

# כיצד משתמר מחולל הגרב הבקטרי בפלפל בתוך עונת הגידול ובין העונות

צורות השתמרות החידק הידועות הן - בשאריות צמחי עגבניה או בעלי עגבניה נגועים; באזור מערכת השרשים של חיטה, עגבניה וסויה; בשחילים, בזרעים ובצמחים של עגבניה נטולי סימפטומים; ובקרקעות. אולם מידע זה מקוטע, יש גם מידע סותר. למרות כל זאת, לא קיים שום מחקר מקיף המתייחס לתבריד פתוגני אחד התוקף סוג צמח אחד בתנאי השתמרות שונים.

מחולל הגרב הבקטרי אמנם זהה בישראל לפני שנים רבות, בידי חלקני (3); אולם, היידע המקומי על אודותיו עדין מועט, הוא ניזון בעיקר משמועות ומריחות בעל-פה של חוקרים, מדריכים ומגדלים, ומעבודות ספורות שנעשו בשנתיים האחרונות (1, 2). מטרת עבודה זו הייתה לברר מהן צורות השתמרות בישראל של תבריד פתוגני לפלפל, ולנסות להצריך את כשרו כמקור מידבק עתידי לעונת הגידול הבאה.

## שיטות וחמרים

1. בידוד החידק המקומי וגידולו בתרבות; העשרה בעלים; חדר ערפל; הכנת מידבק; אילוח זרעים; מבחני פתוגניות; זן הפלפל האינדקס מחלה - תוארו בעבודות קודמות במחלות בקטרי אליות (ראה "השדה" נ"ח, עמ' 437-444; ס"א עמ' 498-501, 1044-1049, 1748-1751; ס"ב, עמ' 354-360, 724-725).
2. אילוח קרקעות. אדמת חול רחוקה במצב של קיבול-שדה אולחה על-ידי הוספת תרחיף חידקים בריכוז סופי של  $10^8$  חידקים/ג' קרקע. השדה אולח על-ידי ריסוס 5 ל' תרחיף חידק קים באותו ריכוז על שטח 800 מ"ר. בתום האילוח הושקו הצמחים בטפטוף, למניעת הרטבת הנזף.
3. יבוש עלים נגועים. א) עלים יבשו בתנור ב-35 מ"צ במשך 10 ימים ונטחנו; ב) עלים הוקפאו ב-80 מ"צ למשך 24 ש', יבשו בהקפאה ונטחנו. ככל מקרה נשמרה האבקה במקרר בצנצנות אטומות המכילות חומר סופח מים.
4. בדיקת נוכחות חידקים בזרעים, בקרקע ובשרשים. א) אתרי השתמרות החשודים כמאולחים הושמו בתמיסה פיסילוגנית, והחידקים נספרו לאחר פיצור התרחיף על קרקע מזוק סלקטיבית-למתצנה. ב) בשיטת העשרה בעלים מנותקים. ג) זרעים נבטים הועברו בשלב הפסיגים ל-9 ימים לערפל, ואחר-כך הוערכה המחלה. ד) בשיטת העשרה במצעים מורעלים נחלים.

## תוצאות ומסקנות

א. השתמרות הפתוגן בזרעי פלפל מאולחים מלאכותית תכילות זרעי פלפל שלא היו נגועות מעולם בפתוגן הורבקו בר-י כחים גדולים של מידבק, ושיעורי הישרדות אוכלוסיית החידק על-פני הזרעים היבשים נבדקו במשך חרשים אחדים. הוכרר (דיאגרמה 1), כי לפתוגן זה יכולת מעשית לשרוד על-פני זרעים יבשים לחלו-

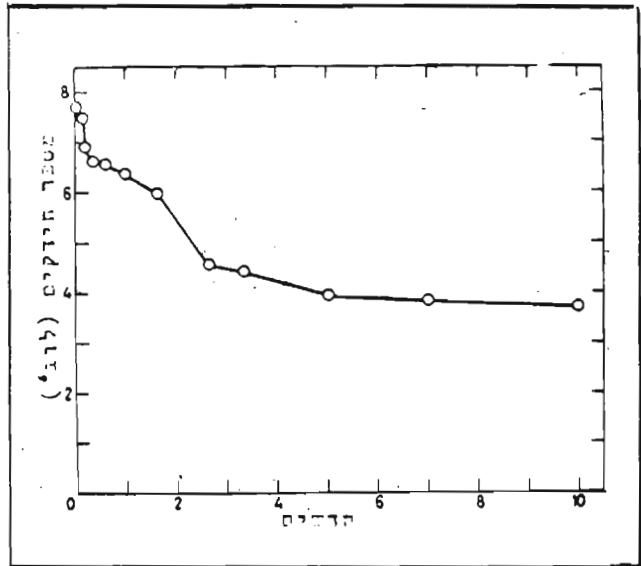
מאת יואב בשן, המחלקה למחלות צמחים, מינהל המחקר החקלאי

שאהר דיאב, עידיית פינקלשטיין, יעקב אוקון, המחלקה למחלות צמחים ומיקרוביולוגיה, הפקולטה לחקלאות

אוכלוסיה פתוגנית של מחולל הגרב הבקטרי בפלפל התפתחה בתוך עלים ובאזור מערכת השרשים של צמחים נטולי סימפטומים, הגדלים בתנאי ערפל. הפתוגן הוא בעל כשרו השתמרות לתקופות ארוכות - על-פני זרעים מאולחים, אדמה מאולחת, עלים יבשים, ובאזור מערכת השרשים של פלפל ושל צמחים אחרים שאינם פונדקאים לו. יתרה מזאת: אוכלוסיית זעירות של החידק נשתמרו, בתנאי שדה, במשך 18 חודש לאחר תום גידול צמחי פלפל נגועים. פלפל במשתלה, וכן צמחי פלפל בוגרים, פיתחו סימפטומים בזמן גידולם בקרקע המאולחת בעלים נגועים, בין שעלים אלה היו קבורים בקרקע או מונחים על פניה.

## מבוא

מחולל מחלה הגרב הבקטרי בפלפל, החידק *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*, הוא אחד ממחוללי המחלות שהמידע העולמי על אודותו רב ביותר. אולם, רוב המידע שהצטבר בעשרות השנים האחרונות מתייחס לצמחי עגבניה, שבהם מחולל החידק מחלה דומה, ורק מחקרים ספורים נעשו בצמחי פלפל. המידע ברבר השתמרות המחלה ותפוצתה אינו ברור, מכיון שפתוגן זה ידוע זה מכבר כרכונני ביותר. תבריד החידק שכודרו מאזורים גיאוגרפיים שונים - נבדלים בתכונותיהם, וכבר הוצעה ההנחה שתבריד הפתוגן מתנהגים בהתאם להתמחותם ולהסתגלותם לאזורי גידול שונים.



דיאגרמה 1. השתמרות הפתוגן בורעי פלפל מאולחים מלאכותית.

טין (במתכנתת המשווקת לחקלאים). נראה שהאוכלוסיה הלכה ותת-דלדלה עם חלוף הזמן: אבל כעבור כ-5 חודשים היא התייצבה ברמה קבועה. כשרו הפתוגני של החידק השורד על זרעים נגיעים לא נפגם כלל במשך כל תקופת הניסוי.

ב. התפתחות צמחים נטולי סימפטומים מזרעים מאולחים ורעי פלפל מסחריים אולחו ברמת שונות של חידקים פתוגניים ( $10^2 - 10^9$  חידקים/מ"ל). בגיל של זוג עלים בגרים התעברו הצמחים לחדר ערפל. לאחר חודש בתנאים האופטימליים להתפתחות מחלות בקטריאליות רבות הראה רק אחוז זעום מכלל הצמחים (10% - 15%) נגיעות כלשהי במחלה, אולם התגלו אוכלוסיות

לא התפתחו סימפטומים נראים לעין. אוכלוסיית החידקים בבוץ הצמחים שמרה על רמתה הגבוהה לאורך כל משך הגידול. גם יות העובדה שמעולם לא פיתחה סימפטומים נראים.

ג. איתור הפתוגן בבועול ובאיזור מערכת השרשים של הפלפל ורעי פלפל אולחו. הונבטו התעברו לערפל. כעבור 14 יום נבדקה נוכחות הפתוגן בבועולים ובמערכת השרשים. אמנם לא איתרו פתוגנים בתוך הגבעול, אולם באיזור מערכת השרשים של הפלפל התבססה אוכלוסיה פתוגנית גדולה ( $10^6$  חידקים/ג' שרש).

ד. השתמרות בצמחים שאינם פונדקאים

ורעי סורגום, אפונה, מלפפון, שעועית, חיטה וצנבניה - אולחו בפתוגן, ויבשו ונזדעזעו. לאחר הנביטה התעברו כל הצמחים לשבועיים לערפל. הוכרז (טבלה 1) כי הפתוגן שרד על זרעי צנבניה ליותר מ-3 חודשים, אולם על זרעי צמחים שאינם פונדקאים נעלם כעבור כחודש. לעומת זאת התבסס הפתוגן במערכת השרשים של כל מיני הצמחים ללא יוצא מן הכלל. אוכלוסייתו נשארה קבועה בשרשים - למרות אי יכולתו לגרום סימפטומים כלשהם על עלי הצמחים עצמם.

טבלה 1. השתמרות מחולל הגרב הבקטרי בפלפל - בורעים, בעלים, ובמערכת השרשים של צמחים שאינם פונדקאים. מספר חידקים בגרם.

עלים	איזור מערכת השרשים	זרעים						ימים
		100	80	50	30	14	7	
30	30							
0	$3 \cdot 10^4$	0	0	0	0	$1.5 \cdot 10^3$	$3 \cdot 10^5$	סורגום
0	$6 \cdot 10^4$	0	0	0	$9 \cdot 10^1$	$2 \cdot 10^3$	$3.8 \cdot 10^5$	מלפפון
0	$6 \cdot 10^4$	0	0	0	0	$3.5 \cdot 10^4$	$1.1 \cdot 10^5$	שעועית
0	$2 \cdot 10^4$	0	0	0	0	$2 \cdot 10^2$	$2 \cdot 10^5$	אפונה
0	$8 \cdot 10^4$	0	0	0	$1 \cdot 10^2$	$2.4 \cdot 10^2$	$1.1 \cdot 10^5$	חיטה
0	$5 \cdot 10^4$	$7 \cdot 10^3$	$3 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^4$	$1.2 \cdot 10^5$	$4.2 \cdot 10^6$	$8 \cdot 10^6$	ענבניה

ה. השתמרות בעלי פלפל יבשים

עלים ברמת נגיעות ניכרת נאספו משרות פלפל ויבשו ב-2 שיטות שונות. נוכחות הפתוגן נמדדה לאורך זמן בעלים היבשים לחלוטין.

נמצא (דיאגרמה 2) כי הפתוגן שרד ושמר על וירולנסיית מרובה ביותר, בפרקריזמן-ממושכים. אוכלוסייתו אמנם יתדלדלה עם הזמן (בדומה לתופעה שנצפתה בורעים יבשים), אך בתוך 4 חודשים התייצבה על רמה קבועה. גבוהה יחסית, עד תוך הניסוי.

סמויות גרורות של חידקים פתוגניים בתוך רקמת העלה,  $10^6 - 10^7$  חידקים/ג' עלה. יתרה מכך: חידקים אלה היו וירולנטיים בכל מבחני הפתוגניות שנערכו בהם. מעניין, שלא נמצאה כל התאמה בין רמת האילוח המקורית בורעים לבין אוכלוסיית הפתוגן בעלים. עובדה זו מלמדת, שתנאים מתאימים מעוררים ריכוזי חידקים פתוגניים מאוכזר לוסיה, ראשונית זעירה, ואז תחול תקיפת הצמחים. במבחן נוסף נאספו 16 מרגמי זרעים משרות ללא נגיעות נראית לעין בגרב בקטרי. מכל רחבי ישראל. ב-10 מרגמים נמצאו, בשיטת העשרה, חידקים וירולנטיים לפלפל. זרעים אלה הונבטו בחממה והועברו בגיל 2 עלים לתא הערפל למשך חודש. שום סימפטום נראה לעין של גרב לא הובחן על פני הצמחים, אף על פי שבחוסם נמצאה אוכלוסיה רבה של החידקים ( $10^5 - 10^6$  חידקים/ג' עלה). כמורד מאנחר יותר הועברו הצמחים לשרדה למשך חודשים. ואף שם

(המשך בעמוד הבא)

# כיצד אשתמר מחולל הגרב הבקטרי בפלפל בתוך עונת הגידול ובין העונות (המשך מעמד קודם)

טבלה 2. השתמרות מחולל הגרב הבקטרי בפלפל. במשך 18 חודשים - בחגאי שדה; בזרעים ובקרקע.

מספר חיידקים בגרם בתום התקופה	רמת אילוח מקורית, חיידקים/מ"ל	מקור החיידקים
$4 \cdot 10^2$	$10^7$	זרעים <sup>1</sup>
$1.5 \cdot 10^2$	$10^9$	זרעים <sup>1</sup>
$2 \cdot 10^1$	$10^9$	קרקע <sup>1</sup>
$1 \cdot 10^1$	$10^8$	קרקע בשדה

<sup>1</sup> פתך ממלי זוכית הקברים בשדה.

בחום התקופה נמצא (טבלה 2) כי הפתוגן שרד לפחות 18 חודשים בזרעים ובאדמה, בתנאים שתוארו. עם זאת ראוי לציין שאוכלוסיית הפתוגן פתחה ביותר ( $10^2 - 10^1$  חיידקים/ג' קרקע), ואולם החיידקים הבודדים שנשארו שמרו על וירולנטיות רבה כלפי צמחי פלפל.

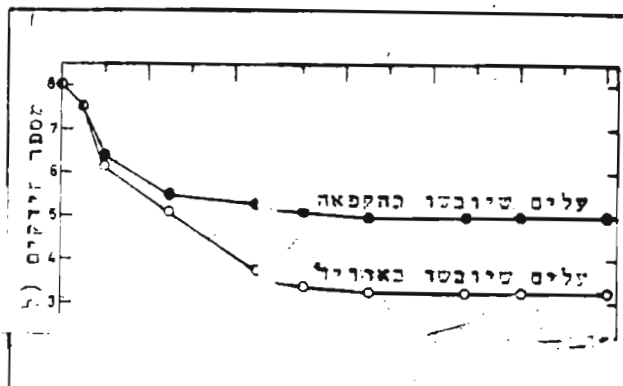
ח. השפעת מקור המידבק וצורת תזימתו לקרקע - על התפתחות הפתוגן בעלים

עלי פלפל נגועים שנאספו בשדה-התוחו על-פני הקרקע בעציצים שהכילו צמחים (5 עלים) או נבטים (פסיגים) של פלפל. במחצית מהטיפולים כוסו העלים בשכבת רזומקולית סטרילי בעובי של 2 ס"מ. עם תום הטיפול הועברו הצמחים לערפל, ומקץ חודש נטפחה אוכלוסיית הפתוגן בעלי הצמחים הגדלים. אף על פי שלא הופיעו סימפטומים בעלים - הראו הצמחים נזכות של חיידקים פנימיים ( $10^4 - 10^3$  חיידקים/ג' עלה). לפיכך נקבע, כי המחלה יכולה לעבור לצמחים מעלים נגועים, בין שהללו קבורים או מונחים על-פני השטח.

## דיון

עבודה זו מוכיחה כי תכריד מקומי של מחולל הגרב הבקטרי בפלפל עלול להתרבות בעלי פלפל נטולי סימפטומים נראים. זאת ועוד: זרעים מסחריים, שהופקו משדות ומפירות שנראו בריאים לכאורה, הכילו את הפתוגן, וצמחים שגדלו מזרעים אלו הכילו אף הם את החיידקים.

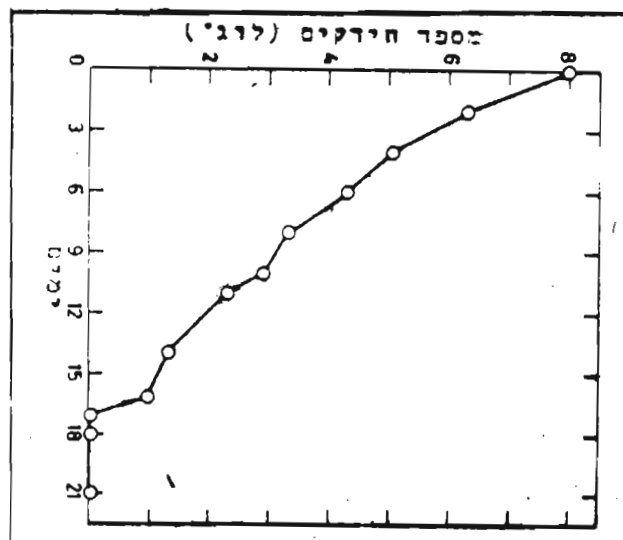
מקובל, שאוכלוסייה של הפתוגן על העלים - יש לה חשיבות ניכרת בהעברת המחלה בתוך העונה, ומצמצם לצמצם באותו שדה. עבודתנו מוכיחה, כי לפתוגן זה יש אוכלוסייה פעילה על העלים של צמחי פלפל. אוכלוסייה זו עלולה להתפרץ ולגרום מגפה בתנאים שטרם הובררו סופית. בכך יתכן להסביר את ההופעה המקרית של המחלה בשדות ישראל: נגיעות קלה ביותר בעונת גידול מסוימת - לעומת מגפות קשות בעונת אחרת. בעבר הרצע, שתברידים מסוימים של הפתוגן אינם מסוגלים לשרוד בקרקע יותר משבועיים, ובקרקע מעוקרת - לא יתרו מחדשיים. בניגוד לכך הרגמנו בעבודה זו, שאף כי אוכלוסיית הפתוגן בקרקע טבעית מרוכזת ונשמרת במידה ניכרת - אפשר לגלות תאים בודדים וירולנטים בשדה גם בעונת הגידול העוקבת. חיידקים ספודים אלה עלולים לשמש מידבק לעונה העוקבת של גידול פלפל, אף על פי שבין שתי עונות גידולו נמצאים בשטח גידולים חקלאיים אחרים, שאינם מתאימים לפתוגן. יחד עם זאת, השתמרות הפתוגן במערכת השרשים של צמחים לא פונדקאים - עלולה לסייע ביותר למעבר הפתוגן בין העונות. יתרה מכך: מצאנו, שעלים נגועים הקבורים בקרקע או מונחים על פניה



דיאגרמה 2. השתמרות הפתוגן בעלי פלפל יבשים לחלוטין.

## 1. השתמרות בקרקע חול רחובה

מדגמי קרקע אולחו בפתוגן, ונמדדו תגודות אוכלוסיית החיידק בקרקע. נמצא (דיאגרמה 3), כי לפתוגן כושר הישרדות מרעט ביותר בקרקע חול רחובה, ואוכלוסייתו פתחה עד למטה מסף הגילוי תוך 16 יום כלבי מהאילוח.



דיאגרמה 3. השתמרות הפתוגן בקרקע חול רחובה.

## 2. חריפת הפתוגן בעמקי-הירדנאל

זרעי פלפל האדמה מקומית אולחו ברמה גבוהה של חיידקים פתוגניים ( $10^7 - 10^6$  חיידקים לג'), הרשמו במכלי זוכית אטומים ונקברו למשך שנה ומחצה בשדה פלפל לרגלי היריתבור. בנוסף לכך אולחה חלקת שדה בפתוגן. החיידקים היו נתונים בטמפרטורות שנועו בין  $29.8$  ל- $0.3$  מ"צ (31 ימי טמפרטורה שלמטה מ- $5$  מ"צ בחלק מהיממה) בעונת החורף ובין  $42.2$  ל- $7.9$  מ"צ (122 ימים של יותר מ- $30$  מ"צ) בקיץ. השדה עצמו קיבל  $84$  ימי גשם, בכמות כוללת של  $573$  מ"מ. בקיץ הושקה השדה מדי שבוע בהמטרה עד לקיבול-שדה. הגידולים בשדה זה, לאחר הפלפל, היו חיטה חרפית ועגבניות לת-עשיה (שניהם כאחר אינם פונדקאים לתבריד הפתוגן הנבדק).

SURVIVAL OF *XANTHOMONAS CAMPESTRIS* PV. *VESICATORIA* WITHIN THE GROWING SEASON AND FROM ONE SEASON TO THE NEXT

Y. Bashan\*, S. Diab\*\*, Edith Finkelstein\*\* and Y. Okon\*\*

A population of *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* developed as endophytes in the leaves and rhizosphere of apparently symptomless plants grown under mist but not under dry conditions. The pathogen survived for long periods on, and could be isolated from, the surface of infested dried seeds, inoculated sandy loam soil, dried leaves, and the rhizosphere of pepper and of others non-host plants. In addition, small numbers of the pathogen survived for 18 months in a field previously cropped with pepper diseased with bacterial scab. Healthy nursery or mature plants developed symptoms while growing in soil containing infested leaves, that were either buried or placed on the soil surface.

\* Division of Plant Pathology, ARO, The Volcani Center, Bet Dagan, Israel.

\*\* Dept. of Plant Pathology and Microbiology, The Hebrew University of Jerusalem, Faculty of Agriculture, Rehovot, Israel.  
2097

כיצד משתמר הגרב הבקטרי בפלפל?

(המסך מעמוד 2094)

— הם מקור מידבק מעשי לשחילי פלפל או לצמחים בוגרים, הגרבים לים באדמה זו. נראה שהפתוגן מגיע לעלים הצלוינים, מתרבה באופן סמוי, ומאוחר יותר גורם מחלה נראית. רבנות הפתוגן ומגוון אמצעי ההישרדות שלו מעונה לעונה בתוך העונה — מבטיחים התפרצות מחלה אפשרית בתנאי גידול רגילים, בכל מקום הזמן של גידול הפלפל. טיפול בורעים, מחזור זרעים ועוד — אמנם עשויים להפחית את מספר אמצעי ההישרדות; אולם מניעה מחלטת של התפרצות המחלה נראית כרגע כמשימה מורכבת וקשה ביותר.

הבעת תודה

תחתנת טנונה למחמד עזאזיה מלסת דרכה נצרת, שה"מ — על עזרתו, ולעמנואל קומר מחברת "הזרע" — על חספקת זרעים. מחקר זה נתמך חלקית במענק מס' 823/026 של הקרן למינהל המחקר החקלאי, משרד החקלאות, וכן במענק מס' 1-214-80 של הקרן למחקר חקלאי ארה"ב — ישראל (BARD).

ספרות

1. בשן י., אוקון י., הניס י. (1982): השתמרות ממושכת של מחוללי הניקוד והגרב הבקטריים בורעים. "השדה" ס"ב: 725-724.
2. דיאב ש., בשן י., אוקון י. (1981): כיצד נדבקים צמחי פלפל במחלת הגרב הבקטרי? "השדה" ס"א: 1748-1751.
3. וולקני צ. (1961): מחלת כתמי עלים ופירות של עגבניה.