

## חוס"ן קלויבקטר: הגדרות, מטרות ומתווה פעולה

# The Clavibacter project: definitions, objectives and research plans

מוגש לקרן המדען הראשי במשרד החקלאות

ע"י

**מירון סופר**, מו"פ דרום

דני שטיינברג, גיורא קריצמן, שולמית מנוליס, המכון להגנת צומח, מינהל המחקר החקלאי

יואל מסיקה, זרעים גדרה

יעל רקח, הפקולטה לחקלאות, רחובות

אמנון קורן, משתלות חישתיל

שלי גנץ, יואל חדד, שה"מ

מאיר מזרחי, השרותים להגנת הצומח, משרד החקלאות

**M. Sofer**, R & D South. E-mail: [mopd.msoper@gmail.com](mailto:mopd.msoper@gmail.com)

**D. Shtienberg, G. Kritzman, S. Manulis**; Institute of Plant Protection, ARO.

**Y. Mesika**, Zeraim Gedera.

**Y. Rekah**, Faculty of Agriculture, Rehovot

**A. Koren**, Hishtil Israel

**S. Ganz, Y Hadad**, Extension Service, Ministry of Agriculture

**M. Mizrahi**, PPSI, Ministry of Agriculture

הממצאים בדו"ח זה הינם תוצאות ניסויים.

הניסויים לא מהווים המלצות לחקלאים.

חתימת החוקר

## תוכן העניינים

### עמוד

3	א. תקציר
3	ב. מבוא
4	ג. פירוט עיקרי הניסויים שבוצעו והמצאים שעלו מהם
6	ג.1. הגורמים המשפיעים על התפתחות מחלת הכיב הבקטריאלי בזמן ובמרחב
6	<u>מחקר א'</u> : התפתחות המחלה במבני גידול מסחריים
6	<u>מחקר ב'</u> : השפעות הגומלין שבין הפתוגן, הצמח ותנאי הסביבה על התפתחות מחלת הכיב הבקטריאלי בעגבנייה
8	ג.2. מקורות המידבק ההתחלי ופיתוח אמצעים יעילים להתמודדות עם
8	<u>מחקר ג'</u> : התמודדות עם מקורות המידבק הראשוני של מחלת הכיב הבקטריאלי בצמחי עגבנייה
9	<u>מחקר ד'</u> : הישרדות וחיוניות הפתוגן <i>Clavibacter michiganensis</i> בקרקע
10	<u>מחקר ה'</u> : קומפוסט ככלי להפחתת נזקי קלויבקטר
11	<u>מחקר ו'</u> : התפתחות מחלת הכיב הבקטריאלי במשתלות: חקר האפידמיולוגיה ופיתוח שיטות מניעה
11	<u>מחקר ז'</u> : בחינת הפוטנציאל של חישה תרמית לגילוי מוקדם של קלויבקטר
12	<u>מחקר ח'</u> : שאריות צמחים ואתרי סילוק אשפה כמקור מידבק ראשוני לחלקות הסמוכות
13	ג.3. ההפצה המשנית של הפתוגן ופיתוח אמצעים יעילים למניעתה
13	<u>מחקר ט'</u> : השפעת מקור האילוח הראשוני על הפרשת חיידקי
13	<i>Clavibacter michiganensis</i> במי הדמיעה של צמחי עגבנייה
13	<u>מחקר י'</u> : מניעת ההפצה המשנית של מחלת הכיב הבקטריאלי מצמחים נגועים
14	ג.4. תרומת העמידות הגנטית
14	<u>מחקר יא'</u> : אלימות טיפוסים גנטיים ותבדידים של החיידק
14	<i>Clavibacter michiganensis</i> בעגבנייה
15	<u>מחקר יב'</u> : עמידות צמחי עגבנייה לתבדידים של החיידק <i>Clavibacter michiganensis</i>
16	ג.5. פיתוח כלים ליישום הידע שנצבר
16	ד. דיון
18	ה. פירוט מלא של הפירסומים המדעיים
18	ו. הבעות תודה
19	ז. סיכום עם שאלות מנחות

## א. תקציר

1. **הצגת הבעיה.** מחלת הכיב הבקטריאלי גורמת לנזקים קשים בעגבניות, עד כדי השמדת הגידול.
2. **מטרות המחקר.** 1. לכמת את הגורמים המשפיעים על התפתחות המחלה בזמן ובמרחב; 2. לפתח אמצעים יעילים להתמודדות עם מקורות המידבק ההתחלי העיקריים; 3. לפתח אמצעים יעילים למניעת ההפצה המשנית; 4. לבחון את תרומת העמידות הגנטית. 5. לפתח כלים שיאפשרו ליישם את הממצאים.
3. **שיטות ומהלך העבודה.** ביצענו סקרים בחלקות מסחריות באזור הבשור, ניסויים ותצפיות במבני גידול מסחריים, ניסויים באתר הקרנטינה במו"פ דרום, בחממות ובבתי רשת בפקולטה לחקלאות, במכון וולקני ובנווה יער, וניסויים במעבדות החוקרים במוסדות השונים.
4. **תוצאות עיקריות.** מקורות המידבק ההתחלי העיקריים הם מבני הגידול ושתילים. מקור המדבק הקרקעי והישרדות הפתוגן בקרקע לאורך זמן נמצאים בקשר הדוק לנוכחות שאריות צמחים בקרקע. אתרי אשפה לא מהווים מקור מידבק ראשוני חשוב. קומפוסטציה הכחידה את חיידקים בשאריות חומר צמחי נגוע. תוספת כוספה סויה לקרקע הפחיתה את המידבק ששרד בה. במשתלות - החיידקים מופצים בדרך האוויר ודשן הנמצא על פני העלווה מעודד את ההדבקה; מעכבי צימוח מגבירים את רגישות הצמחים ואת ההדבקה. בחלקות מסחריות - המחלה מופצת למרחקים בתוך השורות כאשר הפעולות האגרוטכניות מתבצעות כשהצמחים רטובים מדמיעה או מטל/גשם. הצמחים רגישים להדבקה במשך תקופה קצרה שכונתה "חלון הפגיעות" שנמשך משתילה ועד לגיל של תפוחת שלישית. לא נמצאו הבדלים מובהקים באלימות בין תבדידים מקבוצות גנטיות שונות ובכל קבוצה היו תבדידים בעלי אלימות גבוהה ותבדידים בעלי אלימות נמוכה כלפי הזנים שנבחנו. היו הבדלים בתגובה של זנים מסחריים לגורם המחלה. ישנם קווים עמידים ונראה שבמנגנון תורשת העמידות מעורב גן עיקרי אחד וכמה גנים משניים.
5. **מסקנות והמלצות לגבי יישום התוצאות.** בהסתמך על ממצאי המחקר שונו ההמלצות המפורסמות על ידי שה"מ להתמודדות עם המחלה.

## ב. מבוא

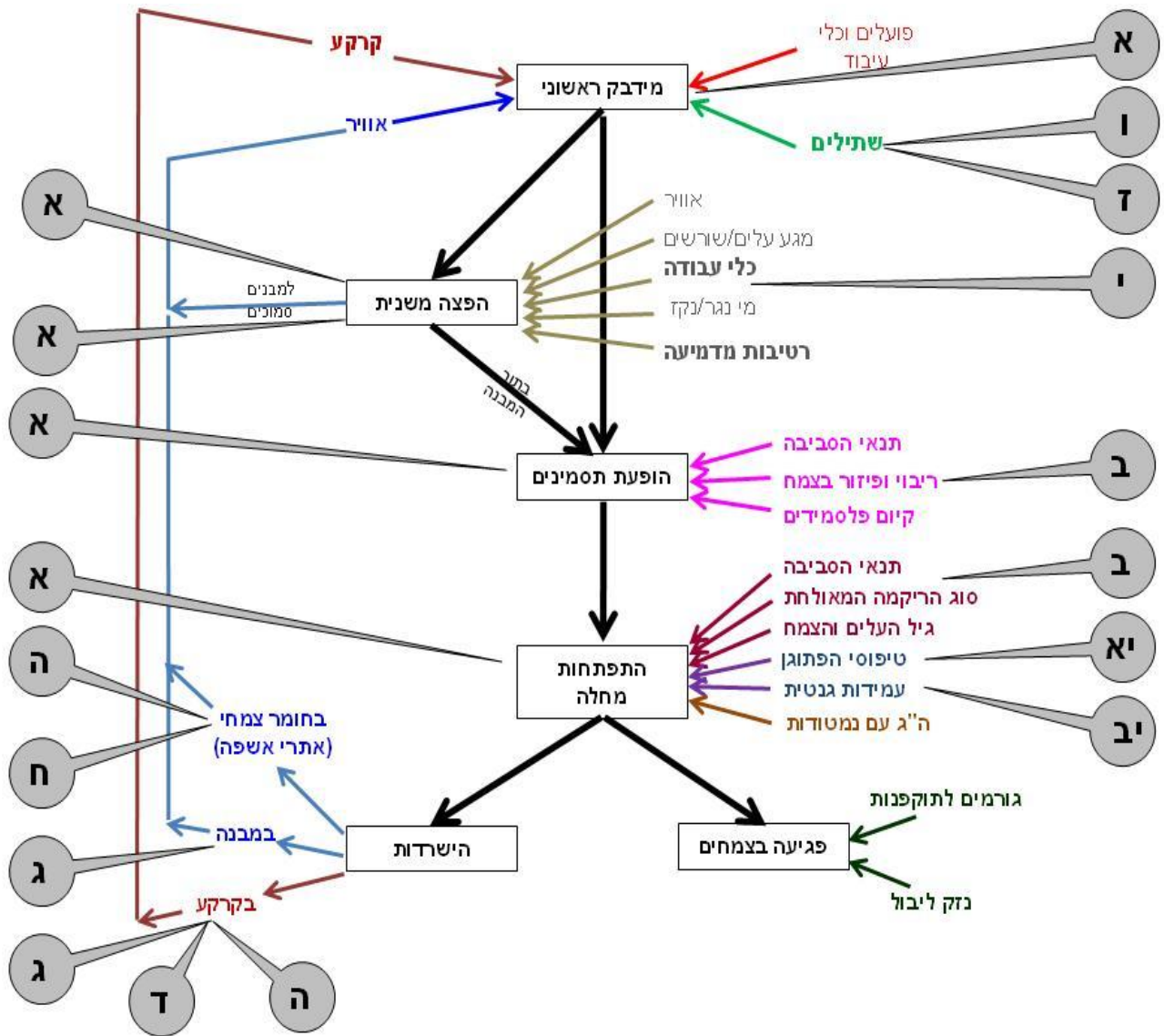
הפתוגן *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* הוא חיידק גרם חיובי הגורם למחלת הכיב הבקטריאלי (bacterial canker) בעגבניות. זו מחלה סיסטמית הגורמת לנבילה, התנוונות כללית ולתמותת הצמחים בכל שלבי הגידול. הסימנים העיקריים של המחלה כוללים התקפלות עלים, צריבה של שולי העלים, נבילה של העלים, איבוד טורגור של הצמח, הופעת נקודות עם הילות על הפירות - סימפטום המכונה "עין הציפור", כיבים כהים בגבעול העצה המקבלת פיגמנט כהה כעין חלודה ויצירת שורשים אדבנטיביים. המחלה עלולה לגרום לנזקים כלכליים ניכרים ולירידה ביבול של עד 60% ויותר. תפוצתה הגיאוגרפית רבה והיא מצויה למעשה בכל היבשות. מחולל המחלה מועבר בזרעים בתוכם או על-פני הקליפה והמקור העיקרי לאילוח של מקומות חדשים הוא זרעים. החיידק גם שורד בקרקע למשך מספר שנים בשאריות צמחים. שיירי צמחי עגבנייה נגועים שנשארים על פני הקרקע ובתוכה, או צמחים אחרים ממשפחת הסולניים יכולים להוות מקור להדבקה. המחלה מופצת במרחב באמצעות מי השקיה, גשמים, כלי עבודה מזוהמים או אפילו ריסוס חומרי הדברה. בחממות בהן משתמשים במים ממוחזרים יש חשש להפצת המחלה בכל החממה מצמחים נגועים בודדים. כשתנאי הסביבה מתאימים האוכלוסייה מתרבה ומגיעה לרמה גבוהה. החיידקים מאלחים ואף עלולים להתרבות בצמחים אחרים ממשפחת הסולניים כגון פלפל, חציל, טבק תפוח אדמה, ענבי שועל

ואף צמחים שאינם סולניים כגון כף האווז. הזמן החולף בין ההדבקות במחולל המחלה ובין הופעת התסמינים תלוי בגודל אוכלוסיית החיידקים, גיל הצמחים, רמת העמידות, האיבר הצמחי הנדבק ותנאי הסביבה. בטמפרטורות של 27 – 24 מעלות צלזיוס משך זמן ההדגרה הוא 4 עד 6 שבועות בצמחים בוגרים. בצמחים צעירים משך זמן זה קצר יותר. התפשטות החיידק בשטחי הגידול נובעת ממקורות האילוח הראשוניים – זרעים או קרקע, בנוסף מי השקיה, כלי עיבוד, חומרי אריזה, מבקרים ועובדים, מגע בצמחים לצורך קטיף, גיזום, הדליה, סופות חול, שטחים שכנים וסניטציה גרועה. החיידק יכול לחדור לצמח בדרכים רבות ומגוונות החל ממערכת השורשים, גבעול, ענפים, ואפילו דרך הטריכומות ומערכת ההידטודות בעלים.

למרות המאמצים שנעשו במשך השנים לפיתוח גישות להתמודדות עם המחלה היא המשיכה להתפשט ולגרום נזקים. בשנת 2007 היתה מגיפה חמורה והנזקים הוערכו ב – 30 מליון ₪. עקב כך הוחלט להקים מיזם ארצי, חוס"ן קלויבקר (חוס"ן = חקלאות בריאה וסביבה נקיה) לו הוגדרו שני יעדים: 1. לפתח אסטרטגיה למניעת הנזקים הנגרמים על ידי מחלת הכיב הבקטריאלי לעגבניות הגדלות בחממות ובבתי רשת ולמניעת התבססות המחלה באזורים בהם היא לא נמצאת; 2. ליישם את האסטרטגיה שתפותח בקנה מידה מסחרי. הנחת העבודה העומדת בבסיס המיזם היא שניתן יהיה להתמודד עם מחלת הכיב הבקטריאלי על ידי פיתוח אמצעים שיפחיתו את מידת הינגעות הצמחים בגורם המחלה, ואם ינגעו צמחים, להפחית את מידת ההפצה מהם לסביבתם. על פי הידוע בספרות, קיימים מספר מקורות מידבק ראשוני אפשריים, אך לדעתנו לא כולם חשובים באותה המידה. באותו האופן, המחלה מופצת מהצמחים הנגועים הראשוניים לשכניהם הבריאים במספר דרכים, אך לא כולן חשובות באותה המידה. איתור מקורות המידבק הראשוני העיקריים ודרכי ההפצה המשנית החשובות יאפשרו לפתח גישות יעילות להתמודדות עם המחלה. בהסתמך על הנחות אלה המטרות הספציפיות של המיזם היו: 1. לכמת את הגורמים המשפיעים על התפתחות המחלה בזמן ובמרחב; 2. לפתח אמצעים יעילים להתמודדות עם מקורות המידבק ההתחלי העיקריים; 3. לפתח אמצעים יעילים למניעת ההפצה המשנית של הפתוגן מצמחים נגועים לצמחים שכנים, בריאים; 4. לבחון את תרומת העמידות הגנטית. 5. לפתח כלים שיאפשרו ליישם את הידע שנצבר.

## ג. פירוט עיקרי הניסויים שבוצעו והממצאים שעלו מהם

במהלך ארבעת שנות המיזם בוצעו עשרות ניסויים ב - 12 תחומי מחקר שונים. בשורות הבאות יוצגו נושאי המחקרים, המבצעים והתקצירים של הדו"חות של מחקרי המשנה. הם חולקו לקבוצות על פי סדר המטרות של תוכנית המחקר. באיור מספר 1 מוצגת סכימה של שלבי התפתחות המחלה שעליה מסומנים באותיות נושאי המחקרים. לא ניתן לכלול כאן את כל הדו"חות המלאים בגלל מגבלת מקום. הדו"חות המלאים נכללו בחוברות המסכמות את הפעילות שבוצעה במסגרת המיזם שפורסמו בנפרד.



נושא	חוקר ראשי	מחקר
התפתחות המחלה במבני גידול מסחריים	דני שטיינברג	מחקר א'
השפעות הגומלין שבין הפתוגן, הצמח ותנאי הסביבה על התפתחות המחלה	שולה מנוליס	מחקר ב'
התמודדות עם מקורות המידבק הראשוני של המחלה	ג'ורא קריצמן	מחקר ג'
הישרדות וחיוניות הפתוגן בקרקע	עומר פרנקל	מחקר ד'
קומפוסט ככלי להפחתת נזקי קלויבקטר	מיכה רביב	מחקר ה'
התפתחות מחלת הכיב הבקטריאלי במשתלות	עומר פרנקל	מחקר ו'
בחינת הפוטנציאל של חישה תרמית לגילוי מוקדם של המחלה	שאול בורדמן	מחקר ז'
שאריות צמחים ואתרי סילוק אשפה כמקור ראשוני לחלקות הסמוכות	יפית כהן	מחקר ח'
השפעת מקור האילוח הראשוני על הפרשת החיידקים במדמיעה	שולה מנוליס	מחקר ט'
מניעת ההפצה המשנית של מחלת הכיב הבקטריאלי מצמחים נטעים	דני שטיינברג	מחקר י'
אלימות טיפוסים גנטיים ותבדידים של החיידק בעגבניות	יעל רקח	מחקר יא'
עמידות צמחי עגבנייה לתבדידים של החיידק	יעל רקח	מחקר יב'

איור מספר 1: סכימה של מחזור המחלה והגורמים המשפיעים בה מצוינים נושאים שונים שנחקרו במסגרת מיזם חוסיין קלויבקטר. בטבלה מפורטים שמות החוקרים הראשיים וכתורת המחקרים.

## ג1. הגורמים המשפיעים על התפתחות המחלה בזמן ובמרחב

במסגרת מטרה זו בוצעו שני מחקרים. מחקר א' שנוהל על ידי דני שטיינברג עסק בהתפתחות המחלה במבני גידול מסחריים; מחקר ב' שנוהל על ידי שולה מנוליס עסק בהשפעת יחסי הגומלין שבין הפתוגן, הפונדקאי ותנאי הסביבה על התפתחות המחלה.

### מחקר א': התפתחות המחלה במבני גידול מסחריים

מחקר זה נהל על ידי דני שטיינברג והשתתפו בו בנימין אורן, יפית כהן, אורית דרור, ויקה בראל, מייקל לופטהאוס, אלי בלו, גידי פרידמן, מירון סופר ושולמית מנוליס

מחלת הכיב הבקטריאלי הנגרמת על ידי הפתוגן *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* היא מחלה פוליציקלית. המגיפה מתחילה במספר קטן של צמחים שאולחו ממקורות המידבק הראשוני ולאחר מכן מופצת מהם לצמחים השכנים, הבריאים. כדי לנסות ולהגדיר את הגורמים המשפיעים על התפתחות המחלה ועל חומרתה בצענו במהלך ארבעת שנות המיזם סקר מקיף בחלקות גידול מסחריות. הסקר בוצע בארבעה אזורים: שניים במועצה האזורית אשכול (אזור הבשור ובפתחת שלום), אחד במועצה אזורית רמת הנגב ואחד במועצה האזורית שדות נגב. בנוסף, בצענו בדיקות והערכות נגיעות במבנים מסחריים באזורי הארץ האחרים בהם דווח על נגיעות. המטרות היו: 1. לאפיין את מידת הנגיעות במחלה בחלקות גידול מסחריות ולהגדיר את הגורמים המשפיעים על התפתחות התסמינים; 2. לבחון את החשיבות של מקורות המידבק ההתחלי העיקריים; 3. לבחון את היעילות של פעולות אותן בצעו המגדלים במהלך העונה להתמודדות עם המחלה. מחוץ לאזורים בהם בוצע הסקר המקיף, המחלה זוהתה במבנים בודדים הנמצאים בכל אזורי גידול העגבניות בארץ, מעין יהב בדרום ועד לעוספיה וירדנה שבצפון. באזורים בהם בוצע הסקר המקיף נסקרו בסך הכל כ- 8,000 דונם מהם כ- 2,250 דונם בזריעות הסתיו והחורף (267 מבני גידול) ו- 5,550 דונם בזריעות האביב והקיץ (568 מבני גידול). הממצאים העיקריים שעלו מניתוח הנתונים שנאספו בסקר היו כלהלן: 1. הופעת המחלה באזורי גידול עגבניות חדשים הייתה ספוראדית והפתוגן לא הצליח להתבסס בהם. הפתוגן מבוסס רק בארבעת האזורים בהם התקיים הסקר. 2. באזורים פתחת שלום, רמת נגב ובאזור שדות נגב המחלה אמנם מבוססת, אבל חומרתה בשנתיים האחרונות הייתה, בקנה מידה אזורי, נמוכה. האזור בו היו מרבית החלקות הפגועות הוא אזור הבשור. 3. נראה שקיימים שני מקורות מידבק ראשוני חשובים: מידבק ששרד בקרקע במבני הגידול עצמם וחומר הריבוי (השתילים). 4. שתילות האביב-קיץ מועדות יותר לפגיעה מאשר שתילות הסתיו-חורף. נראה שהגורם הדומיננטי הוא תנאי הסביבה השוררים בתחילת הגידול (ובכלל זה הטמפרטורה ושכיחות הדמיעה והטללים). 5. המחלה מופצת בעיקר לאורך שורות הגידול ושישנם מצבים בהם המחלה מופצת מהמוקדים רק למרחק של צמחים בודדים, או בכלל לא. משך זמן הדגירה וחומרת המחלה הושפעו ממקור המידבק ההתחלי והרקמה המאולחת. תסמיני המחלה האופייניים זוהו בכל המקרים במהלך של עד חודש לאחר האילוח, בלי תלות במקור המידבק ובאיבר הצמחי המאולח. אבל, נגיעות בחומרה גבוהה התפתחה רק במקרים בהם האיבר הצמחי המאולח היה השורשים או העלים, בתנאי שהצמחים היו צעירים בזמן האילוח. 6. הפעולה היחידה שנראה היה שהפחיתה בצורה משמעותית את הנגיעות היא ההימנעות מעבודה בחודש הגידול הראשון והשני בזמן שהצמחים רטובים מדמיעה ומטל.

### מחקר ב': השפעות הגומלין שבין הפתוגן, הצמח ותנאי הסביבה על התפתחות מחלת הכיב הבקטריאלי בעגבנייה

מחקר זה נהל על ידי שולמית מנוליס והשתתפו בו גלית שהרבני, מנחם בורשטיין, רן שולחני, אורית דרור, ויקה בראל, מייקל לופטהאוס, מירון סופר ודני שטיינברג

מטרת העבודה הכללית היא להבין את יחסי הגומלין שבין הפתוגן, הפונדקאי ותנאי הסביבה והשפעתם על התפתחות מחלת הכיב הבקטריאלי בצמחי עגבנייה הגדלים בחממות ובבתי רשת בתנאי הגידול בארץ. המטרות הספציפיות של המחקר היו: 1. לבחון את השפעת הטמפרטורה על הופעת תסמיני מחלה; 2. לבחון את השפעת הגיל הפיזיולוגי של הצמחים וגיל הרקמה המאולחת על אכלוס והופעת תסמיני מחלה; 3. לקבוע את השפעת רמת הנגיעות על היבול; 4. לבחון את השפעת סוג המידבק הראשוני על הפרשת החיידקים במי הדמיעה. בניסויים שנעשו בבשור נבחנה השפעת מועד האילוח מתוך הנחה שבכל חודש שוררת טמפרטורה שונה. תוצאות המחקר שבוצע במהלך 23 חודשים החל מאפריל 2009 מצביעות על כך שהטמפרטורה (חודש האילוח) משפיעה על משך הזמן עד להתמוטטות הצמחים. נקבע הקשר בין הטמפרטורה הממוצעת בחודש הראשון שלאחר האילוח לזמן שעבר עד ש- 50% מהצמחים היו בנגיעות גבוהה או שמתו ונמצא כי בטמפרטורה של 25-26 מ"צ הזמן היה הקצר ביותר. בנוסף, נמצא כי חודש לאחר ההדבקה הצמח היה מאוכלס לכל אורכו בריכוז דומה והתפלגות גודל אוכלוסיית הפתוגן בצמחים הייתה כמעט זהה לצמחים שנראו עליהם תסמיני מחלה בחומרה גבוהה. השפעת גיל הצמח על הופעת תסמיני המחלה הראתה כי צמחים צעירים רגישים יותר למחלה ומתמוטטים מהר יותר מצמחים מבוגרים. לא הייתה השפעה על שכירות המחלה כאשר האילוח נעשה בעלים צעירים לעומת עלים מבוגרים. גם בניסויים אלה לא נמצא קשר לרמת האיכלוס בצמחים, כלומר רמת החיידקים בצמחים וברקמות הצעירים לא היו שונים במובהק מאלו של צמחים ורקמות מבוגרים. תוצאות אלו מאפשרות להגדיר את "חלון הזמן" לרגישות הצמחים למחלה המראה כי צמחים בעלי 17 עלים ומעלה לא פיתחו תסמיני מחלה ברמת נגיעות גבוהה או מתו לאחר האילוח. בצמחים שהיו נגיעים ברמת נגיעות נמוכה עד בינונית לא הייתה פגיעה כלל ביבול ואילו בצמחים שהראו תסמיני מחלה ברמה גבוהה היבול המצטבר היה נמוך במובהק מהיבול בצמחים בריאים. בניסויים שנעשו במכון וולקני נבדקה השפעת סוג המידבק הראשוני על הפרשת החיידקים במי הדמיעה, מתוך השערה שנוכחות החיידקים במי הדמיעה של צמחים מאולחים מהווה מקור עיקרי להפצה מישנית של המחלה. תוצאות הניסויים הראו שמקור המדבק הראשוני אינו משפיע על הפרשת החיידקים במי הדמיעה וכי הופעתם במי הדמיעה אינה תלויה בגיל העלים ובנפח הטיפות למרות שהצמחים נמצאו מאוכלסים בחיידקים.

בשנת המחקר השלישית נבחנה השפעת הטמפרטורה על הופעת תסמיני מחלה, אכלוס והתבטאות גנים לוירולנטיות. הניסויים בוצעו עם תבדיד מקומי Cmm32. אין כל מידע מולקולארי לגבי תבדיד זה, למעט העובדה שהוא שייך לקבוצה B על פי אפיון ב-PFGE. אפיון הפלסמידים של תבדיד זה הראה כי הגנים *pat-1* ו-*celA* נמצאים על פלסמיד אחד בשונה מהתבדיד Cmm382 שבו הגנים נמצאים על שני פלסמידים. אילוח הצמחים נעשה ע"י גזירה של שני עלים אמיתיים ראשונים עם מספריים שנטבלו בתרחיף החיידקים. קביעת רמת החיידקים בצמחים בעלי דרגת נגיעות שונה ובחלקי הצמח השונים נעשתה בדגימות שנלקחו מאזור האילוח ובמרחקים של 75 ו-150 ס"מ מאזור ההדבקה. כדי לבחון אם הטמפרטורה משפיעה על ביטוי גנים לוירולנטיות בחיידק, גודלו צמחים בחממות בבשור בטמפרטורה אופטימלית להתפתחות החיידק (אפריל) ובטמפרטורה שאינה אופטימלית (יוני). בזמנים מוגדרים לאחר האילוח נאספו רקמות מאזור ההדבקה ונבדק ביטוי הגנים *pat-1* ו-*celA* הנמצאים על פלסמיד וכן מהגנים *chpC* ו-*ppaA* הנמצאים על אי פתוגניות בכרומוזום. בדיקת ביטוי גנים לוירולנטיות הראתה כי רמת הביטוי הייתה גבוהה יותר בצמחים שאולחו בחודש אפריל לעומת צמחים שאולחו בחודש יוני. מכיוון שתנאי השטח באפריל וביוני יכולים להיות מושפעים מגורמי סביבה אחרים היה צורך לבדוק את השפעת הטמפרטורה על האיכלוס וביטוי גנים לוירולנטיות בתנאים מבוקרים. לשם כך הועמדו ניסויים במכון וולקני בטמפרטורות קבועות. נמצא כי זמן קצר לאחר האילוח לא היה הבדל באכלוס באזור ההדבקה בצמחים השוהים בטמפרטורות שונות. לעומת זאת נמצא

הבדל מובהק באכלוס באזור צוואר השורש. ביטוי גנים לוירולנטיות בתנאי טמפרטורות קבועות הראה כי בצמחים ששהו בטמפרטורה של 35 מ"צ הביטוי היה נמוך מאלו ששהו ב- 28 מ"צ. ניסויים אלו עדיין נמשכים. התוצאות מצביעות על הקשר בין הטמפרטורות השונות לאכלוס החיידק בפתוגן, התבטאות גנים לוירולנטיות ולהופעת סימני מחלה כפי שנצפו בחממות בחודשים השונים. חשוב להדגיש כי טמפרטורות קבועות אינן קיימות בטבע ויתכן כי בחודשי האביב והסתיו ישנם הבדלים גדולים בטמפרטורות בימים שונים, כמו ימי חמסין או קור עז בלילה. הועלתה ההשערה כי לתנודות אלו יש השפעה על החיידקים המתבטאת ברמת האיכלוס וביטוי גנים לוירולנטיות וכתוצאה מכך על התפתחות המחלה. השערה זו נבחנת בימים אלו.

## **ג2. מקורות המידבק ההתחלי ופיתוח אמצעים יעילים להתמודדות עם**

ניתן לחלק את המחקרים שבוצעו במסגרת מטרה זו לשלוש קבוצות. בקבוצה הראשונה נכללו מחקרים שהתמקדו במידבק של הפתוגן ששרד במבנה הגידול עצמו. מחקר ג' נוהל על ידי גיורא קריצמן שבחן את חשיבות המידבק ששרד על פני חלקי המבנה או בקרקע ואת הדרכים לקטול את המידבק, מחקר ד' נוהל על ידי עומר פרנקל שבחן את הקשר בין הפעילות המתבצעת במבנים מסחריים בין עונות הגידול לחומרת המחלה בגידול העוקב ואת חשיבות הפירות הנגועים המושלכים לקרקע להשרדות הפתוגן. מחקר ה' נוהל על ידי מיכה רביב ובו נבחן באם ניתן להשתמש בקומפוסט להתמודדות עם המידבק הקרקעי ובקומפוסטציה לקטילת הפתוגן המאכלס חלקי צמח נגועים. בקבוצה השנייה נכללים מחקרים שהתמקדו במידבק של הפתוגן המגיע למבני הגידול באמצעות שתילים נגועים. מחקר ו' נוהל על ידי דני שטיינברג ועומר פרנקל ובו נלמדה האפידמיולוגיה של הפתוגן במשתלות והדרכים להפחית את נגיעות השתילים במשתלה ומחר ז' נוהל על ידי שאול בורדמן ונבחנה בו האפשרות לזהות שתילים נגועים, א-סימאומטיים, באמצעות חישה תרמית. בקבוצה השלישית נכלל מחקר ח' שנוהל על ידי יפית כהן ובו נבחנה החשיבות של חומר צמחי נגוע הנמצא מחוץ למבני הגידול ובכלל זה אתרי אשפה כמקור מיידיבק ראשוני.

### **מחקר ג': התמודדות עם מקורות המידבק הראשוני של מחלת הכיב הבקטריאלי בצמחי עגבנייה**

מחקר זה נוהל על ידי גיורא קריצמן והשתתפו בו יעקב קטן, בני קירשנר, מייקל לופטהאוס ומירון סופר במסגרת מחקר זה נבחנו שלושה נושאים הקשורים במחלת הכיב הבקטריאלי בעגבניות. 1. בחינת כושר ההשרדות של הפתוגן על פני משטחים בחלל המבנה כגון רשתות, יריעות, שלד המבנה – חלקי מתכת וחלקי עץ, חוטי הדליה וצינורות ההשקיה. כן נבחנו מקורות מדבק אפשריים אלו כמקור להדבקה ראשונית של שתילים נקיים בבית הצמיחה. שאלה זאת נבחנה בשתי עונות שנה. בעונה האביבית הוכח כי החיידקים מסוגלים לשרוד במבנה, להוציא חלקי מתכת שמאוד מתחממים. בנוסף הוכחנו כי צמחים נקיים נדבקים בחממה מאולחת בהדבקה ללא מגע קרקע. המסקנה המעשית היא שיש בסיס להמליץ על חיטוי המבנה בתמיסת סודיום היפוכלוריט – [אקונומיקה] בריכוז של 1% בגמר הגידול. 2. טיפול בשאריות חומר אורגני מאולח בפתוגן. הנשאר בבית הצמיחה לאחר תום הגידול – שורשים, פירות עלים וחלקי גבעול. אימתנו את העובדה שהוכחה על ידי בשנים הקודמות כי עיקר מקור המדבק הקרקעי והשרדות הפתוגן בקרקע לאורך זמן נמצאים בקשר הדוק לנוכחות שאריות צמחים העמוסות בפתוגן ומוצנעות בקרקע. נמצא כי סילוק החומר האורגני מהקרקע באופן ידני [לצרכי מחקר] הביא לאחר תקופה קצרה להעלמות הפתוגן מהקרקע אל מתחת לסף הגילוי. כמו כן נמצא כי שאריות צמחים שנקצצו על ידי מכשירי עיבוד ונשארו בקרקע שדושנה בחנקן והפעילות המיקרוביאלית שלה עודדה על ידי שמירת הלחות של הקרקע על ידי השקיה למשך 3 שבועות איבדה חלק מאוכלוסיית הפתוגן וכושר ההשרדות שלו לאורך זמן נפגם. ניסויים אלו מצדיקים את בחינת מכונה להפרדת שיירי צמחים מהקרקע במבנה נגוע. 3. שימוש בתוספים אורגנים עתירים בחלבון לקטילת



הפתוגן בקרקע. בניסוי בית צמיחה בדליים בחנו את האפשרות להדביר את הפתוגן שאילח את מצע הגידול בעזרת תוסף אורגני – כוספת סויה בכמות מחושבת שוות ערך למנה של 2 טון לדונם. התוצאות היו חד משמעיות הפתוגן הודבר. ג. הדברה כימית – שיפור היישום של תכשיר פורמלין [פורדור 37] להדברה של הפתוגן בחתך קרקע עד לעומק של כ 45 ס"מ. הנושא נבחן במעבדה והוכח כי הבעיה של חוסר הפעילות שנתגלתה במהלך השימוש בתכשיר נעוצה בשיטת היישום. יישום פרופורציונאלי הגורם לדילול המנה של החומר הפעיל אל מתחת לסף הפעילות שלו. הדרך המוצעת על ידנו היא יישום מרוכז ודחיקה במנת ההשקיה. בחלקות זעירות היישום המוצע הצליח.

בשנת המחקר השנייה בצענו ניסוי במערכת ניסויית מורכבת בבית רשת של מגדל בחבל הבשור [משק דוד טיבולי] שנפגע קשות במחלה בגידול הקודם. רמת המידבק ההתחילי באדמת הניסוי היתה די אחידה בכל השטח והיתה בתחום  $10^6 - 10^7$  יחידות יוצרות מושבות (CFU) לגרם קרקע בחתך קרקע שבין 5 – 30 ס"מ. שתילי עגבניות שנשתלו במדגמי קרקע מהחלקה שהוכנסו לעציצים וגודלו בתא צמיחה באתר בית דגן, הראו תסמינים ואובחנו כנגועים לאחר 65 ימי גידול. בניסוי השדה נבדקו הטיפולים הבאים: א) היקש לא מטופל, ב) כוספת סויה – 2 טון לדונם, ג) קומפוסט בשל (בעל תכונות סופרסיביות לחיידק) ד) וחיטוי סולארי (תחת לרשת המבנה). טיפולים ב' ו ג' הפחיתו אוכלוסיית הפתוגן בקרקע וגם את רמת האיכלוס של הצמחים באופן מובהק בהשוואה להיקש. החיטוי הסולרי בתנאים אלו נמצא לא יעיל.

#### **מחקר ד': הישרדות וחיוניות הפתוגן *Clavibacter michiganensis* בקרקע**

מחקר זה נוהל על ידי עומר פרנקל והשתתפו בו פאוזי אבו מוח, רן שולחני, מנחם בורנשטיין, מייקל לופטהאוס ומירון סופר

באזור חבל הבשור, במרבית המבנים המסחריים (80%) בהם הצמחים היו נגועים בנגיעות גבוהה בעונת גידול אחת, בגידול העוקב המחלה לא התפתחה כלל. תופעה זאת חזרה למרות שלא בוצעו פעולות מכוונות להדברת המחלה. בנוסף בפתחת שלום הנמצאת דרומית לחבל הבשור חלו שינויים בהרכב טיפוסי הפתוגן. טיפוס A שהיה נפוץ בעבר באזור לא נמצא בשתי שנות המיזם הקודמות (2009-10) והוחלף על ידי תבדידים מטיפוס E ו Z. בנוסף, תבדידים מטיפוס B (הטיפוס הנפוץ באזור הבשור ובשאר הארץ), לא הצליחו להתבסס באזור פתחת שלום. מטרת המחקר: 1) בדיקת הקשר בין פעילות אגרוטכנית סטנדרטית המבוצעת על ידי המגדלים בסיום בעונה לבין גודל אוכלוסיית החיידקים וחומרת המחלה בגידול העוקב; 2) בדיקת חשיבותו של מקור המדבק ההתחלתי בקרקע; 3) בחינת השפעת סוג הקרקע על הישרדות טיפוסי פתוגן שונים בקרקעות אופייניות לחבל הבשור, פתחת שלום ושדות נגב. במסגרת המחקר נבחרו שבעה בתי רשת בהם הייתה נגיעות גבוהה ביולי 2011, בכל אחד סומנו במדויק 4-5 נקודות דגימה מהם נלקחו שרידי שורשים ודגימות קרקע בשבוע בו נעקרו הצמחים. דגימות נוספות נלקחו סמוך לתחילת הגידול העוקב ותועדה הופעת המחלה בבתי הרשת בסוף עונת הגידול העוקב. בסוף עונת הגידול כמות החיידקים שנספרה בדגימות הקרקע הייתה נמוכה בסדר גודל לוגריתמי מהריכוז שהיה בשורשי הצמחים. בתחילת הגידול העוקב אוכלוסיית החיידקים בשרידי השורשים קטנה בסדר גודל שלם מ  $10^6$  ל  $10^5$  CFU לגרם שורש והאוכלוסייה בקרקע קטנה בשתי סדרי גודל מ  $10^5$  ל  $10^3$  CFU לגרם קרקע. חודשיים וחצי לאחר השתילה של הגידול העוקב לא נראו תסמינים בכל מבני הגידול ורק בשלושה מהם זוהו חיידקים בריכוז נמוך בבדיקות מעבדה. בסוף עונת הגידול היו צמחים סימפטומטיים בחמישה מתוך שבעת בתי הרשת, אך ברוב המקרים הם היו באזורים אחרים בבתי הרשת ולא בנקודות הדגימה. כמו כן, לא נמצא קשר סטטיסטי בין ריכוז החיידקים בתחילת העונה להתפרצות המחלה בסוף העונה העוקבת. בבדיקת הפעולות האגרוטכניות שבוצעו על ידי המגדל לא נמצא קשר סטטיסטי בינם ובין הישרדות הפתוגן בקרקע בין העונות. עם זאת, בבתי הרשת בהם נצפתה מחלה בסוף העונה העוקבת היו כמויות גדולות

של שרידי פירות על הקרקע ובשניים מהם גם תועד טיפול לקוי בצמחיה ובצמחי הספיה. בשניים מתוך חמשת בתי הרשת החולים נצפתה מחלה גם בעונת הגידול השלישית. בניסויים בתנאים מבוקרים נמצא שפירות שנדגמו צמחים נגועים שהוחדרו לקרקע היוו מקור מידבק אינפקטיבי לשתילים שגדלו בקרקע המאולחת.

בניסיון לקבוע את מידת החשיבות האפשרית של פירות נגועים שנשרו על ההדבקה ב *Cmm*, נידגמו מבית רשת נגוע בחבל הבשור שורשים ופירות מצמחים נגועים. ריכוז החידקים בפירות ובשורשים נבדק על מצע CNS סלקטיבי, והם שימשו כמקור מידבק קרקעי (וכהשוואה – חיידקים חופשיים) בניסוי שבצענו במו"פ דרום. שכיחות ההדבקה בצמחי עגבנייה שהקרקע עליה גדלו אולחה בפירות הייתה דומה לשכיחות ההדבקה כשמקור המידבק הקרקעי היה שורשים נגועים או חיידקים חופשיים.

לשם בחינת השפעת סוג הקרקע על השרדות טיפוסית פתוגן שונים בקרקעות אופייניות נשתלו צמחי עגבנייה מזן 1125 בשלושה סוגי קרקעות: לס משדות נגב, חול כבד מעין הבשור וחול מכרם שלום. הצמחים אולחו בגזירה בשני תבדידים מ - 4 טיפוסית פתוגן שונים A,B,E ו - Z (סה"כ שמונה תבדידים). כעבור חודש הוסרו חלקי הצמח למעט השורשים ואוכלוסיית הפתוגן כומתה בקרקע ובשורשים החל ממועד העקירה ועד 4 חודשים מאוחר יותר. לא נמצאו הבדלים סטטיסטיים בהשרדות החידקים החופשיים בקרקעות השונות אך השרדות החידקים בשרידי השורש הייתה נמוכה יותר בקרקע החולית מכרם שלום. עם זאת, לא נמצאה אינטראקציה מובהקת בין טיפוסית פתוגן וסוג הקרקע.

מהממצאים העולים מהמחקר עולה שהדבקה דרך הקרקע אפשרית אך סביר להניח שהקרקע אינה מקור המדבק העיקרי של גורם המחלה בארץ. נמצא שפירות העגבנייה הנותרים בשטח עשויים להוות מקור מידבק ראשוני ושהיעילות של מקור מידבק זה דומה לזו של מידבק השורד בשאריות שורשים ובחומר האורגני בקרקע. ייתכן גם שריכוז שרידי העגבניות בתוך החממה בנקודות מסויימות מעלות את סיכויי ההדבקה לתקופה ארוכה יותר, אך לשם בירור נקודה זו דרוש מחקר נוסף. הישרדות החיידק בקרקעות החוליות מוגבל יותר מאשר בקרקע הלס, אך לא נמצא כי טיפוסית פתוגן מסוימים מותאמים טוב יותר להישרדות בקרקעות ספציפיות. ייתכן כי הישרדות טיפוסית הפתוגן קשורה באלימות התבדידים או ביכולת ההישרדות שלהם בפירות העגבנייה.

### **מחקר ה': קומפוסט ככלי להפחתת נזקי קלויבקטר**

מחקר זה נוהל על ידי מיכאל רביב בהשתתפות גיורא קריצמן

מחקר זה עסק בשני נושאים שונים משלימים. הראשון, נבדקה האפשרות להשתמש בקומפוסט, המוסף לקרקע, להפחתת אוכלוסיית החיידקים. נושא זה נבחן בניסוי שתואר במחקר ג' להלן. כפי שצוין שם קומפוסט בעל תכונות בשלות טובות הובא מקיבוץ שדה אליהו למשקו של דוד טיבולי, בו הקרקע הייתה מאולחת מאד. הקומפוסט תרם לירידה משמעותית ברמת האילוח, בהשוואה לביקורת. הנושא השני עסק באפשרות לקטול את חיידקי ה - *Cmm* השורדים בשאריות צמחים נגועים באמצעות קומפוסטציה. זאת, בהנחה ששאריות הצמחים הנגועים המסולקים ממבני הגידול מהווים מקור מידבק אפשרי למבני גידול סמוכים. נמצא כי תהליך הקומפוסטציה גורם להכחדה מלאה של החיידק בתוך כ - 140 יום, דבר המאפשר שימוש בחומר גלם רב ערך זה (הכולל כמות גדולה של יסודות הזנה). האפשרות להשתמש בקומפוסט זה לצורך גידול עגבניות. בשנת המחקר השנייה נבחן הקומפוסט שהוכן בשנה א', ע"י יישומו בקרקע נקייה בחוות הבשור (לפי 10 מ"ק/דונם). צמחי עגבנייה שנשתלו בקרקע זו לא אולחו, עובדה המחזקת את הממצא בדבר ניקיונו של הקומפוסט. בנווה יער בוצע מחזור קומפוסטציה נוסף. במקרה זה הובאה כמות קטנה מדי של חומר צמחי, שנטחן טחינה גסה מדי. כתוצאה הושגו בשלב הטרמופילי טמפרטורות נמוכות יותר מאשר

במחזור הקודם והתקופה הטרמופילית נמשכה פרק זמן קצר יותר. כתוצאה, למרות ירידה משמעותית בנוכחות הבקטריה, היא לא הושמדה כליל, כבמחזור הראשון.

### **מחקר ו': התפתחות מחלת הכיב הבקטריאלי במשתלות: חקר האפידמיולוגיה ופיתוח שיטות מניעה**

מחקר זה נוהל על ידי עומר פרנקל ודני שטיינברג והשתתפו בו הן שולחני, גלית שהרבני, מנחם בורנשטיין ושולמית מנוליס

אחד ממקורות המידבק ההתחלי החשובים של מחלת הכיב הבקטריאלי (*Cmm*) בבתי הצמיחה המסחריים בישראל הוא השתילים. למרות המאמצים לספק שתילים בריאים, במקרים מסוימים המשתלות מספקות שתילים נגועים שלא נראים עליהם תסמיני המחלה (א-סימפטומטיים). היעד המרכזי של המחקר הוא לפתח גישות שיאפשרו למשתלות לייצר חומר ריבוי חופשי ממחלת הכיב הבקטריאלי. למיטב הבנתנו גם במשתלות מתרחשת מגיפה שבמהלכה מופצים החיידקים ממקורות המידבק הראשוני, הנבטים הנגועים הבודדים שנבטו מזרעים מאולחים, לנבטים הסמוכים. החיידקים עשויים לאכלס את הנבטים הסמוכים בצורה אפיפיטית (חיצונית) ובצורה אנדופיטית (פנימית). המחקר עוסק בשני תחומים. הראשון, בחינת הגורמים המשפיעים על הפצת החיידקים מהנבטים הנגועים הראשונים לנבטים השכנים, במשתלה. השני, הגדרת התנאים בהם נבטים בריאים המאוכלסים אפיפיטית נדבקים במחלה. בסדרת ניסויים שבצענו בבית דגן ובמו"פ דרום הראנו שחיידקי *Cmm* מופצים במשתלה מנבטי מוקד נגועים ומאכלסים ואף מאלחים את הנבטים הבריאים, הסמוכים. החיידקים מופצים מצמחי המוקד הנגועים למרחקים קצרים בהתזה בטיפות מי ההשקיה העילית, למרחקים בינוניים בטיפות אירוסול של מי ההשקיה העילית ולמרחקים גדולים יותר בדרך האוויר. לגבי הגורמים המשפיעים על שלב ההדבקה. מצאנו שהנבטים רגישים להדבקה בכל שלבי הגידול הנמצאים במשתלה (משלב הפסיגים ועד גיל של 3-4 עלים אמיתיים, הגיל בו נמכרים השתילים), התברר שהדבקה מתרחשת גם בלי פציעה של הטריכומות, שמשך זמן ההרטבה המאפשר הדבקה קצר מאד ומספיקות דקות הרטבה בודדות להתרחשות ההדבקה ושההדבקה מתרחשת בטווח טמפרטורות רחב מאד (מ 15 ועד 34 מעלות צלזיוס). בניסויים גם מצאנו שנוכחות דשן על פני העלים מגבירה בצורה משמעותית את ההדבקה; יותר מכך, תוספת דשן לעלים בהם הטריכומות נפצעו (כפי שמתרחש במשתלות בהן ההשקיה העילית מיושמת בלחץ) מגבירה עוד יותר את ההדבקה. לאחר שהתבררה חשיבות הדשן בחנו שתי דרכים שיאפשרו להפחית את כמותו על פני העלווה. האמצעי הראשון הוא השקיה תחתית (במקרה זה הדשן לא מגיע לעלווה כלל) והאמצעי השני הוא שטיפה במים שלא מכילים דשן. שני האמצעים היו יעילים והפחיתו את הנגיעות במובהק יחסית לטיפול בו יושמה השקיה עילית רגילה. תוצאות אלה מעודדות מפני שהן מספקות פתרונות אפשריים להפחתת תהליכי ההפצה והדבקה המתרחשים במשתלות. בסדרת ניסויים אחרת בחנו את ההשפעה של תכשירים שונים המיושמים לנוף השתילים על התפתחות המחלה במשתלות. התברר שהיעילות של תכשירי נחושת במניעת ההדבקה אינה גבוהה. היעילות של התכשיר טימורקס גולד (מיצוי של עץ התה האוסטרלי) ביישום חד פעמי ובהדבקה מונוציקלית הייתה גבוהה, אך ביישום של שלוש פעמים בשבוע ובהדבקה פוליציקלית התכשיר לא היה יעיל. בניסויים שבצענו לאחרונה התברר ששתילים שרוססו במעכבי הצימוח קולטאר ואלאר היו רגישים יותר להדבקה משתילים שלא רוססו במעכבי הצימוח. יש לממצא זה חשיבות מפני שמקובל בחלק מהמשתלות ליישם מעכבי צימוח בעונות האביב והקיץ.

### **מחקר ז': בחינת הפוטנציאל של חישה תרמית לגילוי מוקדם של מוקדי קלויבקטר בעגבנייה**

מחקר זה נוהל על ידי שאול בורדמן והשתתפו בו ליאת פסלר, יפית כהן וויקטור אלחנתי

מחקר זה דן בשאלה האם יש לחישה תרמית הפוטנציאל לגילוי מוקדם של נגיעות צמחי עגבנייה בחיידק *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* (Cmm), במיוחד בשלב המשתלה. המטרות של המחקר היו לכייל ו/או לפתח את שיטות העבודה עם המחלה במעבדתנו, ולהתאים את שיטות הביצוע של צילומים תרמיים וניתוחם לשאלת המחקר, תוך כדי תחילת לימוד על השפעת נגיעות ב-Cmm על טמפרטורת העלווה של צמחי עגבנייה. מטרות אלה הושגו ובניסויים ראשוניים נצפתה מגמה של עליה בטמפרטורת העלים של צמחים נגועים. בסדרת ניסויים נוספת התברר שההבדלים בטמפרטורה בין צמחים מאוכלסים בפתוגן לצמחים בריאים היו קטנים ושגורמי סביבה שונים, שאינם קשורים לאיכלוס, גרמו להיווצרות של שונות גדולה בטמפרטורה של העלים. השפעת גורמי הסביבה הייתה גדולה יותר מהפרש הטמפרטורות בין צמחים בריאים לצמחים מאוכלסים. התברר גם שהפרשים ברורים ומובהקים התרחשו רק לאחר שכבר נראו תסמינים ברורים של נקרוזה ונבילה של הצמחים. המסקנות שעלו מהמחקר היו שלא ניתן להשתמש בכלים הקיימים לחישה תרמית לגילוי מוקדם של נגיעות ב-Cmm.

### **מחקר ח': שאריות צמחים ואתרי סילוק אשפה כמקור מידבק ראשוני לחלקות הסמוכות**

מחקר זה נוהל על ידי יפית כהן ודני שטיינברג בהשתתפות רן שולחני, מייקל לופטהאוס, בני אורן ומירון סופר הפתוגן המחולל את מחלת הכיב הבקטריאלי (bacterial canker) בעגבניות, *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*, מאכלס את צמחי העגבנייה ושורד בהם גם לאחר שהגידול הסתיים. לאחר סיום הגידול המגדלים אמורים לפנות את שאריות הצמחים היבשים לאתרי סילוק 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 הנמצאים בסמוך למבני הגידול מהווים סכנה לגידול החדש? ו- 3. האם אתרי סילוק האשפה הממוקמים בסמיכות לחלקות הגידול מסכנים אותם? במידה והתשובה לחלק משאלות אלה חיובית, ושאריות צמחים מאולחים מהווים 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. שמשך זמן ההישרדות תלוי בתכולת הרטיבות של הריקמה הצמחית; החיידקים שרדו כל עוד תכולת הרטיבות עלתה על 20%. מכאן עולה ששאריות צמחים נגועים נושאים מידבק שעשוי, פוטנציאלית, להוות מקור מידבק ראשוני לצמחים הגדלים בסביבתם הקרובה. בהמשך, בחנו בניסוי שנמשך שנה שלמה אם 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 עשויים להוות מקור מידבק ראשוני למבני הגידול הסמוכים, אבל זה אינו מקור מידבק חשוב. מסקנה זו חוזקה על ידי ניתוח נתוני הסקר המקיף שבוצע באזור הבשור ובאזור פתחת שלום בשנתיים האחרונות. נתוני הסקר נותחו מרחבית ומצאנו שאתרי הסילוק האשפה 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 ושניתן לא לטפל בהם. חשוב מאד להקפיד על סניטציה, לשמור על ניקיון אזור בתי הצמיחה, ולטפל באופן ראוי בחומר הצמחי המושלך לאתרי סילוק אשפה.

### ג3. ההפצה המשנית של הפתוגן ופיתוח אמצעים יעילים למניעתה

במסגרת מטרה זו בוצעו שני מחקרים. מחקר ט' שנוהל על ידי שולמית מנוליס עסק בהשפעות של גורמים שונים על הפרשת החיידקים במי הדמיעה של צמחים ומחקר י' בניהולו של דני שטיינברג בחן את החשיבות היחסית של דרכי הפצה משנית שונות ואת הדרכים למניעת ההפצה המשנית.

#### **מחקר ט': השפעת מקור האילוח הראשוני על הפרשת חיידקי *Clavibacter michiganensis* במי הדמיעה של צמחי עגבנייה**

מחקר זה נוהל על ידי שולמית מנוליס והשתתפו בו גלית שהרבני, מנחם בורנשטיין, רן שולחני, מייקל לופטהאוס, לאורה צ'לופוביץ ודני שטיינברג

החיידק המחולל את מחלת הכיב הבקטריאלי מופץ בדרכים שונות מהצמחים הנפגעים ראשוניים (צמחי המוקד) לצמחים הבריאים הסמוכים. בשנת המחקר הראשונה והשנייה בחנו את דרכי ההפצה של חיידק הקלויבקטר מצמחי המוקד לצמחים הבריאים השכנים בדרכי הפצה שונות: במגע ישיר בין שורשים או העלים, במהלך פעולות הזירוד, הגיזום וההדליה המבוצעות בשיטת ההדליה ההולנדית המקובלת בישראל, דרך מי נקז, דרך האוויר, ובמגע של הפועלים בצמחים יבשים ובצמחים הרטובים מדמיעה דרך ההידטודות או מטל/גשם. מהניסויים עלה שהמחלה מופצת למרחקים גדולים בתוך השורות כאשר הפעולות האגרנטיות בתחילת הגידול מתבצעות כשהצמחים רטובים מדמיעה או מטל/גשם. זו דרך ההפצה העיקרית של המחלה בישראל והיא מתרחשת בכיוון העבודה, לאורך השורות ובעטייה נגרם מרבית הנזק. פעולות הגיזום, הזירוד וההדליה המבוצעות במהלך כל תקופת הגידול גם מפיצות את המחלה, אך למרחקים קצרים. בשנות המחקר הראשונה והשנייה בחנו את השפעת סוג המידבק הראשוני על הפרשת החיידקים במי הדמיעה מתוך ידיעה שנוכחות החיידקים במי הדמיעה של צמחים מאולחים מהווה מקור עיקרי להפצה משנית של המחלה. הניסויים נערכו במכון וולקני תוך שימוש במערכת מיוחדת המשרה היווצרות מי דמיעה. תוצאות הניסויים הראו שמקור המדבק הראשוני אינו משפיע על הפרשת החיידקים במי הדמיעה וכי הופעתם במי הדמיעה אינה תלויה בגיל העלים ובנפח הטיפות למרות שהצמחים נמצאו מאוכלסים בחיידקים. בנוסף, נבחנה גם השפעת מי הדמיעה על נוכחות חיידקים אפיפיטיים על העלים מתוך הנחה שחיידקים אלה יכולים להוות חלק בהפצה המשנית. נמצא כי מקור החיידקים האפיפיטיים איננו רק ממי הדמיעה המופרשים ומתייבשים, אך מי הדמיעה מגבירים את שכיחות הצמחים עם חיידקים אפיפיטיים ומעלים את ריכוזם, וכאשר פעולות אגרנטיות נעשות בזמן רטיבות לחיידקים אלו יכולה להיות חשיבות רבה בהפצה המשנית של המחלה.

#### **מחקר י': מניעת ההפצה המשנית של מחלת הכיב הבקטריאלי מצמחים נגועים לצמחים בריאים**

מחקר זה נוהל על ידי דני שטיינברג בהשתתפות גלית שהרבני, מנחם בורנשטיין, רן שולחני, מייקל לופטהאוס, מירון סופר ושולמית מנוליס

החיידק המחולל את מחלת הכיב הבקטריאלי מופץ מהצמחים הנפגעים ראשוניים (צמחי המוקד) לצמחים הבריאים הסמוכים בדרכים שונות. אין כיום מידע מי מבין דרכי ההפצה השונות עליהן דווח בעולם אכן מתקיים בישראל, ולא ידוע מי מבין הדרכים המתקיימות בישראל היא החשובה ביותר. המטרה ארוכת הטווח של מחקר זה היא לפתח גישות שיאפשרו למנוע את הפצת המחלה מצמחים נגועים לצמחים השכנים, הבריאים. במסגרת זו מטרת המחקר בשנה הראשונה היו 1. לאפיין את דרכי ההפצה של הפתוגן מצמחי המוקד הנגועים לצמחים השכנים; 1 - 2. לבחון את היעילות של אמצעים שונים למניעת ההפצה המשנית. במהלך שנת המחקר הראשונה בצענו 8 ניסויים, שלושה במכון וולקני, ארבעה במו"פ דרום ואחד במבנה גידול מסחרי במושב מבטחים. מהניסויים עלה שהמחלה מופצת למרחקים גדולים בתוך השורות כאשר הפעולות

האגרוטכניות בתחילת הגידול מתבצעות כשהצמחים רטובים מדמיעה או מטל/גשם. זו דרך ההפצה העיקרית של המחלה ובעטייה נגרם מרבית הנזק. פעולות הגיזום, הזירוד וההדליה המבוצעות במהלך כל תקופת הגידול גם כן מפיצות את המחלה, אך למרחקים קצרים. הפתוגן גם מופץ בדרך האוויר אך במרבית המקרים הצמחים שאולחו בדרך זו לא מראים את תסמיני המחלה האופייניים. ממצאים אלה שמשו לפיתוח מודל קונספטואלי המסביר את דרכי ההפצה המשנית ולפיתוח ההמלצות למגדלים שיאפשרו להפחית, או אף למנוע, את ההפצה המשנית.

במהלך שנת המחקר השנייה בחנו את המודל הקונספטואלי המסביר את דרכי ההפצה המשנית של המחלה ואת הדרכים שיאפשרו להפחית, או אף למנוע, את ההפצה המשנית. חזרנו ואוששנו את ההנחה שחיידקים מופצים מצמחי המוקד הראשוני בדרך האוויר ומאכלסים את הצמחים השכנים, הבריאים. ההפצה החלה אפילו עוד לפני שנראו תסמיני המחלה על צמחי המוקד. זו דרך הפצה שכחה אבל חשיבותה מבחינת התפתחות המחלה והנזק – שולית. ההפצה המתרחשת מצמחי המוקד במהלך פעולות הגיזום, הזירוד וההדליה, כשהצמחים יבשים, מסוכנת יותר. הצמחים הנדבקים בדרך זו עלולים לפתח תסמינים קשים ואף למות. אבל, ההפצה היא למרחקים קצרים ורק בחלק קטן מהצמחים בהם מופיעים התסמינים נגרם נזק. ההפצה המשמעותית ביותר של המחלה מתרחשת כשפעולות הגיזום, הזירוד וההדליה מבוצעות כשהצמחים רטובים מדמיעה או מטל/גשם. בדרך זו המחלה מופצת למרחק רב שיכול להגיע לעשרות צמחים. דרך הפצה זו היא המסוכנת מפני שבצמחים הנדבקים מתפתחים תסמיני מחלה חמורים ובהם נזק ליבול. במחקר הנוכחי בחנו מתי מתרחשת דמיעה בצמחים ומצאנו שהסבירות שתתרחש דמיעה וכמותה קטנים עם הזמן: בצמחים צעירים (עד גיל חודש) מופיעות טיפות דמיעה ב- 60% מהבקרים ודמיעה בכמות בינונית מופיעה בשליש מהבקרים, לערך. בצמחים שגילם חודש עד חודשיים מתרחשת דמיעה ב- 40% מהימים אבל בכמות מועטה; דמיעה בכמות בינונית היא אירוע נדיר וגם אז הצמחים מתייבשים עד השעה 8 בבוקר; דמיעה שופעת לא מתרחשת בצמחים המבוגרים מגיל חודש. ממצאי המחקר איפשרו להתוות עקרונות להתמודדות עם ההפצה המשנית של המחלה, כלהלן. בתקופת חלון הזמן להדבקה (משתילה ועד הופעת התפרחת הרביעית) יש להקפיד ולבצע את הפעולות האגרוטכניות רק כשהצמחים יבשים. יום אחד לפני כן, אפשר לרסס את הצמחים בתכשיר נחושת. כדי להפחית את ההפצה המשנית המתרחשת במהלך פעולות הגיזום, הזירוד וההדליה, יש לחטא את כלי העבודה בעת המעבר מצמח לצמח. אין צורך לבצע פעולות למניעת ההפצה המשנית המתרחשת בדרך האוויר מפני שדרך הפצה זו אינה חשובה בישראל. מן הראוי לציין שמגדלים רבים כבר מיישמים, הלכה למעשה, חלק מההנחיות הרשומות כאן ובהצלחה ניכרת.

#### ג4. תרומת העמידות הגנטית

במסגרת מטרה זו בוצעו שני מחקרים. מחקר יא' שנוהל על ידי יעל רקח בחן אם קיימים הבדלים באלימות תבדידי חיידקים המשתייכים לקבוצות גנטיות שונות. מחקר יא' נוהל גם הוא על ידי יעל רקח והוא עסק בחקר המנגנון התורשתי של העמידות.

#### **מחקר יא': אלימות טיפוסים גנטיים ותבדידים של החיידק *Clavibacter michiganensis* בעגבניות**

מחקר זה נוהל על ידי יעל רקח בהשתתפות דני שטיינברג, מייקל לופטהאוס ומירון סופר

לפתוגן *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* (Cmm) המחולל את מחלת הכיב הבקטריאלי ומחלת הנבילה בעגבניות מספר קבוצות גנטיות שונות. בארץ התגלו בעבר הקבוצות A, B, C, D, E ו-Z.

בשנים האחרונות התגלו תבדידים מקבוצות גנטיות חדשות, L ו-K. אין מידע אם קיימים הבדלים באלימות בין הקבוצות ולמידע זה חשיבות רבה בהבנת האפידמיולוגיה של גורם המחלה ובנושאים שונים הקשורים לטיפול ולעמידות. במסגרת מחקר זה בחנו אם קיימים הבדלים באלימות של תבדידים מקבוצות שונות שנמצאו בארץ. בניסויים שערךנו בשנת המחקר הראשונה נמצא כי קיימים הבדלים באלימות בין תבדידי הפתוגן המשתייכים לאותה קבוצה גנטית: היו תבדידים בעלי אלימות גבוהה ואחרים בעלי אלימות חלשה. לעומת זאת, לא נמצאו הבדלים מובהקים באלימות בין תבדידים המשתייכים לקבוצות גנטיות שונות ובכל קבוצה היו תבדידים בעלי אלימות גבוהה ותבדידים בעלי אלימות נמוכה כלפי הזנים שנבחנו. לאחר שזוהו קבוצות גנטיות חדשות, נערך מבחן לבחינת ההבדלים באלימות בין תבדידים מהקבוצות A, B ו-Z השייכים לקבוצות הידועות מהעבר לתבדידים מהקבוצות החדשות L ו-K. הקו 1125, שהוא קו הבקורת הרגיש הודבק ב-15 תבדידים (מהקבוצות הותיקות והחדשות A, B ו-Z – L ו-K, בהתאמה). נערך ניסוי נוסף על מנת לבחון אם חל שינוי באלימות של תבדידים "ותיקים" שבודדו לפני שנת 2006 מהקבוצות A, B, ו-Z לעומת תבדידים "חדשים" שבודדו משטחי גידול בשנה האחרונה. מכל קבוצה גנטית נבחנו שישה תבדידים: 3 תבדידים "ותיקים" ו-3 תבדידים "חדשים". בניסויים נמצא שאין הבדלים משמעותיים באלימות התבדידים בין הקבוצות הישנות והחדשות, אך קיימים הבדלים באלימות בין תבדידים בתוך הקבוצות הגנטיות. לא נמצאו גם הבדלים בין התבדידים "ותיקים" וה"חדשים" ובתוך הקבוצות האלה יש לקחת זאת בחשבון כאשר מבצעים הערכות עמידות במהלך תהליך הטיפול.

### **מחקר יב': עמידות צמחי עגבנייה לתבדידים של החיידק *Clavibacter michiganensis***

מחקר זה נוהל על ידי יעל רקח בהשתתפות דני שטיינברג, מייקל לופטהאוס ומירון סופר אין בארץ זני עגבניות מסחריים העמידים לחיידק ואין כרגע טיפול יעיל כנגדה. בבדיקה ראשונית בפקולטה לחקלאות נמצאו בשנים האחרונות מספר מקורות עמידות למחלה. במסגרת המחקר בחנו את הקווים העמידים כדי שניתן יהיה להעריך את מידת התאמתם לשמש כמקורות עמידות לטיפול זנים עמידים בעתיד ובדקנו, בצורה ראשונית, את מנגנון תורשת העמידות. נערכו שני ניסויים במו"פ דרום לבחינת מנגנון ההורשה של העמידות שמקורה בקו 2712 ובקו 2692. ההדבקה נעשתה ע"י גזירת עלה בתרחיף החיידק בריכוז  $10^8$  CFU/ml. מלבד הזן 1125 נבחנו הקווים וההכלאות הבאים: הורה עמיד (מקור עמידות: 2712), הורה רגיש, המיכלוא (מקור עמידות X רגיש) (צפויים 100% עמידים), אוכלוסיות F2 – (צפויה התפצלות 1:3 עמידים:רגישים) דהיינו, כ-25% רגישים, BC1 להורה רגיש (צפויה התפצלות 1:1 עמיד:רגיש, דהיינו 50% רגישים). עמידות הצמחים הערכה בסוף הניסוי עפ"י הפרמטרים הבאים: שכיחות המחלה עפ"י סה"כ אחוז הצמחים הנגועים, אחוז הנגועים בדרגות חומרה גבוהות ואחוז המתים. התוצאות תאמו להיפותזת המחקר ושכיחות הצמחים העמידים/רגישים התאימו לצפוי באוכלוסיות המיכלוא (100% עמידים) ובאוכלוסיית F2 (כ-25% עמידים). באוכלוסיית BC להורה הרגיש נצפתה סטיה מן הצפוי (50% עמידים) ונצפו רק כ-25-35% צמחים עמידים. ממצאים אלה מבססים את הסברה כי הורשת העמידות מבוססת על גן עיקרי דומיננטי אולם נראה כי גנים נוספים בעלי השפעות שוליות משחקים תפקיד בקביעת העמידות. השערה זו מתחזקת לנוכח תוצאות ניסוי שבצענו בשנת 2011 בו נמצא כי לרקע הגנטי של ההורה הרגיש יש השפעה על התבטאות העמידות במיכלוא (מקור העמידות X רגיש). המסקנה היא שישנם מקורות גנטיים בהם ניתן להשתמש להחדרת עמידות לזנים מסחריים. בתהליך הטיפול יהיה צורך לבחון באופן רציף וקבוע את השפעת ההורה המחזיר (ההורה הרגיש) על העמידות וכן להתחשב בהבדלים בעוצמת המחלה המתקבלת בכל ניסוי בנפרד.

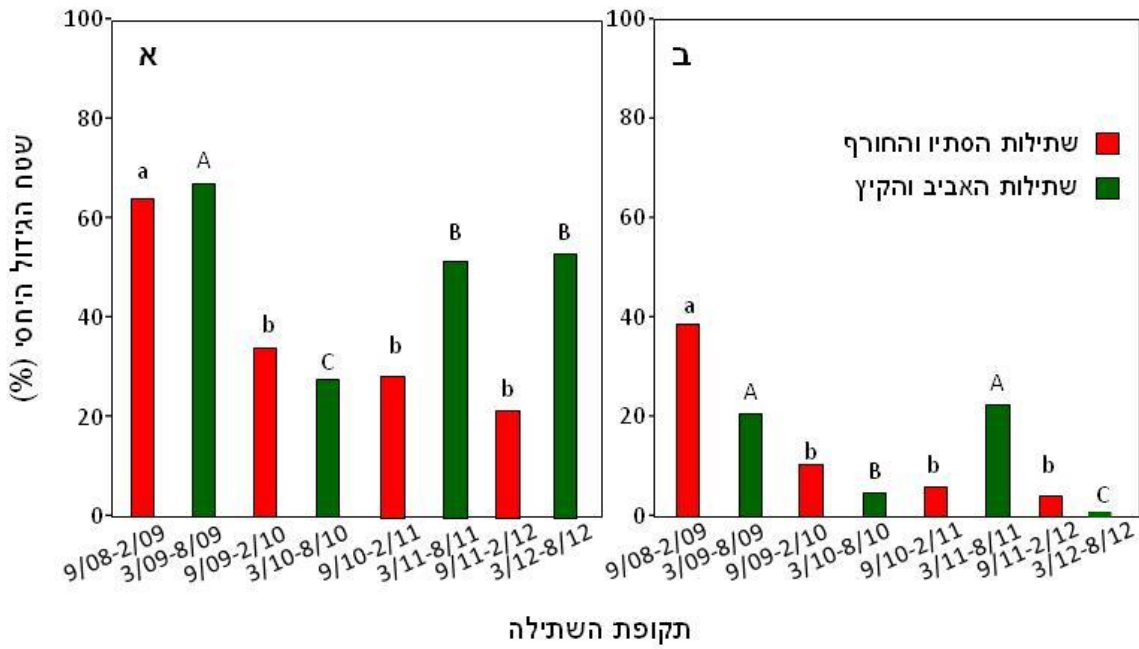
## ג. פיתוח כלים ליישום הידע שנצבר

הידע שנצבר במחקרים השונים כבר יושם תוך כדי המחקר. הכלים השונים שפותחו לשם כך נסקרו בסעיפים 16 עד 18 למעלה ויצויינו כאן רק בקצרה. התברר שמקור המידבק הראשוני העיקרי הוא שתילים נגועים ולכן נבחנו האמצעים להפחית את איכלוס השתילים במשתלות. נמצא שהחיידקים מופצים במשתלה משתילים מאוכלסים (גם אם הם א-סימפטומטיים) לשתילים הבריאים הסמוכים במהלך ההשקיה העילית ולכן השקייה תחתית מפחיתה את ההפצה של החיידקים במרחב. מצאנו שנוכחות דשן על פני העלים מגבירה את רגישות השתילים להדבקה ולכן שטיפה של העלים במים נקיים בלי דשן (בסוף כל מחזור השקיה) מפחיתה את ההדבקה. לגבי מקורות המידבק האחרים, מצאנו שהחיידקים מסוגלים לשרוד על פני מבנה הגידול עצמו (אם כי מקור מידבק זה לא היה משמעותי) ולכן חיטוי המבנה בתמיסת סודיום היפוכלוריט – [אקונומיקה] בריכוז של 1% בגמר הגידול עשויה להפחית את ההדבקה ממקור זה. נמצא שהחיידקים שורדים בקרקע בשאריות צמחים מאוכלסים: בכלל זה שורשים ופירות שנשרו לקרקע. הרחקת החומר הצמחי תפחית את הסבירות שהחיידקים ישרדו בקרקע המבנה. תוספת כוספה סויה בכמות מחושבת שוות ערך למנה של 2 טון לדונם או קומפוסט סופרסיבי לקרקע מדביר את אוכלוסיית החיידקים ומפחית את הסבירות להדבקה של שתילים ממקור מידבק זה. לגבי ההפצה המשנית, מצאנו שהמחלה מופצת במרחב על ידי כלי העבודה (מזמרות, סכיני חיתוך) במהלך הפעולות האגרוטוניות הרוטניות ולכן חיטוי הכלים באקונומיקה תפחית את ההפצה מצמחים נגועים לצמחים הבריאים השכנים. אבל, הגורם המשמעותי ביותר בהפצה המרחבית הוא נגיעה בצמחים מאוכלסים (א-סימפטומטיים) הרטובים מטיפות דמיעה ולאחר מכן נגיעה בצמחים רטובים שכנים. זו דרך ההפצה העיקרית של המחלה במרחב. אי נגיעה בצמחים כשהם רטובים מפחית במידה רבה את ההפצה המשנית ואת הנגיעות. כלי נוסף שנבחן במסגרת המיזם הוא העמידות הגנטית; נמצאו מקורות עמידות טובים ונבחן באופן ראשוני מנגנון העמידות.

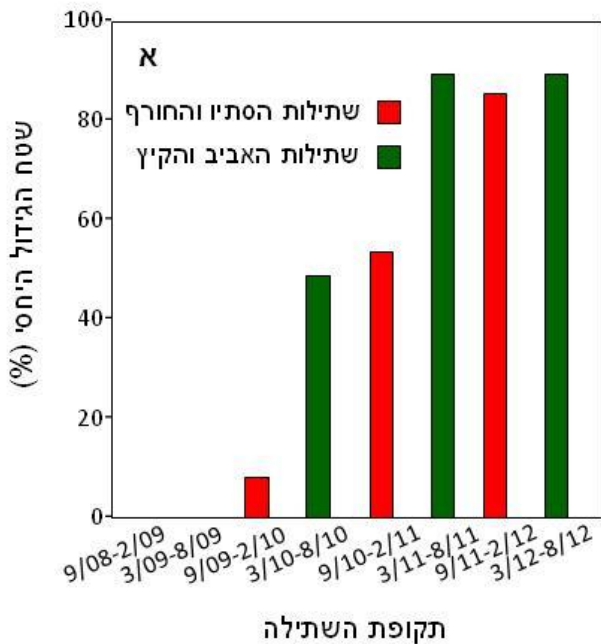
## ד. דיון

ממצאי המחקרים השונים נדונו בסעיפים הקודמים. כאן נדון בשאלה האם המיזם הישיג את מטרותיו. למיזם חוסיין קלויבקטר הוגדרו שני יעדים: 1. לפתח אסטרטגיה למניעת הנזקים הנגרמים על ידי מחלת הכיב הבקטריאלי לעגבניות הגדלות בחממות ובבתי רשת ולמניעת התבססות המחלה באזורים בהם היא לא נמצאת; 2. ליישם את האסטרטגיה שתפותח בקנה מידה מסחרי. כדי להשיג את היעד הראשון בצענו במסגרת המיזם 13 מחקרים עיקריים ומספר מחקרי משנה (שלא פורטו כאן, אך סוכם בדו"חות המלאים שפורסמו). כדי להשיג את היעד השני דווחנו על ממצאי המחקרים בסידרה של ימי עיון, כנסי מגדלים, סיורי מגדלים, ימים פתוחים, כנסים מקצועיים, מאמרים בעברית שפורסמו בעיתונות המגדלים המקומית ומאמרים מקצועיים באנגלית שפורסמו בירחונים מקצועיים בחו"ל. בנוסף עודכנו הנחיות שירות ההדרכה והמקצוע להתמודדות עם המחלה ופורסמו המלצות חדשות המבוססות על ממצאי המחקרים. במסגרת המיזם בצענו סקר מקיף שכלל 835 חלקות גידול מסחריות (כ – 8,000 דונם) בו הוערכה הנגיעות במבני גידול מסחריים. ניתן להשתמש בתוצאות הסקר כדי לבחון אם יעדי המיזם הושגו. באיור מספר 2 מוצגים ממצאי הסקר המתארים את השטח היחסי של החלקות הנסקרות בו זוהו תסמיני המחלה והשטח היחסי בו התפתחה נגיעות בחומרה בינונית וגבוהה (שבה נגרם נזק ליבול). מאחר והתברר שישנם הבדלים בנגיעות כתלות במועד השתילה הנתונים מוצגים בנפרד עבור שתילות סתיו-חורף ושתילות אביב-קיץ.





**איור מספר 2:** שיעור הנגיעות במחלת הכיב הבקטריאלי כפי שהוערכה בסקר המיקיף שבוצע במהלך שנות המיזם בחממות ובתי רשת של עגבניות במועצה האזורית אשכול (אזור הבשור ובפתחת שלום), מועצה אזורית רמת הנגב והמועצה האזורית שדות נגב. א: שטח הגידול היחסי בו זוהו תסמיני המחלה בכל רמות הנגיעות; ב. שטח הגידול היחסי בו התפתחה המחלה בחומרה בינונית וגבוהה. ערכי עמודות בצבע אדום שלידן אותיות קטנות שונות, שונים במובהק כנקבע על פי מבחן  $\chi^2$  ברמת מובהקות של  $P < 0.05$ . ערכי עמודות בצבע ירוק שלידן אותיות גדולות שונות, שונים במובהק כנקבע על פי מבחן  $\chi^2$  ברמת מובהקות של  $P < 0.05$ .



**איור מספר 3:** שטח הגידול היחסי שלגביו המגדלים הצהירו שהם מקפידים שלא לעבוד בוקר כשהצמחים רטובים מטל או מדמיעה, כפי שהוערך בסקר המיקיף שבוצע במהלך שנות המיזם בחממות ובתי רשת של עגבניות במועצה האזורית אשכול (אזור הבשור ובפתחת שלום), מועצה אזורית רמת הנגב והמועצה האזורית שדות נגב.

בשנת המיזם הראשונה שהחלה בסוף שנת 2008 נצפו תסמיני המחלה ב – 60-65% ממבני הגידול וב – 20-40% ממבנים הנגרם נזק ליבול. במחקר שבצענו בשנת המיזם הראשונה התבררה החשיבות של טיפות הדמיעה בהפצה המשנית של המחלה והחלנו. התברר שהמנענות מעבוד הכשהצמחים רטובים מטל או מדמיעה מפחיתה במידה רבה את ההפצה המשנית. מידע זה הופץ למגדלים בדרכים שונות וכבר בשנת המיזם השנייה יישמו אותו כ – 50% מהמגדלים (איור מספר 3). לאחר מכן דיווחו רוב המגדלים (בין 80 ל – 90%) שנכללו

בסקר שהם מיישמים את ההמלצות. בשתילות סתיו-חורף שבוצעו מחודש ספטמבר 2009 ואילך (שנות המיזם השנייה, השלישית והרביעית) המחלה זוהתה ברבע עד שליש מבמבנים שנסקרו, אך רק ב – 5% מהמבנים בחומרה שגרמה לנזק ליבול. בשתילות האביב-קיץ המחלה זוהתה בשליש עד חצי מהמבנים, אבל ברובם היא הייתה בחומרה נמוכה. אפשר להניח, אך לא ניתן להוכיח זאת שההימנעות מעבודה כשהצמחים היו רטובים מדמיעה הפחיתה את ההפצה המשנית והקטינה עד למינימום את שטח הגידול בו נגרם נזק ליבול. בשתילות אביב-קיץ 2011 התפתחה נגיעות בהיקף יוצא דופן וב – 22% מהמבנים התפתחה נגיעות בחומרה בינונית וקשה. במהלך חודש מאי בשנה זו ירדו באזור הבשור גשמים שגרמו להפצה משנית של המחלה באמצעות טיפות מי הגשם בבתי רשת בהם גידלו עגבניות. ואכן, במבנים אלה התגלו התסמינים המתאימים לצורת הפצה זו (ובכלל זה תסמינים של "עין הציפור" על הפירות). זה המקום לציין שהמחלה לא התבססה באזורים בהם היא לא נמצאת (אחד מיעדי המיזם), אבל נראה שתוצאה זו לא נגרמה בגלל הפעילות המחקרית אלא מסיבות ביולוגיות בלתי תלויות. מכל זאת אנו מסיקים שיעדי המיזם הושגו. אמנם לא באופן מוחלט, מפני שעדיין היו מבנים בהם נגרם נזק ליבול, אבל יחסית לשנה הראשונה של המיזם – המשמשת כשוואה – הייתה פחיתה משמעותית בנזק.

## ה. פרוט מלא של הפרסומים המדעיים

- מירון ס. 2011. שיתוף פעולה בין מו"פ נגב ל – Syngenta AIS בלחימה במחלת הכיב הבקטריאלי. עונות וטעמים. המגזין לחקלאי. חוברת ינואר. עמודים 14-15.
- שטיינברג, ד., בורנשטיין, מץ, שהרבני, ג., שולחני, רץ, סופרת מ. ומנוליס, ש. 2011. מיזם חוס"ן קלויבקטר: מהמחקר למעשה החקלאי. יבולי שיא. חוברת פברואר. עמודים 68-69.
- גנץ, ש., אילני, ש., מור, נ. שטיינברג, ד. 2011. התראה מפני מחלת הכיב הבקטריאלי בעגבניות. משוב חקלאות. עמוד 24.
- שטיינברג ד., שולחני ר., כהן י., לופטהאוס, מ., אורן ב., סופר מ. 2011. האם שאריות צמחים ואתרי סילוק אשפה מהווים מקור מידבק ראשוני חשוב למחלת הכיב הבקטריאלי בעגבניות? שדה וירק. חוברת ספטמבר. עמודים 34-39.
- שטיינברג ד. 2012. מיזם חו"ס"ן קלויבקטר: סיכום ממצאי שנת המיזם השנייה. יבולי שיא. חוברת ינואר עמודים 52-55.
- Sharabani, G., Manulis-Sasson, S., Borenstein, M., Shulhani, R., Lofthouse, M., Chalupowicz, L., and Shtienberg, D. (2012). The significance of guttation in the secondary spread of *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* in tomato greenhouses. *Plant Pathology*: Article first published online: 21 AUG 2012, DOI: 10.1111/j.1365-3059.2012.02673.x
- Sharabani, G., Shtienberg, D., Borenstein, M., Shulhani, R., Lofthouse, M., Sofer, M., Chalupowicz, L., Barel, V. and Manulis-Sasson, S. (2012). Effects of plant age on disease development and virulence of *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* on tomato. *Plant Pathology*. Article first published online: 16 NOV 2012, DOI: 10.1111/ppa.12013

## ו. הבעות תודה

- יוזמי המיזם:** אלי מתן, יואל מסיקה, מורדי בטון, חזי אנטיגנוס ומיקי קפלן.
- חברי ועדת ההיגוי של המיזם:** מירון סופר (יו"ר), יענקלה מוסקוביץ, ליאור קטרי, עומר זאידן, מיקי קפלן, מאיר יפרח, חזי אנטיגנוס, ציון דקו, יעל בראון-לרנטל, דני שטיינברג
- חברי הוועדה המקצועית של המיזם:** דני שטיינברג (מרכז), מירון סופר, גיורא קריצמן, שולמית מנוליס, אמנון קורן, יואל חדד, שלי גנץ, יעל רקח, מאיר מזרחי, יוסי אביאיה מלאכי, שלמה ישראל, נטע מור, שלמה אילני, שמוליק גרוס.
- החוקרים שהיו אחראים לביצוע המחקרים בשנת המיזם השנייה:** שולמית מנוליס, גיורא קריצמן, מיכה רביב, יפית כהן, עומר פרנקל, יעל רקח ודני שטיינברג

**שותפים אחרים במחקרים:** אנו מודים לרבים ששותפו, עזרו וביצעו את הפעילויות הרבות עליהן דווח כאן: לחנה יחזקאל, ליאנה גדות, מייקל לופטהאוס, בנימין אורן, אלי בלו, גידי פרידמן, משה בורנר ממו"פ דרום; לצוות המחקר של מו"פ דרום כנרתם כולו לביצוע המחקר; לגלית שהרבני, אורית דרור, מנחם בורנשטיין, רן שולחני, ויקה בראל ולאורה צ'לופוביץ ממנהל המחקר החקלאי; לשלי גנץ, נטע מור משה"מ, שלמה אילני ממועצת הצמחים. אנו מודים לעשרות המגדלים שאיפשרו לסוקרים לבקר בחלקות הגידול שלהם לצורך ביצוע הסקרים וספקו את המידע הנדרש לצורך ניתוח הנתונים.

**הגורמים שמימנו את המיזם:** משרד החקלאות ופיתוח הכפר (דרך המדען הראשי של המשרד), מועצת הצמחים והקרן הקיימת.

## ז. סיכום עם שאלות מנחות

### מטרות המחקר:

יעדי מיזם חוס"ן קלויבסטר (כפי שהוגדרו על ידי ועדת ההיגוי) הם לפתח אסטרטגיה למניעת הנזקים הנגרמים על ידי מחלת הכיב הבקטריאלי לעגבניות הגדלות בחממות ובבתי רשת ולמנוע את התבססות המחלה באזורים בהם היא לא נמצאת וליישם את האסטרטגיה שתפותח בקנה מידה מסחרי. המטרות הספציפיות של המיזם היו: 1. לכמת את הגורמים המשפיעים על התפתחות המחלה בזמן ובמרחב; 2. לפתח אמצעים יעילים להתמודדות עם מקורות המידבק ההתחלי העיקריים; 3. לפתח אמצעים יעילים למניעת ההפצה המשנית של הפתוגן מצמחים נגועים לצמחים שכנים, בריאים; 4. לבחון את תרומת העמידות הגנטית. 5. לפתח כלים שיאפשרו ליישם את הידע שנצבר.

### עיקרי הניסויים והתוצאות:

מקורות המידבק ההתחלי העיקריים הם מבני הגידול ושתילים. מקור המדבק הקרקעי והישרדות הפתוגן בקרקע לאורך זמן נמצאים בקשר הדוק לנוכחות שאריות צמחים בקרקע. אתרי אשפה לא מהווים מקור מידבק ראשוני חשוב. קומפוסטציה הכחידה את חיידקים בשאריות חומר צמחי נגוע. תוספת כוספה סויה לקרקע הפחיתה את המידבק ששרד בה. במשתלות - החיידקים מופצים בדרך האוויר ודשן הנמצא על פני העלווה מעודד את ההדבקה; מעכבי צימוח מגבירים את רגישות הצמחים ואת ההדבקה. בחלקות מסחריות - המחלה מופצת למרחקים בתוך השורות כאשר הפעולות האגרוטכניות מתבצעות כשהצמחים רטובים מדמיעה או מטל/גשם. הצמחים רגישים להדבקה במשך תקופה קצרה שעונתה "חלון הפגיעות" שנמשך משתילה ועד לגיל של תפוחת שלישית. לא נמצאו הבדלים מובהקים באלימות בין תבדידים מקבוצות גנטיות שונות ובכל קבוצה היו תבדידים בעלי אלימות גבוהה ותבדידים בעלי אלימות נמוכה כלפי הזנים שנבחנו. היו הבדלים בתגובה של זנים מסחריים לגורם המחלה. ישנם קווים עמידים ונראה שבמנגנון תורשת העמידות מעורב גן עיקרי אחד וכמה גנים משניים.

### מסקנות מדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו. האם הושגו מטרות המחקר לתקופת הדוח?

נראה שההפצה המשנית חשובה יותר מההדבקה הראשונית. ההפצה המשנית מתרחשת למרחקים כשהפעולות האגרוטכניות בשלבי הגידול הראשונים נעשות כשהצמחים רטובים מדמיעה או מטל. מטרות המיזם הושגו כמעט במלואן. הנזק הנגרם מהמחלה בקנה מידה לאומי – שולי. גורם המחלה לא התבסס באזורי גידול חדשים.

בעיות שנתרו לפתרון ו/או שינויים (טכנולוגיים, שיווקיים ואחרים) שחלו במהלך העבודה; התייחסות המשך המחקר לגביהן, האם יושגו מטרות המחקר בתקופה שנתרה לביצוע תוכנית המחקר?

טיפול זנים עמידים ; הפחתה נוספת של ההפצה המשנית המתרחשת במשתלות ; הבנה של חשיבות פירות עגבנייה נגועים כמקורות מידבק הראשוני

**הפצת הידע שנוצר בתקופת הדו"ח:**

אירוע	מספר אירועים	מספר
דיונים	35	ועדת ההיגוי והועדה המקצועית של המיזם; ועדות מקצועיות אחרות
מפגשי מגדלים	32	מפגשי מגדלי עגבניות, מפגשים עם אנשי משתלות, הרצאות בנושא בקורסי מגדלים שונים
כנסים מקצועיים	19	הרצאות בכנסים מקצועיים כולל סמינרים במוסדות מחקר בארץ ובחו"ל
סורים מקצועיים	12	באתרי הניסויים במו"פ דרום (אתר הקרנטינה) ובמינהל המחקר החקלאי
ימים פתוחים	4	במו"פ דרום – הצגת ממצאי המיזם לקהל הרחב

**פרסום הדוח:**

אני ממליץ לפרסם את הדוח ללא הגבלה (בספריות ובאינטרנט)