

## מחלות נוף והדברה לא-קונבנציונלית שלהן

י' אלעד<sup>1</sup>

### תקציר

מחלות מתחוללות בנוף הצמחים: כאשר מופר האיזון בפילוספירה, כאשר רקמת הצמח המאכסן רגישה לתקיפת מיקרואורגניזמים מחוללי-מחלות, ובתנאי סביבה מתאימים. פעולות הנעשות בחלקה החקלאית לפני הגידול ובמהלכו משפיעות במידה רבה על התנהגותם של מחוללי-מחלות, על רגישות הצמחים למחלות ועל מידת ההדברה והתפתחות מגיפות. חשיפה מקדימה לתנאי סביבה לא-נוחים עשויה להחמיר את המגיפות. הפחתת נזקים תיתכן בכמה דרכים: בקרת תנאי המיקרואקלים בנוף הצמחים, מניעת הימצאות מידבק של מחוללי-המחלה, שימוש בזנים עמידים, נקיטת פעולות בהתאם למערכות ניטור-מחלות, חיזוי התפרצות מגיפות וספי-פעולה, יישום תכשירים כימיים מותרים (כגון אלה המבוססים על מלחי גופרית, נחושת, סידן ודו-פחמה) ואף מדברים ביולוגיים, אם מצויים כאלה. תכשירים נוספים שהם בעלי פוטנציאל ליישום במימשק אורגאני מבוססים על תמציות קומפוסט ומיצויים מצמחים שונים. אמצעים נוספים ננקטים בשלבי הטיפול בתוצרת לאחר הקטיף.

## פרק א': גורמים המשפיעים על הופעת מחלות-נוף

משהחליט האדם לשלב גידול צמחים מכוון בתוך חברת הצמחים הטבעית - בו ברגע הוא הפר למעשה את האיזון הטבעי. גידול צמחים לשם איסוף יבולם הוא מעשה חריג במציאות הטבעית, ורק מימשק מכוון יכול לגרום לצמחים להניב באיכות ובכמות הרצויות למגדל. פגעים, לרבות מחלות צמחים, המשפיעים מעט בסביבת הצמחים הטבעית, הופכים להיות חשובים וקשים לבקרה בחלקה החקלאית. צמחים מושפעים ממחלות שמחוללים גורמים ביוטיים ואביוטיים. מחלות חסר במאקרו-אלמנטים או במיקרו-אלמנטים, והשפעות סביבה כגון תנאים קיצוניים של טמפרטורה, לחות, משקעים וקרינה - אלה הם גורמים אביוטיים. את הגורמים הביוטיים אפשר לחלק לקבוצות לפי טבעם של האורגאניזמים מחוללי-המחלות, כלהלן: וירוסים ומיקופלזסמה, חיידקים, פטריות, נמטודות וצמחים טפילים. פרק זה

מפרסומי מינהל המחקר, סדרה ע', 1996, מס' 72.

1 המחלקה לפתולוגיה של צמחים, המכון להגנת הצומח, מינהל המחקר החקלאי, מרכז וולקני, בית-דגן 50250.

יעסוק במחלות נוף שגורמים חיידקים ופטריות, ובגורמים ביוטיים המשפיעים על פעילות המיקרו-אורגאניזמים מחוללי-המחלות ועל התבטאות נזקה.

מחלות מופיעות בנוף הצמחים כאשר מופר האיזון בפילוספירה וכאשר רקמת הצמח המאחסן רגישה לתקיפת מיקרואורגאניזמים מחוללי-מחלות. קיימות מחלות התוקפות גידולים רבים, ואחרות שהן ייחודיות לגידול מסוים. לדוגמה: מחוללי-המחלות קמחונית, בוטריטיס, קשיונה, ריזופוס, גרב, מוניליניה וכימשון תוקפים פונדקאים מספר. לעומת זאת, מחוללי-המחלות קימחון, עובש עלים, כשותית, חילדון, פוזאריים ומחלות חיידקיות תוקפים באופן ייחודי מינים או סוגים בוטאניים נפרדים. רוב מחוללי-המחלה מגיעים לידי ביטוי כבר במהלך הגידול ומסבים נזקים מיידיים לכמות היבול ולאיכותו, ונזקים מצטברים - לגידולים רב-שנתיים. כמה מחוללי-מחלה מסבים נזקים גם בשלבים שלאחר הקטיף, או שהם ייחודיים לתוצרת הקטופה גם אם ההדבקה התרחשה עוד בשלב הגידול בשטח. מחלות הנוף הנפוצות בגידולים העיקריים מפורטות בטבלות מס' 1 (גידולים חד-שנתיים) ומס' 2 (גידולים רב-שנתיים). בדוגמות שיובאו להלן יוזכרו רק חלק ממחוללי-המחלה שצוינו בטבלות. קיים חיפוש מתמיד אחר אמצעים להדברת המחלות אשר יתאימו לגידולים ולצורות המימשק הנדרשות. אמצעים קולטוראליים המשפיעים על מחלות מפורטים בספר מסכם (33).

במאמר-סקירה זה יפורטו אמצעים ורעיונות המצויים בשימוש או בשלבי פיתוח שונים, ושאינם כרוכים בשימוש בחומרים סינתטיים. בעיותיהם של גידולי החממה יופרדו מאלה של הגידולים בשטח הפתוח, ויובאו המחשות בהתאם לאופיים של בתי-הגידול השונים. בניגוד לגידולי החממה, הגידולים שבשטח הפתוח חשופים לשינויי מזג-אוויר קיצוניים, לרוחות ולאבק, לקרינה על-סגולה ועוד. גידולים אלה חשופים גם ליחידות תפוצה של גורמי מחלות-נוף, העשויות להגיע אליהם משדות סמוכים או רחוקים.

### 1. שיטת הגידול ופעולות הנעשות במהלכו

פעולות החקלאי בחלקה, לפני הגידול ובמהלכו, משפיעות במידה רבה על ההתנהגות של מחוללי-מחלות, על רגישות הצמחים למחלות ועל התפתחות מגיפות (33).

#### (א) בקרת הזנה ולחות

חנקה משפיעה באופנים שונים על הפיסיולוגיה של צמחים שונים ועל מנגנוני ההגנה שבשורשים ובנוף. העשרת הקרקע הפחיתה את רגישות צמחי המלפפון לבוטריטיס אף כי במקרים רבים עודף דישון חנקני מעורר רגישות למחלות. נמצא מיתאם שלילי בין חומרת הנגיעות של גבעולי עגבניה בעובש האפור ובין רמת החנקן בקרקע (46), כנראה - בגלל דחיית ההזדקנות של הצמח עקב ההעשרה בחנקה. ההעשרה בסידן הפחיתה את רגישותם של צמחים לפוזאריים ולבוטריטיס (1, 3, 12). סיליקון

Table 1: Diseases of vegetables and field crops

טבלה 1: מחלות התוקפות גידולי ירקות וגידולי שדה חשופים

שם המחלה Disease	גידולי מרובהי Multiple hosts <sup>1</sup>	עגבניות Tomato		פפלי Pepper	דלועיים (מלפפון, מלון) Cucurbits (cucumber, melon)	ירקות עליים Leafy vegetables		תרנגול Potato	תרנגול Strawberry	תירס Sweet corn	אנארי Peanut	בצל Onion	גזר Carrot	רייזן Basil
		מאכל Table	תעשייה Processing			מלפפונים <sup>2</sup> Cruciferae <sup>2</sup>	סלריים <sup>3</sup> Umbelliferae <sup>3</sup>							
העובש האפור (בחסמות בלוטות)	M ג	P +	-	P +	+	-	+	-	+	-	-	P +	-	P +
קשקש (בחוץ)	M ג	+	-	+	+	+	+	-	+	-	-	-	+	-
עובש העלים	S ג	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ריזופוס	M ג	P +	-	-	-	-	-	-	P +	-	+	-	-	-
חלבה	M ג S ג	P +	+	P +	-	-	-	+	-	-	-	+	P +	-
סטמפיליום	M ג	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	P +	-
כחשון	M ג	+	+	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-
כשורת	S ג	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-
קמחון	S ג	-	-	-	+	+	+	-	+	-	-	-	+	+
קמחון	S ג	+	+	+	-	-	+	-	-	-	-	+	+	+
לעילול	M ג	-	-	-	-	+	+	-	-	-	+	+	-	-
צוקוספורה	S ג	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
חילדון	S ג	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ספטוריה	M ג	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+
רקבון חמור	S ג	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
מחלות בסטרואליות	ח	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	P +	-

1 M = Multiple hosts;  
S = Single host  
2 Including lettuce.  
3 Celery, parsley, etc.  
+ = The pathogen causes injuries  
P = Post harvest

1 גידולים שונים מתקשים לגדול פז של מחלה-מחלה (ג = רב-גידוליות), או מחלה-מחלה.  
שוא חודש לידול, לפי אז בלוט בלוט אחד (ח = חד-גידוליות).  
2 לרבות סלרי.  
3 סלרי, פטרוזיליה ועוד.  
+ מחלה-מחלה תוקף (או לא תוקף) את הגידול תוך-בטח ישראלי.  
P מחלה-מחלה מתוך גידול באחת לאחת חקטי.



Table 2: Diseases of major fruit trees

חברים	אפרסמון	מנגו	אבוקדו	כרם	משמש	שזיף	שקד	אפרסק	אגס	תפוח	רביי מונדקאים <sup>1</sup>	שם המחלה	קיצור
Citrus	Persimmon	Mango	Avocado	Grape	Apricot	Plum	Almond	Peach	Pear	Apple	Multiple hosts <sup>1</sup>	Disease	
-	-	-	-	+	+	-	-	+	+	+	S n	Powdery mildew	קצמחון
-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	M r	Scab	גרב
-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	M r	Fire blight	חרכון
-	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-	S n	Rust	חילדון
-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	M r	Anthraxnose	אנטרקנוז
-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	M r	Monilia	מוניליה
-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	M r	Polistigma	פוליסטיגמה
-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	M r	Endosonula	יוסופה
-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	S n	Downy mildew	כשורת
-	-	-	-	P +	-	-	-	-	-	-	M r	Botrytis	בוטריטיס
-	-	-	-	P +	-	-	-	P +	-	-	M r	Rhizopus	ריזופוס
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	M r	Colletotrichum	קולטוטריכום
-	-	-	P +	+	-	-	-	-	-	-	M r	Fusarium	פוזאריום
-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	S n	Bacterial blackening	השתחרה בקטריאלית
-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	S n	Alternaria	אלטרנריה
+	+	P +	-	+	-	-	-	-	-	-	S n	Black mold	עובש שחור (אסטרקליה)
-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	M r	Brown rot	ירקנות חום (פטיפטורה)
P +	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	S n	Green mold	עובש ירוק נחמל
P +	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	M r	Sour rot	ירקנות חמוץ
P +	-	-	P +	-	-	-	-	-	-	-	M r	Diplodia	רקבון העוקץ (דיפלודיה)

1 נדוילים שונים מושתקים על ידי מין זה של מחלה-מחלה (ר' רב-מנדוקאי), או מחלה-מחלה.  
 שחח חתוד לנדוד, למין או לסוג בנטיאן אחד (ח' = חד מנדוקאי).  
 P = נדוקים לאחר חסיון.  
 + מחלה-מחלה חסיון (או לא חסיון) = ח' = מחלה חסיון.  
 M = Multiple hosts S = Single host  
 P = Post harvest  
 + The pathogen causes injuries.

שהוסף כאשלגן-סיליקאט לתמיסת ההשקיה במערכת גידול הידרופונית הגביר את עמידותם של צמחי מלפפון לקימחון הדלועיים (*Sphaerotheca fuliginea*) (9). לחות גבוהה ואיורור לקוי גורמים להגבלת התנועה של יונים והורמונים מהשורשים לגבעולים ולעלים בשל האטת זרם הדיות. יונים אלה חשובים לחיזוק דופן התא, לאמלת הביניים והמברנות, ולתהליכים רבים המתקיימים בתאי הצמח. הגבלת הדיות ביום או פגיעה בלחץ השורשים בלילה מגבילים את עליית הסידן והמנגן לעלים, ובתנאים אלה מתגברת רגישות הצמח לגורמי-מחלה כגון בוטריטיס, פוזאריים וריזוקטוניה (1, 3, 12; ומאמרים המצוטטים בעבודות אלה). גידול במצעים מנותקים (הנהוג במקצת מהמשקים הקונבנציונאליים) מאפשר בקרה מדויקת של הזנת הצמח ביסודות-מזון שונים, כגון סידן, ומפחית את רגישותם למחלות. הפחתת הרגישות נובעת ממבנה תאי הצמח שהוא עמיד יותר לפירוק אנזימאטי של הדפנות והמברנות על-ידי מחולל-המחלה. שיטת ההשקיה ומועדה קובעים את מידת ההרטבה של נוף הצמחים. השקיה במועד שבו הנוף רטוב ממילא מטל מקצרת את משך חשיפת הנוף לרטיבות שעל פניו. הימנעות מהרטבת הנוף בהמטרה מצמצמת אף היא משך חשיפה זה. כיסוי מצע-הגידול ומערכת ההשקיה שבתוכו מסייע בהפחתת הלחות בתוך נוף הצמחים. כל אלה מפחיתים את אפשרות היווצרותם של תנאים מעודדי מחלות המתפרצות בתנאי לחות גבוהה ונוף רטוב.

#### (ב) טיפולים מכאניים

מספר הפירות הנוצרים בגידולים מסויימים, כמו מלפפון, עגבניה ופלפל, קובע את עוצמת הגידול. קיים צורך בפשרה בין מידת ייצור הפירות ובין מידת העקה הפיסיולוגית שבה מצויים הצמחים. עקה זו עשויה להסביר את היפגעות הצמחים בסאפרופיטיס, שאינם גורמים מחלות בתנאי גידול רגילים. למשל, דילול על-ידי הורדת 1-2 אשכולות של פירות-עגבניה לצמח מונעת את התמוטטות הצמחים ומגנה עליהם מפני רקבון הכתר (*Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis - lycopersici*) (23).

לפעמים נוהגים להנמיך את גובה החלק התחתון של צמחי העגבניות והמלפפונים על-ידי שחרור חוט-ההדליה, לנוחיות הקטיפה. עקב כך, החלק התחתון של הגבעול המונמך, שממנו הוסרו העלים והפירות הוותיקים, משתרע על גבי מצע-הגידול, באזור שבו קיימים תנאי מיקרואקלים המעודדים תקיפה של מחוללי-מחלות, כגון בוטריטיס. הרחקת החלק התחתון של הגבעול ממצע-הגידול עשויה אפוא להפחית את מידת הנגיעות.

הורדת חלקי צמח כגון ענפים צעירים או עלים מזדקנים חושפת רקמות פצועות לתקיפת מחוללי-מחלות, אך גם מאפשרת אוורור הנוף הסובך.

#### 2. חשיפה מקדימה לעקות סביבה והשפעתה על רגישות למחלות

נזקים הנגרמים על-ידי עקות שונות, כמו: טמפרטורה, לחות, עודף או מחסור

במי-השקיה, עוצמת אור, הזנה (כולל מחסורים או עודפים של מיקרואלמנטים), מליחות, חומרי הדברה וזיהום אוויר - כל אלה עשויים להגביר את הרגישות למחלות. החשיפה המקדימה (פרדיספוזיציה) של הפונדקאי לגורמי סביבה אלה מאפשרת החמרה של התפתחות המחלה. לדוגמה: צמחי מלפפון שנחשפו לטמפראטורה נמוכה מ-9 מ"צ או גבוהה מ-25 מ"צ נעשו רגישים לעובש האפור (בוטריטיס) יותר מצמחים שגדלו ב-20 מ"צ (52), והספרות המצוטטת בו). טמפראטורה קרובה לקפיאה היא נדירה, אך בארץ תיתכן קרה קרינתית החושפת ומגבירה מחלות כגון אלה הנגרמות על-ידי פיתיום, ריזוקטוניה ובוטריטיס. ודוגמה אחרת: בהשפעת טמפראטורת קרקע נמוכה נעשים צמחי העגבניה רגישים לרקבון הכתר. נראה שהחשיפה לקרה פוגעת במנגנוני ההגנה הטבעיים של הצמח.

### 3. הישרדות גורמי ריבוי ומקורות מידבק

בין עונות הגידול עשוי המידבק להיות בסכנת קיום כתוצאה מחשיפתו לטמפראטורות קיצוניות, ליובש או להרטבת-יתר ולקרנה. מחוללי-מחלות יכולים לשרוד כנבגי-קיימא, ככלמידוספורות או כקשיונות. חלקי צמח נגועים בבוטריטיס שתאי הפטריה חבויים בתוכם הם של מוקדי נגיעות בעונת החורף העוקבת, אף אם נחשפו לטמפראטורות גבוהות ולקרנה קייצית (51). גם חיידקים מסוגלים להישרד בשאריות צמחים נגועים ועל גבי חומר אורגני וצמחים לא-פונדקאים; הם גם שורדים במעטה רב-סוכרי, המגן עליהם. מידבק עשוי להישרד גם על צמחי ספיח, על פונדקאי ביניים, על עשבים רעים ועל חומר אורגני מת.

מחלות עשויות להיגרם ממידבק שמקורו מחוץ לחלקה או בתוך החלקה עצמה. נבגים הנישאים בזרמי אוויר עשויים אף לחדור מבעד לפתחי החממה. סיכון רב קיים בהכנסת חומר-ריבוי צמחי הנגוע במחוללי-מחלה. זרעים שהופקו מצמחים נגועים ולא חוטאו כראוי נושאים בחובם מידבק של חיידקים, של פטריות ואף של נגיפים מסויימים. שתילים שהופקו מזרעים אלה, או מייחורים נגועים, מהווים אף הם מוקדי נגיעות למחלות הנגרמות על-ידי מיקרואורגאניזמים שונים, לרבות פטריות פאתוגניות, או חיידקים כגון: *Clavibacter michiganensis* ssp. *michiganensis*, *Pseudomonas corrugata*, *P. solanacearum*, *P. syringae* pv. *lachrymans*, *Erwinia tracheiphila*, *E. chrysanthemi*.

### פרק ב': גידולי חממה

תכליתן של חממות היא להאריך את העונה שבה אפשר לגדל ירקות, פירות ופרחים, ולהגן עליהם מפני תנאי סביבה לא-נוחים, כגון טמפראטורות נמוכות וגשם. אפקט החממה נוצר על-ידי קליטת אנרגיית השמש והפחתת הפליטה של קרינה



חוזרת בתחום התת-אדום (קרינה ארוכת-גל). התנאים בחממה מצטיינים, בדרך כלל, בטמפרטורה ובלחות יחסית גבוהות ובהעדר תנועת אוויר. תנאים אלה מעודדים גידול צמחים ומיקרואורגניזמים כאחד, אך גם - התפתחות מחלות. מאחר שמגדלים נוטים לחזור ולגדל אותו גידול מדי שנה, מתרבים מחוללי-המחלות ביתר שאת. הצורך לנצל היטב את נפח החממה גורר גידול צמחים צפוף, מעודד מגיפות ומפריע לאיורור החממה. כיווי חממות מכילים תוספים שונים העשויים לסנן קרינה על-סגולה, ללכוד קרינה תרמית חוזרת ולפזר אור. הם גם מאפשרים העברה ברירנית של גזים ומשפיעים על התנהגות עודפי המים המתעבים בחלל המבנה.

הפטריות מחוללות מחלות-הנוף הנפוצות ביותר בחממות נמנות עם הסוגים האלה: *Phytophthora*, *Fulvia* (*Cladosporium*), *Erysiphe*, *Botrytis*, *Alternaria*, *Puccinia*, *Sphaerotheca*, *Septoria*, *Sclerotinia*, *Agrobacterium*, *Corynebacter*, *Erwinia*: סוגי החיידקים הנפוצים הם: *Xanthomonas*, *Pseudomonas*.

### פרק ג': התפתחות מגיפות בנוף הצמחים

מוקד נגיעות שהתבסס בחלקה עשוי לספק מידבק להתפשטות מחולל-המחלה. נבגים של גורמי מחלות כגון פוזאריים (רקבון הכתר בעגבניה) או *B. cinerea*, נוצרים בכמויות על גבי חלקי צמח נגועים. בחלקות לא-מחוממות שבהן מתקיים מחזור יומי של לחות גבוהה בלילה ולחות נמוכה ביום, משתחררים נבגי בוטריטיס כאשר עולה הגרעון בלחץ האדים ביום. בחממות מחוממות, מאווררות ובעלות סחרור אוויר לא מתקיימים אמנם תנאים מיטביים לייצור נבגים, אך תפוצת נבגים תתרחש בתחום רחב של שעות היממה. מידבק של מחלות אלה מתפזר גם בטיפות מים ניתזות, או על-ידי מגע, והוא מושפע מפעילות העובדים (21). בדרך כלל ההדבקה בחממה רבה יותר באתרים שבהם הלחות היחסית גבוהה יותר או שקיימת בהם היקוות מים. מוקדים אלה ייתכנו: במרכזן של חממות לא-מחוממות (בגלל הריחוק מפתחי האוורור), מתחת למרזבים מטפטים, בתוך נוף צפוף ולא-מאוורר, סמוך לקרקע לחה, או על גבי גדמים ופצעים זבים. באתרים רטובים אלה מתפתחים מוקדים של מחלות המתפרצות בתנאי לחות גבוהה. כאלה הן המחלות: כשותית (*Pseudoperonospora cubensis*) במלפפון, מחלת הדמיעה (*Pseudomonas syringae* pv. *lachrimans*) במלפפונים, עובש עלים (*Fulvia fulva*) בעגבניה, ניקוד חיידקי (*P. syringae* pv. *tomato*) בעגבניות, כימשון (*Phytophthora infestans*) בעגבניה, עובש לבן (*Sclerotinia sclerotiorum*) בגידולים שונים, העובש האפור (שהוזכר לעיל), ומחלות אחרות המתפתחות בתנאי לחות גבוהה. המידבק של מחלות אלה מועבר בטיפות מים ניתזות, או על-ידי מגע. עם המחלות המתפתחות בתחום רחב של לחות יחסית נמנים הקימחון בדלועיים

(*Sphaerotheca fuliginea*) והקמחונית (*Leveillula taurica*) במלפפון, בחציל, בעגבניה ובפלפל (40). מוקדי הנגיעות של גורמים אלה יתפתחו בחורף באתרי חממה יבשים יחסית, ובעונות הסתיו והאביב - בכל מרחב החממה.

בחממות לא-מחוממות מתקיימת חפיפה מועטה בין מועדי הופעת מחלות המתפרצות בתנאי לחות גבוהה ובין מועדי אלה המתפרצות גם בתנאי יובש יחסי; הופעתן הבו-זמנית, בגידול מסויים, מתרחשת בדרך כלל בתקופות של עצירת גשמים. לעומת זאת, בגידולים מחוממים, מאווררים ומיובשים, הופעת מחלות כמו קימחון וקמחונית היא ממושכת יותר ודורשת לכן גם טיפול ממושך יותר. אוכלוסיות הפאתוגנים בחממות הן גדולות, בדרך כלל, בסדרי-גודל מובהקים לעומת האוכלוסיות שמחוץ לחממות, ואילו המעבר שלהן מחממה לחממה מוגבל.

תנועת החיידקים על פני הצמח מתרחשת בדרך כלל על גבי רקמות מכוסות במים. המידבק עובר לחללים בין-תאיים ומופרש מבעד לפיוניות או להידטודות, לגבעולים ולפירות נוטפי-נוזל, או מגדמים ומפצעים.

פטריית מחוללות מחלות-נוף רבות מנביגות בתנאי לחות בינונית או גבוהה. נביגי פטריות הנוצרים בפיקנידיות, כגון *Didymella bryoniae* ו-*D. lycopersici* (שאינן מהוות בעיה בארץ), יוצרות מוצילג הידרופילי, המכיל את הפיקנידיוספורות, בתנאי לחות גבוהה. פטריות היוצרות נבגים על פני קוריהן יכולות להנביג בלחות פחות גבוהה. בוטריטיס יוצר נושאי-נבגים ארוכים עם מעט נבגים באווירה רוויה, בעוד שבלחות נמוכה יותר נוצרים נושאי-נבגים קצרים ונבגים רבים. נבגי הכשותיות נוצרים על פני עלים רטובים. *Pseudoperonospora cubensis* מנביגה על גבי מלפפון לאחר הרטבה של שש שעות ובתחום טמפרטורות של 5-30 מ"צ (טמפרטורה מיטבית של 15 מ"צ (11)). לכשותית החסה (*Bremia lactucae*) טמפרטורה מיטבית נמוכה יותר - 10 מ"צ. לעומת הפטריות הללו, הקמחונות *Sphaerotheca fuliginea* ו-*S. pannosa* מנביגים בלחות יותר נמוכה, ואילו ההנבגה של קמחונות אחדים מעוכבת כליל בתנאי רטיבות (36).

ירידה קלה בטמפרטורה, בתנאי לחות יחסית גבוהה, משפיעה על התעבות מים על הנוף ומעודדת מחלות המתפרצות בתנאי לחות גבוהה ורטיבות. לפיכך, מחלות כגון עובש עלים, העובש האפור, כשותית ומחלות חיידקיות פוחתות כאשר שוררת בחממה טמפרטורה קבועה. הוצאת אוויר לח והכנסת אוויר קר תוך כדי חימומו מסייעות בהפחתת הרטיבות והמחלות. רטיבות עודפת במצע-הגידול משפיעה על מחלות-קרקע, ובאופן עקיף - על מחלות נוף.

כאשר כיסוי החממה מפחית את מעבר האור בתחומי קרינה שונים עלולות להתעורר מחלות כתוצאה מגידול אטיולנטי וסבוך, ובשל הופעת רקמות רגישות. בוטריטיס וקימחון היו חמורים יותר בתות שגדל מתחת ליריעות צבעוניות, מאשר בתות שגדל תחת יריעות שקופות. העובש האפור נמצא במידה החמורה ביותר מתחת ליריעות שצבען היה סגול וכחול (25).



## פרק ד': בקרת מחלות בחממות ובשטח הפתוח

מימשק הגידול מאפשר נקיטת אמצעים משוכללים להדברת מחלות. מאמצים רבים מושקעים בפיתוח זני צמחים עמידים המיועדים לשטח הפתוח או לחממות. אפשר ליישם חיטוי תרמי על-ידי כיסוי מצע-הגידול ביריעות פוליאאתילן ואף על-ידי סגירת חממות בקיץ, בהעדר גידול. חשיבות רבה יש לשימוש בחומר ריבוי נקי. שמירה על גידול בריא מושגת על-ידי גידול במצעים מנותקים ובערוגות מוגבהות. מיקום החממה, כיוונה, שטחה, גובהה וכיסויה - כל אלה משפיעים על המיקרואקלים שבה ועל חומרת המחלות. כך, מיקום המאפשר תנועת אוויר מתאימה משפיע על התנאים שבתוך החלקה. בקרת תנאי הגידול בחממה באמצעות איוורור, חימום או צינון, סחרור אוויר והפחתת לחות - כל אלה מונעים מחלות המתפתחות בתנאי לחות גבוהה (31, 42, 43, 49).

פותח דגם לחיזוי בוטריטיס בחממות וזה הראה כי בטמפרטורה המיטבית אפשר לצמצם את המחלה על-ידי קיצור משך הרטיבות לשבע שעות ביממה ואף פחות (53). שימוש בחומרים מסויימים לכיסוי החממה מאפשר בקרה מסויימת על הקרינה הנכנסת לחלל החממה ועל זו הנפלטת ממנה. יריעות המסננות קרינה על-סגולה (UV) מפחיתות התפתחות מחלות הנגרמות על-ידי פטריות כגון סקלרוטיניה, אלטרנאריה, סטמפיליום ובוטריטיס (38). נמצא כי בחלל שסונן מאור על-סגול בתנאים מבוקרים הנביג בוטריטיס פחות מאשר בחלל שלא סונן (6). היריעה שהעבירה פחות קרינת UV ויותר אור כחול הפחיתה בתנאי שדה את כשותית המלפפון (תצפית אישית). באופן דומה, יריעה ירוקה מפחיתה נגיעות בבוטריטיס, בכשותית ובקשיונה. מניעת הפליטה של קרינה תת-אדומה מבעד ליריעה מאפשרת את הפחתת ההפרש שבין טמפרטורת נוף-הצמח ובין טמפרטורת האוויר הסובב אותו, ולפיכך מופחתת רמת הרטיבות. תוספים אחרים לכיסויי החממה משפיעים על רטיבות הצמחים על-ידי מניעת טפטוף מהכיסוי ומניעת היווצרות ערפל בחלל החממה.

תנאי הגידול בשטח הפתוח ניתנים לבקרה פחותה מזאת שהודגמה לגבי גידולי חממה, אך העקרונות שתוארו מתאימים במידה רבה גם לשטח הפתוח. לדוגמה, בשטח הפתוח אפשר להפחית את העובש האפור בגפן על-ידי חילון הנוף (דילול עלים). תנועת האוויר בתוך נוף הצמח גרמה לייבוש אשכולות הענבים הרגישים להדבקה, ולהתפתחות גרגרים עבי-קוטיקולה הרגישים פחות לחדירת מחולל-המחלה (35).

### 1. הדברה ביולוגית

בצמח שאינו חולה נשמר שיווי-משקל בין הצמח ובין המיקרואורגאניזמים (להלן: "מ"א") ובין גורמי הריבוי של מחוללי-המחלה. כל שינוי באחד מרכיבי המערכת יכול לגרום להפרת שיווי-המשקל ולהתפרצות מחלות. לאוכלוסיית המ"א הטבעית החיה

על פני הצמח יש חשיבות רבה בשמירת שיווי-המשקל. הוכחות עקיפות לכך נראות במקרים שבהם אוכלוסיית האנטאגוניסטים הטבעית דוכאה בטיפולים כימיים, ופטריית שהיו חסרות חשיבות הפכו לגורמי מחלות. לדוגמה: ריכוז הסאפרופיטים על עלי שיפון שרוססו בבנומיל היה 1200 יחידות-מידבק ל-1 סמ"ר, לעומת 10,000 יחידות בצמחים שרוססו במים. כאשר הודבקו הצמחים במחולל-המחלה *Cochliobolus sativus* נצפה בצמחים בעלי האוכלוסיה הסאפרופיטית הרבה שיעור הדבקה נמוך ב-60% מאשר בצמחים שבהם דוכאה האוכלוסיה הסאפרופיטית (19). תחרות על מזון ומרחב, ייצור סוגי אנטיביוטיקה והיפרפאראזיטים - אלה משתתפים באנטאגוניזם כלפי הפתוגנים שבפילוספירה (15, סוכס בהרחבה ב-10). מ"א אפיפיטיים צורכים מזון במהירות ומשאירים פחות מזון למחוללי-מחלות. משום כך, נבגים של מחוללי-מחלות כגון *Botrytis cinerea*, *Cladosporium herbarum* ו-*Phoma betae* מתקשים לנבוט, או נובטים אך לא מדביקים את הצמח. בתנאי התחרות נוצר חסר של חומצות אמינו וסוכרים. לדוגמה: דיכוי *Xanthomonas orizae* באורז, או *Erwinia amylovora* בעצי פרי, נגרם על-ידי *Erwinia herbicola* המפחית את המזון הזמין לפתוגן. אנטאגוניסטים חשובים אחרים על פני הנוף הם מיני הפטריה *Trichoderma*, שמרים וחיידקים (15).

אפשר לנבא את תגובתו של פתוגן למנגנוני אנטאגוניזם שונים לפי שיוכו האקולוגי: אורגאניזמים ביוטרופיים יגיבו לאנטאגוניסט באופן שונה מנקרוטרופיים. הנקרוטרופיים (כגון: *Cochliobolus*, *B. cinerea*, *Cladosporium*, *Alternaria* ו-*Septoria*) גדלים באופן סאפרופיטי על פני רקמת הצמח בטרם יחדרו אליה, וצורכים מזון ממקורות חיצוניים או מדליפות מתאי הצמח. פתוגנים אלה רגישים לתחרות על חומרי מזון יותר מאשר לחומרים אנטיביוטיים או לליזיס שמקורם באנטאגוניסטים (10).

ביוטרופיים כמו מחוללי קמחונות וחלדונות עשויים אמנם ליצור, לפני החדירה לעלה, נחשון-נביטה ארוך, אך בשלב זה הם אינם זקוקים כמעט למזון ממקור חיצוני. במקרה זה, מ"א שמתחרים על חומרי מזון אינם יעילים במניעת נביטתם וגידול נחשון-הנביטה שלהם. לעומת זאת, מחוללי-מחלה אלה רגישים להתקפתם של מיקופאראזיטים ומ"א מפרישי-אנטיביוטיקה ואנזימים ליטיים. פאראזיטים של קמחונות וחלדונות הם למשל: *Ampelomyces quisqualis*, *Tilletiopsis* ו-*Sporotrix spp.* (22, 40, 41). השראת עמידות בצמח המטופל הוצעה אף היא כמנגנון פעילות אפשרי של מדבירים ביולוגיים (22). נושא ההדברה הביולוגית נסקר בפירוט במאמר אחר (2).

#### (א) מיקרואורגאניזמים המשמשים ללוחמה ביולוגית

**שמרים.** שמרים מצויים במיקרופלורה הסאפרופיטית על פני הנוף לאחר הצטברות סוכרים המופרשים מרקמות שונות, מאבקת פרחים ומטל-דבש. תבדידים של *Torulopsis candida* ו-*Sporobolomyces pararoseus* שבודדו מעלי סלק-סוכר



עיכבו התפתחות כתמי מחלה שנגרמה על-ידי *Phoma betae*. השמר האנטאגוניסטי *Exophiala jeanselmei* הפחית ב-63% את התפתחות *B. cinerea* בעלי הכותרת של ורד. תבדידי השמרים מהמינים *Rhodotorula* ו-*Sporobolomyces* הדבירו מחלה זו בעלי עגבניה ושעועית (10, 19, 29). לתוצאות אלה אחראיים מנגנוני תחרות על חומרי מזון והשראת עמידות ברקמת הצמח המאחסן.

**פטטריות חוטיות.** התבססות פטריות על פני הנוף מתגברת במקביל להזדקנות הרקמות ומגנה על העלים מהתמוטטות. הגנה זו מונעת לפעמים התבססותם של מחוללי-מחלות הזקוקים לשלב סאפרופיטי לפני חדירתם לרקמות הבריות. Newhook (32) בודד מעלי עגבניה מתים מ"א שהם אנטאגוניסטיים למחולל-המחלה *B. cinerea*. עלים שרוססו תחילה בתבדידי *Cladosporium herbarum* ו-*Penicillium* spp. הפחיתו את רקבון הפרי ל-1%-3%, לעומת 46%-80% בצמחי הביקורת. תבדידי *Alternaria alternata* שאינם פאתוגניים רוססו על עלי טבק וסייעו בהגנה מפני גזעי *A. alternata* שהם פאתוגניים. הדברת *B. cinerea* על גבי עלי חסה נתקבלה בעזרת תבדידי *Penicillium clavariaformae*, *T. viride* ומיני *Fusarium*; תוספת 1% גלוקוז הגדילה את יעילות הטיפולים בצמחים (14).

תבדיד של *Trichoderma pseudokonigii* מנע, לאחר התבססותו על גבי פירות תפוח, ריקבון הנגרם על-ידי *B. cinerea*. טיפול דומה במטע נכשל בשל חוסר יכולתו של התבדיד לגדול בטמפרטורות ששררו באותה עונה. לאחר מכן בודד התבדיד *Trichoderma* המסוגל להתפתח בטמפרטורות נמוכות, באופן יחסי. ריסוס תרחיף נבגים, בתוספת של 0.1% מיצוי מאלט (malt extract) בעת פריחת התפוחים, גרם פחיתה מובהקת בשיעור הפירות הרקובים (14).

**חיידקים.** גם חיידקים הם בעלי פוטנציאל לאיכלוס נוף צמחים והדברת מחלות. Leben (29) בודד חיידק בעל תכונות אנטאגוניסטיות ל-*Colletotrichum laginearum* במלפפון, אך בניסויי שדה נכשל השימוש בחיידק זה להדברת הנגע. בתנאי שדה מאכלסים החיידקים ראשונים את העלים הצעירים, ועם הזדקנות העלים נתפס מקומם על-ידי שמרים ופטטריות חוטיות. התחלפות האוכלוסיות רומזת שלהדברת מחלות הנגרמות על-ידי מחוללי-מחלות הממהרים לנבוט ולחדור לרקמת הצמח הצעירה יש להשתמש בחיידקים, ואולם מדבירים ביולוגיים אלה צריכים לשרוד בתנאים הקיימים בשדה. תבדידי *Bacillus* spp. ובהם *B. thuringiensis* ו-*B. subtilis* יוצרים נבגים העמידים ליובש ונמצאו יעילים נגד מחלות עלים. שימוש במיקרואורגניזמים שמקורם באוכלוסיית נוף הצמחים לשם הדברת מחלות-נוף נוסה בקנה-מידה רחב רק במקרים מועטים.

הדברת קמחונות על-ידי הפטריה *Ampelomyces quisqualis*, הגורמת לניוון קוריו של מחולל-המחלה ומונעת יצירת נבגים והבשלתם, נוסתה בהצלחה במטעי מנגו ותפוח, בכרמי ענבים ובשדות גזר. תכשיר הפטריה, המכונה AQ 10, נמצא עתה בהליכי פיתוח ורישוי (22, 41). השמרים *Pichia guilliermondii* ו-*Candida* sp. נוסו בהצלחה נגד רקבון פירות, כגון פרי הדר, ענבים ועגבניות לאחר קטיף, ונגד העובש



האפור בחממות, ואף הם מצויים בהליכי פיתוח ורישוי (22, 50). התכשיר הראשון שקיבל רישיון להדברת מחלת-נוף בישראל ובארצות נוספות הוא "טריכודקס", המבוסס על תבדיל T39 של הפטריה האנטאגוניסטית *Trichoderma harzianum*. התכשיר נוסה בהצלחה בחממות עגבניה ומלפפון ובכרמי ענבים נגד מחלת העובש האפור (16, 18) ונמצא יעיל אף נגד מחלות נוספות. תכשירים חיידקיים להדברת חרכון (*Erwinia amilovora*) נוסו בארצות-הברית ובאירופה, ותכשירים שהכילו את החיידקים *Erwinia herbicola* ו-*Pseudomonas spp.* היו המוצלחים ביותר.

## (ב) הדברה משולבת, ביולוגית וקולטוראלית

אפשר לשלב אמצעי הדברה ביולוגית בהדברה הכימית הרגילה. תוכנית לשילוב אמצעים נוספים, המכונה "בוטמן", נמצאת בשלבי פיתוח (39). בתוכנית זו מכון השימוש במדביר הביולוגי לתקופות שהן נוחות להתפתחותו. גם את תכשיר ההדברה AQ 10 נגד קימחון אפשר לשלב באמצעי הדברה כימיים (41), ואת השמר *Pichia guilliermondii* אפשר לשלב בתכשיר הכימי TBZ לשם בקרת מחלות פרי לאחר הקטיפ (50).

## 2. חומרי הדברה לשימוש החקלאות הביו-אורגנית

מקובל שתכשירי הדברה שמתפרקים מהר, שאינם גורמים נזק לסביבה ושאינם שורדים בה - אלה ישמשו כקוטלי פטריות וחיידקים. מקור התכשירים המיועדים לחקלאות הביואורגנית - בצמחים או במוצריהם, או במשאבי טבע. למעשה, חומרים פשוטים המבוססים על יסודות הנחושת והגופרית הם כיום המקובלים ביותר בשימוש. אלה הם חומרים ששימושו בעבר הרחוק כבסיס להדברת מחלות (47). כל מלחי הנחושת פעילים, אך המלח הזול ביותר - נחושת גופרתית (סולפאט) - הוא גם המסיס ביותר ואינו מומלץ לשימוש מכיוון שאין הוא שורד זמן רב על פני נוף הצמחים. תרכובות הנחושת הנפוצות ביותר בשימוש הן ההידרוקסיד והפחמה (קארבונאט), שמסיסותם במים נמוכה, וכן אוקסיד-הנחושת. באחרונה נוספו תכשירים אחרים, כגון ביקארבונאטים, לקבוצת החומרים המרוססים על פני צמחים. יעילות החומרים, הן המסורתיות והן החדשים, מוגבלת. להלן תאור כמה מהתכשירים.

**מרק בורדו** - נקרא על שם האזור בצרפת שבו נעשה בראשונה שימוש בתכשיר זה נגד מחלות-נוף בכרם (כשותית). הכנתו מתבצעת בדרכים שונות, כמו: המסת חצי ק"ג גופרת-הנחושת ( $\text{CuSO}_4$ ) ב-15 ליטרים מים, בכלי פלסטיק או עץ, והמסת 0.6 ק"ג אוקסיד-הסידן ( $\text{CaO}$ ) במים. לאחר השלמת ההמסה מערבבים את שתי התמיסות ונפח התכשיר מושלם ל-50 ליטר. מרק בורדו נוטה להתגבש. קיימות תואריות מוכנות של התכשיר. במרק בורדו מתקיים שיווי-משקל בין החומרים האלה:



תכשיר קולואידי של נחושת חמצנית, שהוא תערובת של הידרוקסיד-הנחושת, ואוקסיד-הנחושת, נוח יותר ממרק בורדו לשימוש במרססים, אך הינו פיטוטוקסי ממנו.

**מרק בורגונדי** - תמיסת פחמת-הנחושת - נקרא על-שם אזור גידול-יין אחר בצרפת, והוא הידוע ביותר מקבוצה זו. להכנתו ממיסים חצי ק"ג גופרת-הנחושת ב-25 ליטרים מים וכמות דומה של פחמת-הנתרן ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) בנפח נוסף של 25 ליטרים מים, ואז מוסיפים את תמיסת פחמת-הנתרן לתמיסת גופרת-הנחושת. מרק בורגונדי מתפזר טוב יותר ממרק בורדו אך יקר ממנו.

תערובת אחרת על בסיס דומה מוכנה כדלקמן: חמישים גרם גופרת-הנחושת מעורבבים ב-300 גרם פחמת-האמוניום  $[(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3]$  ומושהים בצורתם היבשה במשך 24 שעות. עשרים וחמישה גרם מהתערובת מומסים ב-8 ליטרים מים. התמיסה הנוצרת יעילה מאוד אך היא יקרה ומתאימה לפיכך לגידולים בעלי ערך כלכלי רב.

תכשירי נחושת טובים נגד: כשותית בגפן ובבצל, מחלות חיידקיות בגידולים שונים, ריקבון חמוץ בהדרים, כימשון בעגבניות ובתפוחי-אדמה, ניקוד וגרב חיידקיים בעגבניה, גרב חיידקי בפלפל, עין-הטווס בזית והשחרה חיידקית במנגו. לתכשירי הנחושת מיוחסת פעילות פונגיסטטית גם נגד צרקוספוריה, חלפת, ספטוריה, חלדונות ומחלת הדמיעה בדלועיים.

**מרק קליפורני** - תכשירי גופרית. גופרית (S) בצורת אבקה או אבקה רחיפה משמשת להדברת מחלות שונות, אך תכשיר יעיל יותר הוא זה המוכן מגופרית ומתחמוצת-הסידן (CaO). מאתיים גרם גופרית ומאה גרם תחמוצת-הסידן מומסים בליטר מים תוך כדי הרתחה. התמיסה האדומה-צהובה מכילה סידן תיאור-סולפאט וסידן-פוליסולפיד; היא פעילה מאוד אך אינה יציבת באור ובאוויר. תכשיר זה נמכר מוכן (פוליסולפיד-הסידן).

צמחים שונים, בעיקר דלועיים, גלעיניים ואף גפן, רגישים לגופרית בתנאי החום השוררים בארץ, אך דילול התמיסה מאפשר שימוש בה בפחות נזקים. שימוש אפשרי נעשה בעצים הנמצאים בתרדמה אך זקוקים לטיפול נגד מחלות עוד בטרם ההנצה. גופרית ניתנת לשימוש בתחום הטמפראטורות 14-30 מ"צ. בטמפראטורות הנמוכות פעילותה מוגבלת, ומעל 30 מ"צ החומר גורם צריבות. גופרית פוגעת בהפריית התפוח ואף פוגעת באויבים טבעיים.

כמה מהתכשירים הנזכרים לעיל נמכרים בתואריות המשפרות את יעילותם. תכשירי גופרית טובים להדברת קמחונות (באבטיח, באגוא"ד, באפון, באפרסק, בבקיה, בגזר, בגפן, במלון, בקישוא, במלפפון, במנגו, במשמש ובתפוח), קמחונית (בחציל, בעגבניה ובפלפל), צרקוספוריה (באגוא"ד) וכן אקרית החלודה ואקרית החטטים (בעגבניות). מרק קליפורני מאושר לשימוש נגד חלק ניכר מפגעים אלה ונגד גרב הגרעיניים בתפוח וסלסול העלים בעצי פרי גלעיניים. השימוש בתכשירים אלה דורש בדיקה מוקדמת בגידולים שבהם לא נבדק בעבר, ובתנאים לא-רגילים -



בגידולים מקובלים, כדי למנוע צריבות ונזקים. זנים שונים של גידולים עשויים להגיב באופן שונה לתכשירים ועשויים להינזק בתנאים מסויימים. ערבוב תכשירי נחושת בתכשירי גופרית במיכל הריסוס מבטל את פעילותם הייחודית ולכן אסור ליישם ביחד.

**מלחי ביקארבונאט** (דו-פחמה) - מלחי נתרן, אשלגן ואמון של ביקארבונאט בריכוז של 0.5%-1.0% - פעילים נגד מחוללי-מחלות פטרייתיים ובעיקר קמחונות. היעיל מבין מלחי הביקארבונאט הוא כנראה דו-פחמת-הנתרן (סודה לשתייה). נמצא שגם מחוללי-מחלה נוספים, בהם אלטרנאריה ובוטריטיס, רגישים למלחי ביקארבונאט. אופן פעילותם של מלחים אלה אינו ברור אך הועלו השערות ששינוי רמת החומציות של פני-השטח של צמחים הוא בין המנגנונים המאפשרים פעילות זו (4).

**אבקת סלעים** כגון גיר (היינו, פחמת-הסידן -  $\text{CaCO}_3$ ) ואבקת סלעי בזלת, משמשים לריסוס גידולים מספר. נראה שפעילותם נגד מחלות המתפרצות בלחות גבוהה נובעת משינוי התנאים הפיסיקליים על פני רקמת הצמחים והפחתת הזמינות של מים חופשיים הדרושים לנביטת גורמי הריבוי של מחוללי-המחלה. אפשר לשפר את פיזור האבקה על גבי הרקמה הצמחית על-ידי שימוש בחומרי שיטוח והרטבה. סבונים למיניהם מתאימים למטרה זו, אך רק במים המכילים סידן רב. הסבונים יוצרים מלחי סידן שאינם מסיסים. אפשר להשתמש בדטרגנטים אחרים (אל-סבון) כדי להתגבר על מכשלה זו.

### 3. תמציות קומפוסט

קבוצת חוקרים מאוניברסיטת בון התחילה לפני כעשור שנים לבדוק שימוש בתמציות מימיות של קומפוסט להדברת מחלות נוף (48). מקורות הקומפוסט שנוסו הם זבל של: סוסים, פרות, עיזים וחזירים, ואף קומפוסט ממקורות צמחיים. הקומפוסט נרקב היטב במשך כחצי שנה. להפקת התמציות הושרה קומפוסט במים בריכוז של 1:3-1:10, בהתאמה, למשך תקופות שונות, החל מיום ועד לחודש, תוך כדי בחישה מדי פעם. לאחר סינון רוסס החומר על גבי צמחי בוחן שונים כטיפול מונע. המחלות שהודברו הן אלה:

**כימיון בעגבניות.** בעלים מנותקים נוסו בתנאי מעבדה תמציות קומפוסט של זבל סוסים, חזירים או עיזים. מידת שחרור זואוספורות מספורנגיה של מחולל-המחלה *Phytophthora infestans* פחתה בנוכחות תמצית הקומפוסט.

**כימיון בתפוחי-אדמה.** הופחת בתנאי שדה במידה מועטה על-ידי תמצית קומפוסט מזבל-סוסים, אך העשרה במיקרואורגאניזמים שונים הגבירה את היעילות במידה רבה.

**העובש האפור.** תמצית של קומפוסט מזבל-פרות היתה יעילה בהדברת העובש האפור בעלי שעועית, בדומה לפונגיצידיים כימיים שנבדקו בתנאי מעבדה. תמציות



קומפוסט מזבל-פרות או מזבל-סוסים הדבירו בתות-שדה כ-42%-53% מהצמחים החולים עקב ריסוסים שבועיים, החל מתקופת הפריחה בשדה. תמצית קומפוסט בקר שניתנה במשך תשעה ימים היתה יעילה בכרם ענבים.

**כשותית הגפן.** מיצוי קומפוסט של זבל-סוסים שניתן במשך שלושה ימים נתן את ההדברה המיטבית בעלי גפן שהודבקו לפני הטיפול בפטריה *Plasmopora viticola*. **קמחון הדלועיים.** המחלה הנגרמת על-ידי *Sphaerotheca fuliginea* הופחתה רק ברמת נגיעות קלה. הטיפול לא השפיע על נביטת נבגים, אך חדירת נחשוני הנביטה לרקמה הצטמצמה ושיעור ההנבגה פחת ב-40%.

**קמחונות אחרים.** נגיעות הנגרמת על-ידי *Erysiphe graminis* בשעורה ובחיטה הופחתה בשיעור של 50%-60%, וזו הנגרמת על-ידי *E. betae* בסלק הופחתה אף היא. בגפן הופחתה הנגיעות הנגרמת על-ידי *Uncinula necator* לאחר מתן ריסוסים, אחת לשבועיים, בתמצית מקומפוסט בקר שהועשר בסוכרוז, ואף בתמצית לא-מועשרת.

בישראל נערכו ניסויים בתמציות קומפוסט מזבל-בקר, מתערובת של זבל-בקר וזבל-עוף ומגפת-ענבים במטרה להדביר את העובש האפור בעלים של גידולים שונים (17). נמצא שהעשרה במיקרוארגאניזמים שמקורם בתמצית קומפוסט שיפרה את ההדברה. לעומת זאת, עיקור או סינון התרחיף שנוצר מתמצית הקומפוסט במים לא ביטל, בכמה מקרים, את פעילות ההדברה. לפיכך נראה שמעורבים בפעילות זו גם מנגנונים ביולוגיים (באמצעות מ"א) וגם מנגנונים כימיים (יסודות כימיים שונים). בתנאים מסחריים הפחיתה תמצית של קומפוסט בקר את נגיעותן של עגבניות בעובש האפור, והפחיתה היתה מובהקת ודומה לזו של המדביר הביולוגי טריכודקס, בעוד שבתנאי מגיפת קמחונית קשה הפחיתה תמצית זו אך במעט את הנגיעות במחלה. נראה שיש להמשיך ולבדוק תמציות קומפוסט לשם הדברת מחלות נוף.

#### 4. תכשירים על בסיס צמחי

בספרות הפופולרית אפשר למצוא מתכונים לתמציות צמחים שונים הפועלות נגד מחלות נוף. עם הצמחים שלמיצוייהם יוחסה יכולת הדברה נמנים המינים האלה: אכילאה (*Achillea millefolium*), בבונג (*Matricaria recutita*), בצל (*Allium cepa*), שום (*A. sativum*), חזרת (*Armoracia lapathitolia*), סירפדים (*Urtica* spp.), שבטבט (*Equisetum* spp.) וטיון (*Inula* spp.). ואולם בהעדר מידע מדויק שמקורו בניסויים מבוקרים, אי-אפשר להעריך את תרומתם של טיפולים אלה לבריאות הצמחים.

#### 5. זנים עמידים

בירור וטיפול צמחים לעמידות נגד מחלות נמשך זמן רב אך סופו שהוא מניב זנים שהם סבילים או עמידים למחלות. גידול צמחים כאלה חוסך את הצורך ביישום אמצעים אחרים להדברת מחלות, או מאפשר שימוש באמצעים שיעילותם חלקית

בזנים רגישים, או שאינם יעילים כלל בתנאי מגיפה קשה (44).  
בחור"ל רווחת השיטה של עירוב זנים להפחתת נזקים. תערובות זרעים של דגניים שונים משמשות ללוחמה במחלות, לדוגמה: תערובת של זני שעורה אביבית מאפשרת הפחתה בחומרת מגיפות הקימחון *Erysiphe graminis*, ותערובות של זני חיטה מאפשרת שליטה על קימחון ועל החלדונות *Puccinia striiformis*, *P. recondita* ולעתים - אף על ספטוריה (13, 20, 30).

יתכן ששיטות חדישות, כגון: תרביות רקמה, טראנספורמאציות מולקולריות, וריאציה סומאטית, איחוי פרוטופלסטים, היברידיזציה סומאטית ועוד - אלה יספקו זנים העמידים למחלות, לשימוש החקלאים. אחת האפשרויות הנחקרות בימים אלה היא הכנסת הגן המקודד יצירת האנזים כיטינאז לזנים חקלאיים. החוקרים משערים שצמחים שבהם יתבטא הגן ברמה גבוהה יהיו חסינים יותר להתקפת מחוללי-מחלה פטרייתיים המכילים כיטין בדופן קוריהם ולפיכך הם רגישים לפעילותו ההידרוליטית.

#### 6. ניטור וספי-פעולה

איתור מוקדי מחלה ראשוניים בחלקה, השמדתם או נקיטת הפעולות הנחוצות לבקרת המחלה דרושים בכל מערכת גידולים. ניטור המחלות נחוץ על אחת כמה וכמה במערכות של גידולים אורגאניים שבהן הפתרונות לבקרת מחלות מוגבלים בדרך כלל. לכן יש צורך לקבוע ספי-פעולה לעיתוי פעולות ההדברה. ייתכנו מקרים שבהם תופיע מחלה בחלקת הגידול במועד שהתפתחות מגיפה לא תגרום נזק כלכלי, בעוד שבמקרים אחרים יידרשו פעולות מיידיות להצלת היבול. המחקר האפידמיולוגי לוקה בחסר ואינו מספק עדיין ספי-פעולה מדויקים לגבי מערכות גידול-מחלה רבות.

#### 7. סאניטאציה ושכנות גידולים

הרחקת מקורות מידבק מהסביבה החקלאית מפחיתה את סיכויי הדבקתם של גידולים רגישים. איתור מקורות המידבק נעשה בחלקת הגידול ומחוצה לה, במתקני אחסון ואריזה, בשולי מפעלים לעיבוד תוצרת חקלאית ובחלקות בור. הרחקה והשמדה בשריפה או קבירה מונעים את התפשטות המידבק. הימנעות מגידול צמחים בריאים בשכנות לגידול או לצמחי נוי ותרבות הנושאים מחלה או רגישים לה, מניעת נגר, והתחשבות בכיוון הנגר ובכיוון הרוח השכיחים בשדה - כל אלה יכולים למנוע הופעת פגעים בגידול (33).

#### 8. אמצעים אחרים

צמצום בהתפתחות מגיפות או ברגישות הגידול להתפתחותן אפשרי בעזרת סדרה של אמצעים, בהם: מחזור זרעים, שימוש בקומפוסט והצנעת זבל-יורק, אספקה מופחתת של חנקן, מועדי זריעה מתאימים, בחירת זנים לא-רגישים, הצנעת צמחי ספיח ושאריות גידול קודם, הצנעת עשבים, חומר ריבוי נקי, מניעת מחסורים

תזונתיים או עודפים, כגון חנקן (45). במקרים שבעיות פיטופאתולוגיות רבות אינן באות לידי פתרון הולם, האמצעי הנקוט בידי המגדלים הוא - הימנעות מגידול בעייתי.

## פרק ה': חיזוי מחלות

חיזוי מגיפות על סמך נתונים על המיקרואקלים, על הגידול ועל המחלה מיועד להזהיר מפני נזקים צפויים ולהצביע על הצורך, או על העדר הצורך, בטיפול בגלל נתאים שאינם מעודדים מחלה (44). הדגמים הממוחשבים הראשונים שהוצעו למטרה זו משמשים לחיזוי הופעת גרב בתפוח (24), כימיון בתפוחי-אדמה (26) וחלפת בעגבניות (34). הדגמים לחיזוי כמיון בתפוח"ד וגרב בתפוח מודיעים על תקופות הדבקה שהתרחשו בעבר, ולכן ממליצים על פונגיצידים סיסטמיים יעילים מאוד לצורך הדברה טובה. לעומתן, דגם לחיזוי הפצת נבגים והדבקת עלי בצל ב- *Botrytis squamosa* פותח על-ידי Lacy ו- Pontias (28).

שימוש בדגמים לחיזוי מחלות מיועד לחסוך בטיפולים ובאמצעי הדברה נגד מחלות, או להביא ליישום מיטבי של האמצעים. למעשה קיימות כבר מערכות כאלה שפותחו לשימוש במטעי תפוח ובכרמים באירופה (37). מערכת-מומחה לשימוש בתנאי הארץ היא "המחליטה" לגבי מחלות חיטה (8). בהליכי פיתוח מתקדמים נמצאות המערכות "פיצוחית" לחילדון בחמניה (7), ו"בוטמן" למחלות נוף של גידולי ירק בחממה (39). כדי לשפר את התזמון של פעילות ההדברה בעזרת דגמים כאלה דרוש מחקר לפיתוח מערכות החיזוי, לפיתוח מערכות לתיאור כמותי של השפעת המחלה על הצמח, ולפיתוח מערכות לניתוח כלכלי של נזקי המחלה ושל תרומת ההדברה.

## פרק ו': טיפול בתוצרת חקלאית לאחר הקטיף

יש כמה סיבות לרקבונות של תוצרת קטופה ואלה הן: התוצרת מאולחת ומודבקת בחלקת הגידול בגלל הזנחה והעדר טיפול נאות לפני הקטיף; פציעת הרקמה בעת הקטיף וזיהומה בגורמי-מחלות ובעיקר פטריות-פצע; שהייה של פרי מודבק למשך זמן ארוך, לעתים בתנאים תת-מיטביים של טמפראטורה ולחות; תנאי סאניטאציה ירודים בחלקת הגידול, בבתי-אריזה, במחסנים ובחדרי קרור; חדירת גורמים מכאניים המעורבים בתהליך האסיף, הניקוי, ההובלה, המיון והאריזה, או חיכוך תוצרת מאולחת בתוצרת בריאה. פעילות למניעת הגורמים האלה תביא לשמירה על נקיון התוצרת.

ייתכנו אמצעים שונים להדברה לא-כימית לאחר הקטיף, חלקם מצויים כבר



בשימוש וחלקם בתהליכי פיתוח כלדקמן: טיפול בחום לח או יבש מקנה עמידות לתוצרת המטופלת ומעודד הגלדת פצעים; טבילה במים חמים (בטמפרטורות של 44-55 מ"צ, בהתאם לגידול) נמצאה יעילה בפרי-הדר נגד ריקבון חום (פיטופתורה), במנגו נגד אנטראקנוז, באפרסק נגד ריקבון חום (מוניליניה) וריזופוס, בתות-שדה (טיפול באדים) נגד בוטריטיס וריזופוס, ובמלוני גליה (טבילה קצרה) נגד רקבונות. טיפולים אלה הם שטחיים וטובים נגד מוקדי הדבקה תחיליים, ומובן שהם יעילים במקרה של תוצרת חקלאית שאינה רגישה לחום. טיפול בקרינה על-סגולה נמצא יעיל בפרי-הדר. כמו כן נמצאו יעילים האמצעים האלה: שמנים אתריים המופקים מצמחים שונים; סודה לשתיה וחומצות אורגאניות; טיפולים אנאורביים הגורמים ליצירת אלדהידים בפרי ומגבירים את עמידותו בפני ריקבון; אחסון תוצרת טרייה בטמפרטורה נמוכה אגב הימנעות מנוקי צינה; עטיפת הפרי בנייר או ביריעות פלאסטיק למניעת אילוח במגע בתוך הארגז, לאחר האריזה; הקרנה בקרינת גאמא העשויה להיות יעילה, אך עדיין אינה בשימוש משמעותי; החלפת גזים בחלל האחסון ליצירת תנאים שאינם מאפשרים התפתחות רקבונות ואוורור; הדברה ביולוגית באמצעות השמר *P. guilliermondii*. נמצאה יעילה נגד העובש הירוק והכחול בפירות הדר קטופים, ונגד העובש האפור (50) בפירות אחרים.

למניעת עיפוש מוצרים חקלאיים יבשים באיסוס נוהגים היום להשתמש בחומצות אורגאניות, כגון חומצה פרופיונית, חומצה אצטית ומלחיהם. עם מוצרים אלה נמנים: פירות וירקות יבשים, תבלינים, אגוזים למיניהם, גרעיני דגניים וסויה, אגוזי-אדמה, תמרים. פטריות העובש מפחיתות את ערכו התזונתי של המזון המעופש ועשויות ליצור רעלנים (מיקוטוקסינים) המסוכנים גם לאדם. הפטריות מתפתחות בדרך כלל כאשר לחות האוויר היחסית גבוהה מ-70%. גם לסוג תוצרת זה פותחה השיטה של קרינה מייננת נגד פטריות עובש, פאתוגניות או טוקסיגניות. בארץ קיים מיתקן הקרנה בקנה-מידה תעשייתי, אך השימוש בקרינה נמצא עדיין בבחינה על-ידי מדענים ועל-ידי הגופים המחוקקים. תהליך פיסיקלי זה נמצא יעיל במיוחד נגד אילוח של מוצרי מזון ארוזים, אך כמה מדינות מתקדמות עדיין לא אישרו את השימוש בו.

אווירה מבוקרת, בעלת חמצן בריכוז של 1% ופחמן דו-חמצני בריכוז גבוה מ-30%, יעילה למניעת עובשים. בניגוד למתואר לגבי הדברה ביולוגית של מחלות בתוצרת חקלאית לחה לאחר הקטיף, לא קיימים עדיין מדברים ביולוגיים נגד עובשים בתוצרת יבשה, ועל כל פנים - לא כאלה שהגיעו לידי מימוש מסחרי.

## סיכום

הגידול במונוקולטורה או על פני שטחים נרחבים כרוך בהפרת האיזון הטבעי שבין מיקרואורגאניזמים על פני נוף הצמחים, ובהם מחוללי-מחלות, ובין הצמח, ולכן יש לצפות למחלות נוף בכל גידול. בחקלאות האורגאנית האמצעים העומדים לרשות

המגדלים לצורך הדברת מחלות הם רבים ומגוונים, אך בלי ספק אינם מספקים. מחקר רב ובדיקות נחוצים לשם לימוד, הבנה ופתרון בעיות בתחום מגוון זה. אמצעי הדברה חדשים לשרות המימשק הלא-קונבציונאלי עשויים להתקבל מארסנל האמצעים הכללי העומד לרשות חקלאים, כגון: זנים עמידים חדשים ומערכות תומכות-החלטה לבקרת מחלות-נוף, וכן תמציות ממקורות טבעיים, מדבירים ביולוגים וחומרים ידידותיים לסביבה.

## רשימת הספרות

1. אלעד, י', יונס, ה', קירשנר, ב' (1991) תוספת דשן סידני להפחתת עובש אפור בחציל, בפלפל ובמלפפון. "השדה", ע"א: 706-708.
2. אלעד, י', שמשוני-צימנד, ג' (1989) הדברה ביולוגית של מחלת העובש האפור על-ידי מיקרואורגניזמים אנטאגוניסטים. "מחקר חקלאי בישראל", ג' (2-1): 95-106.
3. וולפין, ח', יוניס, ה', אלעד, י', גוטדינר, מ' (1990) הפחתת עובש אפור בעגבניה ובמלפפון בחממה באמצעות דישון בסידי. "השדה", ע': 1066-1070.
4. זיו, ע', שיפריס, ח', גרינברג, ש', פאליק, א', שדה, א' (1994) הדברת קמחוניית בצמחי פלפל באמצעות תרכובות ביקארבונאט, שמן הורטיקולטורי ומשטח והשפעת התרכובות על מחלות לאחר קטיף. "השדה", ע"ד: 526-532.
5. ניב, א', שטיינברג, ד', אלעד, י', ביליצר, נ', כהן, א' (1994) הדברת מחלת העובש האפור בעגבניות בשילוב של תכשירי הדברה כימיים וביולוגים. "השדה", ע"ד: 617-621.
6. ראובני, ר', רביב, מ', אליגהם, י', בר, ר', שניצר, מ' (1989) השפעת אור מסווג על נביגת בוטריטיס צינראה ועל עצמת המחלה בעגבניות חממה. "השדה", ס"ט: 1016-1621.
7. שטיינברג, ד' (1994) פיצוחית - מערכת תומכת-החלטה להדברת מחלת החילדון בחמנית. "גן שדה ומשק", חוברת 12: 29-33.
8. שטיינברג, ד', דינור, ע' (1986) "המחליטה-2": אימות המלצות תוכנית המחשב. "השדה", ס"ז: 227-232.
9. Adatia, M.H. and Besford, R.T. (1986) The effects of silicon on cucumber plants grown in recirculating nutrient solution. *Ann. Bot. (Lond.)* 58: 343-351.
10. Blakeman, J. P. (1993) Pathogens in the foliar environment. *Plant Pathol.* 42: 479-493.
11. Cohen, Y. (1981) Downy mildew of cucurbits. in: Spencer, D.M. [Ed.] *The*

Downy Mildews. Academic Press, London. pp. 341-354.

12. Corden, M.G. (1965) Influence of calcium nutrition on Fusarium wilt of tomato and polygalacturonase activity. *Phytopathology* 55: 221-224.
13. Dover, P. and East, J. (1990) The effect of variety, blends and seed rates on disease and weed incidence in wheat grown in organic systems. *in*: BCPC Mono. No 45. pp. 239-243.
14. Dubos, B. (1987) Fungal antagonism in aerial agrobiocenoses. *in*: Chet, I. [Ed.] Innovative Approaches to Plant Disease Control. John Wiley and Sons. New York. pp. 107-135.
15. Elad, Y. (1990) The reasons for the delay in development of biological control of foliar pathogens. *Phytoparasitica* 18: 99-105.
16. Elad, Y. (1994) Biological control of grape grey mould by *Trichoderma harzianum*. *Crop Prot.* 13: 35-38.
17. Elad, Y. and Shtienberg, D. (1994) Effect of compost extracts on grey mould (*Botrytis cinerea*). *Crop Prot.* 13:109-114.
18. Elad, Y. Zimand, G., Zaks, Y. Zuriel, S. and Chet, I. (1993) Biological and integrated control of cucumber grey mould (*Botrytis cinerea*) under commercial greenhouse conditions. *Plant Pathol.* 42: 324-332.
19. Fokkema, N.J., Van de Laar, J.A.J., Nelis-Blomberg, A.L. and Schippers, B. (1975) The buffering capacity of the natural mycoflora of rye leaves to infection by *Cochiobolus sativus* and its susceptibility to benomyl. *Neth. J. Plant Pathol.* 81: 176-186.
20. Guest, S.T., Samuel, A. M. and Davies, W.P. (1990) Establishment, disease development and yield of organically grown wheats. *in*: BCPC Mono. No. 45. pp. 223-226.
21. Hausbeck, M.K. and Pennypacker, S.P. (1991) Influence of grower activity on concentrations of airborne conidia of *Botrytis cinerea* among geranium cuttings. *Plant Dis.* 75: 1236-1243.
22. Hofstein, R. (1994) Development of production, formulation and delivery systems. *in*: Proc., Brighton Crop Prot. Conf. Pests and Diseases. pp. 1273-1280.
23. Jarvis, W.R. (1988) Fusarium crown and root rot of tomatoes. *Phytoprotection* 69: 49-64.
24. Jones, A.L., Lillevic, S.L., Fisher, P.D. and Stebbins, T.C. (1980) A microcomputer-based instrument to predict primary apple scab infection periods. *Plant Dis.* 64:69-72.
25. Jordan, V.W.L. and Richmond, D.V. (1972) The effects of glass cloche and



- coloured polyethylene tunnels on microclimate, growth, yield and disease severity of strawberry plants. *J. Hortic. Sci.* 47: 419-426.
26. Krause, R.A., Massic, L.B. and Ayre, R.A. (1975) BLITECOST: a computerized forecast of potato late blight. *Plant Dis. Rep.* 59: 95-98.
  27. Kuc, J. (1987) Plant immunization and its applicability for disease control. in: Chet, I. [Ed.] *Innovative Approaches to Plant Disease Control*. John Wiley & Sons, Inc., New York. pp. 255-274.
  28. Lacy, M.L. and Pontius, G.A. (1983) Prediction of weather-mediated release of conidia of *Botrytis squamosa* from onion leaves in the field. *Phytopathology* 73: 670- 676.
  29. Leben, C. (1965) Epiphytic microorganisms in relation to plant disease. *Annu. Rev. Phytopathol.* 3: 209-230.
  30. Mackay, M.J. and Watson, D.A. (1990) Organic system trials in the North of Scotland. in: BCPC Mono. No. 45, pp. 251- 254.
  31. 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.* 4: 97-110.
  32. Newhook, F.J. (1957) The relationship of saprophytic antagonism to control of *Botrytis cinerea* Pers. on tomatoes. *N.Z. J. Sci. Technol.* 38: 473-481.
  33. Palti, J. (1981) *Cultural Practices and Infectious Crop Diseases*. Springer Verlag, Berlin. 243 pp.
  34. Pennypacker, S.P., Maden, L.V. and McNab, A.A. (1983) Validation of an early blight forecasting system for tomatoes. *Plant Dis.* 67: 287-289.
  35. Percival, D.C., Sullivan, J.A. and Fisher, K.H. (1993) Effect of cluster exposure, berry contact and cultivar on cuticular membrane formation and occurrence of bunch rot (*Botrytis cinerea* Pers. Fr.) with three *Vitis vinifera* L. cultivars. *Vitis* 32: 87-97.
  36. Rotem, J., Cohen, Y. and Bashi, E. (1978) Host and environmental influences on sporulation *in vivo*. *Annu. Rev. Phytopathol.* 16: 83-201.
  37. Ruegg, J. (1990) Computer-aided plant disease management. *Pest. Outlook* 1(5): 33-34.
  38. Sasaki, T., Honda, Y., Umekawa, M. and Nemoto, M. (1985) Control of certain diseases of greenhouse vegetables with ultraviolet-absorbing vinyl film. *Plant Dis.* 69: 530-533.
  39. Shteinberg, D., Niv, A., Elad, Y. and Mahrer, Y. (1994) Integration of

- biological and chemical measures for suppression of gray mold in greenhouse tomatoes. *Phytoparasitica* 22: 82-83.
40. Spencer, D.M. (1978) The Powdery Mildews. Academic Press, London. 564 pp.
  41. Szejnberg, A., Galper, S., Mazar, S. and Lisker, N. (1989) *Ampelomyces quisqualis* for biological and integrated control of powdery mildew in Israel. *J. Phytopathol.* 124: 285-295.
  42. van Steekelenburg, N.A.M. (1984) Influence of ventilation temperature and low ventilation rates on incidence of *Didymella bryoniaea* in glasshouse cucumbers. *Acta Hortic.* 156: 187-197.
  43. van Steekelenburg, N.A.M. and van de Vooren, J. (1980) Influence of the glasshouse climate on development of disease in a cucumber crop with special reference to stem and fruit rot caused by *Didymella bryoniaea*. *Acta Hortic.* 118: 45-56.
  44. Taylor-Stephens, C. (1990) Minimizing pesticide use in a vegetable management system. *HortScience* 25:164-168.
  45. Unwin, F.J. (1990) The potential of organic farming systems for reduced farm inputs. in: Proc., Brighton Crop Protection Conference-Pests and Diseases. pp. 1231- 1240.
  46. Verhoeff, K. (1968) Effect of soil nitrogen level and of methods of deleafing upon the occurrence of *Botrytis cinerea* under commercial conditions. *Neth. J. Plant Pathol.* 74: 184-194.
  47. Walker, J.C. (1950) Plant Pathology. McGraw-Hill Book Company, Inc., New York. 699 pp.
  48. Weltzien, J.C. (1992) Biocontrol of foliar fungal diseases with compost extracts. in: Andrews, J.H. and Hirano, S.S. [Eds.] Microbial Ecology of Leaves. Springer Verlag, New York. pp. 403-450.
  49. Winspear, K.W., Postlethwaite, J.D. and Cotton, R.F. (1970) The restriction of *Cladosporium fulvum* and *Botrytis cinerea*, attacking glasshouse tomatoes, by automatic humidity control. *Ann. Appl. Biol.* 65: 75-83.
  50. Wilson, C.L. (1989) Managing the microflora of harvested fruit and vegetables to enhance resistance. *Phytopathology* 79: 1387-1390.
  51. Yunis, H. and Elad, Y. (1989) Survival of *Botrytis cinerea* in plant debris during summer in Israel. *Phytoparasitica* 17: 13-21.
  52. Yunis, H. and Elad, Y. (1993) Effect of microclimate and nutrients on development of cucumber gray mold (*Botrytis cinerea*). *Phytoparasitica*

21: 257-268.

53. Yunis, J., Shteinberg, D., Elad, Y. and Mahrer, Y. (1993) Qualitative approach for modeling outbreaks of grey mould epidemics in non-heated cucumber greenhouses. *Crop Prot.* 13: 99-104.