



# האם שאריות צמחים ואתרי סילוק אשפה מהווים מקור מידבק ראשוני חשוב למחלת הכיב הבקטריאלי בעגבניות?

דני שטיינברג, רן שולחני - המחלקה לפתולוגיה של צמחים וחקר העשבים, מינהל המחקר החקלאי, בית דגן יפית כהן - המחלקה להנדסת מערכות חישה, מידע ומיכון, מינהל המחקר החקלאי, בית דגן מייקל לופטהאוס, בני אורן, מירון סופר - חוות הבשור, מו"פ דרום

**מחקר זה בדק, האם שאריות של צמחי עגבנייה נגועים במחלת הכיב הבקטריאלי מהוות עדיין מקור למידבק עבור החלקות החדשות שמגדלים בסביבתן הקרובה.**

## תקציר

הפתוגן המחולל את מחלת הכיב הבקטריאלי (bacterial canker) בעגבניות, *Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis*, מאכלס את צמחי העגבנייה ושוורד בהם גם לאחר שהגידול הסתיים. לאחר סיום הגידול המגדלים אמורים לפנות את שאריות הצמחים היבשים לאתרים לסילוק אשפה מורשים, אבל, לא בכל המקרים נוהל זה מבוצע. במחקר זה בחנו את השאלות הבאות: 1. כמה זמן שורדים החיידקים בשאריות הצמחים המאולחים? 2. האם שאריות הצמחים הנמצאות סמוך למבני הגידול מהוות סכנה לגידול החדש? 3. האם האתרים לסילוק אשפה, הממוקמים בסמיכות לחלקות הגידול, מסכנים אותן?

במידה שהתשובה לחלק משאלות אלו חיובית, ושאריות צמחים מאולחים אכן מהוות מקור מידבק התחלי חשוב לחלקות העגבנייה הסמוכות, יש להתוות הנחיות ברורות לגבי דרך הטיפול בחומר צמחי נגוע וליישמן.

מצאנו שהחיידקים שורדים באוכלוסיות גדולות לפרקי זמן ארוכים של שלושה חודשים ויותר, בגבעולים של צמחים נגועים. משך זמן ההישרדות תלוי בתכולת הרטיבות של הריקמה הצמחית; החיידקים שרדו כל עוד תכולת הרטיבות עלתה על 20%. מכאן עולה, ששאריות צמחים נגועים נושאות מידבק שעשוי, פוטנציאלית, להוות מקור מידבק ראשוני לצמחים הגדלים בסביבתם הקרובה. בהמשך, בחנו בניסוי, שנמשך שנה שלמה, האם שאריות צמחים נגועים שהושלכו לערימה שימשו, הלכה למעשה, כמקור מידבק לצמחי מלכודת שגדלו בקרבת הערימה. למרות שהמצב בניסוי ביטא את התרחיש

המסוכן ביותר, רק צמח מלכודת אחד מתוך 240 (0.45%) אולח למעשה. המשמעות של ממצא זה היא שערימות של שאריות צמחי עגבנייה נגועים עשויות להוות מקור מידבק ראשוני למבני הגידול הסמוכים, אבל זה אינו מקור מידבק חשוב. מסקנה זו חוזקה על-ידי ניתוח נתוני סקר מקיף שבוצע באזור הבשור ובאזור פתחת שלום בשנתיים האחרונות. נתוני הסקר נותחו מרחבית, ומצאנו שהאתרים לסילוק אשפה של היישובים לא שימשו כמוקדי נגיעות לסביבתם. מכל האמור לעיל משתמע, שאין צורך לנקוט בפעולות מיוחדות בעת הטיפול בחומר הצמחי הנגוע במחלת הכיב הבקטריאלי. אבל, אין להסיק מכך שניתן להשליך שאריות של צמחים (נגועים או לא) באזור מבני הגידול באופן לא מבוקר או שניתן להותירם ללא טיפול. **חשוב מאד להקפיד על סניטציה, לשמור על ניקיון אזור בתי הצמיחה ולטפל באופן ראוי בחומר הצמחי המושלך לאתרים לסילוק אשפה.**

## מבוא

הפתוגן *Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis*, המחולל את מחלת הכיב הבקטריאלי (bacterial canker) בעגבניות, מאכלס את צמחי העגבנייה, גורם לנבילה, להתנוונות ולתמותת הצמחים. הפתוגן, המאכלס את הצמחים הנגועים, שורד בהם גם לאחר שהגידול הסתיים. לאחר סיום הגידול, המגדלים אמורים לפנות את שאריות הצמחים היבשים לאתרים לסילוק אשפה מורשים. ישנם מגדלים העושים זאת ב"מהלך אחד", אך אחרים מרכזים את שאריות הצמחים היבשים סמוך למבני הגידול שלהם, ורק בשלב מאוחר יותר מפנים את החומר הצמחי, הנמצא בשלבי התייבשות שונים, לאתר לסילוק אשפה. יש מקרים בהם לא הספיקו עדיין לפנות את הערימות של שאריות הצמחים, וכבר שותלים את הגידול החדש במבנה סמוך. ישנם גם מקרים בהם שאריות הצמחים אינן מפונות כלל, והן נותרות סמוך למבני הגידול לתקופות ארוכות, למרות שברור שהתנהלות כזו אינה רצויה מבחינה פיטוסינטטארית

שגדלו במארזים של מצע מנותק (HOT). הצמחים אולחו בפתוגן כשהיו בגיל חודש, ובעת תחילת הניסויים נראו על העלים תסמיני המחלה האופייניים, אך הגבעולים היו עדיין ירוקים וחיוניים. עם תחילת הניסויים נחתכו הצמחים בגובה של 1.5 מ' מעל פני הקרקע, נותקו מההשקיה ולאחר מכן נקטמו בבסיסם. הצמחים נותרו מחוברים לחוטי ההדליה - כל צמח בנפרד - ונשארו זקופים במהלך כל הניסוי. עם תחילת הניסוי, ובהמשך, במרווחי זמן שנעו בין 3-4 ימים לשלושה שבועות עד חודש, נלקחו דגימות צמחיות משלושה גבהים בכל צמח: מבסיס הגבעול, מגובה של כחצי מטר ומגובה של מטר וחצי. הדגימות כללו מקטע של קליפת הגבעול (העצה והשיפה). שלוש הדגימות אוחדו ונשקלו לקביעת המשקל הטרני. לאחר מכן נלקחה מהם דגימת משנה, לקביעת גודל אוכלוסיית החיידקים. שארית הדגימה נשמרה בתנאי יובש בטמפרטורת החדר. לשם קביעת גודל אוכלוסיית החיידקים, הוכנסו דגימות המשנה לשקיות ניילון, נכתשו, ולכל שקית הוסף 0.5 מ"ל מים סטריליים. לאחר ערבול, הועבר הנוזל למבחנות אפנדורף. לאחר מכן בוצעו מיהולים עשרוניים עד למיהול של  $10^{-6}$ ; 0.1 מ"ל מתמיסת המקור והמיהולים נזרעו (בנפרד) על צלחות פטרי עם מצע CNS. הצלחות הונחו להדגרה באינקובטור בטמפרטורה של 28 מ"צ למשך חמישה ימים. אז נספרו המושבות האופייניות של

(תמונה 1). שאריות צמחי העגבנייה, המפונות לאתרים לסילוק אשפה, נאספות שם בערמות יחד עם החומר הצמחי האחר המפונה. במרבית המקרים לא מבוצעים בחומר הצמחי טיפולים המיועדים להשמיד מידבק של פתוגנים, אם קיים. בהתייחס למחלת הכיב הבקטריאלי, התנהלות זו מעוררת מספר שאלות, כלהלן: 1. כמה זמן שורדים החיידקים בשאריות הצמחים המאולחים? 2. האם שאריות הצמחים הנמצאות סמוך למבני הגידול מהוות סכנה לגידול החדש? 3. האם האתרים לסילוק אשפה, הממוקמים בסמיכות לחלקות הגידול, מסכנים אותן? במידה שהתשובה לחלק משאלות אלו חיובית, ושאריות צמחים מאולחים מהוות מקור למידבק התחלי חשוב לחלקות העגבנייה הסמוכות, יש להתוות הנחיות ברורות לגבי דרך הטיפול בחומר צמחי נגוע וליישמן.

## תיאור הניסויים שבוצעו

### 1. הישרדות החיידקים בשאריות צמחים מאולחים

משך הזמן בו שורדים חיידקי ה-Cmm בחומר צמחי נגוע נבחן בשני ניסויים שבוצעו במכון וולקני. הניסוי הראשון בוצע בין החודשים אוגוסט ואוקטובר 2010 והשני בין החודשים ינואר ומאי 2011. המעקב בוצע בחמישה צמחי עגבנייה בוגרים (בני 4-5 חודשים),

תמונה מס' 1 (א', ב', ג', ד'): א. תמונה של שאריות צמחי עגבנייה שפונו ממבנה גידול והונחו בפתחו. במבנה הגידול נשתל כבר מחזור גידול עגבניות חדש; ב. משאית הפורקת שאריות של צמחי עגבנייה באתר אשפה מסודר באזור הבשור; ג. שאריות של צמחי עגבנייה באתר האשפה; ד. אתר אשפה מסודר אליו מפונות שאריות של צמחי עגבניות מבתי הרשת והחממות של האזור, הנמצא סמוך לשטחי הגידול.



תמונה מס' 2 (א', ב'): א. תמונה של אתר האשפה אליו פונו צמחי העגבנייה המאולחים במתחם הקרנטינה במו"פ דרום ושל אוהל בית הרשת שבתוכו היו שתילי המלכודת; ב. מבט מקרוב על צמחי המלכודת שהיו בתוך אוהל בית הרשת.



בדרך האוויר משאריות הצמחים הנגועים, שנמצאו בערימה הסמוכה. כחודש לאחר העמדת צמחי המלכודת, הם הוצאו והוחלפו בשתילים חדשים. צמחי המלכודת שנאספו נבחנו ויזואלית לנוכחות תסמינים, ולאחר מכן נבדק אם הם מכילים את גורם המחלה באמצעות קיטים של חברת Agdia. כל צמח נבחן בנפרד. במהלך הניסוי נלקחו מספר פעמים דגימות צמחים, ונעשה ניסיון לבדוד מהם את החיידקים על-פי הפרוטוקול שתואר בסעיף 1 לעיל. צמחי המלכודת הראשונים הוצבו בחודש אפריל 2010. בחודש אפריל 2011 הוצב המחזור ה-13, המחזור האחרון בניסוי.

*Cmm* וחושב גודל אוכלוסיית החיידקים לגרם ריקמה. עם סיום הניסויים, יובשו דגימות הריקמה הצמחית מכל המועדים בתנור (60 מ"צ למשך 48 שעות) ולאחר מכן הם נשקלו לקביעת המשקל היבש. ערכי המשקל הטרי והמשקל היבש שימשו לחישוב תכולת הרטיבות של הריקמה הצמחית (באחוזים) שהייתה בזמן לקיחת הדגימות. הנתונים שימשו לחישוב קצב השינוי בגודל אוכלוסיית הפתוגן עם הזמן וכתלות בתכולת הרטיבות של הצמחים.

## 2. שאריות צמחים מאולחים כמקור מידבק ראשוני

כדי לבחון אם שאריות צמחים מאולחים מהוות הלכה למעשה מקור מידבק ראשוני לחלקות הגידול הסמוכות, ביצענו במהלך שנת 2010 ו-2011 ניסוי באתר הקרנטינה במו"פ דרום. שאריות צמחי העגבנייה, מכל הניסויים שבוצעו באתר הקרנטינה והסתיימו, הונחו בערימה מרכזית אחת בשולי האתר. במרבית הצמחים נראו תסמיני המחלה, ורובם ככולם היו מאולחים בגורם המחלה. כשהסתיימו ניסויים נוספים, הונחו הצמחים החדשים על גבי שאריות הצמחים הקודמים, ובמהלך הזמן הלכה הערימה וגבהה, עד כי הגיעה לגובה של מטר וחצי ולקוטר של 4-5 מטרים לערך. במרחק של 5-8 מטרים, מארבעת צדי הערימה, נבנו "סוכות" מרשת 50 מש. שטח כל סוכה היה כ-4 מ"ר וגובהה כשני מטרים. בתוך כל אחת מהסוכות הונחו חמישה מארזים של מצע מנותק (HOT), שבכל אחד מהם היה שתיל עגבנייה אחד. הצמחים הודלו על מקלות בגובה של מטר אחד וחוברו למערכת ההשקיה של אתר הקרנטינה הסמוך. הם נשארו בשטח למשך חודש אחד, ובמהלך תקופה זו שימשו כצמחי מלכודת (תמונה 2). המטרה הייתה לבחון אם צמחי המלכודת יאולחו בגורם המחלה שהגיע

## 3. אתרי סילוק אשפה כמקור מידבק לחלקות הסמוכות

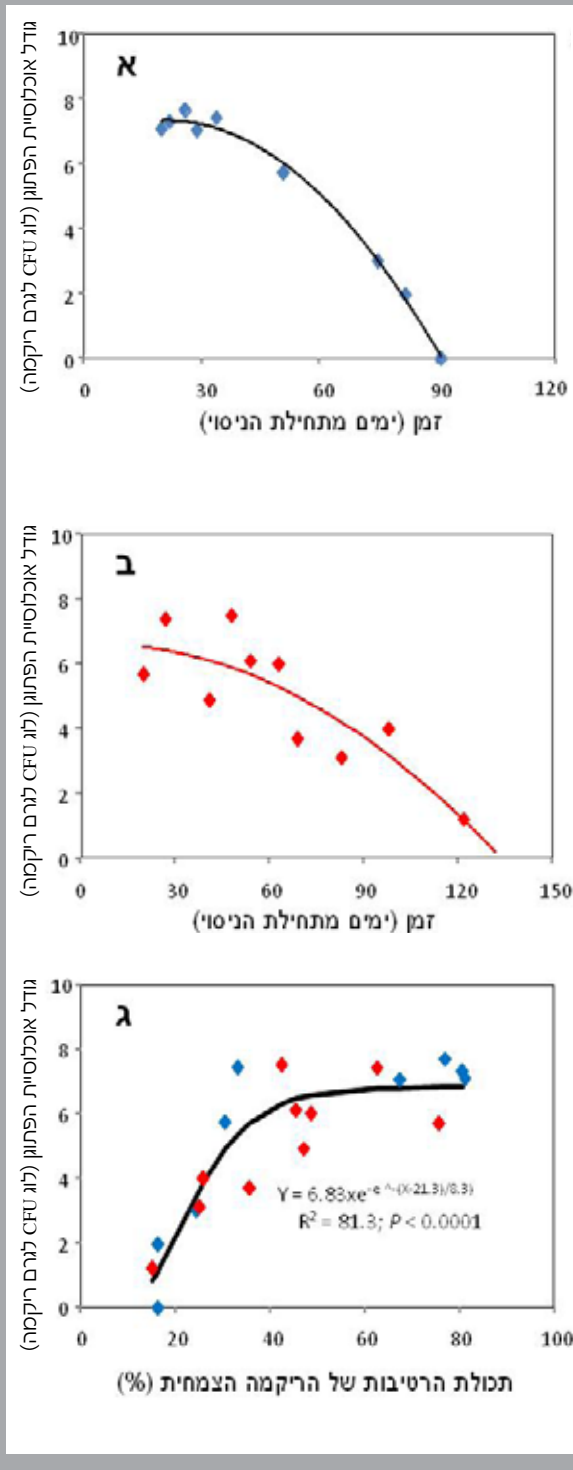
מידע אודות הופעת מחלת הכיב הבקטריאלי, התפתחותה וחומרתה, נאסף בסקר שבוצע בחלקות גידול מסחריות באזור הבשור ופתחת שלום. בכל אחד מהיישובים בהם מגדלים עגבניות נבחרו מספר מגדלים (שהסכימו שהסוקרים יבקרו במבני הגידול שלהם), ואצל כל אחד מהם נסרקו מספר מבני גידול. הסקר החל בתחילת חודש מאי 2009 ונמשך עד היום. הסוקרים ביקרו בכל אחד מהמבנים הנסקרים מדי חודש, מתחילת הגידול ועד לסיומו. מספר הפעמים בו ביקרו הסוקרים בכל אחד ממבני הגידול נע מפעם אחת ועד לשבע פעמים (הממוצע היה 3-4 פעמים). בכל אחד מהביקורים במבנה, עברו הסוקרים בין שורות הצמחים הלוך וחזור. מספר השורות הנסקרות בכל מבנה היה תלוי בגודלו, אבל מספר השורות שנסקרו בכל מבנה לא פחת מ-10. תוך כדי הליכה סימנו הסוקרים על גבי תרשים של המבנה את מקום הליכתם והאם זיהו צמחים שהיו עליהם תסמיני המחלה האופייניים. לאחר סיום הסקירה,

### טבלה מס' 1: הסולם ששימש להערכת רמת הנגיעות בחלקות הסקר המקיף\*

דרגה	רמת נגיעות	תיאור מילולי
0	מבנה בריא	תסמיני המחלה לא נראו בצמחים כלל
1	נוכחות	במבנה היו צמחים בודדים עם התסמינים האופייניים; הנגיעות נראתה על העלים בלבד, אין צמחים בנגיעות בינונית או קשה
2	נגיעות נמוכה	במבנה היו צמחים עם התסמינים האופייניים (עד 5% מהצמחים); הנגיעות הייתה בעלים בלבד או שהיה מספר קטן של צמחים עם נגיעות בינונית או קשה
3	נגיעות בינונית	במבנה היו צמחים רבים עם התסמינים האופייניים (בין 5% ל-30% מהצמחים); של המחלה; היו גם צמחים עם נגיעות בינונית או קשה
4	נגיעות גבוהה	במבנה היו צמחים רבים מאד עם התסמינים האופייניים (יותר מ-30% מהצמחים) של המחלה; צמחים רבים היו עם נגיעות בינונית או קשה
5	נגיעות גבוהה מאד	רוב הצמחים במבנה היו פגועים בנגיעות בינונית או קשה; מעשית, הגידול "הושמד"

\*בניתוח הנתונים הנחנו שנוק נגרם ליבול במבנים בהם רמת הנגיעות הייתה מדרגה 3 ומעלה.

איור מס' 1 (א', ב', ג'): השתנות גודל אוכלוסיית חיידקי *C. coli* בגבעולים מנותקים של צמחי עגבנייה מאולחים; א. כתלות בזמן, בניסוי שבוצע במכון וולקני בחודשים אוגוסט-אוקטובר 2010; ב. כתלות בזמן, בניסוי שבוצע במכון וולקני בחודשים ינואר-מאי 2011; ג. כתלות בתכולת הרטיבות של הריקמה הצמחית, בשני הניסויים.



הביאה בעקבותיה לירידה מהירה בכושר ההשרדות של החיידקים; כשתכולת הרטיבות של הריקמה הייתה בסביבות 20% ומטה, כבר לא שרדו יותר חיידקים (איור ג).

## 2. שאריות צמחים מאולחים כמקור מידבק ראשוני

בניסוי שביצענו במו"פ דרום היו 12 מחזורים של צמחי מלכודת, שכללו 240 צמחים בסך-הכל. באף אחד מהצמחים לא נראו תסמיני

הוערכה רמת הנגיעות הכללית של החלקה הנסקרת על-פי סולם שכלל 6 דרגות (טבלה 1). במקרים, בהם זוהו התסמינים לראשונה במבנה מסוים או כשהיה ספק בזיהוי, השתמשו הסוקרים בקיט של חברת Agdia כדי לאמת את הזיהוי. נקודות הציון של המבנים הנסקרים נקבעו באמצעות מכשיר GPS. בנוסף, נקבע המיקום של אתרי סילוק האשפה הרשמיים הקיימים בכל אחד מהיישובים. כל הנתונים נשמרו בקובץ אקסל שכלל רשומות. כל רשומה הכילה את כל המידע שנאסף אודות חלקת גידול מסוימת.

החלקות הנסקרות חולקו לקבוצות על-פי מועד השתילה. בקבוצה הראשונה נכללו החלקות שנשתלו בין התאריכים 1 בספטמבר 2008 ו-28 בפברואר 2009; בקבוצה השנייה נכללו החלקות שנשתלו בין 1 במרץ 2009 ו-31 באוגוסט 2009; בקבוצה השלישית נכללו החלקות שנשתלו בין 1 בספטמבר 2009 ו-28 בפברואר 2010; בקבוצה הרביעית נכללו החלקות שנשתלו בין 1 במרץ 2010 ו-31 באוגוסט 2010. לא כללנו כאן חלקות שנשתלו מאוחר מחודש ספטמבר 2010, מפני שבחלקות אלה לא הגיעה הנגיעות לחומרתה המרבית בזמן ניתוח הנתונים (אפריל 2011). במאמר הנוכחי התייחסנו לחלקות הגידול בהן התפתחה נגיעות בינונית, גבוהה או גבוהה מאד (דרגות 3+4+5 מטבלה 1). הנחנו שנתק נגרם ליבול במבנים אלה.

ניתוח הקשר בין נגיעות ובין מרחק מאתרים לסילוק אשפה בוצע באמצעות התוכנה ArcGIS10 (ESRI, Ltd). הניתוח בחן האם ההסתברות לנגיעות גבוהה (מרמת נגיעות 3 ומעלה) סמוך לאתרי האשפה הינה גבוהה משמעותית מההסתברות לנגיעות גבוהה במרחק גדול מאתרי אשפה. לשם כך, מיקומי חלקות הסקר והאתרים לסילוק האשפה נקבעו באמצעות GPS והומרו לשכבה מרחבית. סביב אתרי האשפה נוצרו חייצים (buffers) במרחקים של 500, 1,000, ו-1,500 מטרים. לאור התוצאות, התמקדנו במרחק של 1,000 מטרים בלבד מהאתרים לסילוק אשפה.

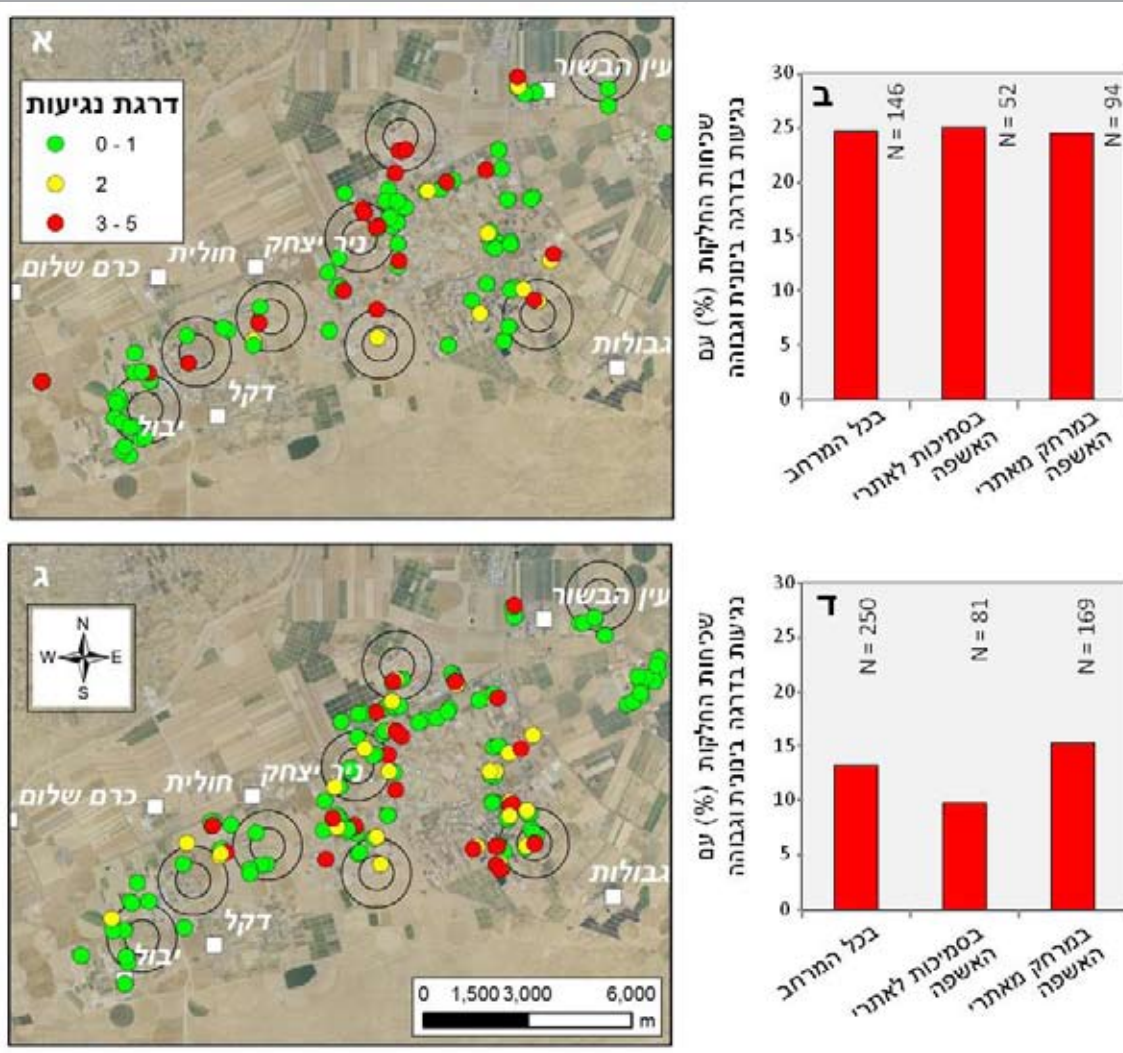
לשם ניתוח הנתונים, קובצו החלקות שהשתייכו למועד שתילה 1 ו-3 והחלקות שהשתייכו למועדי שתילה 2 ו-4, מאחר שמצאנו כי קיימים הבדלים בחומרת המחלה בין השתילות של סתיו-חורף לבין שתילות אביב-קיץ. עבור כל קבוצה חישבנו את החישובים הבאים: 1. שכיחות החלקות עם נגיעות בינונית וגבוהה (באחוזים); 2. שכיחות החלקות הנמצאות בסמוך לאתרי האשפה - עד למרחק של 1,000 מטרים - שהיו עם נגיעות בינונית וגבוהה (באחוזים); 3. שכיחות החלקות הנמצאות במרחק גדול יותר מ-1,000 מטרים מהאתרים לסילוק אשפה, שהיו עם נגיעות בינונית וגבוהה (באחוזים). לאחר מכן השתמשנו במבחן  $\chi^2$  לבחינת ההבדלים בין ערכי השכיחות השונים שחושבו.

## תוצאות

### 1. הישרדות החיידקים בשאריות צמחים מאולחים

במועד תחילת הניסויים הייתה אוכלוסיית החיידקים בצמחים בסדר גודל של  $10^7$  חיידקים לגרם ריקמה. עם הזמן חלה ירידה רצופה בגודל אוכלוסיית החיידקים, אבל הם שרדו ברקמות הצמחיות הנגועות למשך יותר משלושה חודשים. בניסוי הראשון, שבוצע בחודשי הקיץ, היה משך זמן ההשרדות ארוך בחודש ויותר מאשר בניסוי השני שבוצע בחודשי החורף-אביב (איור 1). כשתוארו השינויים בגודל אוכלוסיית החיידקים, כתלות בתכולת הרטיבות של הריקמה הצמחית, התברר שלא חל שינוי משמעותי בגודל האוכלוסייה כל עוד תכולת הרטיבות הייתה גבוהה מ-40%. ירידה מערך סך זה (המבטאת התייבשות של הריקמה הצמחית)

איור מס' 2 (א', ב', ג', ד'): המיקום של חלקות הגידול הנסקרות באזור הבשור ובאזור פתחת שלום ומיקום אתרי האשפה המוסדרים ושכיחות החלקות שהיו עם נגיעות בינונית או גבוהה בכל המרחב, בשטח הסמוך לאתר האשפה (בטווח של 1,000 מ') או בשטח המרוחק (במרחק הגדול מ-1,000 מ'). א', ב' - שתילות סתיו-חורף (בין ספטמבר 2008 לפברואר 2009 וספטמבר 2009 לפברואר 2010); ג', ד' - שתילות אביב-קיץ (בין מרץ 2009 לאוגוסט 2009 ומרץ 2010 לאוגוסט 2010). כמפות מסומנים מסביב לכל אתר אשפה מעגלים ברדיוס של 500 מ' ו-1,000 מ'. הסולם בו השתמשנו לקביעת רמת הנגיעות מתואר בטבלה מספר 1.  $N =$  מספר החלקות בכל קבוצה. ההבדלים בין ערכי העמודות באיורים ב' ו-ד' אינם נבדלים זה מזה כמובקה ( $P = 0.05$ ) כנקבע על פי מבחן  $\chi^2$ .



של חלקות נגועות מצדם המזרחי של האתרים לסילוק אשפה (הרוחות השכיחות באזור נושבות מכיוון מערב לכיוון מזרח) או מכל צד אחר.

### דיון

מחקר זה הוא חלק ממיזם ארצי שנקרא מיזם חוס"ן קלויבסקר. יעדי המיזם הם לפתח אסטרטגיה למניעת הנזקים הנגרמים על-ידי מחלת הכיב הבקטריאלי לעגבניות הגדלות בחממות ובבתי רשת, למניעת התבססותה של המחלה באזורים בהם היא אינה נמצאת וליישום האסטרטגיה שתפותח בקנה-מידה מסחרי. במחקר הנוכחי בחנו האם שאריות צמחים המושלכות סמוך למבני הגידול או המפונות לאתרים לסילוק אשפה עלולות להוות מקור מידבק התחלי חשוב. בתחילה, בחנו את כושר הישרדות

המחלה האופייניים. רק צמח אחד מתוך ה-220 (0.45%) - ממחזור דצמבר 2010 - היה מאולח בגורם המחלה. ממצא זה אומת בבדידוד על גבי צלחות פטרי ובשיטות מולקולאריות.

### 3. אתרי סילוק אשפה כמקור מידבק לחלקות הסמוכות

הפיזור המרחבי של החלקות הבריאות והנגועות, יחסית למיקומים של האתרים לסילוק האשפה, מופיע באיור 2. במפות מסומנים עיגולים בטווח של 500 ו-1,000 מטרים מסביב לכל אחד מהאתרים. לא נמצאו הבדלים מובהקים בשכיחות החלקות עם נגיעות בינונית וגבוהה, שנמצאו סמוך לאתרים לסילוק האשפה (עד למרחק של 1,000 מטרים), במרחק מאתרי סילוק האשפה (מעבר ל-1,000 מטרים) ובכל המרחב (איור 2 ב' ו-ד'). בחינה מדוקדקת של הפיזור המרחבי של החלקות הנגועות מסביב לאתרים לסילוק האשפה לא העלתה אף דגם פיזור אופייני אחר. למשל, לא נראה מיקבץ

של החיידקים בשאריות הצמחים, ומצאנו שהחיידקים שורדים באוכלוסיות גדולות לפרקי זמן ארוכים של עד כמה חודשים. נראה שמשך זמן ההשרדות תלוי בתכולת הרטיבות של הריקמה הצמחית; החיידקים שרדו כל עוד תכולת הרטיבות עלתה על 20%. קצב ההתייבשות של שאריות הצמחים תלוי בעונת השנה (ובעיקר בטמפרטורה ובלחות היחסית) ולא פחות מכך, בדרך בה מונחות שאריות הצמחים במרחב. כששאריות הצמחים מונחות בערימה, סביר להניח שקצב ההתייבשות של הצמחים יהיה איטי מאשר כשהם נפרדים וחשופים. בניסויים שלנו הושארו הצמחים המתים מבודדים ומחוברים לחוטי ההדליה. למרות זאת, משך ההשרדות היה שלושה חודשים ויותר (איור 1). מכאן עולה, ששאריות צמחים נגועים נושאות מידבק שעשוי, פוטנציאלית, להוות מקור מידבק ראשוני לצמחים הגדלים בסביבתן הקרובה.

בהמשך, בחנו אם שאריות צמחים נגועים, המושלכות לערימה, משמשות, הלכה למעשה, מקור מידבק לצמחים הגדלים בקרבתם. בניסוי בחנו את התרחישים המסוכנים ביותר: הצמחים שהושלכו לערימה היו נגועים בנגיעות גבוהה (כי הם הובאו מניסויים באתר הקרנטינה הסמוך); לערימה הושלכו צמחים נגועים חדשים מדי חודש (מניסוי מספר 3 הסמוך); גיל צמחי המלכודת לא עלה על חודש (הצמחים הצעירים רגישים יותר); צמחי המלכודת הוצבו בסמיכות של מטרים בודדים מהערימה; צמחי המלכודת הוצבו מארבעת צדי הערימה (כדי "ללכוד" הפצה לכל הכיוונים); צמחי המלכודת הוצבו במשך שנה שלמה (כדי "לכסות" מצב בו ההפצה מתרחשת רק בעונה מסוימת). במציאות, הצמחים המושלכים על-ידי המגדלים מחוץ למבני הגידול או אלה המועברים לאתרים לסילוק אשפה אינם בהכרח נגועים, הם נזרקים רק עם סיום הגידול ולא ברציפות, הם נמצאים רק בצד אחד של המבנים הסמוכים וברוב המקרים במרחקים גדולים הרבה יותר מאלה שהיו בניסוי. למרות שהמצב בניסוי ביטא את התרחיש המסוכן ביותר, רק צמח מלכודת אחד אולח למעשה. המשמעות של ממצא זה היא שערימות של שאריות צמחי עגבנייה נגועים עשויות להוות מקור מידבק ראשוני למבני הגידול הסמוכים, אבל זה אינו מקור מידבק חשוב.

תוצאת הניסוי, שבוצע במו"פ דרום, חוזקה על-ידי ניתוח הנתונים שנאספו מהחלקות המסחריות בסקר המקיף. בניתוח מרחבי בחנו אם קיימים מוקדי נגיעות בסביבות האתרים לסילוק אשפה של היישובים. התברר שהפיזור של החלקות הפגועות בנגיעות בינונית וגבוהה במרחב לא קשור למיקום המרחבי של האתרים לסילוק האשפה (איור 2). במילים אחרות, האתרים לסילוק אשפה באזורי הבשור ופתחת שלום אינם מהווים מוקד נגיעות של מחלת הכיב הבקטריאלי לסביבתם.

בעבודות אחרות, שבוצעו במסגרת המיזם, נמצא שהחיידקים מופצים מצמחים מאולחים בדרך האוויר ומסוגלים להדביק צמחים שכנים, בריאים. כך למשל דווח, שהחשיבות של דרך הפצה זו רבה מאד במשתלות. במקרה ההוא מספר השתילים המאולחים,

המהווים את המקור המפיץ את המחלה, הוא קטן ביותר, רק השתילים שנבטו מזרעים מאולחים. בכל זאת, למרות הכמות הקטנה של צמחי המקור המאולחים, ההפצה האווירנית חשובה. נשאלת לכן השאלה, מדוע צמחים מבוגרים נגועים, הנזרקים לאתרי אשפה, שבכל אחד מהם יש אוכלוסיית חיידקים הגדולה בסדרי גודל רבים מזו המאכלסת נבטים נגועים, אינם מהווים מקור מידבק משמעותי? ההסבר לסתירה זו הוא כנראה המיקום בו נמצאים החיידקים. בשתילים ובצמחים הצעירים החיידקים מופרשים מתוך צינורות העיצה (שם הם מתרבים) בטיפות הדמיעה דרך ההידטודות ומאכלסים בצורה אפיפיטית (חיצונית) את העלים. החיידקים האפיפיטיים הם אלה המופצים אווירנית והם אלה המהווים את מקור המידבק לשתילים השכנים, הבריאים. אולם, עוצמת הדמיעה פוחתת עם גיל הצמחים, ובצמחים בני חודשיים ויותר שכיחותה ועוצמתה נמוכים מאד, אם בכלל. מכאן עולה שבצמחים מבוגרים מאולחים, גם אם יש בהם אוכלוסייה גבוהה מאד של חיידקים אנדופיטיים (כאלה המאכלסים את הרקמות הפנימיות של הצמח), כמות החיידקים האפיפיטיים נמוכה. זו כנראה הסיבה לכך שערימות של שאריות צמחי עגבנייה נגועים ואתרי אשפה עלולים להוות מקור מידבק ראשוני למבני הגידול הסמוכים, אבל הם אינם מהווים מקור מידבק חשוב.

**המסקנות האופרטיביות שעולות מממצאי המחקר הנוכחי הן שאין צורך לנקוט בפעולות מיוחדות בעת הטיפול בחומר הצמחי הנגוע במחלת הכיב הבקטריאלי ושאין צורך לטפל באתרי האשפה. אבל, אין להסיק מכך שניתן להשליך שאריות של צמחים (נגועים או לא) באזור מבני הגידול ושניתן לא לטפל בהם; באותו האופן, אין להניח שאפשר להזניח את אתרי האשפה. חשוב מאד להקפיד על סניטציה, לשמור על ניקיון באזור בתי הצמיחה ולטפל באופן ראוי בחומר המושלך לאתרים לסילוק האשפה. פעולות אלה חיוניות, ויש לבצען בצורה קפדנית כדי לשמור על איכות החיים, איכות הסביבה ולא פחות חשוב, כדי למנוע הפצה ואילוח של פגעים אחרים. כך, למשל, הוכח שהפטרייה *Phytophthora infestans*, המחוללת את מחלת הכימיון בעגבניות, והפטרייה *Alternaria solani*, המחוללת את מחלת החלפת בעגבניות, שורדות ומופצות משאריות צמחים נגועים. אלה הן רק דוגמאות; יש פגעים רבים אחרים, פטריות ומזיקים, השורדים בשאריות צמחים נגועים ומהווים מקור מידבק לסביבתם אם לא טופלו כראוי.**

## תודות

אנו מודים לרבים ששותפו, עזרו וביצעו את הפעילויות הרבות עליהן דווח כאן: חנה יחזקאל, ליאנה גדות, אלי בלו וגידי פרידמן ממו"פ דרום; שלי גנץ, נטע מור ושלמה אילני משה"מ. אנו מודים לעשרות המגדלים, שאיפשרו לסוקרים לבקר בחלקות הגידול שלהם לצורך ביצוע הסקרים וסיפקו את המידע הנדרש לצורך ניתוח הנתונים. תודה לגורמים המממנים את המיזם, משרד החקלאות ופיתוח הכפר (דרך המדען הראשי של המשרד), מועצת הצמחים והקרן הקיימת.