

האפידמיולוגיה והאופי של מחלת הניקוד הבקטרי בעגבניה בתנאים מבוקרים ובתנאי שדה

מאת יואב בשן, יעקב אוקון, יגאל הניס, עמוס דינור,

המחלקה למחלות צמחים ומיקרוביולוגיה, הפקולטה לחקלאות

מבוא

למרות הפוצתה הרחבה של מחלת הניקוד הבקטרי בישראל (על-פי הערכה של מדריכי הגנת הצומח של שה"מ), טרם נבדק קצב התפשטותה בתנאים מבוקרים ובתנאי שדה, למעט קביעת העובדה שיש התפשטות מהירה של המחלה בשטחים המסחריים הן בארץ (3) והן בקליפורניה (6). החידק *סקאודומונאס טומטו* תוקף את הפונדקאי שלו, צמח העגבניה, מראשית עונת הגידול ובמשך כל העונה, בעיקר בגידולי חורף. הועלתה סברה, אך טרם הוכחה, שכל חלקי הצמח רגישים לפתוגן במידה שווה. לא ידוע, אם מחלת הניקוד הבקטרי היא בעלת אופי לוקלי או סיסטמי. אמנם הועלתה סברה, שאפיה לוקלי (3,4). נמצאו השתמות בצניוני רות ההובלה בצמחים נגועים, אולם הפתוגן לא בודד מאזורים אלו (7). מטרת עבודה זו היתה — לברר את השפעת גיל העלה על רגישות להדבקה במחלה, התפתחות המחלה בתנאי-חממה ובתנאי-שדה, ואפשרות העברת הפתוגן על-ידי מערכת ההובלה של הצמח.

חיס נזרעו במשבצי חישתיל המכילים כמצע כבול + ורמיקוליט 1:1, ואולחו כמתואר ב"1 (1) בשלב של פסיגים ושל 3 עלים אמיתיים. התוצאות היו, כי בגיל פסיגים היה שיעור הנגיעות 41.25%, ובגיל 3 עלים — 81.2%. בין הנתונים הנ"ל יש הפרש מובהק במבחן תחום ברמה של $P = 0.05$.

מהתוצאות אפשר להסיק, שפגיעת המחלה חזקה יותר בצמח בעל גוף בן מספר עלים, מאשר בצמח בעל גוף מינימלי. מספר הכתמים המועט בפסיגים נובע, כנראה, משטח עלווה קטן יותר, ולא מהבדל ברגישות גילים פיסולוגיים של הצמח, ולמרות ההפרש המובהק בתוצאות — אין שוני במהות התוצאות. ניסוי זה אימת את התצפיות בשטח, שאכן יש התקפה מהגילים הצעירים, והיא נמשכת עם התבגרות הצמח.

הקרה: בניסוי חוזר, שכלל פגיעה בקרבורונדום, התקבלו תוצאות דומות, דבר המוסיף נדבך לאימות ההשערה.

ב) התפתחות המחלה בתנאי ערפל בחממה

הצמחים אולחו במחלה בגילים: פסיגים, עלה ראשון, ושלושה עלים (1). הניסוי נערך בבוקרים באקראי, ב"4 חזרות. קריאות הכתמים נעשו אחת ל"8 ימים, על העלים החדשים שהתפתחו לאחר ההדבקה הראשונה.

התוצאות מסוכמות בטבלה 1.

מניסוי זה נובעות המסקנות הבאות:

1. צמחים שרמת ההדבקה הראשונית בהם (מס"ד בות שונות) גבוהה — מגיעים לרמת מחלה מכסימלית תוך פרקיזמן קצר; צמחים בעלי רמת מחלה התחלתית נמוכה — מגיעים אף הם לרמה הגבוהה, אבל לאחר פרקיזמן ארוך יותר.

טבלה 1. % הנגיעות בצמחים - כחלות בגילם ובזמן שעבר מהגידול.

גיל	% נגיעות, כשעברו לאחר ההדבקה -	
	8 ימים	16 ימים
פסיגים	39.4	51.65
עלה ראשון	16	115.27
3 עלים	67	100

סימולים עם אותיות שונות באותו שורה נבדלים זה מזה באופן מובהק במבחן תחום ברמה של $P = 0.05$.

שיטות וחמרים

1. שיטות הזריקה והשתילה, השימוש בתא ערפל, הכנת האינוקולום להדבקה מלאכותית, וההדבקה המלאכותית — מפורטות במאמר הקודם (1).
2. הערכת הנגיעות נעשתה לפי המפתח שפיתחנו: 0 = צמח בריא; 1 = נקודות מעטות וחלשות על הצמח; 2 = כתמים ונקודות חזקות ומרובות; 3 = צמח נגוע קשות, ולו עלים שחורים לחלוטין.
3. חיפוי גבעולים ובריר הפתוגן. גבעולים מצמי חים חולים חוטאו חיצינית על-ידי שרייה בכוחל 70%, תוך הפעלת התחלץ (ואקואום) בבקבוק יניקה ושחרורו הפתאומי לשם החדרת הכוחל לסדקי הגבי עול. הגבעולים נשרפו לשם שריפת שאריות הכוחל, והועברו להיפוכולוריס-הנתרן 1% למשך דקה. לבסוף נשטפו במים מעוקרים, 5 פעמים. הגבעולים רוסקו במרסק סטרילי, והתמיסה נמחלה בתמיסה פיסולוגיה עד ריכוז של 10%. מדגמים של 0.1 מ"ל נזרעו על מצע K.P.C. המכיל מצע קינג (5) רגיל + פניצילין לין וציקלוי-הכסאמיד. ההדגרה נעשתה ב"30 מ"צ למשך 24 שעות.

תוצאות ודיון

א) השפעת גיל העלה על רגישות להדבקה במחלה
נערך ניסוי בבוקרים באקראי, ב"4 חזרות. הצמי

טבלה 2. נגיעות צמחים בעקבות אפשרות מעבר הפתגון בצינורות ההובלה.

עלעלים נגועים לאחר העברה לערפל	עלעלים חדשים נגועים	סיכול
0	0	חממה, ללא עלים חולים
72	0	חממה, עם עלים חולים
—	0	ערפל, ללא עלים חולים
—	105	ערפל, עם עלים חולים

ההדבקה — עדיין מדביקים העלים החולים את הבריאים.

3. הזרקות לתוך צינורות ההובלה. ניסוי זה נערך לבדיקת אפשרות גרימת מחלה על-ידי תבואה מלאה כותית של החידקים לצינורות ההובלה.

מ"ל אחד תרחיף הפתגון הזרק לתוך גבעולי הצמחים. הריכוזים שנבדקו היו מ"מ¹⁰ עד 10¹⁰ חיד" קים/מ"ל. בתום ההזרקה הועברו הצמחים לערפל ונבדקו אחת ל-3 ימים.

בניסוי זה לא הובחנה מחלת הניקוד הבקטרי במשך 5 שבועות מיום ההזרקה.

4. טבילת שורשים פצועים בתרחיף חידקים. הניסוי נערך כדי לבחון אפשרות מעבר דרך השורשים ומערכת ההובלה לעלווה. שרשי צמחים שגדלו במשך בצי חישתיל נשטפו במים סטריליים ונקטמו במרחק 0.5 ס"מ מקצה השורשים, במספרים מחוסאים בלה" בה. ריכוזי הפתגון שנבדקו היו מ"מ¹⁰ עד 10¹⁰ חיד" קים/מ"ל, כאשר כל טיפול שונה בתרחיף במשך 3 שעות, לשם חדירת החידקים לשרשים.

צמחים אלו נשתלו בעציצים במצע כבול + ורמיי קוליים 1:1 סטרילי + 30 מ"ל תרחיף חידקים בריכוז המתאים לכל טיפול וטיפול. לפני ההעברה לתא הערפל כוסו העציצים עד שפתם בורמיקולייט סטרילי, כדי למנוע התנת חידקים מהקרע.

במשך 5 השבועות ששהו הצמחים בתא הערפל — לא הובחנה בהם המחלה.

סיכום. מתוצאות הניסויים אפשר להניח, שמחלת הניקוד הבקטרי אינה סיסטמית, כי אם לוקלית. המחלה מתפתחת כשיש פיזור אקראי של חידקים על-פני העלים, ובתנאים המאפשרים הדבקה. נוכי חות עלים נגועים בצמח — חשובה ומכרעה ביחס להפצת המחלה לכל חלקיו, ואף לצמחים שכנים.

דיון

החידק ספאודומונאס טומטו תקף בשדה את צמחי העגבניה בכל שלבי גדילתם מנבטים ועד צמחים נושאי יבול לפני קטיף. הוברר, שבגיל צעיר (עד 3 עלים) נחלפים צמחים בכל שלבי גדילתם, והי הפרשים ברמת הנגיעות נובעים כנראה משטח קטן יותר של עלווה. מכאן, שפגיעת המחלה מתחזקת ככל שנוף הצמח גדל.

2. קצב התפשטות המחלה מהיר ביותר, ורוב הצמחים נפגעים, בתנאים המתאימים, תוך שניים עד שלושה שבועות.

ג) התפתחות המחלה בתנאי-שדה

בהמשך לניסוי הקודם — נבדקה התפתחות המחלה במשתלת עגבניות בשדה, במנהרות פלסטיק. הניסוי נעשה בחוות הפקולטה לחקלאות, בערוגות 7 X 1 מ' בבלוקים באקראי, ב-3 חזרות. קריאת התוצאות נעשתה 8 ו-16 ימים לאחר ההדבקה, שנעשתה במרסטיד, בריכוז 10⁷ חידקים/מ"ל. העריכת הנגיעות נעשתה כאמור בסעיף שיטות וחמרים, ב'. התוצאות היו: ביום ההדבקה היה אינדקס המחלה — 0; 8 ימים לאחר ההדבקה — 1.26, ו-16 ימים לאחר ההדבקה — 2.63. בין הנתונים הנ"ל יש הפרשיים מובהקים במבחן תחום ברמה של P = 0.05.

מהניסוי נראה, שגם בתנאי שדה יש התגברות ניכרת של המחלה, כשהצמחים נמצאים בחוף מנהרות הפלסטיק המשמשות כתא לח.

ד) בדיקות לנוכחות הפתגון בצינורות ההובלה

לצורך קביעת אופי המחלה, אם הוא לוקלי או סיסטמי — נבדקה האפשרות שמחוללה עובר בצינורות ההובלה של הצמח.

1. ניסויים לבידוד הפתגון מצינורות ההובלה של צמחים נגועים. 30 צמחים הודבקו במחלה, העלים הוסרו מהם במספרים מחוסאים בלהבה, ומן הגביעולים נאספו הפרקים בנפרד. בידוד החידקים נעשה כאמור בסעיף שיטות וחמרים, ג'.

התברר, שלאחר החיסוי המשולב של פני הגבעול — לא ניתן היה לבודד את הפתגון מצינורות הובלה, וקיימת סבירות מועטה ביותר (בשל החיסוי היעיל) בדבר הימצאות פרטים בודדים שלו במערכת ההובלה.

2. בדיקת התרבות הפתגון בצינורות ההובלה של הצמח. הנתוח היסוד של ניסוי זה היו: א) אם החידק מסוגל לעבור בצינורות ההובלה של הצמח — הרי שיגיע לעלים הצעירים שיתפתחו לאחר ההדבקה. הסרת העלים היא לצורך מניעת פיזור מקומי של חידקים מעלים חולים לבריאים. ב) אם הפתגון נמצא בצינורות ההובלה — הרי שאין חשיבות לנוכחות הפיסית של עלים חולים, והוא יגיע דרך הצינורות לעלים החדשים.

40 צמחים הודבקו במחלה (1). הניסוי נמשך חד" שיים. הטיפולים — ראה טבלה 2, והיו 10 צמחים בכל טיפול. התוצאות — אף הן בטבלה 2.

מהניסוי נראה, שההדבקה היא כנראה מפיזור חידקים מקומי, מעלים חולים לבריאים. זה, משום שלא עלים נגועים — אין הדבקה אפילו בערפל. גם כאשר ההעברה לערפל נעשית כחדשיים לאחר

עלידי מענק מס' 823/026 של חקרן למינהל המחקר הפקלאי, משרד החקלאות.

ספרות

1. בשן י., אוקון י., הנסי י., דינור ע. (1977): כיצד נדבקות עגבניות במחלת הניקוד הבקטרי? „השדה" ג"ח: 437—444.
2. וולקני צ. (1976): מחלות בקטריאליות של צמחי האנציקלופדיה לחקלאות ג: 685—692. הוצאת האנציקלופדיה לחקלאות. ת"א.
3. וולקני צ., זוטרא ד., כהן ר. (1971): מחלת כתמי הניקודות הבקטרית בעגבניה. „השדה" ג"א: 751—753.
4. Basu, P.K. (1966). *Canadian Journal of Plant Science* 46: 523—530.
5. King, E.O., Ward, M.K., and Raney D.E. (1954). *Journal of Laboratory and clinical Medicine* 44: 301—307.
6. Schneider, R.W., and Grogan, R.G. (1977). *Phytopathology* 67: 388—394.
7. Wilkie, J.P. (1974). *New Zealand Journal of Agricultural Research* 17: 131—135.

בניסויים בחממה ובשדה נמצא, שאין חשיבות מכ"רעת לרמת ההדבקה ההתחלתית כאשר יש מים חפשיים על העלים. תוך פרק-זמן קצר יחסית, אפילו צמחים שהתחילו מרמת נגיעות- מזערית — מגיעים לרמת הדבקה ונגיעות מרבית. לכן, בתנאים אופטימליים, רמת האינקולום ההתחלתית בשטח, במחלה זו, אינה מן הגורמים הקובעים. כמו כן, אין חשיבות לגיל הפיסיולוגי שבו נדבק הצמח. ככלל, כל צמח בכל גיל נדבק, והעלים המבוגרים בו רגישים פחות מהצעירים. חיזוק לממצאים אלו נתן ניסוי השדה, שבו נתקבלה תוצאה דומה: חלה בו התגברות המחלה, ביותר מ-100%, תוך שבוע אחד. מחללי מחלות בקטריאליות שונות יודעים כסיסי טמיים וכלוקליים. בעבודתנו נבדקה האפשרות, שמיחולל המחלה פ' טומסו בעגבניות הוא סיסטמי. נסיונות לבידוד הפתוגן מתוך צינורות ההובלה של צמחים נגועים — עלו בתוהו. בהסרת העלים החולים והעברת הצמחים לתנאים אופטימליים — לא הוביחנה מחלה. גם בהחדרה מלאכותית של אינקולום למערכת ההובלה עלידי הירקות וטבילת שרשים פצועים בתרחיף חידקים למשך זמן רב — לא הוביחנה שום מחלה בצמחים, והם גדלו בריאים לחלוטין. לאור כל התוצאות של בדיקות למחלה סיסטמית יש להניח, שבמקרה זה, כמו במחלות עלים רבות, אופי המחלה לוקלי, ופיזור החידקים הוא מכתם נגוע אחד לאחר, כאשר התהליך מתרחש על-פני העלים ולא בתוך מערכת ההובלה של הצמח. מכאן, שלתנאי הסביבה יש השפעה מכרעת על התפשטות המחלה.

הבעת תודה

המחברים מודים לד"ר י. רודין מהמחלקה לנידולי שדה — על עצותיו, ולמיכאל קובץ — על עזרה בניסוי השדה. מחקר זה נתמך חלקית