לטיפול של ריסוס בסידן (איור 13 וטבלה 12).

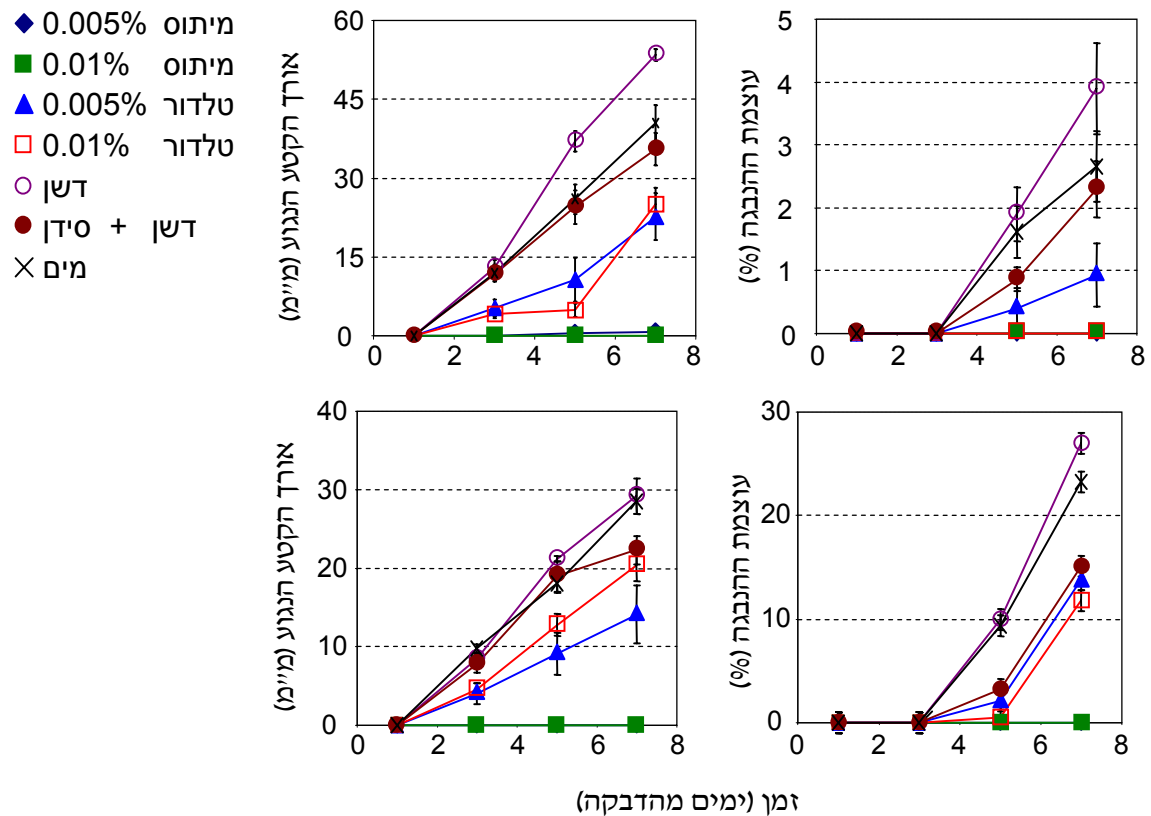
**טבלה 12.** ניתוח שונות של נתוני הניסוי בו נבדק פוטנציאל ההדברה של תכשירים כימיים כנגד בוטריטיס ביישום על גבי קטעי גבעול ועלים מנותקים. התוצאות מייצגות ערכי השטח מתחת לעקום התפתחות המחלה (AUDPC) (ס"מ × ימים)

עלים מנותקים		קטעי גבעול				טיפול
יישום לפני הדבקה	יישום אחרי הדבקה	יישום אחרי הדבקה		יישום לפני הדבקה		
התפשטות הרקבון (חומר%)	התפשטות הרקבון (%) (חומר)	הנבגה (%)	ריקבון (ס"מ)	הנבגה (%)	ריקבון (ס"מ)	
$P < 0.0001$	$P < 0.0001$	$P < 0.0001$	$P < 0.0001$	$P < 0.0001$	$P < 0.0001$	
ב 24.9	א 59.8	א 56.5	א 94.8	א 41.4	א 84.6	ביקורת
א 47.0	ב 19.0	ב 33.3	א 83.2	א 47.0	א 81.8	סידן
ג 0.0	ג 1.0	ג 12.8	ב 35.9	ב 7.8	בג 21.7	פולאר
ג 0.0	ג 0.0	ד 0.0	ד 0.0	ב 0.0	ד 0.0	מיתוס
ג 0.0	ג 0.0	ד 0.0	ד 0.0	ב 0.0	ד 0.1	רובראל
ג 0.0	ג 0.0	גד 4.2	גד 14.2	ב 2.2	ג 15.2	סילבאקור
ג 0.0	ג 0.0	ד 0.0	גד 7.5	ב 0.0	ד 0.5	סוויץ
ג 0.0	ג 0.0	גד 2.2	ג 19.6	ב 9.6	ב 30.3	טלדור

\*בכל מדד, אותיות שונות מעידות על הדבל מובהק ברמת המובהקות המצוינת בראש התור לפי מבחן t Student.

## ה. 2. יישום תכשירים כימיים, דשן וסידן בהגמעה

בעקבות התוצאות מניסוי ד. 1. נבחנו שני תכשירים כימיים ודשן בתוספת סידן בהגמעה על מנת לבדוק את פוטנציאל פעילותם של חומרים אלו בשטח, בתנאים כמו מסחריים. החומרים ניתנו בהגמעה לצמחי ליזיאנטוס שגודלו בעצצים בחדרי גידול למשך חודש ימים. בתום הטיפולים הצמחים הודבקו בתרחיף נבגים של B-16 והודגרו בתא לח בטמפרטורה של 20 מ"צ. המבחנים נעשו בקטעי גבעול ובגדמים בצמחים שלמים. במבחנים של קטעי גבעול תכשיר מיתוס בשני המינונים היה היעיל ביותר בין כל התכשירים, טלדור פחות יעיל ותוספת של דשן וסידן לא היתה יעילה כלל (איור 14 וטבלה 13), אך יש לציין שלא נבדקה קליטת הסידן בריקמה ויתכן והוא לא נקלט. מיתוס בשני מינונים וטלדור במינון הגבוה (0.01%) היו יעילים במניעת ההנבגה, בעוד טלדור במינון הנמוך (0.005%) ותוספת של דשן וסידן לא היו יעילים בהפחתת ההנבגה. התוצאות שהתקבלו בניסוי עם צמחים שלמים היו דומות לתוצאות שהתקבלו בקטעי הגבעול. מיתוס בשני המינונים היה היעיל ביותר גם במניעת התפתחות הריקבון וגם במניעת ההנבגה. טלדור היה פחות יעיל גם במניעת התפתחות הריקבון וגם במניעת ההנבגה. התוצאות שהתקבלו היו דומות לתוצאות של תוספת דשן סידני, אך היו שונות מתוצאות הביקורת ודשן רגיל (איור 14 וטבלה 13).



**איור 14.** השפעת שני תכשירים כימיים, דשן ותוספת סידן בהגמעה על התפתחות הריקבון (שמאל) והנבגה (ימין) של בוטריטיס בקטעי גבעול (למעלה) ובצמחים שלמים (למטה). קווים אנכיים מייצגים את שגיאת התקן.

**טבלה 13.** ניתוח שונות של נתוני הניסוי בו נבדקה ההשפעה של שני תכשירים כימיים, דשן ללא ועם תוספת סידן על התפתחות הריקבון וההנבגה של בוטריטיס בקטעי גבעול. התוצאות מייצגות ערכי השטח מתחת לעקום התפתחות המחלה (AUDPC) (ס"מ × ימים או % × ימים, בהתאמה)

צמחים שלמים		קטעי גבעול		טיפול
עוצמת ההנבגה (%)	התפתחות הריקבון (ס"מ)	עוצמת ההנבגה (%)	התפתחות הריקבון (ס"מ)	
$P < 0.0001$	$P < 0.0001$	$P < 0.0001$	$P < 0.0001$	
ג 0.0	ד 0.0	ג 0.0	ד 0.0	מיתוס 0.005%
ג 0.0	ד 0.0	ג 0.0	ד 0.0	מיתוס 0.01%
ב 14.1	ג 31.7	ג 9.3	ג 22.7	טלדור 0.005%
בג 12.9	ב 55.0	ג 0.0	ג 25.0	טלדור 0.01%
א 41.3	א 76.6	א 39.0	א 53.5	דשן
ב 40.3	ב 60.6	ב 23.0	ב 35.5	דשן + סידן
א 41.9	א 83.9	ב 26.6	ב 40.5	מים

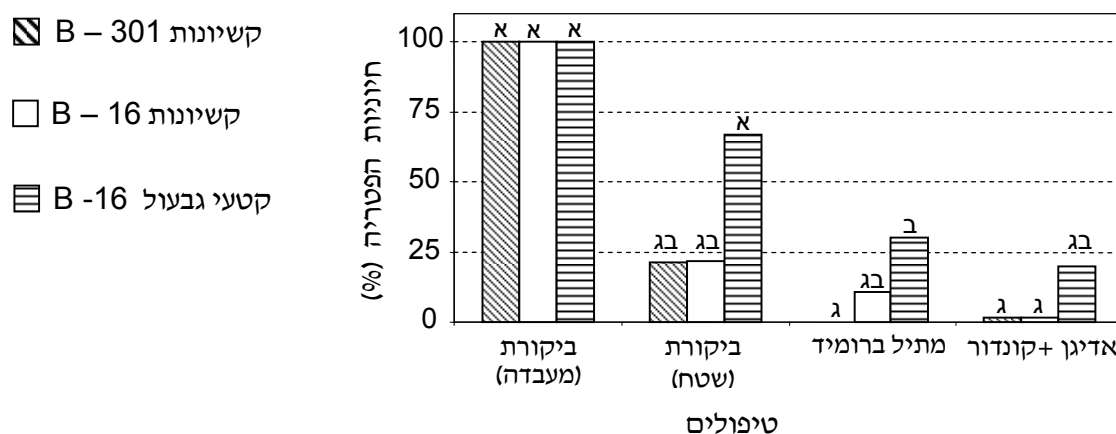
בכל מדד, אותיות שונות מעידות על הבדל מובהק ברמת המובהקות המצוינת בראש העמודה לפי מבחן Student's t.

### ה. השפעת חיטוי קרקע על חיוניות הפטריה

הפטריה בוטריטיס שורדת בקרקע בתוך חומר צמחי או בצורת קשיונות (תוצאות ניסוי ב 4), לכן נהוג לחטא חלקות חקלאיות בתכשירים כימיים לפני שתילה חדשה. לזיאנטוס הוא בין הגידולים שאושרו על ידי ועדת האו"מ

לחריגים להמשך טיפול במתיל ברומיד עד 2010. כיום נעשים ניסויים בחיטויי קרקע בתכשירים אחרים. בניסוי זה נבחנה השפעת חיטויי קרקע בתכשירים כימיים שונים וחיטוי סולרי על חיות מדבק הפטריה. בניסוי שנערך בחוות הבשור נעשו שני חיטויי קרקע: מתיל ברומיד וחיטוי משולב אדיגן וקונדור. קטעי גבעול נגועים יבשים וקשיונות מתבדידי הפטריה B-16 ו-B-301 הוטמנו בקרקע בחממות לפני תחילת החיטוי. לאחר כחודשיים, בתום טיפולי חיטוי הקרקע החומר הצמחי הועבר למעבדה ונבדקה חיוניות של הפטריה על גבי צלחות פטרי עם מצע סלקטיבי לבוטריטיס. מהתוצאות שהתקבלו (איור 15) ניתן לראות כי תכשירים כימיים, מתיל ברומיד ושילוב של אדיגן וקונדור, הפחיתו בצורה משמעותית את חיוניות הפטריה ( $P < 0.0001$ ). גם בטיפול הביקורת בשטח, מדבק שהוטמן בקרקע מחוץ לחממות ולא קיבל שום טיפול של חיטוי קרקע, היתה ירידה בחיוניות הפטריה. הישרדות הקשיונות היתה נמוכה יותר מהשרדות הפטריה בתוך חומר צמחי נגוע.

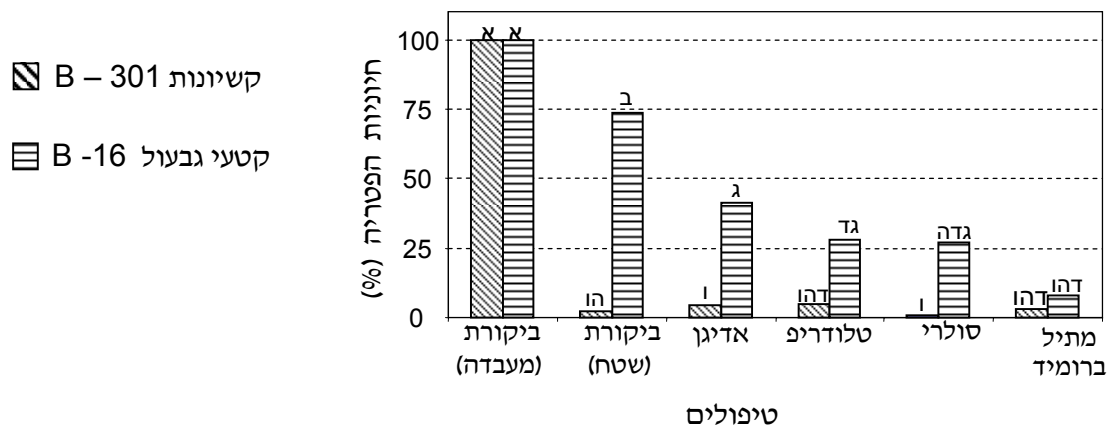
בניסוי שנערך בככר סדום בתחנת הניסויים זהר נעשו ארבעה חיטויי קרקע: אדיגן, טלודריפ, מתיל ברומיד וחיטוי סולרי. בניסוי זה נעשה שימוש בקטעי גבעול מאוכלסים בתבדיד B-16 וקשיונות מתבדיד הפטריה B-301. כמו בניסוי הקודם חומר צמחי הוטמן בקרקע לפני ביצוע חיטויי קרקע והועבר למעבדה לבדיקת החיוניות של הפטריה בתום הטיפולים. כל התכשירים הכימיים הפחיתו את חיוניות הפטריה בצורה משמעותית לעומת הביקורת (איור 16).



**איור 15.** השפעת חיטוי קרקע על חיוניות של פטריה הבוטריטיס (חוות הבשור). חומר צמחי (עמודות עם קויים אופקיים) וקשיונות של שני תבדידים (עמודות עם קויים אלכסוניים ועמודות ריקות). קיימת השפעה גומלין בין גורם חיטוי הקרקע וסוג המדבק ( $P = 0.0051$ ). אותיות שונות בכל סוג מדבק מייצגות הבדלים סטטיסטיים בין הטיפולים ( $P \leq 0.05$ ) לפי מבחן Tukey.

### 1. בחינת אמצעי הדברה חלופיים - ניסוי שדה

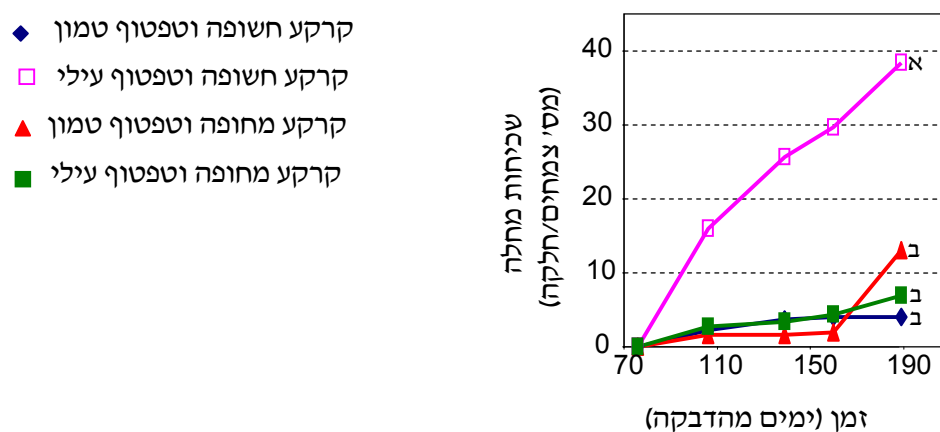
אמצעי הדברה אגרוטכניים הם אמצעים חשובים מאוד בהימנעות ממחלות מוגברות לחות, כמו עובש אפור. אמצעים אלו עשויים לגרום לשינויי המיקרואקלים בעלווה ובאיברים הרגישים של הצמחים, למנוע התבוססות המידבק בחממה ולהפוך את הצמחים לפחות רגישים. להתפתחות מחלת העובש האפור נדרשת לחות יחסית גבוהה ולכן הפחתת הלחות בחממות עשויה להפחית נגיעות הצמחים ב- *B. cinerea*.



**איור 16.** השפעת חיטוי קרקע על חינויות פרטית הבוטריטיס (תחנת ניסויים זהר). חומר צמחי (עמודות עם קויים אופקיים) וקישיונות של תבדוד B-301 (עמודות עם קויים אלכסוניים). קיימת השפעה משולבת של גורם חיטוי הקרקע וסוג המדבק ( $P < 0.0001$ ). אותיות שונות בכל סוג מדבק מייצגות הבדלים סטטיסטיים בין הטיפולים ( $P \leq 0.05$ ) לפי מבחן Tukey.

**1.1. ניסוי מקדים לבדיקת חיפוי קרקע וסוגי ההשקיה כאמצעי להפחתת התפתחות העובש האפור במנהרות עבירות בשנת 2004/5.**

בעונת גידול 2004/5 נערך ניסוי מקדים, במנהרות בחוות הבשור (מו"פ דרום) להפחתת הלחות בנוף הגידול ומניעת נגיעותו בבוטריטיס. בניסוי זה נבחנו אמצעים אגרוטכניים לשינוי המיקרואקלים בבסיס הגבעול: חיפוי הקרקע - פריסת יריעת פוליאאתילן על גבי הערוגה וטפטוף טמון - הטמנת הטפטוף בתוך הקרקע. שתי שיטות אלו עשויות לתרום לשינוי המיקרו אקלים בקרב נוף הגידול הסמוך לקרקע. מתוצאות הניסוי נמצא כי חיפוי קרקע, טפטוף טמון והשילוב ביניהם הפחיתו בצורה משמעותית את נגיעות הצמחים בבוטריטיס (איור 17).

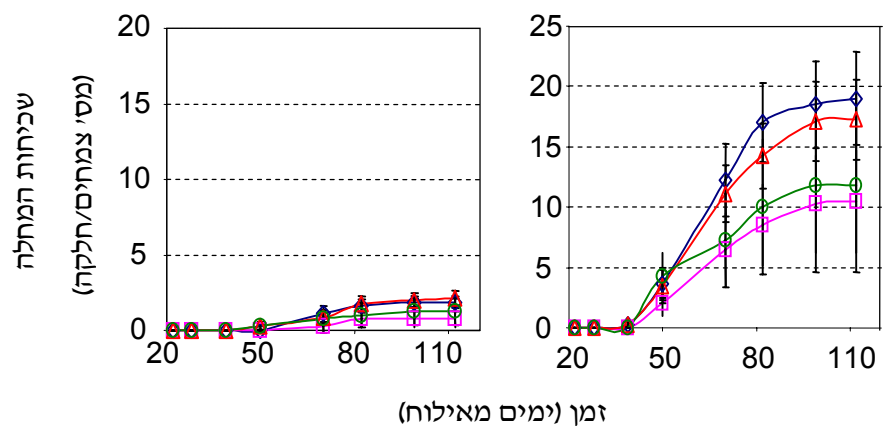


**איור 17.** השפעת חיפוי קרקע וסוג הטפטוף על שכיחות העובש האפור בצמחי ליזיאנטוס מזן אקו שמפיין בניסוי במנהרות עבירות בחוות הבשור בשנים 2004/5 ( $P = 0.0042$ ). אותיות שונות מייצגות הבדלים סטטיסטיים בין הטיפולים ( $P \leq 0.05$ ) לפי מבחן Tukey. הניתוח נעשה לערכי שטח מתחת לעקום התפתחות המחלה (AUDPC) (ס"מ × ימים).

2. ניסוי במנהרות עבירות לבדיקת חיפוי קרקע ודישון סידיני מוגבר כאמצעי להפחתת התפתחות העובש האפור בשנת 2005/6.

בעונת גידול 2005/6 נערך ניסוי שני במנהרות עבירות בחוות הבשור לשינוי המיקרואקלים בנוף הגידול. בניסוי זה נבחנו אמצעים אגרוטכניים להפחתת הלחות בבסיס הגבעול: חיפוי קרקע, דישון מוגבר בסידן (תוספת 40 ח"מ) וריסוס בסידן (2% קלניט). במהלך עונת הגידול נספרו צמחים שלמים נגועים וגדמים נגועים שנשארו לאחר הקטיף. חיפוי הקרקע הפחית את שכיחות הגדמים הנגועים במידה רבה ומובהקת ( $P < 0.0001$ ). בחלקות מחופות שכיחות גדמים נגועים היתה נמוכה מאוד בהשוואה לחלקות לא מחופות (איור 18). לא נמצאו הבדלים בין טיפולי הסידן (דישון וריסוס) בחלקות מחופות ( $P = 0.4274$ ) וגם בחלקות חשופות ( $P = 0.4284$ ). בנייתוח השפעות הגומלין בין שלושת הגורמים חיפוי קרקע, דישון בסידן וריסוס בסידן נמצא כי רק לגורם חיפוי קרקע הייתה השפעה מובהקת בהפחתת שכיחות המחלה (טבלה 14).

- ◇ ללא סידן
- ריסוס בסידן
- △ דישון בסידן
- דישון וריסוס בסידן



איור 18. שכיחות גדמים נגועים בבוטריטיס בחלקות חשופות (ימין) ומחופות (שמאל) של צמחי ליזיאנטוס מזן אקו שמפיין בניסוי במנהרות עבירות בחוות הבשור בשנים 2005/6. קווים אנכיים מייצגים שגיאת תקן.

טבלה 14. ניתוח שונות תלת גורמי של ניסוי בו נבדקה השפעת גומלין של חיפוי קרקע וטיפול הסידן (דישון וריסוס) על שכיחות גדמים נגועים בבוטריטיס. התוצאות מייצגות ערכי השטח מתחת לעקום התפתחות המחלה (AUDPC) (ס"מ × ימים)

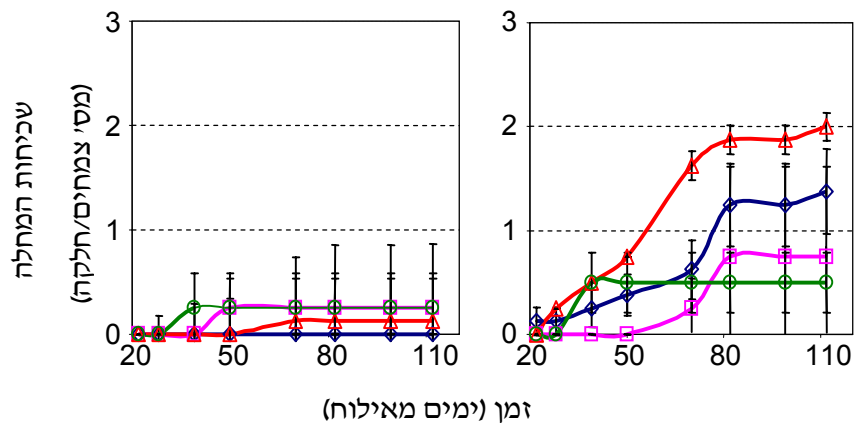
P	השפעת גומלין	ריסוס בסידן	דישון בסידן	חיפוי קרקע
0.9538	חיפוי קרקע x דישון בסידן	עם $P = 0.0775$ *ל.מ.	עם $P = 0.9234$ *ל.מ.	$P < 0.0001$
0.1646	חיפוי קרקע x ריסוס בסידן	עם 287.34 א	עם 384.11 א	עם 64.01 ב
0.8461	דישון בסידן x ריסוס בסידן	ללא 471.06 א	ללא 374.29 א	ללא 694.39 א
0.6767	חיפוי קרקע x דישון בסידן x ריסוס בסידן			

\*ל.מ. = לא מובהק

בכל מדד, אותיות שונות מעידות על הבדל מובהק ברמת המובהקות המצוינת בראש העמודה לפי מבחן Tukey

תוצאות דומות התקבלו בצמחים שלמים, חיפוי הקרקע הפחית את שכיחות הצמחים הנגועים בצורה משמעותית ( $P = 0.003$ ), אך לא נמצאו הבדלים בין טיפולי הסידן בחלקות מחופות ( $P = 0.4639$ ) וגם בחלקות חשופות ( $P = 0.2046$ ) (איור 19). בנייתוח סטטיסטי בין שלושת הגורמים חיפוי קרקע, דישון בסידן וריסוס בסידן נמצא כי רק לגורם חיפוי קרקע יש השפעה מובהקת על הפחתת שכיחות המחלה והשפעת הגומלין קיימת רק בין גורם "חיפוי קרקע" ו"ריסוס בסידן" (טבלה 15).

- ◇ ללא סידן
- ריסוס בסידן
- △ דישון בסידן
- דישון וריסוס סידן



**איור 19.** שכיחות צמחים שלמים נגועים בבוטריטיס בחלקות חשופות (ימין) וחלקות מחופות (שמאל). קווים אנכיים מייצגים שגיאת תקן.

**טבלה 15.** ניתוח שונות תלת גורמי של ניסוי בו נבדקה השפעת הגומלין של חיפוי קרקע וטיפול הסידן (דישון וריסוס) על שכיחות צמחים שלמים נגועים בבוטריטיס. התוצאות מייצגות ערכי השטח מתחת לעקום התפתחות המחלה (AUDPC) (ס"מ × ימים)

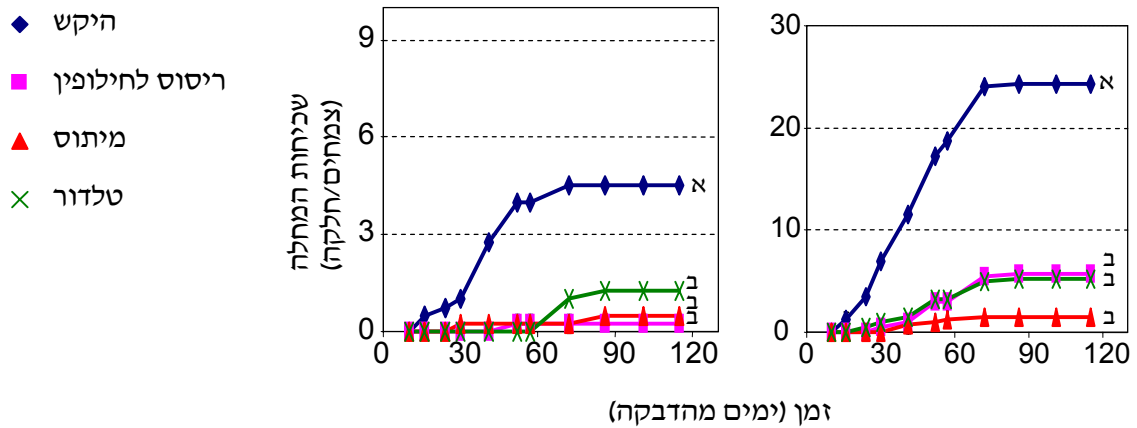
<i>P</i>	השפעת הגומלין	ריסוס בסידן	דישון בסידן	חיפוי קרקע
0.4570	חיפוי קרקע x דישון בסידן	$P=0.2325$ *ל.מ.	$P=0.3060$ *ל.מ.	$P=0.0030$
0.0381	חיפוי קרקע x ריסוס בסידן	א 26.84 עם	א 45.20 עם	ב 10.89 עם
0.5051	דישון בסידן x ריסוס בסידן	א 46.64 ללא	א 28.28 ללא	א 62.59 ללא
0.5814	חיפוי קרקע x דישון בסידן x ריסוס בסידן			

\*ל.מ. = לא מובהק

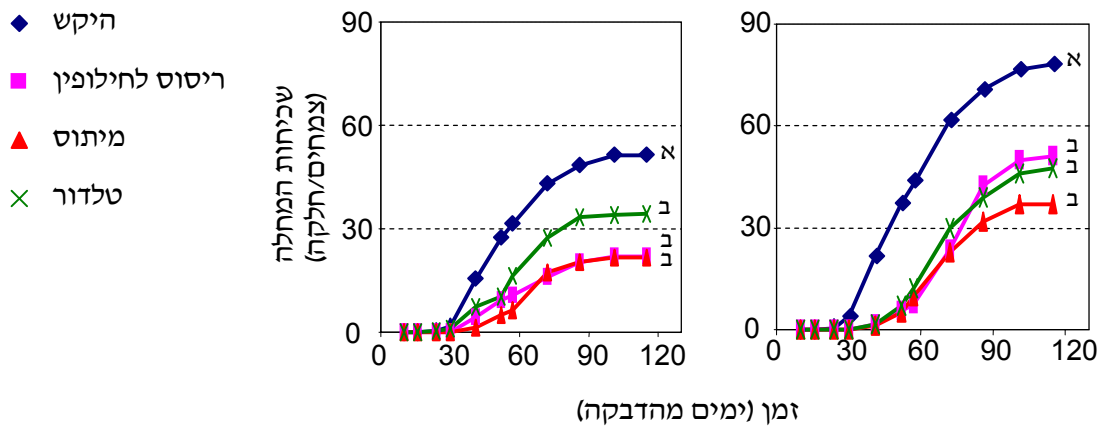
בכל מדד, אותיות שונות מעידות על הבדל מובהק ברמת המובהקות המצוינת בראש העמודה לפי מבחן Tukey

### 3.1. ניסוי חממה לבדיקת שיטות אלטרנטיביות לבקרת התפתחות עובש אפור

בעונת 2005/6 נערך ניסוי שלישי להפחתת לחות בנוף הגידול בחממה המדמה גידול מסחרי. בניסוי זה היו שני גורמי טיפול: עומד השתילה (צפוף ודליל) וטיפול ריסוס בתכשירים כימיים (טלדור 0.15%, מיתוס 0.25% וריסוס של טלדור, מיתוס ורוראל 0.1% לחילופין). במהלך עונת הגידול נספרו צמחים שלמים נגועים וגדמים נגועים שנשארו לאחר הקטיפה. דילול השתילה הפחית ( $P=0.0225$ ) את שכיחות הצמחים השלמים הנגועים בבוטריטיס (איור 20). כמו כן כל הטיפולים הכימיים הפחיתו את שכיחות הצמחים הנגועים בעומד הדליל ובעומד הצפוף. נמצאה השפעת גומלין בין גורם עומד השתילה וגורם הטיפולים הכימיים ( $P=0.0029$ ). שכיחות גדמים נגועים היתה גבוהה משכיחות צמחים שלמים נגועים (איור 20-21). היה הבדל משמעותי בשכיחות הגדמים הנגועים בעומד השתילה הצפוף והמדולל. כל הטיפולים הכימיים הפחיתו את שכיחות המחלה בצורה משמעותית בעומד הצפוף ובמדולל. לא נמצאה אינטרקציה בין גורמי עומד השתילה והטיפולים הכימיים (טבלה 16).



**איור 20.** שכיחות צמחים שלמים נגועים בבוטריטיס בעומד שתילה צפוף (ימין) ודליל (שמאל). עומד שתילה צפוף (P=0.0009), עומד שתילה דליל (P=0.0509). הניתוח חושב לערכי השטח מתחת לעקום התפתחות המחלה (AUDPC). אותיות שונות מייצגות הבדלים סטטיסטיים בין הטיפולים (P≤0.05) לפי מבחן Student's t.



**איור 21.** שכיחות גדמים נגועים בבוטריטיס בעומד שתילה צפוף (ימין) ודליל (שמאל). עומד שתילה צפוף (P<0.0001) ועומד שתילה מדולל (P=0.0104). הניתוח חושב לערכי השטח מתחת לעקום התפתחות המחלה (AUDPC). אותיות שונות מייצגות הבדלים סטטיסטיים בין הטיפולים (P≤0.05) לפי מבחן Student's t.

**טבלה 16.** ניתוח שונות דו גורמי בניסוי בו נבדקה השפעת הגומלין של טיפולים כימיים (מיתוס, טלדור וריסוס לחילופין) ועומד השתילה (דליל וצפוף) על שכיחות הגדמים הנגועים בבוטריטיס. התוצאות מייצגות ערכי השטח מתחת לעקום התפתחות המחלה (AUDPC) (ס"מ × ימים)

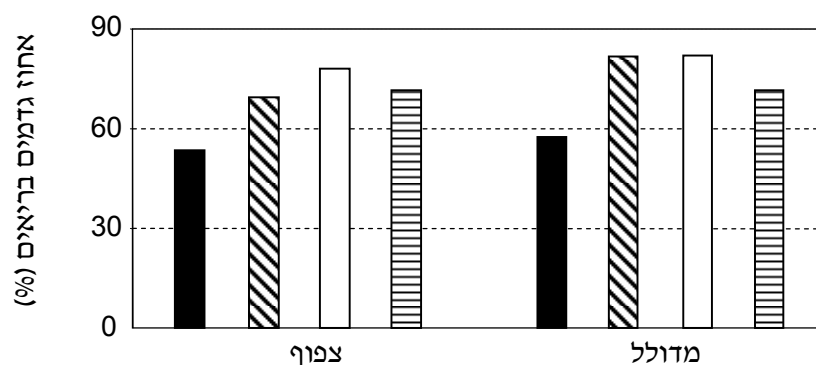
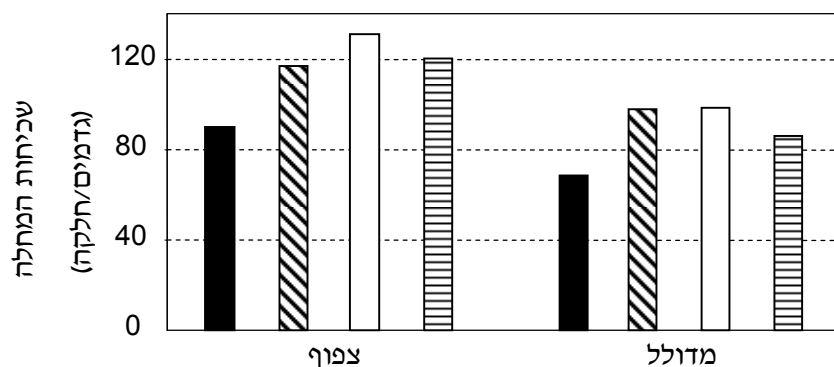
טיפולים כימיים	עומד השתילה	טיפולים כימיים x עומד השתילה
ביקורת	צפוף א 2769.12	P=0.3461
טלדור	מדולל ב 1967.12	
ריסוס לחילופין		
מיתוס		
		P<0.0001
	א 4120.00	
	ב 2141.00	
	ב 1746.25	
	ב 1465.25	

\*ל.מ.=לא מובהק

בכל מדד, אותיות שונות מעידות על הבדל מובהק ברמת המובהקות המצינית בראש העמודה לפי מבחן Tukey

לעומד השתילה היתה השפעה על שכיחות הצמחים והגדמים הבריאים בסוף קטיף גל הפריחה הראשון. חושבו מספר ואחוז צמחים בריאים שנשארו בשטח. מספר הגדמים הבריאים שנשארו בתום קטיף גל ראשון היה גבוה יותר בעומד הצפוף, אך אחוז הגדמים הבריאים היה דומה בשני העומדים (טבלה 17, איור 22).





עומד השתילה

**איור 22.** שכיחות גדמים בריאים (למעלה) ואחוז גדמים בריאים (למטה) בתום קטיף גל ראשון.

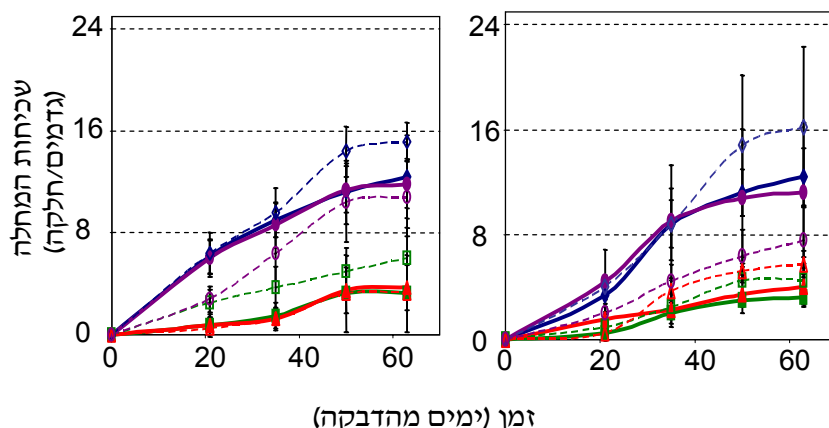
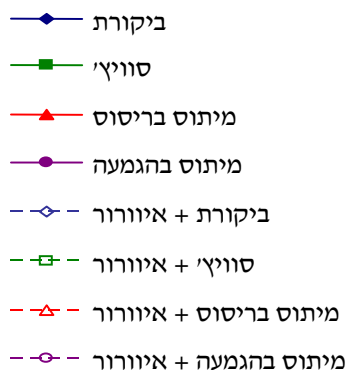
**טבלה 17.** ניתוח שונות של נתוני הניסוי בו נבדקה ההשפעה של עומד השתילה על מספר ואחוז גדמים בריאים. התוצאות מייצגות ערכי השטח מתחת לעקום התפתחות המחלה (AUDPC) (ס"מ × ימים)

מספר גדמים בריאים		אחוז גדמים בריאים	
		עומד שתילה	
$P=0.0966$	$P<0.0001$	א	ב
ל.מ.	114.5	צפוף	מדולל
	87.7		

בכל מדד, אותיות שונות מעידות על הבדל מובהק ברמת המובהקות המצוינת בראש העמודה לפי מבחן Student's t

**4.1. ההשפעה של חיפוי קרקע, איורור מאולץ וטיפול כימיים על נגיעות בעובש אפור**

בעונת גידול 2006/7 נערך ניסוי רביעי לשינוי המיקרואקלים בנוף הגידול בחוות הבשור. בניסוי זה היו שלושה גורמי טיפול: א' חיפוי קרקע, ב' יישום תכשירים כימיים - ריסוסי מיתוס וסוויץ', הגמעת מיתוס דרך מערכת השקיה וג' איורור מאולץ של נוף הגידול. רמת המחלה בהיקש היתה נמוכה עד כדי 16 גדמים נגועים לחלקה בלבד. בחלקות לא מחופות לא היה הבדל מובהק ( $P=0.0545$ ) בשכיחות הגדמים הנגועים בין הטיפולים והביקורת (איור 23). בחלקות מחופות, תכשירים כימיים שניתנו בריסוס (מיתוס וסוויץ') היו יעילים ( $P=0.0002$ ) לעומת הביקורת ויישום המיתוס בהגמעה (איור 23). יש לציין שהחורים שחוררו בפוליאטילן לשם שתילת הצמחים היו גדולים מאלה שחוררו בניסויים קודמים ונראה שחלק מהמחלה בטיפול זה נבע ממגע עלים בקרקע הרטובה.



**איור 23.** שכיחות גדמים נגועים בבוטריטיס בחלקות מחופות (ימין) ולא מחופות (שמאל).

לאחר בדיקת השפעת הגומלין בין שלושת הגורמים: "חיפוי קרקע", "איורור מאולץ" ו"טיפול כימיים" נמצא כי רק ל"טיפולים כימיים" יש השפעה מובהקת על הפחתת המחלה. טיפולים כימיים שניתנו בריסוס (מיתוס וסוויץ') הפחיתו את המחלה בצורה משמעותית, פרט לטיפול המיתוס בהגמעה. הטיפולים "חיפוי קרקע" ו"איורור מאולץ" לא היו יעילים בניסוי זה (טבלה 18). בחלקות לא מחופות נמצאו צמחים שלמים בודדים שהיו נגועים בבוטריטיס בעוד בחלקות מחופות לא נמצאו כלל צמחים שלמים נגועים.

**טבלה 18.** ניתוח שונות תלת גורמי בניסוי בו נבדקה ההשפעה המשולבת של טיפולים כימיים (ריסוס מיתוס וסוויץ' וההגמעה של מיתוס), איורור מאולץ של נוף הגידול וחיפוי קרקע על שכיחות מחלת עובש אפור. התוצאות מייצגות ערכי השטח מתחת לעקום התפתחות המחלה (AUDPC) (ס"מ x ימים)

P	השפעת גומלין	איורור מאולץ חיפוי קרקע		
		טיפול כימיים		
0.7855	חיפוי קרקע x טיפולים כימיים	P=0.5950	P=0.9184	P<0.0001
0.8226	חיפוי קרקע x איורור מאולץ	.ל.מ.*	.ל.מ.*	א 490.65
0.2348	טיפולים כימיים x איורור מאולץ			א 373.22
0.9520	חיפוי קרקע x טיפולים כימיים x איורור			ב 138.87
				ב 126.50

\*ל.מ.=לא מובהק

בכל מדד, אותיות שונות מעידות על הבדל מובהק ברמת המובהקות המצוינת בראש העמודה לפי מבחן Student's t

## ז. נתוני מיקרואקלים

בעונות גידול 2004/5, 2005/6 ו-2006/7 נמדדו נתוני מיקרואקלים טמפרטורה, לחות יחסית ורטיבות העלה. בכל חממה הוצבו קוראי נתונים אלקטרוניים שמדדו את הטמפרטורה והלחות היחסית, וקורא נתונים אלקטרוני שמדד את נוכחות הטל. בעונת גידול 2004/5 חושבו ערכי הקורלציה בין נתוני מיקרואקלים ורמת המחלה שנצפתה בחממות באותה עונה. מדידות מיקרואקלים נעשו מספר שבועות (שבוע, שבועיים ושלוש שבועות) לפני הערכת המחלה. בטווח טמפרטורות 20 עד 40 מ"צ ערכי המתאם היו גבוהים לעומת טווח טמפרטורות 10 עד 20 מ"צ (טבלה 19), דבר המעיד על השפעת הטמפרטורה הגבוהה על רמת המחלה בשטח. ערכי המתאם בין לחות יחסית ורמת המחלה היו גבוהים

(מעל 0.9) בטווח לחות היחסית 90 עד 100%, ערכי מתאם בינוניים ונמוכים (עד 0.89) התקבלו בטווחי לחות יחסית נמוכים יותר (40 עד 90%) (טבלה 20).

**טבלה 19.** ערכי המתאם (r) בין רמת המחלה והטמפרטורה

טווחי טמפרטורות (מ"צ)				
30-40	25-30	20-25	10-20	מועד המדידה
0.99	0.99	-0.97	0.26	שבוע לפני
0.99	0.90	-0.98	0.17	שבועיים לפני
0.99	0.91	-0.98	0.15	שלוש שבועות
0.83	0.55	-0.95	0.08	ארבע שבועות
0.99	-0.88	-0.99	0.06	רק שבוע 2 לפני
0.97	-0.66	-0.90	0.17	רק שבוע 3 לפני
0.99	0.93	-0.99	0.09	רק שבוע 2+3

\*ערכי מתאם מעל 0.90 מודגשים

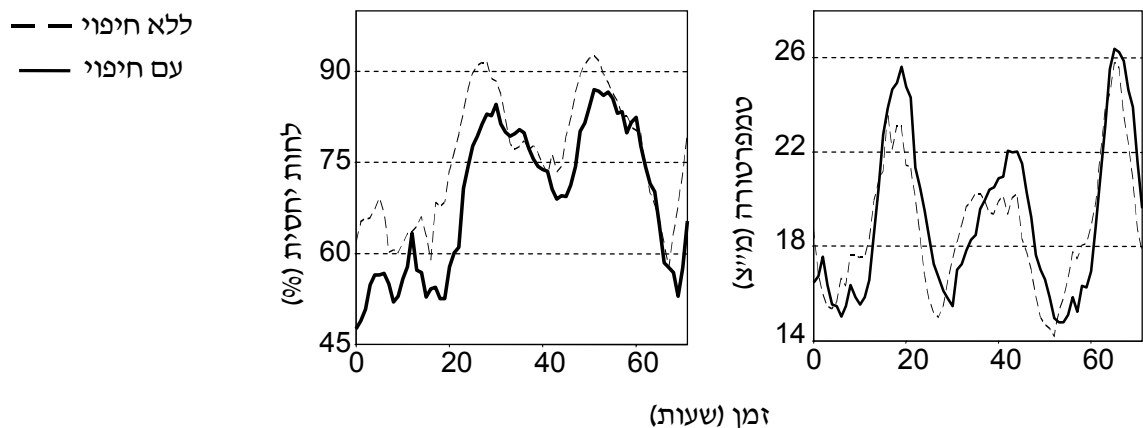
**טבלה 20.** ערכי המתאם (r) בין רמת המחלה ולחות היחסית

טווחי לחות יחסית (%)							
90-100	80-90	70-80	60-70	50-60	40-50	30-40	מועד המדידה
0.98	0.25	0.25	0.28	0.97	0.71	0	שבוע לפני
0.99	0.05	0.55	0.74	0.30	0.10	0	שבועיים לפני
0.99	0.02	0.66	0.45	0.77	0.40	0.49	שלוש שבועות לפני
0.99	0.06	0.50	0.67	0.83	0.60	0	רק שבוע 2 לפני
0.98	0.73	0.89	0.08	0.87	0.56	0.49	רק שבוע 3 לפני
0.99	0.16	0.75	0.76	0.91	0.07	0.49	רק שבוע 2+3 לפני

\*ערכי מתאם מעל 0.90 מודגשים

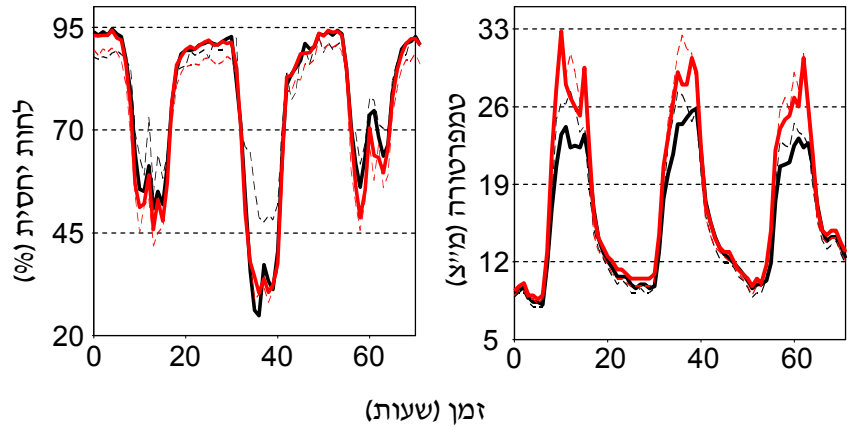
בעונת גידול 2005/6 הוצבו אוגרי נתונים למדידת מיקרואקלים במנהרות עבירות עם טיפולי חיפוי קרקע ביריעת פוליאטילן. במנהרות ללא פוליאטילן היו תנאים טובים יותר להתפתחות המחלה. הטמפרטורה היתה נמוכה ביום וגם בלילה והלחות היחסית היתה גבוהה ביום וגם בלילה, מאשר במנהרות עם חיפוי קרקע (איור 24).

בעונת גידול 2006/7 מדדי מיקרואקלים הוצבו בחממות עם טיפולי חיפוי קרקע ואיורור מאולץ של נוף הגידול. נתוני הטמפרטורה היו נמוכים בחלקות מחופות ביום ובלילה. טיפולי איורור מאולץ (שניתן רק במהלך הלילה) גרמו לירידה של הטמפרטורה במעלה אחת במוצע בכל החלקות (איור 26). בחלקות מחופות היתה לחות יחסית נמוכה ביום ובלילה וטיפול האיורור גרמו לירידה של 5-10% בלחות היחסית בכל החלקות (איור 25).



**איור 24.** השפעת חיפוי קרקע על נתוני מיקרואקלים: טמפרטורה (ימין) ולחות יחסית (שמאל). המדידה החלה בשעה 24:00

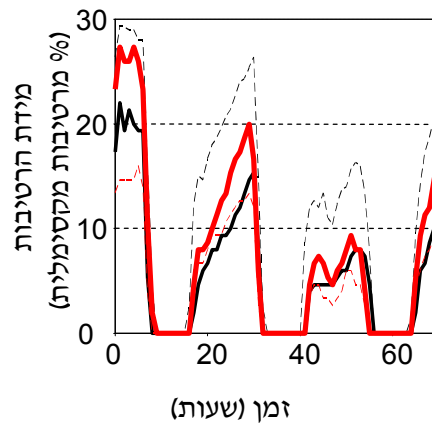
- חשוף
- - חשוף + איורור
- חיפוי
- - חיפוי + איורור



**איור 25.** השפעת חיפוי קרקע ואיורור מאולץ על נתוני מיקרואקלים: טמפרטורה (ימין), לחות יחסית (שמאל). המדידה החלה בשעה 24:00.

בעונה זו הוצבו בחממות קורא נתונים נוסף שמדד את רטיבות העלה ביום ובלילה במשך כל הניסוי. טיפולי האיורור גרמו לעליה ברטיבות העלה בלילה בחלקות לא מחופות, לעומת זאת בחלקות מחופות הזרמת האוויר הפחיתה את רטיבות העלה בהשוואה לשאר הטיפולים (איור 28).

- חשוף
- - חשוף + איורור
- חיפוי
- - חיפוי + איורור



**איור 26.** השפעת חיפוי קרקע ואיורור מאולץ על רטיבות העלה. המדידה החלה בשעה 24:00.

## דיון

מחלת העובש האפור הנגרמת על ידי פטריית *Botrytis cinerea* מהווה אחד הפגעים העיקריים בצמחי הליזיאנטוס. הפטרייה פוגעת בגדמים לאחר קטיף ובצוואר השורש (בסיס הגבעול) גם בהעדר פצע קטיף וזה יכול להביא לתמותת הצמח כולו. נגיעות בבסיס הגבעול היא הצורה החמורה והנפוצה ביותר של מגפת העובש האפור. עבודה זו עסקה בלימוד ההדבקה בגבעול והתנאים המשפיעים על הופעתה. כמו כן נבחנו אמצעי מניעה והדברה כנגד מחלת העובש האפור.

### א. הדבקת צמחים

אופן ההדבקה בבוטריטיס עשוי להשתנות בהתאם לגידול ולאיבר (O'Neill et al., 1997; Sarabani et al., 1999). התפתחות הריקבון בגדמי גבעול נגועים אינו תלוי בצורת ההדבקה. למרות שהדבקה בתרחיף הנבגים היתה מהירה יותר בהתחלה, היא לא נבדלה מיתר אופני ההדבקה בסוף הניסוי. תוצאות דומות התקבלו בצמחי העגבניה (O'Neill et al., 1997). עם זאת, ההדבקה בתרחיף הנבגים הביאה לעוצמת ההנבגה גבוהה יותר מיתר צורות ההדבקה (איור 1), דבר המעיד על שיפור ההדבקה ועל התפתחות מהירה יותר של המחלה. בעת הדבקה מלאכותית בתרחיף נבגים של בוטריטיס נהוג להוסיף מקור מזון כסוכר ופוספאט לשם הבטחת הנביטה וההדבקה בעוד ללא תוספת לא מתקיימת הדבקה כלל (Cole et al., 1996; Swartzberg et al., 2008). מאחר והפטרייה בוטריטיס פוגעת בצמחי הליזיאנטוס בבסיס הגבעול נבדקה האפשרות כי רגישות הגבעול משתנה עם הגובה בגבעול. נמצא שקטעי גבעול מהפרקים האמצעיים (3-5) היו רגישים יותר למחלה מאשר הפרקים הנמוכים (1-2) ועוצמת ההנבגה היתה גבוהה יותר בפרק 4 (איור 2), כלומר הפרקים האמצעיים ולא התחתונים הם הרגישים ביותר מבין פרקי הגבעול. לצורת החתך לא היתה השפעה משמעותית על התפתחות הריקבון, אך עוצמת ההנבגה היתה גבוהה יותר בגדמים עם צורת חתך אופקי (איור 3). כמו כן נמצא בניסוי נוסף כי הפרקים 3-4 היו יותר רגישים למחלה מאשר פרק 2, עובדה המחזקת את הטענה כי הפרקים האמצעיים הם הרגישים ביותר.

### ב. תנאי הדבקה והופעת המחלה

התפתחות מחלה תלויה בקיום שלושה גורמים עיקריים: פתוגן אינפקטיבי, פונדקאי רגיש ותנאי סביבה המתאימים להתפתחות המחלה. הפטרייה *B. cinerea* היא בין הפטריות הדורשות לחות יחסית גבוהה להתפתחות המחלה, לכן נבחנה ההשפעה של הטמפרטורה, הלחות היחסית והשפעת הגומלין שלהן על הופעת המחלה בצמחי הליזיאנטוס. כפי שיתואר בהמשך, התנאים להתפתחות המחלה בקטעי גבעול היו שונים מאלה שנמצאו בצמחים שלמים. בשנים האחרונות יש חשיבות רבה לתופעת ההדבקה הישירה של פצעי הגבעול (O'Neill et al., 1997) והתנאים המיטביים להדבקה הם 80% לחות יחסית. תנאי הדבקה אלו נמצאו כמיטביים גם בצמחי בזיל (Sharabani et al., 1999), צמחי העגבניה (O'Neill et al., 1997) וצמחי המלפפון (Dik and Koning, 1996). גם בצמחי הליזיאנטוס נמצא כי בלחות יחסית נמוכה (65-75%) ובטמפרטורה גבוהה (29 מ"צ) קצב התפתחות המחלה היה מהיר (טבלה 2). בלחות יחסית מעל 85% קצב התקדמות המחלה המירבי היה בטמפרטורה של 25 מ"צ. Van den Berg et al. (1981) מצאו כי התנאים האופטימליים להתפתחות העובש האפור הם טמפרטורה של 20 מ"צ ולחות יחסית מעל 93%. להופעת הנבגים בקטעי גבעול בצמחי הליזיאנטוס נדרשה לחות יחסית מעל 85% וטמפרטורה של 18-22 מ"צ (טבלה 3). בלחות יחסית נמוכה (65-85%) קצב ההנבגה היה איטי מאוד אך יתכן שבהדרגה ממושכת יותר היו מופיעים נבגים. תוצאות דומות נצפו בצמחי עגבניה (O'Neill et al., 1997), בקטעי גבעול אשר היו בתנאי לחות יחסית נמוכה ההנבגה הופיעה

יותר מאוחר מאשר בקטעי גבעול אשר היו בתנאי לחות יחסית גבוהה. Sosa-Alvarez *et al.*, (1995) מצאו כי התנאים האופטימליים להופעת הנבגים בצמחי תות שדה הם טמפרטורה של 17-18 מ"צ ולחות יחסית גבוהה (מעל 99%).

השפעת שינוי הטמפרטורה על מידת ההדבקה בצמחים שלמים נצפתה רק בלחות יחסית נמוכה (75-85%), המחלה התפתחה מהר יותר בטמפרטורת 22 מ"צ לעומת התפתחות אטית יותר בטמפרטורות 18 ו-26 מ"צ (איור 5), לכן הטמפרטורה האופטימלית להתפתחות המחלה בלחיות יחסיות נמוכות היא 22 מ"צ. בלחות יחסית מעל 85% לא היו הבדלים בהתפתחות המחלה בכל הטמפרטורות (18, 22, 26 מ"צ), לפיכך, התפתחות המחלה אינה מוגבלת על ידי טמפרטורה כאשר יש תנאי לחות יחסית גבוהים (טבלה 4). הופעת הנבגים על גבי הרקמה הצמחית נצפתה רק בלחות יחסית מעל 99% ללא הבדלים משמעותיים בטיפולי הטמפרטורות. בניסוי זה נמצא כי לטמפרטורה ולחות היחסית יש השפעה מובהקת על התפתחות המחלה בצמחים שלמים אך לא נתקבלה השפעת גומלין ביניהם. בנוסף, קיימת השפעת הטמפרטורה על קצב התקדמות המחלה והשפעת לחות היחסית על קצב ההנבגה. בצמחי ליזיאנטוס התנאים להתפתחות המחלה דומים למדווה לגבי רוב הגידולים אך המחלה יכולה להתפתח גם בלחות יחסית נמוכה ובטמפרטורות יחסית נמוכות, בדומה להתפתחות המחלה בצמחי המלפפון (Yunis *et al.*, 1990). נמצא כי בצמחי המלפפון בטמפרטורה נמוכה (11-16 מ"צ) ובלחות יחסית נמוכה (80%) הצמחים היו רגישים למחלת העובש האפור. יתכן כי טמפרטורה נמוכה מגבירה את הרגישות של הצמחים לפתוגן ולכן ההדבקה יכולה להתרחש גם בטמפרטורה לא אופטימלית. בצמחי עגבניה נצפתה הדבקה של הגבעולים גם בלחות יחסית נמוכה (O'Neill *et al.*, 1997).

צמח ליזיאנטוס מפתח שושנת עלים הסמוכה לקרקע. עקב קרבתם לקרקע וצפיפותם נוצרים תנאי מיקרואקלים מיטביים להדבקה בבוטריטיס. מצאנו שהעלים התחתונים הסמוכים לקרקע (שושנת עלים) רגישים יותר מהעלים העליונים (טבלה 7). רגישותם של העלים התחתונים ותנאי הסביבה המיטביים גורמים להדבקה והתקדמות מהירה של המחלה לאורך העלה. הפטריה מתקדמת לאורך העלה הנגוע עד הגבעול וגורמת לנגיעותו החמורה. טמפרטורות 18 ו-22 מ"צ ולחות יחסית מעל 95% היו מיטביים להתקדמות המחלה יותר מטמפרטורה גבוהה (26 מ"צ) ולחות יחסית מתחת ל-95%. פריסת יריעת פוליאאתילן כחיץ בין העלים התחתונים לקרקע רטובה הביאה להפחתת נגיעות בבוטריטיס בעלים התחתונים (איור 7). בעבר שימוש ביריעת פוליאאתילן כחיפוי קרקע נמצא יעיל בהפחתת מחלת העובש האפור (Elad, 1998, 2000) ולאחר מכן להפחתת מחלת הכימשון (מחלה מוגברת לחות גבוהה ורטיבות) בעגבניה (שטיינברג וחובי, 2004). בצמחי הליזיאנטוס יריעת פוליאאתילן שימשה לא רק לבקרת האקלים במבנה אלא גם כחיץ בין העלים התחתונים לקרקע רטובה.

אופי הצימוח של זני הליזיאנטוס יכולים להשפיע על רגישותם למחלת עובש אפור. זנים בעלי צימוח רב יותר יוצרים נוף צפוף יותר ולכן נוצרים תנאי מיקרואקלים מתאימים יותר להתפתחות המחלה. בבדיקת רגישות של שני זני ליזיאנטוס אקו שמפין וקטלינה צהוב נמצא כי רגישותם תלויה בסוג האיבר המודבק (איור 8). O'Neill *et al.* (1997) מצאו כי לאיברים השונים יש רגישות שונה לבוטריטיס בעגבניה. קטעי גבעול של צמחי הליזיאנטוס מזן "קטלינה צהוב" נמצאו רגישים יותר מזן "אקו שמפין", אך עלים תחתונים שנלקחו מזן "אקו שמפין" נמצאו רגישים יותר. מחלקות מסחריות דווח כי הזן "אקו שמפין" הוא הרגיש ביותר. יתכן והסיבה לרגישותו למחלת העובש האפור היא רגישות העלים התחתונים לבוטריטיס. כפי שמוסבר לעיל נגיעות של העלים התחתונים בבוטריטיס יכולה להביא לנגיעות בגבעול ולתמותת הצמח כולו. עקב אופי הצימוח הצפוף וסבוך של צמחי הליזיאנטוס, עוצמת האור בקרבת הקרקע (עוצמת אור נמוכה) היא שונה מעוצמת האור בנוף העליון (עוצמת אור גבוהה). בעלים תחתונים השפיעה עוצמת האור על המחלה; רמה גבוהה יותר בעוצמת אור נמוכה מאשר בגבוהה. לעומת זאת, בקטעי גבעול עוצמת אור גבוהה הגבירה את התפתחות המחלה (איורים 9-10, טבלאות 9-10).

## ג. הישרדות הפטריה

B. בארץ האקלים הוא חם ויבש, לכן מגפות של מחלת העובש האפור מתרחשות בחממות במשך החורף. הפטרייה *B. cinerea* שורדת את הקיץ על שאריות הצמחים ובעיקר על גבעולים עד לתחילת הגידול החדש בסתיו-חורף. שאריות רקמה צמחית מספקת לתפטר הפטריה הגנה מפני תנאי סביבה קיצוניים ומפני מיקרואורגניזמים אחרים. בארץ נמצא שתפטר חבוי בריקמה צמחית יבשה אחראי להדבקות ראשוניות לאחר הקיץ (Yunis and Elad, 1989). קשיונות הם גופי קיימא של פטרית הבוטריטיס המותאמים להישרדות בתנאים קיצוניים. בישראל כמעט ולא נמצאו קשיונות על צמחים נגועים ב-*B. cinerea*. טמפרטורה גבוהה ותנאי יובש מקצרים מאד את משך חיי הקשיון בארץ (Yunis and Elad, 1989). בחלקות ליזיאנטוס נמצאו צמחים עם קשיונות על גבי הגבעול. כמו כן לא נמצאו קשיונות על גבי הגבעולים בצמחי ליזיאנטוס אשר הודבקו בצורה מלאכותית על מנת לקבל כמות רבה של קשיונות במעבדה. למרות זאת בדקנו את הישרדות הקשיונות בתנאי שדה בתקופת הקיץ. לתפטר החבוי בתוך קטעי גבעול יבשים ולקשיונות מתבדיל B-16 יש יכולת הישרדות גבוהה בשטח. לאחר שלושה חודשים בקרקע נמצאו 73% של קטעי גבעול עם פטריה חיונית ו-64% קשיונות חיוניים מתבדיל B-16. הישרדות הקשיונות מתבדיל B-301 היתה נמוכה יותר מקשיונות תבדיל B-16 ויתכן שהסיבה לכך היא שטח פנים גדול יותר של הקשיונות מתבדיל B-301. הקשיונות מתבדיל B-301 הם קטנים יותר מקשיונות מתבדיל B-16 ולכן חשופים יותר לפעילות מיקרוביאלית והכימית הקיימת בקרקע (איור 11, טבלה 11). יש לציין שהקשיונות שנבדקו בעבודה זו מקורם היה בתרבות ויתכן שרגישותם שונה מקשיונות הנוצרים על גבי הצמחים. בגלל החשש המוקדם להמצאות הבוטריטיס בשתילים, נבחנו שתילים מקומיים שהובאו ממשלת "חישתיל" לאפשרות שהם נושאים בוטריטיס. השתילים הודגרו בתנאי הלח ב-20 מ"צ למשך ארבעה שבועות. לא נמצאו כל מוקדי נגיעות בבוטריטיס בצמחים שהודגרו בתא הלח וגם לא בבידוד קטעי גבעול ועלים מנותקים למצע המזון (התוצאות לא מוצגות).

## ד. מחזור החיים של הפטריה

במעקב אחר ההדבקות של הבוטריטיס בחלקות ליזיאנטוס נמצאו מספר תופעות. הדבקות רבות נמצאו בעלים התחתונים הסמוכים לקרקע. כמו שהוסבר בסעיף ב', עלים תחתונים הם רגישים יותר להדבקה בבוטריטיס וגם מתקיימים תנאי מיקרואקלים בקרבת הקרקע המתאימים להתפתחות המחלה. בעלים הנגועים נוצר ריקבון המתקדם לעבר בסיס הגבעול הגורם לנגיעות חמורה בגבעולים בצמחים שלמים ובגדמים שנוצרו לאחר הקטיף, כך שהדבקה הגבעול אינה רק ישירה אלא גם עקיפה מהעלים המזדקנים. תופעה דומה נצפתה בצמחי העגבניה (Shtienberg *et al.*, 1998). בנוסף נצפתה הדבקה של העלה מעלה שכן נגוע. צפיפות צמחי הליזיאנטוס בחלקות מסחריות באזור הנגב המערבי היא 70 צמחים למ"ר ולאחר שהצמחים גדלים מתפתח נוף צפוף ולכן הסבירות להידבקות מצמח שכן היא גבוהה מאוד. לפיכך התקדמות הבוטריטיס בין הצמחים היא לטווח קצר במהלך העונה. בתום קטיף גל ראשון של צמחי הליזיאנטוס נוצרים גדמים עם פצע פתוח שעשוי להדבק ישירות על ידי הנבגים שנמצאים באוויר. גדמים טריים, הנוצרים עם הקטיף, רגישים מאוד להדבקה על ידי הפטרייה בוטריטיס; רגישותם פוחתת עם הגלדת הפצע, נביטת הנבגים וחדירת נחשון הנביטה לתוך הרקמה הצמחית כפי שהודגם בגבעולי בזיל ועגבנייה (O'Neill *et al.*, 1997; Sharabani *et al.*, 1999). נגיעות חמורה נצפתה בהדבקה גדמי גבעול של העגבניה עם פצע טרי הנוצר לאחר חיתוך הגבעול (9 שעות מזמן החיתוך) גם בהדבקה עם תרחיף נבגים וגם בהדבקה עם נבגים

יבשים. בהדבקת הפצע יום אחד לאחר החיתוך היתה ירידה משמעותית בחומרת הנגיעות (O'Neill *et al.*, 1997). Sharabani *et al.* (1999) דיווחו על תופעה דומה בצמחי בזיל. בצילומי מיקרוסקופ אלקטרוניים סורק הם ראו כי 6 שעות לאחר חיתוך הגבעול היתה חדירה מהירה מאוד של נחשון הנביטה לתוך הרקמה הצמחית, 24 שעות לאחר החיתוך החלה להיווצר שכבה אטומה על פני הפצע הנוצר שערכה את חדירת נחשון הנביטה של הנבג לתוך הרקמה הצמחית. 5 ימים לאחר חיתוך הגבעול לא היתה חדירה כלל של נחשון הנביטה עקב כיסוי מלא של הפצע על ידי שכבה אטומה אשר מנעה לחלוטין את תהליך ההדבקה. מכך נובע כי גדמי גבעול רגישים להדבקות של פטרית הבוטריטיס במשך תקופה קצרה. תוצאות דומות נצפו בצמחי גרניום (Hausbeck and Pennypacker, 1991) ובפירות של תפוחי העץ (Lakshminarayana *et al.*, 1987). בצמחי הליזיאנטוס וגם בצמחי הגרניום נוצרים נבגים רבים בבסיס הגבעול ועל גבי הגדמים שנוצרים לאחר הקטיף ולכן סביר שהם מהווים את המדבק העיקרי אשר מופץ באויר.

### ה. תכשירים כימיים כנגד בוטריטיס

תכשירי הדברה הינם אמצעי חשוב להדברת מחלות צמחים. יישום תכשירי הדברה לפני ההדבקה בבוטריטיס עשוי למנוע את ההתפתחות של מחלת עובש אפור. ריסוס הסידן על פני העלווה של הצמחים יכול גם להפחית הדבקות בבוטריטיס, כמו במקרה של צמחי רוסקוס (Elad and Kirshner, 1992). יישום הסידן על פני העלווה בצמחי רוסקוס הפחית בצורה משמעותית את התפתחות מחלת עובש אפור לאחר הקטיף. בליזיאנטוס, כל תכשירי ההדברה נמצאו יעילים בתנאים מבוקרים כאשר רוססו לפני ואחרי ההדבקה בבוטריטיס על גבי עלים מנותקים (איור 13 וטבלה 17). ריסוס הסידן על פני העלים נמצא יעיל בהפחתת המחלה רק כאשר רוסס לפני ההדבקה אך לא היה יעיל כאשר רוסס אחרי ההדבקה (איור 12 וטבלה 12). כמו כן ריסוס הסידן על גבי קטעי הגבעול לא הפחית כלל את התפתחות הריקבון וגם את ההנבגה (איור 13 וטבלה 12). נראה כי טיפולי הסידן יעילים רק כאשר הם מיושמים על גבי העלים ולפני ההדבקה בבוטריטיס. תכשירים כימיים כמו מיתוס, סוויץ' ורובראל היו היעילים ביותר בהפחתת המחלה, לעומת תכשירים כמו טלדור, פולאר וסילבקור אשר היו פחות יעילים בהפחתת המחלה. עוצמת ההנבגה היתה נמוכה בכל הטיפולים הכימיים (איור 12-13 וטבלה 12).

רוב התכשירים הכימיים מיושמים בשטח בריסוס. מחלת העובש האפור בצמחי ליזיאנטוס מתפתחת בעיקר בבסיס הגבעול. הנוף הצפוף של צמחי ליזיאנטוס מקשה על התכשירים הכימיים להגיע לבסיס הגבעול ולכן יעילותם עשויה להפגם. יישום תכשירים כימיים בהגמעה יכול לפתור את הבעיה הזאת. מיתוס בשני המינונים נמצא יעיל ביותר וטלדור פחות יעיל בהגמעה בתנאים מבוקרים (איור 14).

הרכב הדשן עשוי להשפיע על רגישות הצמחים למחלות (Yermiyahu *et al.*, 2006). השפעת מקור החנקן הינה ייחודית למין הצמח ולתנאי גדילתו. ריכוז גבוה של חנקן גרם לעליה בעוצמת המחלה בצמחי בזיל (Yermiyahu *et al.*, 2006) ובצמחי עגבניה (Hoffland *et al.*, 1999). לעומת זאת נמצאו תוצאות הפוכות בפרחי החרציות שגדלו באותם התנאים (Hobbs and Waters, 1964). בצמחי חציל ופלפל נמצא שנוכחות החנקן בדשן לא השפיעה כלל על רגישות הצמחים למחלת עובש אפור, לעומת זאת ריכוז גבוה של חנקן בדשן בצמחי מלפפון הפחית את שכיחות המחלה (Elad *et al.*, 1993). בעבודה זאת, תוספת של סידן בצמחי הליזיאנטוס לא הפחיתה כלל את המחלה בצמחים שלמים ובקטעי גבעול היא אפילו הגבירה את המחלה (איור 14). תוספת סידן למי השקיה הפחית את הנגיעות בבוטריטיס בגידולים רבים לפני ואחרי הקטיף (Elad, 1991; Volpin and Elad, 1991; Conway *et al.*, 1993). סידן הוא אחד המרכיבים החשובים בלמלת הביניים אשר מותקפת על ידי הפטריה. יוני הסידן אחראים על חיזוק הממברנות הצמחיות ודופן התא ולכן תוספת של סידן יכולה לחזק את



דפנות של תאי הרקמה הצמחית ולהקשות על הפטריה את פרוקה. הוספת סידן למערכת הדישון בצמחי לזיאנטוס לא הפחיתה כלל את המחלה בהשוואה לטיפולים הכימיים אך עדין רמת הנגיעות היתה נמוכה מצמחים אשר קיבלו רק טיפולי דשן ללא סידן (איור 14).

הפטריה יכולה לשרוד בקרקע במשך זמן רב בעיקר בתוך שאריות הצמחים הנגועים ופחות כקשיונות. חומר צמחי נגוע אשר נשאר בשטח יכול להוות מקור נגיעות ראשוני בעונת גידול חדשה. סניטציה (הוצאת שאריות צמחים מהחממות) היא אחת השיטות למניעת הנגיעות בבוטריטיס, אך עדיין החקלאים נוהגים לחטא את החלקות בתכשירים כימיים לפני שתילה חדשה. בעבר היה נהוג לעשות חיטוי קרקע עם תכשירי מתיל ברומיד, אך עקב איסור השימוש בו נעשים ניסויים למצוא תכשירים חלופיים כימיים. אדיגן וקונדור היו יעילים בהפחתת חיוניות הפטריה לא פחות מחיטוי קרקע במתיל ברומיד (איור 15). בניסוי שנערך בתחנת זהר (ניסוי ה' 3) חיטוי קרקע בתכשירים כמו אדיגן וטלודריפ היו גם כן יעילים בהפחתת חיוניות הפטריה שנשמרה בקרקע אך עדין חיטוי קרקע במתיל ברומיד היה יעיל יותר (איור 16). בנוסף, טיפול של חיטוי סולרי בלבד הפחית את חיונית הפטריה בדומה לתכשירים הכימיים (איור 17). Lopez-Herrera et al. (1994) מצאו כי חיטוי סולרי יכול לעכב את התפתחות מחלת עובש אפור בחממות אך זה חייב להיעשות במקביל לסניטציה מחוץ לחממות כדי למנוע נדידה של הנבגים לתוך החממה.

#### 1. בחינת אמצעי הדברה חלופיים לאמצעים כימיים – ניסויי שדה

התפתחות מחלה עובש אפור בצמחי חממה מתרחשת בחורף בתנאים של לחות גבוהה. מאחר ולחות גבוהה או מים חופשיים הם הגורם המגביל הנחוץ להתפתחות המחלה, הפחתת הלחות בחממה יכולה להפחית את הנגיעות הצמחים בבוטריטיס. אמצעי הדברה אגרוטכניים כמו איוורור נוף הגידול, חיפוי קרקע, סוגי ההשקיה, צפיפות השתילה נבדקו בעבודה זאת כאמצעים למניעת הנגיעות בבוטריטיס וחלקם נמצאו יעילים. שילוב של אמצעים אלו או שילובם עם טיפולים כימיים יכול לתת הפחתה תוספתית של המחלה.

בעונת גידול 2004/5 נבדקו שני אמצעי הדברה קולטורליים להפחתת הלחות בנוף הגידול. טיפוס טמון בתוך הערוגות וחיפוי קרקע בחממה והשילוב של שני טיפולים אלו נמצאו מאוד יעילים בהפחתת נגיעות הצמחים בבוטריטיס (איור 17). בעבר חיפוי קרקע בחממות נמצא יעיל בהפחתת מחלת עובש אפור (Elad, 1998, 2000) ומחלת הכימשון בעגבניה (שטיינברג וחוב', 2004). בחממות עם חיפוי קרקע המחלות התפתחו מאוחר יותר וחומרת המחלה היתה נמוכה יותר. משך הרטיבות של העלים בחממות עם חיפוי קרקע במהלך הלילה היה קצר יותר מאשר בחממות עם קרקע חשופה. החיפוי בפוליאיתלן גורם לעליה של טמפרטורת הקרקע במשך היום. החום הנפלט מהקרקע בחממות עם חיפוי קרקע משנה את טמפרטורת הצמחים במשך הלילה ובכך את נקודת הטל. עקב כך נדחה המועד בו מתעבים מים על העלווה, משך זמן בו העלווה רטובה מתקצר ונמנעת התפתחות המחלות אוהדות לחות (שטיינברג וחוב' 2004). בנוסף, יריעת פוליאיתלן משמשת כחיץ מפריד בין קרקע רטובה לעלים תחתונים ובכך נמנעת התפתחות מחלת העובש האפור (כפי שהוסבר בסעיף ב'). בעונת גידול 2005/6 חיפוי קרקע גם כן נמצא יעיל בהפחתת מחלת עובש אפור בעוד דישון מוגבר בסידן לא השפיע כלל על הפחתת המחלה. לעומת זאת תוספת של סידן במי השקיה הפחיתה את נגיעות בבוטריטיס בצמחי ורד (Bar-Tal et al., 2001) ובצמחי בזיל (Yermiyahu et al., 2006). כמו כן ריסוס בסידן על גבי העלווה של צמחי רוסקוס (Elad and Kirshner, 1992) הפחית את נגיעות הצמחים בבוטריטיס. נראה כי בצמחי הליזיאנטוס תוספת של סידן או ריסוס של סידן אינם משפיעים על הפחתת מחלת עובש אפור (לא בניסויי מעבדה ולא בניסויי החממה).

שינויים בצפיפות השתילה משפיעים על המיקרואקלים בתוך הצמחיה. הפחתת צפיפות השתילים יכולה להפחית את הנגיעות בבוטריטיס. למתכונת השתילה יש השפעה ישירה על צפיפות הפונדקאים הזמינים לפתוגן וגם

השפעה על גרדיינט פיזור הנבגים. בחלקות צפופות יותר נמצאה נגיעות מוגברת (Legard *et al.*, 2000; Tolinger and Strider, 1984). בנוסף נצפים שינויי מיקרואקלים כמו לחות יחסית נמוכה והפחתה במשך זמן רטיבות העלוה בחלקות לא צפופות (Legard *et al.*, 2000). בצמחי לזיאנטוס בעומד השתילה הצפוף רמת המחלה היתה גבוהה מעומד השתילה המדולל בתום קטיף גל ראשון (איור 23 וטבלה 21). מספר הגדמים הבריאים היה גבוה יותר בעומד הצפוף בעוד שעורם באחוזים היה דומה בשני העומדים (איור 22 וטבלה 17). כאשר נספרו מספר צמחים הבריאים שנשארו בחלקות הטיפול בחממה, בעומד הצפוף מספרם היה גבוה יותר. הסיבה לכך היא ההבדל במספר הצמחים שנשתלו מהתחלה. בעומד הצפוף נשתלו 70 צמחים למ"ר ובעומד מדולל נשתלו 50 צמחים למ"ר. למרות שרמת המחלה היתה גבוהה יותר בחלקות עם העומד הצפוף עדין נשארו בהן מספר גדול יותר של צמחים בריאים. כלומר, עומד השתילה הדליל מפחית את רמת הנגיעות של הצמחים אך עדיין אינו רווחי מבחינת יבול הפרחים. חשיבות מספר הצמחים והגדמים הבריאים שנשארו לאחר הקטיף של הגל הראשון היא גדולה. בתחילת הגידול מייצר צמח הלזיאנטוס גבעול מרכזי אחד אשר מייצר פריחה מסיימת ופריחה על הסתעפויות של הגבעול. לאחר קטיף הגבעול המרכזי נוצרים מספר גבעולים צדדיים ובכך נוסף יבול פרחים בגידול גל שני.

עומד השתילה יכול גם להשפיע גם על יעילות תכשירי ההדברה. ישום תכשירי הדברה יעיל יותר בחלקות הלא צפופות (Legard *et al.*, 2000). בעבודה זאת בנוסף לשינויים בעומד השתילה נעשו טיפולים כימיים אשר נמצאו יעילים בהפחתת המחלה גם בעומד הצפוף וגם בעומד המדולל ללא הבדל משמעותי בין הטיפולים הכימיים עצמם. בעונת הגידול 2006/7 נבדקו שלושה אמצעים להפחתת הלחות בנוף הגידול ולמניעת התפתחות מחלת עובש אפור. רמת המחלה בעונה זו הייתה נמוכה ולחיפוי קרקע ביריעת פוליאאתילן, אשר נמצא יעיל בעונות גידול קודמות, לא היתה השפעה משמעותית על הפחתת המחלה (איור 23). הירידה ביעילות של חיפוי קרקע נבעה כנראה מיישום שונה של חיפוי הקרקע בהשוואה לעונות קודמות. בעונות קודמות לכל שתיל של לזיאנטוס נעשה חור קטן בתוך חיפוי הקרקע, בעונה זאת נעשה חור מלבני גדול למספר שתילים של לזיאנטוס אשר לא מנע את מגע העלים התחתונים באדמה הרטובה. במהלך הגידול בעונה זאת נצפו מקרים של נגיעות העלים התחתונים בחלקות מחופות עקב נגיעתם בקרקע רטובה. תופעה זאת מוכיחה כי ליריעה יש תפקיד נוסף והוא חיץ המפריד בין העלים התחתונים לקרקע רטובה. בניסוי נוסף שנערך לאחר סיום עבודה זו נמצא שאכן הקטנת החור שנוצר ביריעת הפוליאאתילן עם השתילה הביאה להעלאת יעילות החיפוי (אלעד יגאל, מסירה אישית).

איוורור של נוף הגידול, אשר הפחית את הלחות היחסית ואת משך הרטיבות של חלקי הצמח הרגישים (Sarabani *et al.*, 1999; Elad, 2000), לא נמצא יעיל בהפחתת המחלה בצמחי הלזיאנטוס בניסוי 2006-7. איוורור מאולץ הניתן בתוך הגידול הצפוף עשוי לתרום לשינויי מיקרואקלים בתוך הגידול. בעונת גידול זו נעשה שינוי משמעותי במתכונת השתילה של צמחי הלזיאנטוס עקב קיום שרולי מערכת האיוורור בתוך הערוגות. בעונה זו וגם בעונות קודמות נשתלו מספר דומה של צמחים למ"ר אך צורת השתילה היתה שונה. בעונות קודמות הצמחים נשתלו ב-6 טורים בחלקה ובעונה זאת הצמחים נשתלו בארבעה טורים. שתילה בשני טורים כבר מגדילה את איוורור נוף הגידול לכן כנראה לא נצפתה ההשפעה של טיפולי איוורור המאולץ של הגידול כמו שציפנו. ייעול האיוורור בתוך הערוגה בניסוי שנערך בעונה שלאחר סיום עבודה זו הביא להפחתה מובהקת בחומרת המחלה (אלעד יגאל, מסירה אישית).

ריסוס של תכשירים כימיים (מיתוס וסוויץ') היה יעיל בהפחתת המחלה בהשוואה לביקורת ולטיפול המיתוס בהגמעה (טבלה 18). כמו בעונות גידול קודמות ריסוס של תכשירים כימיים היה יעיל בהפחתת הנגיעות בבוטריטיס. ישום של מיתוס בהגמעה נמצא יעיל מאוד בניסויי המעבדה, אך בניסוי חממה לא היה יעיל כלל. יתכן כי הסיבה לכישלון בשדה היא בעיות ביישום של הטיפול הזה.

## ז. נתוני מיקרואקלים

ערכי המתאם בין רמת המחלה ומשכי הקיום של טמפרטורה נמצאו גבוהים בטמפרטורה מעל 20 מ"צ (טבלה 19). Elad and Yunis (1993) מצאו כי הטמפרטורות השכיחות ביותר בחממות בארץ הן 10-24 מ"צ אך עדין קיימות טמפרטורות קיצוניות יותר מתחת ל-8 מ"צ ומעל 30 מ"צ. טמפרטורות קיצוניות אלו יכולות לגרום לצמחים להיות יותר רגישים למחלת עובש אפור. בעבודה זאת נמצאו ערכי מתאם גבוהים מאוד (מעל 0.95) בטווח טמפרטורות 20-25 מ"צ (טבלה 19). טווח טמפרטורות זה נמצא אופטימלי להתפתחות המחלה גם בתנאי המעבדה (פרק ב'), לכן ערכי מתאם גבוהים בטמפרטורות אלו אכן מייצגים את השפעת הטמפרטורה על חומרת המחלה בחממה. ערכי מתאם גבוהים נמצאו גם בטווח טמפרטורות 30-40 מ"צ לקראת סוף העונה, כלומר בתקופה חמה. בתנאי המעבדה בטמפרטורה של 26 מ"צ התפתחות המחלה היתה איטית מאוד (פרק ב'). כמו כן, Elad and Yunis (1993) מצאו כי טמפרטורה מעל 30 מ"צ גרמה לרגישות יתר (פרי-דיספוזיזיה) של צמחי מלפפון למחלת העובש האפור. מכך אפשר להסיק כי טווח טמפרטורות 30-40 מ"צ אינו אופטימלי להתפתחות מחלת העובש האפור וערכי מתאם גבוהים התקבלו עקב רגישות של הצמחים לטמפרטורות גבוהות והתבטאות של התמוטטות צמחים בעקבות הפגיעה מבוטריטיס ופגיעה במעבר המים בנוף.

ערכי מתאם גבוהים התקבלו בין רמת המחלה ולחות יחסית גבוהה (90-100%) (טבלה 20), זה מעיד על השפעת לחות יחסית גבוהה על התפתחות מחלת עובש אפור. בתנאי המעבדה (סעיף ב') רמת המחלה היתה גבוהה בלחות יחסית מעל 85%, לעומת זאת בחממה התקבלו ערכי מתאם נמוכים בטווח לחות יחסית של 80-90%.

לחיפוי הקרקע ביריעת הפוליאאתילן היתה השפעה על לחות יחסית וטמפרטורה במנהרות (איורים 24-25). הטמפרטורה במנהרות עם חיפוי קרקע היתה גבוהה ביום ובלילה לעומת מנהרות ללא חיפוי קרקע. שטיינברג וחובי (2004) הראו שחיפוי קרקע בפוליאאתילן גורם לעליה של טמפרטורת הקרקע במשך היום (יחסית לקרקע חשופה) ולשינויים באוגר החום שלהן. החום הנפלט מהקרקע במבנים מחופים משנה את טמפרטורת הצמחים במשך הלילה ובכך את נקודת הטל. עקב כך נדחה המועד בו מתעבים המים על העלים, משך הזמן בו העלווה רטובה מתקצר ונמנעת ההתפתחות של מחלות אוהדות לחות. לפי נתוני המיקרואקלים שהתקבלו בעבודה זאת נראה כי הטמפרטורה במנהרות מחופות היתה יותר גבוהה בלילה לעומת לא מחופות והיא הגיעה לנקודת המינימום שלה יותר מאוחר במשך הלילה. כמו כן הלחות היחסית הייתה יותר נמוכה במנהרות מחופות גם ביום וגם בלילה. שטיינברג וחובי (2004) מצאו כי הסיבה הביולוגית להפחתת הנגיעות בכימיון (מוגברת על ידי לחות יחסית גבוהה ורטיבות) היא ההפחתה בלחות היחסית בחלל המבנה שבמקביל לה הופחתה התעבות מים על נוף הצמחים. בסעיף ו' נמצא כי רמת המחלה במנהרות מחופות היתה נמוכה משמעותית מרמת המחלה במנהרות לא מחופות. את הממצא הזה אפשר להסביר על ידי שינויי המיקרואקלים שהתקבלו עקב חיפוי הקרקע ביריעת הפוליאאתילן וגם על ידי מניעת המגע של העלים התחתונים עם קרקע רטובה.

גם בעונת גידול 2006/7 חיפוי קרקע השפיע על טמפרטורה ולחות היחסית בחממות המחופות, למרות שלא היה הבדל ברמת המחלה בחממות אלו (כאמור לעיל, חור גדול בפוליאאתילן שלא מנע מגע עלים עם הקרקע הרטובה). בנוסף לטיפול חיפוי קרקע ניתנו טיפולי האיוורור המאולץ במשך הלילה. בחלקות בהן היו טיפולי האיוורור המאולץ היתה ירידה של 5-10% בלחות היחסית גם בחממה מחופה וגם בלא מחופה (איור 26). Morgan (1984) מצא כי איוורור מאולץ במהלך הלילה הפחית משמעותית את הנגיעות צמחי העגבניה בבוטריטיס. בנוסף טיפולי האיוורור הפחיתו את רטיבות העלה בחלקות מחופות. השילוב של חיפוי קרקע עם איוורור מאולץ מפחית משמעותית את משך הרטיבות של העלה במהלך הלילה.



## רשימת ספרות

- אלעד י., 1998. בוטריטיס. בספר מחלות צמחים בישראל, רותם י, פלטי י ובן יפת י (עורכים), הוצאת מינהל המחקר החקלאי. ע' 257-267.
- אלעד י., וקטן ת., 1993. ניטור עמידות אוכלוסיית הבוטריטיס לפונגיצידיים כבסיס להפחתת ריסוסים ויעול ההדברה. גן שדה ומשק חוב' 10 עמ' 70-75.
- שטיינברג ד., אלעד י., צרור ל., טרגרמן מ., מתן א. ומסיקה י., 2004. פיתוח ממשק להדברה משולבת של מחלות נוף בחממות אורגניות. סיכום עונה 2002/2003 – מו"פ דרום, עמ' 35 וקובץ בדיסק דיווחים 9 עמ'.
- שמאי ע., 2004. התמודדות עם מחלת העושוב האפור בריחן הבזיל בדרכים ידידותיות לסביבה. ע"ג, פקולטה למדעי החקלאות, המזון ואיכות סביבה, 55 ע"מ.
- Bar-Tal, A.,** Baas, R., Ganmore-Neumann, R., Dik, A., Marissen, N., Silber, A., Davidov, S., Hazan, A., Kirshner, B. and Elad, Y., 2001. Rose flower production and quality as affected by Ca concentration in the petal. *Agronomie* 21:393-402.
- Baroffio, C.A.,** Siegfried, W., Hilber, U.W., 2003. Long-term monitoring for resistance of *Botryotinia fuckeliana* to anilinopyrimidine, phenylpyrrole, and hydroxyanilide fungicides in Switzerland. *Plant Dis.* 87:662-666.
- Carre, D.D.** and Coyier, D.L., 1984. Influence of atmospheric humidity and free water on tube growth of *Botrytis cinerea*. *Phytopathology* 77:1225-1230.
- Chardonnet, C.** and Doneche, B., 1995. Relation between calcium content and resistance to enzymatic digestion of the skin during the grape ripening. *Vitis* 34:95-98.
- Cohen, S.,** Ziv, G., Grava, A., Elad, Y. and Shtienberg, D., 2006. Influence of polyethylene mulch on night microclimate, dew point and *Phytophthora infestans* infection in non-heated tomato greenhouses in southern Israel. *Acta Hort.* No. 718:277-282.
- Cole, L.,** Dewey, F.M. and Hawes, C.R. 1996. Infection mechanisms of *Botrytis* species: pre-penetration and pre-infection processes of dry and wet conidia. *Mycol. Res.* 100: 277-286.
- Coley-Smith, J.R.,** Verhoeff, K., and Jarvis, W.R., 1980. Sclerotia and other structures in survival. In: *The biology of Botrytis*. Coley-Smith, J.R., Verhoeff, K. and Jarvis, W.R. (Eds.), Academic press. London. UK, pp. 85-114.
- Conway, W.S.,** Sams, C.E., Abbott, J.A. and Bruton, B.D., 1991. Postharvest calcium treatment of apple fruit to provide broad-spectrum protection against postharvest pathogens. *Plant Dis.* 75:620-622.
- Daniels, A.,** Lucas, J. A., 1995. Mode of action of the aniline-pyrimidine fungicide pyrimethanil: 1. In-vivo activity against *Botrytis fabae* on broad bean (*Vicia faba*) leaves. *Pestic. Sci.* 45:33-41.
- Davids, L.C.** and Ishii, H., 1995. Biochemical and molecular aspects of the mechanisms of action of benzimidazoles, N-phenylcarbamates and N-phenylformamidoximes and the mechanisms of resistance to these compounds in fungi. In: *Modern Selective Fungicides*. Lyr, H. (Eds.), Gustav Fisher Verlag, Jena, Germany, pp. 305-322.
- Delp, C.G.,** 1995. Benzimidazole and related fungicides. In: *Modern Selective Fungicides*. Lyr, H. (Eds.), Gustav Fisher Verlag, Jena, Germany, pp. 291-303.
- Dik, A.J.** and Elad, Y., 1999. Comparison of antagonists of *Botrytis cinerea* in greenhouse-grown cucumber and tomato under different climatic conditions. *Eur. J. Plant Pathol.* 105:123-137.
- Dik, A.J.,** and Koning, A.N.M., 1996. Influence of climate on epidemiology of *Botrytis cinerea* in cucumber. XIth International Botrytis Symposium, Wageningen, The Netherlands, pp. 46.
- Eden, M.A.,** Hill, R.A., Beresford, R. and Stewart, A., 1996. The influence of inoculum concentration, relative humidity, and temperature on infection of greenhouse tomatoes by *Botrytis cinerea*. *Plant Pathol.* 45:795-806.
- Elad, Y.,** 1992. Reduced sensitivity of *Botrytis cinerea* to two sterol biosynthesis-inhibiting fungicides, fenetrazole and fenethanil. *Plant Pathol.* 41:47-54.
- Elad, Y.,** 1997. Effect of filtration of solar light on the production of conidia by field isolates of *Botrytis cinerea* and on several diseases of greenhouse crops. *Crop Prot.* 16:635-642.

- Elad, Y.**, 1998. Integrated control of foliar diseases of greenhouse vegetable crops. Proceedings of the International Symposium on Production and Protection of Horticultural Crops, Agadir. A. Hanafi, M. and Baudoin, (Eds.), pp. 109-115.
- Elad, Y.**, 2000. Changes in disease epidemics on greenhouse grown crops. *Acta Hort.* No. 534:213-220.
- Elad, Y.** and Evensen, K., 1995. Physiological aspects of resistance to *Botrytis cinerea*. *Phytopathology* 85:637-643.
- Elad, Y.** and Kirshner, B., 1992. Calcium reduces *Botrytis cinerea* damages to plant of *Ruscus hypoglossum*. *Phytoparasitica* 20:285-291.
- Elad, Y.**, Shabi, E. and Katan, T., 1988. Negative cross resistance between benzimidazole and *N*-phenylcarbamate fungicides and control of *Botrytis cinerea* on grapes. *Plant Pathol.* 37:141-147.
- Elad, Y.** and Shtienberg, D., 1995. *Botrytis cinerea* in greenhouse vegetables; chemical, cultural, physiological and biological controls and their integration. *Integ. Pest Manage.Rev.* 1:15-29.
- Elad, Y.** and Volpin, H., 1993. Reduced sensitivity to grey mould (*Botrytis cinerea*) of bean and tomato plants by means of calcium nutrition. *J. of Phytopathol.* 139: 146-156.
- Elad, Y.**, Williamson, B., Tudzynski, P. and Delen, N., 2004. *Botrytis* spp. and diseases they cause in agricultural systems – an introduction. In: *Botrytis: Biology, Pathology and Control*, Elad, Y., Williamson, B., Tudzynski, P. and Delen, N., (Eds), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, pp. 1-8.
- Elad, Y.** and Yunis, H., 1993. Effect of microclimate and nutrients on development of cucumber gray mold (*Botrytis cinerea*). *Phytoparasitica* 21:257-268.
- Elad, Y.**, Yunis, H. and Katan, T., 1992. Multiple resistance to benzimidazoles, dicarboximides and diethofencarb in field isolates of *Botrytis cinerea* in Israel. *Plant Pathol.* 41:41-46.
- Elad, Y.**, Yunis, H. and Volpin, H., 1993. Effect of nutrition on susceptibility of cucumber, eggplant and pepper crops to *Botrytis cinerea*. *Can. J. Bot.* 71:602-608.
- Ferguson, I.B.**, 1984. Calcium in plant senescence and fruit ripening. *Plant Cell Environ.* 7:479-489.
- Fritz, R.**, Lanen, C., Colas, V. and Leroux, P., 1997. Inhibition of methionine biosynthesis in *Botrytis cinerea* by the anilino-pyrimidine fungicide pyrimethanil. *Pestic. Sci.* 49:40-46.
- Goodman, R.N.**, Kiraly, Z. and Wood, K.R., 1986. *The biochemistry and Physiology of plant disease*. Colombia: Mo. University of Missouri Press. P: 430.
- Gullino, M.L.**, 1992. Chemical control of *Botrytis* spp. In: *Recent advances in Botrytis research*. Verhoeff. K., Malathrakis, N.E., Williamson, B., (Eds), Pudoc Scientific Publishers, Wageningen, pp. 217-222.
- Guetsky, R.**, Shtienberg, D., Elad, Y. and Dinoor, A., 2001. Combining biocontrol agents to reduce the variability of biological control. *Phytopathology* 91:621-627.
- Hausbeck, M.K.** and Pennypacker, S.P., 1991. Influence of time intervals among wounding, inoculation and incubation on stem blight of geranium caused by *Botrytis cinerea*. *Plant Dis.* 75: 1168-1172.
- Hausbeck, M.K.**, Pennypacker, S.P. and Stevenson, R.E., 1996. The use of forced heated air to manage *Botrytis* stem blight of geranium stock plants in a commercial greenhouse. *Plant Dis.* 80:940-943.
- Hilber, U.W.**, Schuepp, H., 1996a. A reliable method for testing the sensitivity of *Botryotinia fuckeliana* to anilino-pyrimidines *in vitro*. *Pestic. Sci.* 47:241-247.
- Hilber, U.W.**, Schuepp, H., 1996b. Mycelial growth test for assessment of anilino-pyrimidine sensitivity of grey mould (*Botryotinia fuckeliana*). *EPPO Bull.* 26:184-186.
- Hilber, U.W.** and Hilber-Bodmer, M., 1998. Genetic basis and monitoring of resistance of *Botryotinia fuckeliana* to anilino-pyrimidines. *Plant Dis.* 82:496-500.
- Hobbs, E.L.** and Waters, W.E., 1964. Influence of nitrogen and potassium on susceptibility of *Chrysanthemum morifolium* to *Botrytis cinerea*. *Phytopathology* 54:674-676.

- Hoffland, E.**, Van Beusichem, M.L. and Jeger, M.J., 1999. Nitrogen availability and susceptibility of tomato leaves to *Botrytis cinerea*. *Plant Soil* 210:263-272.
- Honda, Y.**, Toki, T. and Yonoki, T., 1977. Control of gray mould of greenhouse cucumber and tomato by inhibiting sporulation. *Plant Dis.* 61:1041-1048.
- Jarvis W.R.**, 1977. *Botryotinia* and *Botrytis* species: taxonomy, physiology and pathogenicity. Monograph no. 15. Canada Department of Agriculture, Ottawa, ON.
- Jarvis W.R.**, 1980. Epidemiology. In: The biology of *Botrytis*. Coley-Smith, J.R., Verhoeff, K. and Jarvis, W.R. (Eds.), Academic press. London. UK, pp. 219-250.
- Jarvis W.R.**, 1992. Managing diseases in greenhouse crop. The American phytopathological society press, St. Paul, Minnesota, USA.
- Kapat, A.**, Zimand, G. and Elad, Y., 1998. Biosynthesis of pathogenicity hydrolytic enzymes by *Botrytis cinerea* during infection of bean leaves and *In vitro*. *Mycol. Res.* 102:1017-1024.
- Katan, T.**, Elad, Y. and Yunis, H., 1989. Resistance to diethofenocarb (NPC) in benomyl-resistant field isolates of *Botrytis cinerea*. *Plant Pathol.* 38:86-92.
- Köhl, J.**, Gerlagh, M. and Grit, G., 2000. Biocontrol of *Botrytis cinerea* by *Ulocladium atrum* in different production systems of cyclamen. *Plant Dis.* 84:569-573.
- Kritzman, G.** and Netzer, D., 1978. A selective medium for isolation and identification of *Botrytis spp.* from soil and onion seed. *Phytoparasitica* 6:3-7.
- Lakshminarayana, S.**, Sommer, N.F., Polito, V. and Fortlage, R.J., 1987. Development of resistance to infection by *Botrytis cinerea* and *Penicillium expansum* in wounds of mature apple fruits. *Phytopathology* 77:1674-1678.
- Leroux, P.**, 1996. Recent developments in the mode of action of fungicides. *Pestic. Sci.* 47:191-197.
- Leroux, P.**, 2004. Chemical control of Botrytis and its resistance to chemical fungicides. In: *Botrytis: Biology, Pathology and Control*. Elad, Y., Williamson, B., Tudzynski, P. and Delen, N., (Eds.), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, pp. 195-222
- Leroux, P.**, Chapeland, F., Desbrosses, D. and Gredit, M., 1999. Patterns of cross-resistance to fungicides in *Botryotinia fuckeliana* (*Botrytis cinerea*) isolates from French vineyards. *Crop Prot.* 18:687-697.
- Legard, D.E.**, Xiao, C.L., Mertely, J.C. and Chandler, C.K., 2000. Effects of plant spacing and cultivar on incidence of *Botrytis* fruit rot in annual strawberry. *Plant Dis.* 84:531-538.
- Lopez-Herrera, C.J.**, Verdu-Valiente, B. and Melero-Vara, J.M., 1994. Eradication of primary inoculum of *Botrytis cinerea* by soil solarization. *Plant Dis.* 78:594-597.
- Mertely, J.C.**, Chandler, C.K., Xiao, C.L. and Legard, D.E., 2000. Comparison of sanitation and fungicides for management of *Botrytis* fruit rot of strawberry. *Plant Dis.* 84:1197-1202.
- Milling, R.J.** and Richardson, C.J., 1995. Mode of action of the anilopyrimidine fungicide pyrimethanil. 2. Effects on enzyme secretion in *B. cinerea*. *Pestic. Sci.* 45:43-48.
- Miura, I.**, Kamakura, T., Maeno, S., Hayashi, S. and Yamaguchi, I., 1994. Inhibition of enzyme secretion in plant pathogens by mepanipyrim, a novel fungicide. *Pestic. Biochem. Physiol.* 48:222-228.
- Morgan, W.M.**, 1984. The effect of night temperature and glasshouse ventilation on the incidence of *Botrytis cinerea* in a late-planted tomato crop. *Crop Prot.* 3:243-251.
- Navasero, R.C.** and Ramaswamy, S.B., 1991. Crop, ecology, production and management. *Crop Sci.* 51:342-353.
- O'Leary, Y.M.** and Knecht, G.N., 1972. Salt uptake in plants grown at constant high relative humidity. *J. Ariz. Acad. Sci.* 7:125-128.
- O'Neill, T.M.**, Shtienberg, D. and Elad, Y., 1997. Effect of some host and microclimate factors on infection of tomato stems by *Botrytis cinerea*. *Plant Dis.* 81:36-40.

- Poovaiah, B.W.**, Glenn, G.M. and Reddy, A.S.N., 1988. Calcium and fruit softening: physiology and biochemistry. *Hortic. Rev.* 10:107-152.
- Reuveni, R.**, Raviv, M. and Bar, R., 1989. Sporulation of *Botrytis cinerea* as affected by photo-selective polyethylene sheets and filters. *Ann. Appl. Biol.* 115:417-424.
- Rosslenbroich, H.J.**, Brandes, W., Kruger, B.-W., Kuck, K.-H., Pontzen, R., Stenzel, K. and Suty, A., 1998. Fenheximid (KBR 2738) – A novel fungicide for control of *Botrytis cinerea* and related pathogens. The 1998 Brighton Conference, Pests and Dis., pp. 327-334.
- Rossenbroich, H.J.**, Staubler, D., 2000. *Botrytis cinerea* – history of chemical control and novel fungicides for its management. *Crop Prot.* 19:557-561.
- Rotem, J.**, and Aust H.J., 1991. The effect of ultraviolet and solar radiation and temperature on survival of fungal propagules. *J. Phytopath.* 16:83-101.
- Salinas, J.**, Glandorf, D.C.M., Picavet, F.D. and Verhoeff, K., 1989. Effect of temperature, relative humidity and age of conidia on spotting of gerbera flowers caused by *Botrytis cinerea*. *Neth. J. Plant Pathol.* 95:51-664.
- Sasaki, T.** and Honda, Y., 1985. Control of certain diseases of greenhouse vegetables with ultraviolet-absorbing vinyl film. *Plant Dis.* 69:530-533.
- Sharabani, G.**, Shtienberg D., Elad, Y. and Dinooor, A., 1999. Epidemiology of *Botrytis cinerea* in sweet basil and implications for disease management. *Plant Dis.* 83:554-560.
- Shtienberg, D.** and Elad, Y., 1997. Incorporation of wether forecasting in integrated, biological-chemical management of *Botrytis cinerea*. *Phytopathol.* 87: 332-340.
- Shtienberg, D.**, Elad, Y., Niv, A., Nitzani, Y. and Kirshner, B., 1998. Significance of leaf infection by *Botrytis cinerea* in stem rotting of tomatoes grown in non-heated greenhouses. *Eur. J. Plant Pathol.* 104:753-763.
- Swartzberg, D.**, Kirshner, B., Elad, Y., and Granot, D. 2008. *Botrytis cinerea* induces senescence and is inhibited by autoregulated expression of the IPT gene. *Eur. J. Plant Pathol.* 120:289-297.
- Sirjusingh, C.** and Sutton, J.C., 1996. Effects of wetness duration and temperature on infection of geranium by *Botrytis cinerea*. *Plant Dis.* 80:160-165.
- Sirjusingh, C.**, Sutton, J.C. and Tsujita, M.J., 1995. Effects of inoculum concentration and host age on infection of geranium by *Botrytis cinerea*. *Plant Dis.* 80:154-159.
- Sosa-Alvarez, M.**, Madden, L.V. and Ellis, M.A., 1995. Effects of temperature and wetness duration on sporulation of *Botrytis cinerea* on strawberry leaf residues. *Plant Dis.* 79: 609-615.
- Trolinger, J.C.** and Strider, D.L., 1984. Botrytis blight of *Exacum affine* and its control. *Phytopathology* 74:1181-1188.
- Van den Berg, L.** and Lentz, C.P., 1981. The effect of relative humidity and temperature on survival and growth of *Botrytis cinerea* and *Sclerotinia sclerotiorum*. *Neth. J. Plant Pathol.* 87:55-64.
- Verhoeff, K.**, 1965. Studies of *Botrytis cinerea* in tomatoes. Mycelial development in plant growing in soil with various nutrient levels, as well as internodes of different age. *Neth. J. Plant Pathol.* 71:167-175.
- Verhoeff, K.**, 1980. The infection process and host-pathogen interaction. In: *The Biology of Botrytis*. Coley-Smith, J.R., Verhoeff, K. and Jarvis, W.R., (Eds.), Academic Press. London. UK, pp. 153-180.
- Volpin, H.** and Elad, Y., 1991. Influence of calcium nutrition on susceptibility of rose flowers to *Botrytis* blight. *Phytopathology* 81:1390-1394.
- Wegulo, S.N.** and Vilchez, M., 2007. Evaluation of lisianthus cultivars for resistance to *Botrytis cinerea*. *Plant Dis.* 91:997-1001.



- Williamson, B.**, Dulkan, G.H., Harrison, J.G., Harding, L.H., Elad, Y. and Zimand, G., 1995. Effect of humidity on infection of rose petals by dry-inoculated conidia of *Botrytis cinerea*. Mycol. Res. 99:1303-3010.
- Yermiyahu, U.**, Shamai, I., Peleg, R., Dudai, N. and Shtienberg, D., 2006. Reduction of *Botrytis cinerea* sporulation in sweet basil by altering the concentrations of nitrogen and calcium in the irrigation solution. Plant Pathol. 55:544-552.
- Young, J.F.**, 1967. Humidity control in the laboratory using salt solutions – a review. J. Appl. Chem. 17:241-244.
- Yunis, H.** and Elad, Y., 1989. Survival of *Botrytis cinerea* in plant debris during summer in Israel. Phytoparasitica 17:13-21.
- Yunis, H.**, Elad, Y. and Mahrer, Y., 1990. The effect of air temperature, relative humidity and canopy wetness on gray mold of cucumbers in unheated greenhouses. Phytoparasitica 18:203-215.
- Yunis, H.**, Steinberg, D., Elad, Y. and Mahrer, Y., 1994. Qualitative approach for modelling outbreaks of grey mould epidemics in non-heated cucumber greenhouses. Crop Prot. 13:99-104.



## נספח 1

תכשירים כימיים בהם נעשה שימוש במהלך העבודה

משווק	יצרן	ריכוז החומר הפעיל	המרכיב הפעיל	תוארית*	שם התכשיר
Bayer CropScience פדרמן ובניו		300 g/l	pyrimethanil	ת"ר	מיתוס
Kaken Pharmaceuticals אחים מילצין		50%	polyoxin-AL	ג"ר	פולאר
Syngenta אגריקה		37.5%	cyprodinil	ג"ר	סוויץ'
Bayer CropScience לידור כימיקלים		25%	fludioxonil	ג"ר	טלדור
Bayer CropScience אחים מילצין		500 g/l	fenhexamid	ת"ר	רובראל
Bayer CropScience לידור כימיקלים		500 g/l	iprodione	ת"ר	סילבקור
		10%	tebuconazole	א"ר	
		40%	dichlofluanid		
אגריכים	תרכובות ברום	60.8%	dichloropropene	ת"מ	טלודריפ
		33.3%	chloropicrin		
אגן יצרני כימיקלים	אגן יצרני כימיקלים	370 g/l	metham sodium	ת"נ	אדיגן
Dow AgroSciences אגריכים		91.7%	dichloropropene	ת"מ	קונדור
		98%	methyl bromide		מתברום 980
תרכובות ברום	תרכובות ברום	2%	chloropicrin	גז	
דשנים	דשנים וחומרים כימיים	15%	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>		קלניט

\*ת"ר=תרכיז רחף, ג"ר=גרגירים רחפים, א"ר=אבקה רטיבה, ת"מ=תרכיז מתחלב, גז=גאז

## נספח 2

רשימת תכשירים כימיים בהם נעשה שימוש במהלך ביצוע חיטוי קרקע בחוות הבשור

מועד הורדת חיפוי והוצאת הקשיונות וקטעי גבעול	מינון התכשיר	מועד היישום	מועד חיפוי מועד קטעי מועד וקשיונות קרקע בפוליאתילן	מועד הטמנת קטעי מועד גבעול וקשיונות קרקע בקרקע	טיפול
28/9/2006	50 ק"ג/דונם	2/8/2006	30/7/2006	30/7/2006	מתברום 980
4/10/2006	50 ליטר/דונם	6/8/2006	30/7/2006	30/7/2006	אדיגן
4/10/2006	20 ליטר/דונם	20/8/2006	30/7/2006	30/7/2006	קונדור

\*כל הטיפולים הכימיים בוצעו על רקע של חיטוי סולרי

רשימת תכשירים כימיים בהם נעשה שימוש במהלך ביצוע חיטוי קרקע בתחנת זהר בכיכר סדום

מועד הורדת חיפוי והוצאת הקשיונות וקטעי גבעול	מינון התכשיר	מועד היישום	מועד חיפוי הקרקע בפוליאתילן	מועד הטמנת קטעי מועד גבעול וקשיונות בקרקע	טיפול
3.9.2006	40 ליטר/דונם	15/8/2006	6/8/2006	4/8/2006	אדיגן
3.9.2006	40 גרם/מ"ר	14/8/2006	6/8/2006	4/8/2006	טלודריפ
3.9.2006	-	-	6/8/2006	4/8/2006	סולרי
3.9.2006	50 גרם/מ"ר	11/8/2006	6/8/2006	4/8/2006	מתברום 980

\*כל הטיפולים הכימיים בוצעו על רקע של חיטוי סולרי

הרכב הדשן ותוספת סידן שהיה בשימוש בניסויי שדה ומעבדה

שם הדשן								
קורטין רגיל (גי/סמ"ק)	אשלגן כלורי (גי/סמ"ק)	גופרת אמון (גי/סמ"ק)	אשלגן חנקתי (גי/סמ"ק)	חומצה זרחתית (גי/סמ"ק)	אמון חנקתי (גי/סמ"ק)	קלניט (גי/סמ"ק)	סידן (ח"מ)	טיפול
100	-	-	270	30	170	-	מי ברז 70 (ח"מ)	ביקורת
100	100	70	150	30	50	300	מי ברז + 80 ח"מ	תוספת סידן
סיכום הרכבי דשן								
חנקה [ % ]								
73      72								
חנקן								
79.0      80.4								
זרחן								
13.5      13.5								
אשלגן								
98.8      103.1								

## Abstract

The grey mould disease caused by the fungus *Botrytis cinerea* severely attacks Lisianthus plants and can cause to their mortality. The fungus attacks the plant in the flowers, in the base of the stem or in the stubs that remain after the flower harvesting. The gray mould disease become a sever problem in Lisianthus crops in Israel, especially stem infection that can affect up to 50% of the plants and can cause an economic damage to the growers. The aim of this research is to study the gray mold disease that attacks the plant in the base of the stem and to test the integrated management of *B. cinerea* in Lisianthus.

Stem rot development in Lisianthus plants is not depended on the type of inoculums. The middle nodes of the stem (nodes 3-5) were more susceptible than other nodes. The optimal conditions for disease development in the stem pieces were different from the whole plant. It was found that optimal conditions for disease development in stem pieces is Relative Humidity (RH) above 85% and the temperature of 25°C, although disease development was found at 65-75% RH and temperature of 15°C. Disease development in whole plant is not depends on the temperature at high RH. At the RH above 85% there were no influence of different ranges of temperature on disease development, although, at RH 65-75% the optimal temperature was 22°C. The conidiophores formation was high at RH above 99% in whole plants and at RH above 85% in stem pieces.

It was observed that stems of Lisianthus plants usually are infected in the lower nodes, although the lower stem node was not found more susceptible. Low light intensity at the base of the stem did not affect the infection, as it was suspected, in the stem pieces, but it affected infection of leaves. In addition, the lower leaves, that are closer to the soil, are more susceptible than the upper leaves. The susceptibility of the lower leaves and density growth of the canopy of Lisianthus plants, are optimal conditions for disease development and result in fast infection and spread of the fungus along the leaves. The fungus moves from the infected leaves to the stem and causes the later infection. At the optimal conditions of RH above 95% and temperature range of 18-22°C the infection of the stem can be severe. The use of polyethylene separation between the lower leaves and the wet soil reduces the disease severity. Susceptibility of two cultivars of Lisianthus depended on the type of infected organs i.e. leaf or stem.

*B. cinerea* has high ability to survive in the soil during the summer. Survival was tested with sclerotia and plant debris containing pathogen mycelium. Seven three percent of plant debris segments and 64% of sclerotia were found to be alive after incubation for 3 month in the soil during the summer. Soil

treatments with chemical fungicides like Edigan, Condor, Telodrip, methyl bromide and soil solarization were useful in reducing the viability of the fungus.

Different chemical fungicides, applied before infection with *B. cinerea*, suppressed disease under controlled conditions. Only pyrimethanil, fenhexamide and iprodione effectively suppressed grey mould when sprayed after infection with a sensitive *B. cinerea* isolate. Calcium sprays on the foliage before the infection with *B. cinerea* suppressed disease, but was not effective when sprayed after the infection. There was no influence of calcium spray on disease development in stem pieces. Chemical fungicides that were drenched onto potted plants reduced disease severity in stem pieces. Calcium fertilization was ineffective.

Microclimate management in greenhouses has a potential to reduce the infection of Lisianthus crops by *B. cinerea*. Polyethylene soil mulch and buried drip irrigation significantly decrease the humidity in the greenhouse and suppressed grey mould on stem base or plant stubs. Planting density can change the microclimate conditions (RH and temperature) inside the canopy. Decreased plant density resulted in significant lower disease levels. Forced air of the canopy, which reduces RH inside the canopy and the wetness of the different organs of the plant, was ineffective in this study.

# **Integrated management of grey mould in Lisianthus**

Thesis submitted to the Faculty of Agriculture, Food and Environment  
Quality Science

For the degree of Master of Science

By

Lena Shpialter

November 2008

Rehovot