

תקופת המחקר: 2001-2003	קוד מחקר: 132-1073-03
Subject: EFFECTS OF SOURCE/SINK RELATIONSHIPS ON THE PROGRESS OF ERWINIA AMYLOVORA IN PEAR BRANCHES AND DEVELOPMENT OF STRATEGIES TO REDUCE THE DAMAGE	שם המחקר: השפעת יחסי מקור מבלע בעצי אגס על התקדמות חיידקי ERWINIA AMYLOVORA בענפים מעוצים ופיתוח גישות למניעת הנזק הנגרם לעצים ממחלת החרכון
Principal investigator: DAN SHTIENBERG	חוקר ראשי: דן שטיינברג
Cooperative investigator: Yael GRINBLAT, Zvi HERZOG, MIRIAM ZILBERSTAIN, SHULAMIT MANULIS, GIORA KRITZMAN, ODED SHESOEV, DOV OPENHAIM	חוקרים שותפים: יעל גרינבלט, צבי הרצוג, מרים זילברשטיין, שולמית מנוליס, גיורא קריצמן, עודד שוסייב, דב אופנהיים
Institute: Agricultural Research Organization (A.R.O)	מוסד: מינהל המחקר החקלאי, ת.ד. 6 בית דגן 50250

תקציר

הצגת הבעיה

האיבר הצמחי הרגיש ביותר להדבקה בחיידקי *Erwinia amylovora* המחוללים את מחלת החרכון באגסים הוא הפרחים. לאחר ההדבקה חודרים החיידקים לרקמות הצמח ומתקדמים בהם. ההתקדמות היא דרך ציר הפרח לדורבן ומשם לענף הקרוב ודרכו הלאה, מענף לענף, עד לענפי השלד של העץ. בדרכם גורמים החיידקים להתייבשות ולתמותת האיברים הפגועים. אם מגיעים החיידקים לענפי השלד הפגיעה בעץ עלולה להיות קשה ואם הם מגיעים לגזע, עלול העץ למות. המטרה ארוכת הטווח

של המחקר היא להגדיר את הגורמים המשפיעים על התקדמות מחלת החרכון ברקמות מעוצות של עצי אגס. הגדרה זו תאפשר לפתח אסטרטגיה מיטבית למניעת הנזקים שהמחלה גורמת.

מהלך ושיטות עבודה

במהלך המחקר בצענו ניסויים במטעים בשפיה ובחוות המטעים בגונון על עצים בוגרים ובחוות הבשור על שתילים. בניסויים בחנו את השפעתם של גורמים שונים על התקדמות המחלה ברקמות המעוצות. בין היתר, נבחנה ההשפעה של דרגת הצימוח של העצים (נמרץ או מוגבל) ומועד ההדבקה (אביב או סתיו). בחנו גישות שונות למניעת הנזקים שהמחלה גורמת ובניהם, שימוש במעכבי צימוח, יעילות של שיטות גיזום שונות ושללוב במבער. בדגימות שנלקחו למעבדה נקבע תכולת הסורביטול על ידי שימוש ב-HPLC.

תוצאות עיקריות

1. הדבקות המתרחשות בסתיו מסוכנות יותר מהדבקות המתרחשות באביב. 2. נמצא מתאם בין קצב השינוי בתכולת הסורביטול בענפי הצימוח החד-שנתיים לקצב התקדמות המחלה ברקמות המעוצות. 3. השפעתם של תכשירים מעכבי צימוח על התקדמות המחלה ברקמות המעוצות לא הייתה חד משמעית. 4. התברר שסניטציה של ענפים נגועים לא עוזרת בכל המקרים; לעיתים השפעתה חיובית ולעיתים שלילית. 5. גובשו הנחיות חדשות לביצוע סניטציה כתלות בפתוגן, בפונדקאי ובתנאי הסביבה.

מסקנות והמלצות

החשיבות האפידמיולוגית של הדבקות סתיו והסכנה הפוטנציאלית הטמונה בהם גבוהים מאלה של הדבקות אביב. יש להתמקד במניעת הפריחה הסתוית ובטיפול בהדבקות, אם התרחשו. גובשו הנחיות חדשות לביצוע טיפולי סניטציה ופוחתה אסטרטגיה למניעת הנזקים שהמחלה גורמת. הממצאים שימשו להעלאת היפותזה לגבי המנגנון הפיזיולוגי הקובע אם המחלה תתקדם ברקמות המעוצות ואת קצב התקדמותה בהן. אם תאוּשש ההיפותזה, ניתן יהיה להפוך את עצי האגס הרגישים לעמידים (פיזיולוגית) ובכך להסיר את האיום שמהווה מחלת החרכון לגידול האגסים בישראל.

רשימת פרסומים

- Blachinsky, D., Shtienberg, D., Oppenheim, D., Zilberstaine M., Levi, S., Zamski, E., and Shosaiov, O., 2003. The role of autumn infections in the progression
1082-87:1077 of fire blight symptoms in perennial pear branches. Plant Dis.
- Shtienberg, D., Shwartz, H., Manulis, S., Kritzman, G., Zilberstaine, M., Oppenheim, D., and Herzog, Z. 2002. Coping with fire blight in pears: experience gained in Israel in the fire blight management (Fire-Man) project. Acta Hort. 590:253-262.
- Shtienberg, D., Zilberstaine, M., Oppenheim, D., Levi, S., Shwartz, H., and Kritzman, G. 2003. New considerations for pruning in management of fire blight
1088-87:1083 in pears. Plant Dis.

דו"ח מסכם של תוכנית מחקר מספר 1073-132
מוגש לקרן המדען הראשי של משרד החקלאות

השפעת יחסי מקור/מבלע בעצי אגס על התקדמות חיידקי *Erwinia amylovora* בענפים מעוצים ופיתוח גישות למניעת הנזק הנגרם לעצים ממחלת החרכון

על ידי

ד. שטיינברג, המחלקה לפתולוגיה של צמחים, מינהל המחקר החקלאי [e-mail: danish@volcani.agri.gov.il]

ג. קריצמן וש. מנוליס, המחלקה לפתולוגיה של צמחים, מינהל המחקר החקלאי

ע. שוסיוב, המחלקה למטעים וצמחי נוי, הפקולטה למדעי החקלאות, המזון ואיכות הסביבה

מ. זילברשטיין וד. אופנהיים, האגף להגנת הצומת, שה"מ, משרד החקלאות

י. גרינבלט, המחלקה לנשירים, שה"מ, משרד החקלאות

ר. שטרן, מו"פ ההר

Effects of source/sink relationships on the progress of *Erwinia amylovora* in pear branches and development of strategies to reduce the damage

by

Shtienberg D., Kritzman, G. and Manulis, S., Department of Plant Pathology, The Volcani Center, ARO, Bet Dagan 50250, Israel [e-mail D. Shtienberg: danish@volcani.agri.gov.il]

Shosaiov, O., Department of Fruit Trees, Faculty of Agriculture and Rural Development, The Hebrew University of Jerusalem, Rehovot 70100, Israel

Zilberstaine, M. and Oppenheim, D., and Grinblat, Y., The Extension Service, Ministry of Agriculture, Bet Dagan 50250, Israel

Shtern R., MOP Ha'Har

הממצאים בדו"ח זה הינם תוצאות ניסויים ואינם מהווים המלצות לחקלאים

חתימת החוקר: _____

א. תקציר

הצגת הבעיה

האיבר הצמחי הרגיש ביותר להדבקה בחיידקי *Erwinia amylovora* המחוללים את מחלת החרכון באגסים הוא הפרחים. לאחר ההדבקה חודרים החיידקים לרקמות הצמח ומתקדמים בהם. ההתקדמות היא דרך ציר הפרח לדורבן ומשם לענף הקרוב ודרכו הלאה, מענף לענף, עד לענפי השלד של העץ. בדרכם גורמים החיידקים להתייבשות ולתמותת האיברים הפגועים. אם מגיעים החיידקים לענפי השלד הפגיעה בעץ עלולה להיות קשה ואם הם מגיעים לגזע, עלול העץ למות. המטרה ארוכת הטווח של המחקר היא להגדיר את הגורמים המשפיעים על התקדמות מחלת החרכון ברקמות מעוצות של עצי אגס. הגדרה זו תאפשר לפתח אסטרטגיה מיטבית למניעת הנזקים שהמחלה גורמת.

מהלך ושיטות עבודה

במהלך המחקר בצענו ניסויים במטעים בשפיה ובחוות המטעים בגוון על עצים בוגרים ובחוות הבשור על שתילים. בניסויים בחנו את השפעתם של גורמים שונים על התקדמות המחלה ברקמות המעוצות. בין היתר, נבחנו ההשפעה של דרגת הצימוח של העצים (נמרץ או מוגבל) ומועד ההדבקה (אביב או סתיו). בחנו גישות שונות למניעת הנזקים שהמחלה גורמת ובניהם, שימוש במעכבי צימוח, יעילות של שיטות גיזום שונות ושילוח במבער. בדגימות שנלקחו למעבדה נקבע תכולת הסורביטול על ידי שימוש ב - HPLC.

תוצאות עיקריות

1. הדבקות המתרחשות בסתיו מסוכנות יותר מהדבקות המתרחשות באביב. 2. נמצא מתאם בין קצב השינוי בתכולת הסורביטול בענפי הצימוח החד-שנתיים לקצב התקדמות המחלה ברקמות המעוצות. 3. השפעתם של תכשירים מעכבי צימוח על התקדמות המחלה ברקמות המעוצות לא הייתה חד משמעית. 4. התברר שסיניטציה של ענפים נגועים לא עוזרת בכל המקרים; לעיתים השפעתה חיובית ולעיתים שלילית. 5. גובשו הנחיות חדשות לביצוע סיניטציה כתלות בפתוגן, בפונדקאי ובתנאי הסביבה.

מסקנות והמלצות

החשיבות האפידמיולוגית של הדבקות סתיו והסכנה הפוטנציאלית הטמונה בהם גבוהים מאלה של הדבקות אביב. יש להתמקד במניעת הפריחה הסתוית ובטיפול בהדבקות, אם התרחשו. גובשו הנחיות חדשות לביצוע טיפולי סיניטציה ופותרת אסטרטגיה למניעת הנזקים שהמחלה גורמת. הממצאים שימשו להעלאת היפותזה לגבי המנגנון הפיזיולוגי הקובע אם המחלה תתקדם ברקמות המעוצות ואת קצב התקדמותה בהן. אם תאושר ההיפותזה, ניתן יהיה להפוך את עצי האגס הרגישים לעמידים (פיזיולוגית) ובכך להסיר את האיום שמהווה מחלת החרכון לגידול האגסים בישראל.

רשימת פרסומים

- Blachinsky, D., Shtienberg, D., Oppenheim, D., Zilberstaine M., Levi, S., Zamski, E., and Shosaiov, O., 2003. The role of autumn infections in the progression of fire blight symptoms in perennial pear branches. *Plant Dis.* 1082-87:1077
- Shtienberg, D., Schwartz, H., Manulis, S., Kritzman, G., Zilberstaine, M., Oppenheim, D., and Herzog, Z. 2002. Coping with fire blight in pears: experience gained in Israel in the fire blight management (Fire-Man) project. *Acta Hort.* 590:253-262.
- Shtienberg, D., Zilberstaine, M., Oppenheim, D., Levi, S., Schwartz, H., and Kritzman, G. 2003. New considerations for pruning in management of fire blight in pears. *Plant Dis.* 1088-87:1083

ב. מבוא

האיבר הצמחי הרגיש ביותר להדבקה בחיידקי *Erwinia amylovora* המחוללים את מחלת החרכון באגסים הוא הפרחים והדרך היעילה ביותר להתמודד עם המחלה היא למנוע את התרחשות ההדבקות. כדי למנוע את הדבקת הפרחים מרססים החקלאים את המטעים בתכשיר ההדברה בזמן הפריחה, והתכשיר היחידי שיש לו כיום רישוי לשימוש מסחרי הוא הסטרנר. אם בכל זאת התרחשה הדבקה ומופיעים סימפטומים של המחלה על הפרחים, חוזרים החיידקים לרקמות הצמח. לאחר חדירתם מתקדמים החיידקים ברקמות המעוצות של הצמח. ההתקדמות היא דרך ציר הפרח לדורבן ומשם לענף הקרוב ודרכו הלאה, מענף לענף, עד לענפי השלד של העץ. בדרכם גורמים החיידקים להתייבשות ולתמותת האיברים הפגועים. אם מגיעים החיידקים לענפי השלד הפגיעה בעץ עלולה להיות קשה ואם הם מגיעים לגזע, עלול העץ למות. הגורמים המשפיעים על קצב התקדמות החיידקים ברקמות אגס מעוצות לא ידועים די צרכם. ידוע שהחיידקים מתקדמים מהר יותר בענפים צעירים (חד, דו ותלת שנתיים) מאשר בענפים מבוגרים יותר (בני 5-10 שנים) ושתנועת החיידקים בענפים בני 20 שנה ויותר מוגבלת. מכאן עולה שמטעים צעירים הם בדרגת סיכון רבה יותר מאשר מטעים מבוגרים (כי במטעים צעירים רוב ענפי העץ רגישים יותר). תצפיות שנערכו בחלקות מסחריות הראו שיש הבדלים בקצב התקדמות המחלה בין עצים עליהם נוצרים ענפים חד שנתיים רבים (עצים בצימוח נמרץ) לבין אילה שלא נוצרים עליהם ענפים חד שנתיים רבים (עצים בצימוח מוגבל).

ההיפותזה שעמדה בבסיס מחקר זה הייתה שיש קשר בין מצבם הפיזיולוגי של העצים, המושפע מיחסי מקור/מבלע בענף הבודד ובצמח השלם, לקצב התקדמות החרכון ברקמות המעוצות. הנחת העבודה הייתה שהבנת הקשר בין הגורמים הקובעים את מצבם הפיזיולוגי של העצים להתקדמות המחלה תאפשר להגדיר את המצבים בהם עצי אגס מגלים עמידות פיזיולוגית למחלה ולפתח ממשק מיטבי לסניטציה של עצים נגועים. כך ניתן יהיה להפחית או אף למנוע את הנזק הנגרם מהמחלה. המטרה ארוכת הטווח של המחקר (כפי שהוגדרה בתוכנית שאושרה) היא להגדיר את הגורמים המשפיעים על קצב התקדמות חיידקי החרכון ברקמות המעוצות של עצי אגס. המטרות הספציפיות של המחקר הן:

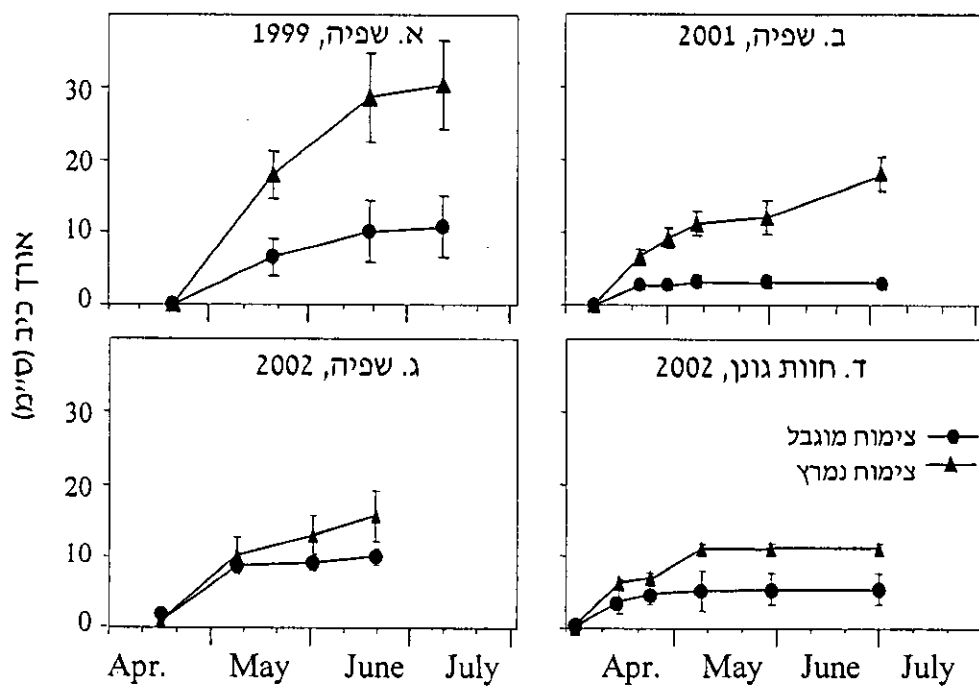
1. להגדיר את הגורמים המשפיעים על התקדמות המחלה ברקמות המעוצות;
2. לבחון את השפעתם של מווסתני צמיחה על התקדמות המחלה ברקמות המעוצות;
3. לפתח ממשק לסניטציה של עצי אגס נגועים במחלת החרכון.

ג. עיקרי הניסויים שבוצעו והתוצאות שהתקבלו

ג1. הגורמים המשפיעים על התקדמות המחלה ברקמות המעוצות

בעונות האביב 1999-2002 והסתיו 1999/2000-2001/2 באביב (ארבעה באביב וארבעה בסתיו) במטע הניסיונות בשפיה ובחוות המטעים בגונן. בניסויים בוצעו אילוחים מלאכותיים וערך מעקב אחר התקדמות המחלה ברקמות המעוצות של העצים. בכל ניסוי אולחו 40 עד 200 ענפים חד שנתיים (או תפרחות, באביב 1999 ו-2002); כחצי מהם היו בעצים עם צימוח נמרץ וחצי - בעצים עם צימוח מוגבל. עוצמת הצימוח של העצים שנכללו בניסויי האביב הוגדרה במהלך החודשים אפריל-מאי, כלהלן. **עץ עם צמיחה נמרצת:** ברוב אמירי הצימוח גדלים ענפים חד-שנתיים. הענפים החד-שנתיים הקיימים גדולים ועבים; **עץ עם צמיחה מוגבלת:** ברוב אמירי הצימוח לא גדלים ענפים חד-שנתיים. הענפים החד-שנתיים הקיימים קצרים ודקים. העצים נבחנו פעם נוספת בחודש יוני וההגדרות תוקנו, אם היה בכך צורך. עוצמת הצימוח של העצים שנכללו בניסויי הסתיו הוגדרה בחודשים יולי - אוגוסט; במידה והיה בסוף הקיץ גל צימוח נוסף תוקנו ההגדרות בחודש נובמבר. המעקבים כללו 14-160 ענפים (בהם הצליחו ההדבקות) בכל אחד מהניסויים. התקדמות המחלה הוערכה מידי שבועיים עד ארבעה. בכל הערכה נמדד אורך הכיב (על פי בדיקה ויזואלית) ונרשם הענף אליו הגיעו הסימפטומים.

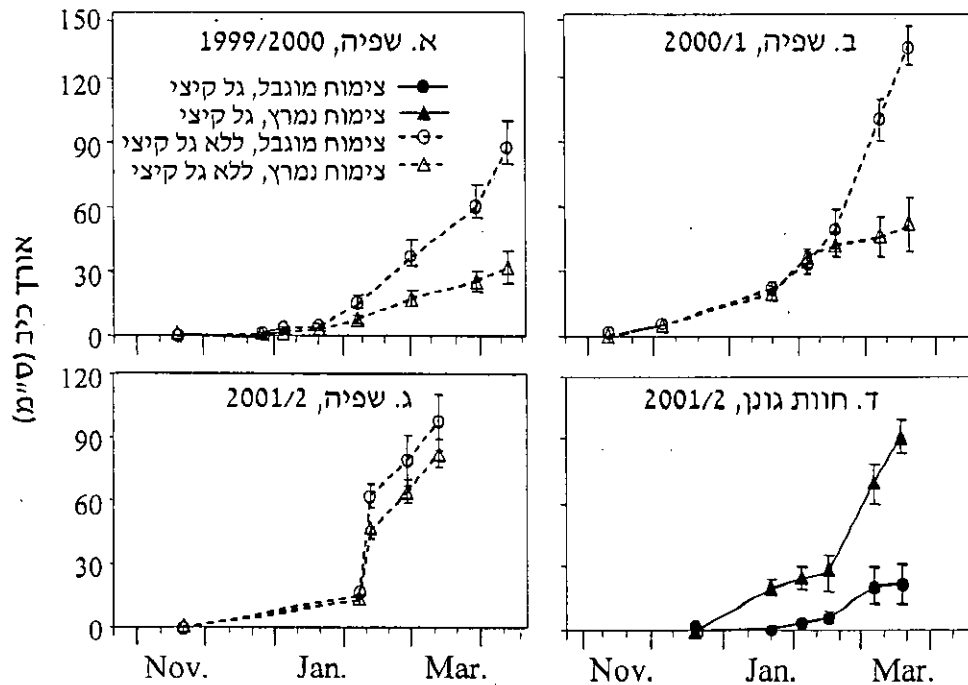
בהדבקות האביב התקדמה המחלה על הענפים ממועד האילוח שבוצע בחודשים מרץ-אפריל במשך חודש-שלושה חודשים. התקדמותה נעצרה בחודשים מאי-יוני, עם עצירת הצימוח ותחילת הגדילה של הפירות. התקדמות המחלה הייתה מהירה יותר ולמרחק רב יותר בעצים עם צימוח נמרץ מאשר בעצים עם צימוח מוגבל. אבל, בשני המקרים התקדמה המחלה למרחק שלא עלה על 30 ס"מ בממוצע ממקום האילוח (איור 1). רק חלק קטן מההדבקות הגיעו לענפי השלד (0 עד 14.2%, בניסויים השונים) ובכל המקרים זה היה בעצים עם צימוח נמרץ (תוצאות לא מוצגות). בהדבקות הסתיו התקדמה המחלה על הענפים ממועד האילוח שבוצע בחודשים נובמבר-דצמבר עד לאביב העוקב (בחודשים מרץ-אפריל), אז נפסקו הרישומים. בניסויים בהם לא היה גל צימוח קיצי התקדמות המחלה הייתה מהירה יותר ולמרחק רב יותר בעצים עם צימוח מוגבל מאשר בעצים עם צימוח נמרץ. בניסוי בו היה גל צימוח קיצי (חוות גונן, 2001/2) היה המצב הפוך. בחלק מהמקרים התקדמה המחלה למרחק של מטר ויותר (איור 2) וב – 50%-78.5 מההדבקות היגיעה המחלה לענפי השלד ולגזע (תוצאות לא מוצגות).



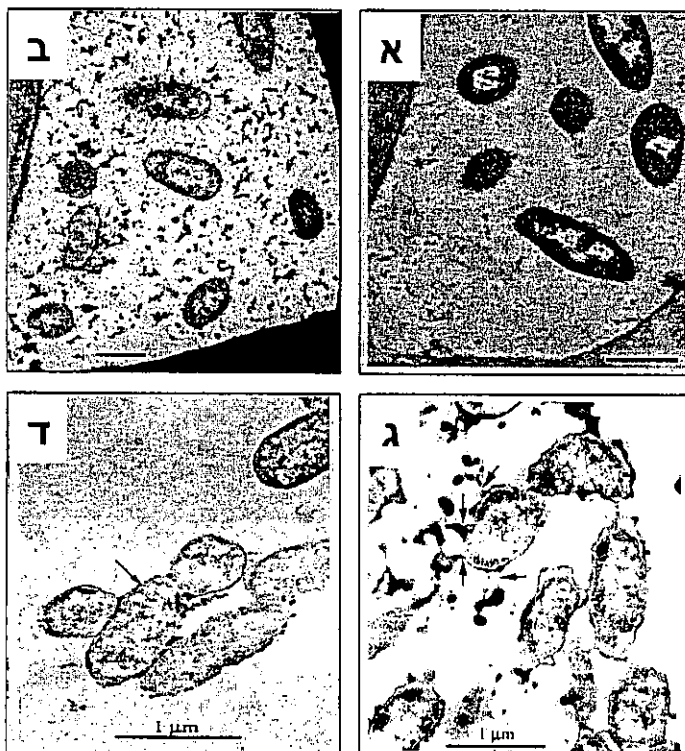
איור מספר 1: השפעת דרגת הצימוח של העצים על התקדמות החרכון ברקמות המעוצות בעקבות הדבקה אביבית. הקווים האנכיים מייצגים את שגיאת התקן.

כדי לבחון את השפעת דרגת הצימוח של העצים (מוגבל-נמרץ) ומועד ההדבקה (אביב-סתיו) על הפתוגן עצמו אולחו ענפים חד שנתיים בחיידקים, וכאשר זוהו הסימפטומים נדגמו קטעי ענפים בשולי הכיב. בוצעו חתכים היסטולוגיים והוכנו פרפרטים להתבוננות במיקרוסקופ אלקטרונים סורק (SEM). החיידקים זוהו בחללים הבין-תאיים בפרנכימה של הקליפה. תמונות מייצגות מתוארות באיור מספר 3. בצילומים שנעשו מדגימות שנלקחו בעונת האביב ניתן לראות בצמוד לתאי החיידקים ובסביבתם, בחלל הבין-תאי, הפרשות סיביות (כעין שערות). כמות הפרשות הייתה רבה יותר בחתכים שנעשו בעצים עם צימוח נמרץ (בהם המחלה התקדמה במהירות ולמרחק רב יותר) מאשר באלה שנעשו מעצים עם צימוח מוגבל (בהם התקדמות המחלה הייתה איטית ולמרחק קצר). בצילומים שנעשו מדגימות שנלקחו בעונת הסתיו ניתן לראות בצמוד לתאי החיידקים ובסביבתם, בחלל הבין-תאי, הפרשות בצורת טיפות. הצביעה באוסמיום מרמזת על אפשרות שהטיפות מכילות חומרים ליפידיים. כמות הפרשות הייתה רבה יותר בחתכים שנעשו בעצים עם צימוח מוגבל (בהם המחלה התקדמה

במהירות) מאשר באלה שנעשו מעצים עם צימוח נמרץ (בהם התקדמות המחלה הייתה איטית ולמרחק קצר) (איור 3).



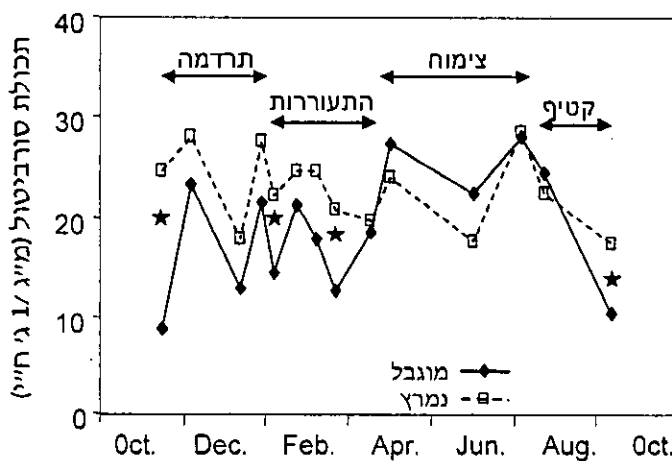
איור מספר 2: השפעת דרגת הצימוח של העצים על התקדמות החרכון ברקמות המעוצות בעקבות הדבקה סתוית. הקווים האנכיים מייצגים את שגיאת התקן.



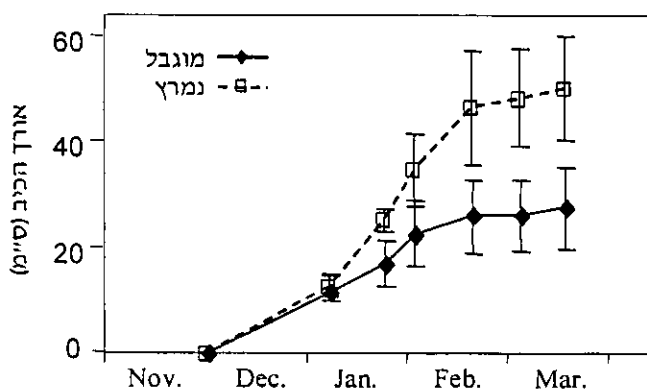
איור מספר 3: צילומים במקרוסקופ אלקטרוני סורק (SEM) של חיידקי *Erwinia amylovora* המתפתחים בחללים הבין תאיים של ענפי אגס חד שנתיים. החתכים נעשו בשולי האזור בו נראו הסימפטומים של המחלה. א - ב: הדבקות אביב; ג - ד: הדבקות סתיו. א - ג: הענפים נדגמו מעצים בצימוח מוגבל; ב - ד: הענפים נדגמו מעצים בצימוח נמרץ.

הממצאים שתוארו לעיל מרמזים שקיים קשר בין מצבם הפיזיולוגי של העצים (המבוטא ויזואלית בדרגת הצימוח שלהם) להתפתחות החיידקים ולהתקדמותם ברקמות המעוצות. כדי לבחון אם קשר זה אכן קיים

ולכמתו, השתמשנו בתכולת הסוכרים המסיסים בענפים כמדד למצבם הפיזיולוגי של העצים. הנחנו שקיימים הבדלים בתכולת הסוכרים המסיסים בין ענפים שונים באותו העץ ובין עצים בדרגת הצימוח השונות, ויותר מכך, הנחנו שתכולת הסוכרים המסיסים משתנה במהלך השנה כתלות בשלב הפיזיולוגי של העצים. בין החודשים אוקטובר 2002 ואוקטובר 2003 נלקחו דגימות של הענף הראשון (החד-שנתי), השני (דו שנתי), השלישי, ומענף שלד, מעצים בעלי צימוח מוגבל ומעצים בעלי צימוח נמרץ מחוות המטעים בגוון. תכולת הסוכרים המסיסים בקליפת הענפים נקבעה באמצעות מכשיר HPLC. במהלך הזמן היו שינויים משמעותיים בתכולת הסוכרים המסיסים. בדו"ח זה יתוארו השינויים בתכולת הסורביטול, בענף החד שנתי. בדגימות שנלקחו בסתיו ובחורף כשהעצים היו בתרדמה הייתה תכולת הסורביטול בענפים שנדגמו מעצים עם צימוח מוגבל נמוכה מזו של עצים בעלי צימוח נמרץ. עם התעוררות הצמחים, באביב, המגמה התהפכה ותכולת הסורביטול בענפים שנדגמו מעצים עם צימוח נמרץ הייתה גבוהה יותר. המגמה השתנתה שוב לאחר הקטיפ (איור 4). בחודש נובמבר 2002 אילחנו ענפים חד שנתיים של עצים משתי קבוצות הצימוח ובמהלך חורף 2002/3 ערכנו מעקב אחר התקדמות המחלה בענפים המעוצים. התוצאות מפורטות באיור 5 והן דומות לאלה שתוארו למעלה (באיור 2). השתמשנו בנתונים של תכולת הסורביטול ברקמות המעוצות ובנתוני התקדמות המחלה לכימות הקשר בין שני המדדים. קצב השינוי בתכולת הסורביטול בין כל שני מועדי דגימה חושב על פי הנתונים המתוארים באיור 4 ובאותו האופן חושב קצב התקדמות המחלה בענפים המעוצים על פי הנתונים המתוארים באיור 5. התוצאות מוצגות באיור 6. לבסוף בחנו את המתאם בין שני המדדים כאשר עבור קצב השינוי בתכולת הסורביטול חושב הערך המוחלט. נמצא, שככל שהערך המוחלט של קצב השינוי בתכולת הסורביטול בענפים החד שנתיים היה גבוה יותר, כך היה קצב התקדמות המחלה בענפים המעוצים גבוה יותר (איור 7). המתאם בין שני המדדים היה מובהק מאוד ($P \leq 0.01$) ונכללו בו במעורב ערכים שחושבו עבור עצים משתי קבוצות הצימוח. המסקנה שעולה מכך היא שלא תכולת הסורביטול ברקמה הצמחית כשלעצמה היא החשובה, אלא השינוי, ושלא חשוב אם השינוי היה חיובי (שפירושו שתכולת הסורביטול עלתה בין שני מועדי הדגימה) או שלילי (תכולת הסורביטול ירדה בין שני מועדי הדגימה).

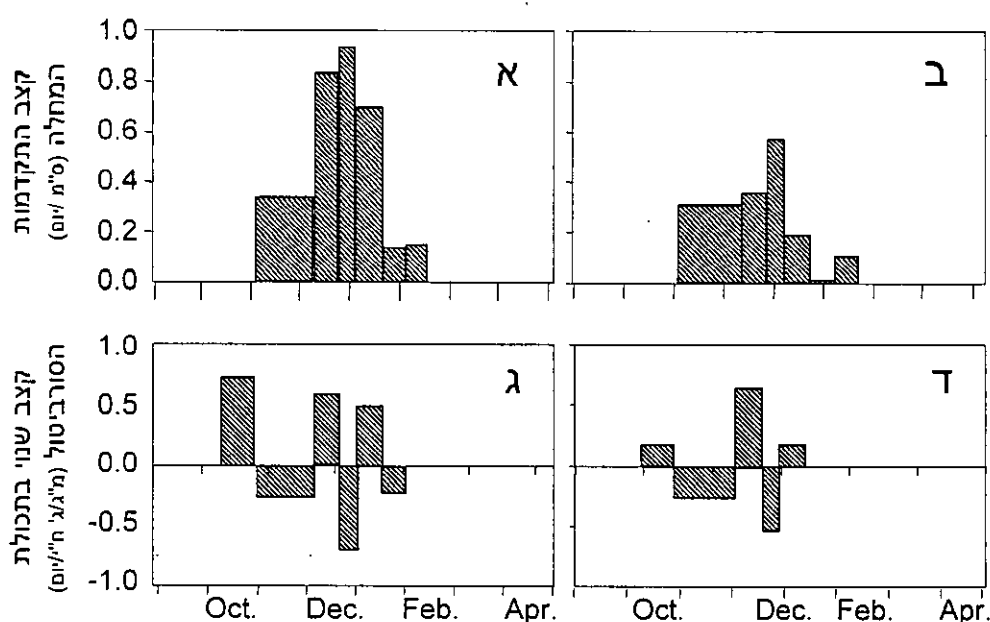


איור מספר 4 : השתנות תכולת הסורביטול בענפים של עצים בצימוח נמרץ ובעצים עם צימוח מוגבל בין חודש אוקטובר 2002 לחודש אוקטובר 2003. שלבי הגידול הפיזיולוגיים מסומנים בחיצים. כוכב מסמן הבדל מובהק ($P \geq 0.05$) בתכולת הסורביטול בין שני סוגי העצים במועד הדגימה הרלוונטי.

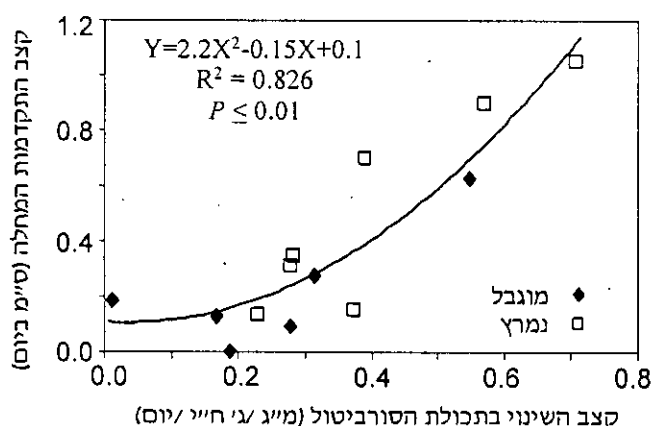


איור מספר 5 : התקדמות מחלת החרכון ברקמות המעוצות של עצי אגס בעקבות הדבקה סתוית. הניסוי בוצע בחוות המטעים בגוון ב-2002/3. הקווים האנכיים מייצגים את שגיאת התקן.

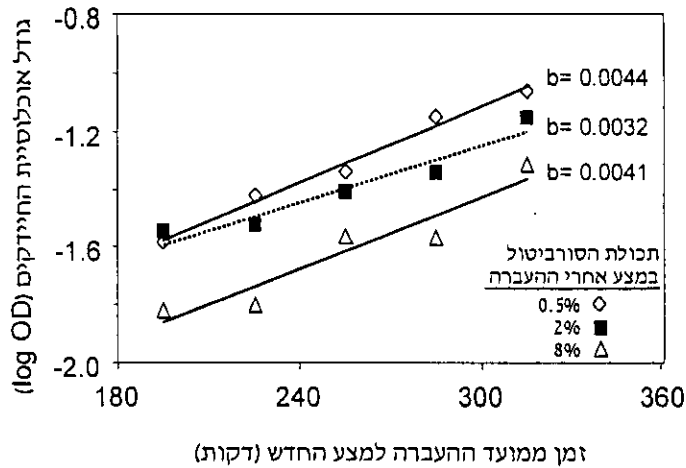
כדי לאמת מסקנה זו בחנו את השפעת השינוי בתכולת הסורביטול על קצב הריבוי של חיידקי *E. amylovora* בניסוי שבוצע ללא נוכחות הפונדקאי (*in vitro*). החיידקים גודלו בתמיסת מזון שהכילה 2% סורביטול. לאחר שקצב הריבוי היה בשלב הלוגריתמי הועברו דגימות חיידקים לתמיסות מזון אחרות בהן היה ריכוז הסורביטול פי ארבע, חלקי ארבע (0.5% – 8%), בהתאמה) מהתמיסה המקורית או בחזרה למצע מזון בו היה ריכוז הסורביטול המקורי, להשוואה. נערך מעקב אחר ריבוי החיידקים בתמיסות החדשות וכשקצבי הריבוי היו לוגריתמי, חישבנו את הקצב. הממצאים שהתקבלו מתאימים לאילה שעלו מניתוח התוצאות מהשדה: שינוי בריכוז הסורביטול במצע כלפי מעלה (פי ארבע) או כלפי מטה (חלקי ארבע) גרם לעלייה בקצב הריבוי של החיידקים יחסית לקצב שנמדד כשהחיידקים הועברו למצע מזון בו היה הסורביטול בריכוז המקורי (איור 8).



איור מספר 6: השנויים בקצב התקדמות מחלת החרכון ברקמות מעוצות של עצי אגס (א - ב) וקצב השינוי בתכולת הסורביטול בענפים חד שנתיים (ג - ד) בניסוי שבוצע בחוות המטעים בגוון בסתיו 2002/3. א - ג: עצים בצימוח מוגבל; ב - ד: עצים בצימוח נמרץ. הערכים המוחלטים של תכולת הסורביטול מופיעים באיור 4 וההתקדמות המחלה מתוארת באיור 5.



איור מספר 7: הקשר בין קצב השינוי בתכולת הסורביטול בענפים לקצב השינוי בהתקדמות המחלה ברקמות המעוצות של עצי אגס. הנתונים מתייחסים להתפתחות המחלה במהלך כל הסתיו והחורף בעקבות הדבקה סתוית.



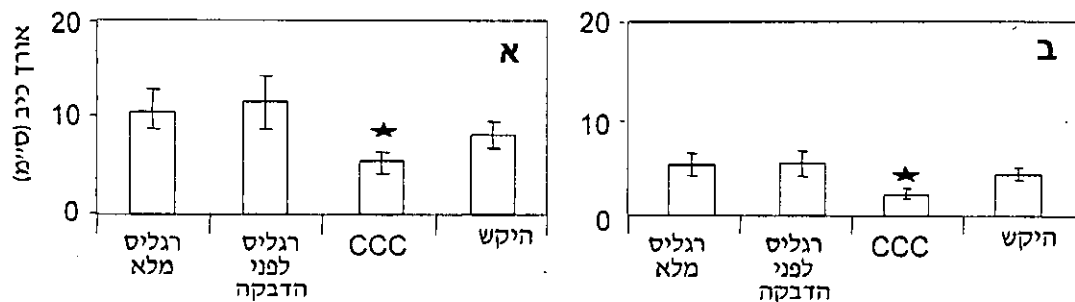
איור מספר 8: השפעת השינוי בתכולת הסורביטול במצע על קצב הריבוי של חיידקי *Erwinia amylovora*. החיידקים שהו במצע מזון שתכולת הסורביטול בו הייתה 2% ומשם הם הועברו למצעי מזון שתכולת הסורביטול בהם הייתה דומה, קטנה פי 4 או גדולה פי 4. הערכים מבטאים את גודל אוכלוסיית החיידקים בשלב הלוגרמי. ערכי ה- b מבטאים את קצב הריבוי ביחידות $\log(OD)$ לדקה.

2. השפעת מווסתי צמיחה על התקדמות המחלה ברקמות המעוצות

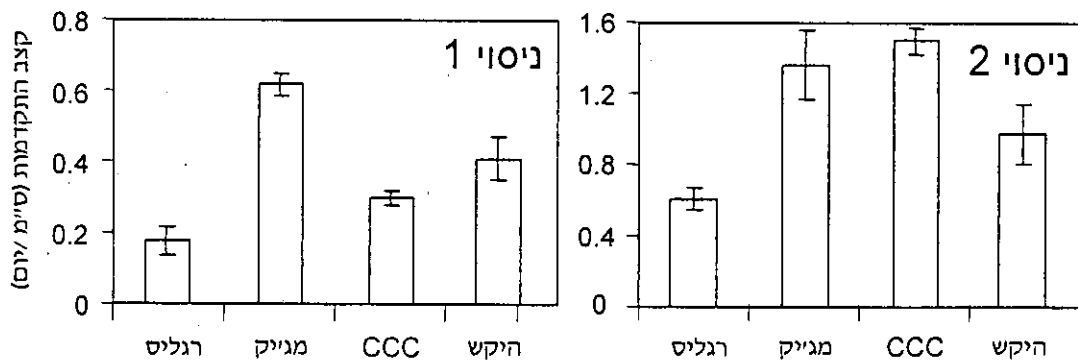
במהלך המחקר ביצענו ארבעה ניסויים בהם בחנו את השפעתם של תכשירים מווסתי צמיחה על התקדמות המחלה ברקמות המעוצות. הניסויים בוצעו באביב 2002 ו- 2003 בחוות המטעים בגונן, ובאביב וקיץ 2003 בשתילים בני שנתיים שגדלו בחוות הבשור. הניסויים שבוצעו בחוות גונן הוצבו במתכונת של ניסוי דו-גורמי באקראיות גמורה. יחידת הניסוי הייתה עץ בודד וכל טיפול כלל 4-5 עצים. הגורם הראשון היה דרגת הצימות של העצים והוא כלל שתי רמות: (1) עצים בצימות מוגבל; (2) עצים בצימות נמרץ. הגורם השני בניסוי היה ריסוס התכשירים מווסתי צמיחה והוא כלל 4 רמות, כללה: (1) היקש; (2) רגליס מלא – רגליס בריכוז של 0.3% בשנת 2002 ו- 0.2% בשנת 2003 (בתוספת משטח LI-700 0.1%) יושם מתחילת הפריחה, כל 7-10 ימים, עד לעצירת צימות. בסך הכול יושמו בטיפול זה 5 ריסוסים בשנת 2002 ו- 3 ריסוסים בשנת 2003; (3) רגליס לפני הדבקה – רגליס (באותם הריכוזים כמו בטיפול המלא) יושם מתחילת הפריחה כל 7-10 ימים עד למועד ההדבקה; בשנת 2002 יושמו 3 ריסוסים בסך הכול ובשנת 2003 יושם ריסוס אחד. (4) CCC – CCC (בריכוז 1% בתוספת משטח טריטון X100 0.025%) בשנת 2002 יושם התכשיר פעם אחת לאחר סיום הפריחה ובשנת 2003 הוא יושם פעם אחת במהלכה. כל הריסוסים בוצעו במרסס רובים עד נגירה, בנפת תרסיס של 3-5 ליטר לעץ. הניסויים שבוצעו בחוות הבשור היו במתכונת של ניסוי חד כיווני בבולקים באקראי. יחידת הניסוי הייתה חלקה בה היו שלושה שתילים ובניסוי נכללו 4 טיפולים, כללה: (1) היקש; (2) מגיק בריכוז של 1%; (3) CCC בריכוז של 1%; (4) רגליס בריכוז של 0.2%. המגיק וה-CCC יושמו פעם אחת והרגליס יושם פעמיים במרווח של 10 ימים בין הריסוסים. בניסויים שבוצעו בחוות המטעים נבחרו בכל אחד מהעצים 4 ענפי צימות עשבוניים המובילים לענפי שלד שונים בעץ; הענפים סומנו בסרטי סימון ממוספרים ואולחו בחיידקי *E. amylovora* בתום הפריחה. כל הדבקה שימשה כחזרה בניסוי ובסך הכול היו לכל טיפול 15-20 חזרות. בניסויים שבוצעו בחוות הבשור אולחו ענפי צימות חד שנתיים בחלק העליון של השתילים. הערכות הנגיעות החלו עם הופעת הסימפטומים ונערכו מידי שבועיים – שלושה, עד שהתקדמות המחלה נעצרה. בכל הערכת נגיעות נמדד אורך הכיבים על כל ענף בנפרד. בדו"ח זה תוצג השפעת הטיפולים על אורך הכיב הכולל בניסויים שבוצעו בחוות גונן קצב ועל קצב התקדמות המחלה בגזעי השתילים בניסויים שבוצעו בחוות הבשור.

בניסוי שבוצע בחוות המטעים בשנת 2002 הפחית הטיפול ברגליס מלא את אורך הכיב יחסית לעצי ההיקש במובהק בעצים בצימות נמרץ. אבל, אותו הטיפול גרם לתגובה הפוכה בעצים עם צימות מוגבל בהם היה הכיב ארוך במובהק מזה של עצי ההיקש. טיפול הרגליס לפני הדבקה גרם גם הוא לתגובה שלילית בעצים עם צימות מוגבל. לטיפול ה-CCC שנבדק רק על עצים עם צימות נמרץ לא הייתה השפעה (איור 9). התוצאות לא חזרו על עצמן בניסוי שבוצע בחוות המטעים בשנה העוקבת: הטיפול היחיד שהשפיע במובהק היה ה-CCC אך

גם השפעתו לא הייתה משמעותית (איור 10). בניסויים שבוצעו בחוות הבשור הפחיתו ה - CCC והרגליס את קצב התקדמות המחלה בגזעי השתילים בניסוי הראשון, אך הטיפול במגיק או ב - CCC הגביר את קצב התקדמות המחלה בניסוי השני (איור 11).



איור מספר 10: השפעת תכשירים מווסתי צמיחה על אורך הכיבים של מחלת החרכון בענפים של עצי אגס בניסוי שבוצע וות המטעים, באביב 2003. א: עצים בצימוח נמרץ; ב: עצים בצימוח מוגבל. הקווים האנכיים מייצגים את שגיאת התקן. אורך הכיב בעמודות שלידן כוכב שונה במובהק מזה של ענפים מעצי ההיקש ($P \leq 0.05$).



איור מספר 11: השפעת תכשירים מווסתי צמיחה על קצב התקדמות מחלת החרכון בגזעים של שתילי אגס בשני ניסויים שבוצעו בחוות הבשור, באביב ובקיץ 2003. הקווים האנכיים מייצגים את שגיאת התקן.

3. פיתוח ממשק לסניטציה של עצי אגס נגועים במחלת החרכון

במהלך השנים 2000-2002 בוצעו ניסויים בהם בחנו גישות שונות לסניטציה של ענפים וגזעים נגועים. בניסויים נבחנו שתי שיטות לביצוע סניטציה (גזום ושלחוב) ונקבע המועד המיטבי לביצועה. בחלק מהניסויים ניסו להתמודד עם הדבקות שהתרחשו באביב ובאחרים עם הדבקות שהתרחשו בסתיו. כל הניסויים בוצעו על עצים מהזן ספדונה. בשורות הבאות ימסרו פרטים אודות חלק מהניסויים שבוצעו. יפורטו השאלות שנשאלו בניסויים

השונים והטיפולים שיושמו. סדר הצגת הניסויים לא תואם את סדר ביצועם הכרונולוגי אלא את שלבי ההתפתחות הפנולוגית של עצי האגס.

ניסוי מספר 1 הוצב בחודש אפריל, ביום בו התגלו תפרחות שנוגעו בהדבקה טבעית. בכל אחד מהעצים היו עשרות עד מאות תפרחות נגועות ומטרת הניסוי הייתה לבחון האם ניתן במצב זה להסיר, על ידי גיזום, את הרקמות הנגועות ולמנוע את התקדמות החיידקים בענפים. בניסוי נכללו שלושה טיפולים והוא הוצב בבולקים באקראי עם שש חזרות (עצים) לכל טיפול. העצים שנכללו בניסוי היו בעלי צימוח מוגבל. הטיפולים היו: (1) **היקש**. (2) **קוסמטיקה**: כל התפרחות הנגועות הוסרו על ידי גיזום כאשר מקום הגיזום היה בסמוך למקום בו נראו הסימפטומים. כך למשל, אם נראתה תפרחת נגועה נגזם הדרבן עליו היא יושבת. (3) **גיזום קפדני**: כל התפרחות הנגועות הוסרו על ידי גיזום כאשר מקום הגיזום היה 20-30 סמ' מתחת למקום בו נראו הסימפטומים. כאשר היו על ענף אחד כמה תפרחות נגועות בוצע הגיזום מתחת לתפרחת הנגועה הנמוכה ביותר. לאחר ביצוע הטיפולים לא נראו על העצים בטיפולים 2 ו-3 סימפטומים של מחלת החרכון. שבוע לאחר מכן, נראו שוב סימפטומים בעצים של טיפול מספר 2 ובוצע עליהם שוב גיזום "קוסמטי" שפירשו, הסרת כל האיברים הצמחיים (המחלה כבר עברה לענפים) עליהם נראו סימפטומים.

בטיפול ההיקש, בעצים שלא נגזמו כלל, לא התקדמה המחלה מהתפרחות הנגועות ומהדרבנות לענפים שמתחתם בחמישה מתוך ששה (83%) העצים שבטיפול; רק בעץ אחד התקדמה המחלה על הענפים במידה רבה. בטיפול הקוסמטיקה, לא זו בלבד שהגיזום לא הצליח להרחיק את הרקמות הנגועות, הוא אף החמיר את המצב, וברוב העצים (5 מתוך 6) המחלה התקדמה במידה רבה על הענפים. בשלושה מתוך ששת העצים (50%) בהם בוצע גיזום קפדני הביא הגיזום להרחקת הרקמות הנגועות והם היו בריאים; בשלושת העצים הנותרים המחלה לא הורחקה וכתוצאה מהגיזום היא התקדמה למרחק גדול יותר על הענפים מאשר התקדמותה בעצי טיפול ההיקש (איור 12).

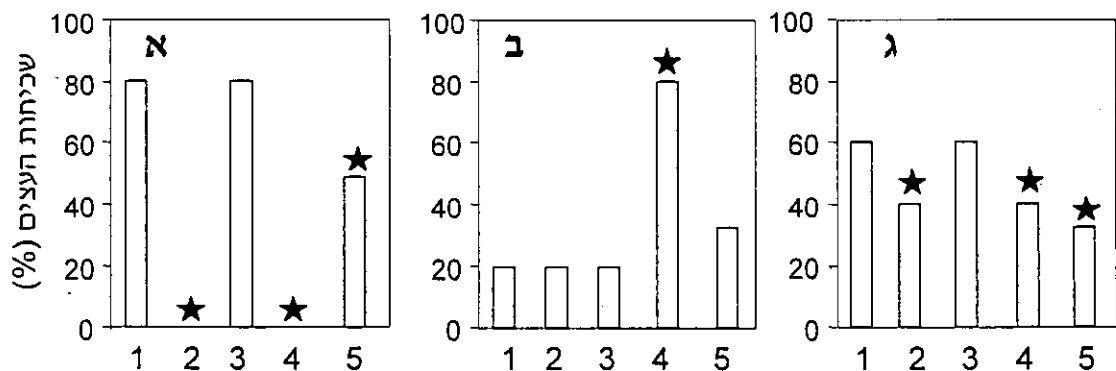


איור מספר 12: השפעת טיפולי גיזום על התפשטות החרכון ברקמות הנגועות בניסוי גיזום מספר 1. הניסוי הוצב בסמוך למועד זיהוי הסימפטומים על התפרחות. עמודיות מקווקות: הדבקה תקועה (הסימפטומים לא עברו מהדרבנות לענפים); עמודיות מלאות: הדבקה מתפשטת (הציבים התקדמו על הענפים למרחק של 30 סמ' ויותר); עמודיות ריקות: עצים בריאים. הערכת הנגועות בוצעה ששה חודשים לאחר הטיפול. כוכב מסמל הבדל מובהק בין הטיפול לטיפול ההיקש בנקודת על ידי מבחן חי בריבוע ($P \leq 0.05$).

ניסוי מספר 2 הוצב באמצע חודש מאי, כשהמחלה (שמקורה היה בתפרחות שנוגעו בהדבקה טבעית באפריל) כבר הגיעה לענפים. בכל אחד מהעצים היו עשרות בודדות של תפרחות וענפים נגועים. בניסוי נכללו חמישה טיפולים והוא הוצב בבולקים באקראי עם חמש חזרות (עצים) לכל טיפול. כל העצים שנכללו בניסוי היו בעלי צימוח נמרץ. הטיפולים היו: (1) **היקש**. (2) **קוסמטיקה**: כל האיברים הנגועים הוסרו על ידי גיזום כאשר מקום הגיזום היה בסמוך למקום בו נראו הסימפטומים. (3) **גיזום קפדני**: כל האברים הנגועים הוסרו על ידי גיזום כאשר מקום הגיזום היה 20-30 סמ' מתחת למקום בו נראו הסימפטומים. כאשר היו על ענף אחד כמה מוקדי נגיעות בוצע הגיזום מתחת למוקד הנגיעות הנמוך ביותר. אם היו סימפטומים על ענפים מרכזיים, ענפי שלד או הגזע הם לא הוסרו. (4) **גיזום קפדני אחרי עצירת צימוח**: כמו טיפול מספר 3, אבל הביצוע היה באמצע חודש יוני, אחרי עצירת הצימוח. חשוב לציין שבמהלך הזמן שעבר מחודש מאי ועד חודש יוני המשיכה המחלה להתקדם ולכן היה הגיזום בטיפול 4 עמוק יותר מזה שבטיפול 3. (5) **גיזום קפדני בתוספת שלהוב**: כמו טיפול 3

(הביצוע היה בחודש מאי) בתוספת שלהוב. כל הכיבים שנראו על ענפים מרכזיים, ענפי השלד או הגזע נחרכו על ידי שלהוב עם מבער. לניסוי היו שלוש מטרות כלליות: הראשונה, לבחון את שיטת הגיזום המיטבית לאחר שהמחלה כבר התקדמה והגיעה לענפים (השוואה של טיפולים 1, 2 ו-3); השנייה, בחינה של מועד הגיזום המיטבי אחרי שהמחלה כבר התקדמה לענפים (השוואה של טיפולים 1, 2 ו-4); השלישית, בחינת התרומה של השלהוב כאמצעי לסניטציה של ענפים שלא מקובל לגזום (השוואת טיפולים 1, 2 ו-5). לאחר העמדת הניסוי הוערכה נגיעות כל אחד מהעצים מידי חודש-חודשיים. ההערכה בוצעה על פי סולם בן 5 דרגות, כללית: (1) עץ בריא (לא נראו כלל סימפטומים של חרוך על הענפים); (2) עץ עם נגיעות קלה (מספר קטן של ענפים נגועים); (3) עץ עם נגיעות בינוניות (מספר רב של ענפים נגועים; עד 30% מהעלווה של העץ נראית פגועה); (4) עץ עם נגיעות קשה (מספר רב של ענפים וענף שלד אחד לפחות נגועים; עד 60% מהעלווה של העץ נראית פגועה); (5) עץ מת. בנוסף להערכת מידת הפגיעה בעלווה נרשם בכל מועד בו הוערכה הנגיעות אם נראית פעילות של כיבים על גבי ענפי השלד או על גבי הגזע.

בשלב הראשון בחנו, כאמור, את יעילות הטיפולים במניעת הפגיעה בנוף העצים במהלך העונה בה בוצע הניסוי. בטיפול ההיקש התקדמה המחלה בענפים וגרמה לתמותת רבים מהם. ב-80% מעצי ההיקש היה פגוע במידה בינונית או רבה. בגיזום קפדני שבוצע בחודש מאי או בחודש יוני הוסרו כל הרקמות שנראו נגועות ואף אחד מהעצים בטיפולים אלה לא נראה פגוע במידה בינונית או רבה בזמן הערכת הנגיעות. טיפול הקוסמטיקה לא היה יעיל כלל (80% מהעצים היו נגועים במידה בינונית או רבה) והטיפול המשולב של גיזום מאי ושלהוב החמיר את המצב יחסית לטיפול הגיזום כשיושם לבדו, כי 50% מהעצים היו נגועים בטיפול זה במידה בינונית או רבה (איור 13א). יתכן שהסיבה לכך היא שהשלהוב גרם לחיגור ולתמותה של ענפים והפגיעה בנוף לא הייתה כתוצאה מהתפתחות החרכון אלא תוצאה של השלהוב.



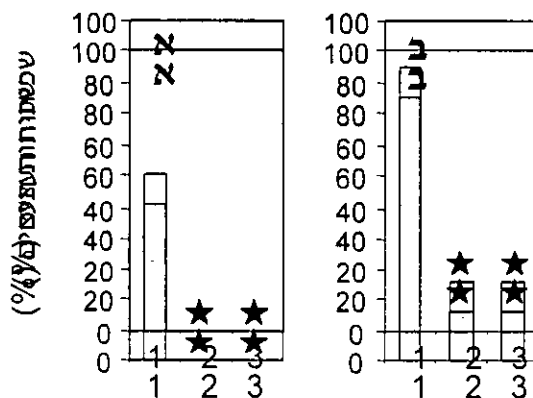
איור מספר 13: השפעת טיפולי סניטציה שונים על התפשטות החרכון ברקמות המעוצות בניסוי גיזום מספר 2. הניסוי הוצב בחודשים מאי ויוני. א: שכיחות העצים שהנוף שלהם היה פגוע במידה בינונית או קשה בחודש אוגוסט. ב: שכיחות העצים בהם נראו סימפטומים של המחלה בגזעים בחודש אוגוסט. ג: שכיחות העצים שהנוף שלהם היה פגוע במידה בינונית או קשה בחודש אפריל בעונה העוקבת. זיהוי הטיפולים: 1= היקש; 2= גיזום קפדני במאי; 3= גיזום קוסמטי במאי; 4= גיזום קפדני ביוני; 5= גיזום קפדני במאי בתוספת שלהוב הכיבים שנותרו על גבי ענפי שלב והגזע. כוכב ליד עמודה מסמל הבדל מובהק בין הטיפול לטיפול ההיקש כנקבע על ידי מבחן חי בריבוע ($P \leq 0.05$).

בשלב שני בחנו את הצלחת הטיפולים למנוע את התקדמות המחלה בענפים ואת התבססותה בגזעים. הסימפטום המסוכן והמאיים ביותר של החרכון הוא התבססות המחלה בגזע. ההשלכות מכך חמורות מפני שאז גוברת הסבירות שהעץ הנגוע ימות בסופו של דבר. הטיפול היחיד שהשפיע לכאן או לכאן על התקדמות המחלה לגזעים היה הגיזום שבוצע בחודש יוני. טיפול זה החמיר את המצב מפני שסימפטומים של המחלה הופיעו ב-

80% מהעצים בהשוואה לשכיחות נמוכה יותר במובהק בעצי ההיקש (שם היו סימפטומים בגזע רק ב - 20% מהעצים). שאר הטיפולים לא השפיעו על מדד זה יחסית להיקש (איור מספר 13ב).

אחת ממטרות הסניטציה היא להרחיק את הענפים הנגועים כך שבעונה העוקבת תהיה כמות המידבק ההתחלי נמוכה יותר. לכן התייחסנו, בשלב השלישי, להשפעה ארוכת הטווח של הטיפולים על ידי בחינת רמת הנגיעות בעונת האביב העוקבת. שלושה מארבעת הטיפולים הפחיתו את דרגת נגיעות העצים בעונה העוקבת במובהק מבחינה סטטיסטית (על פי מבחן חי-בריבוע). אולם, שיעור ההפחתה לא היה מספק מבחינה ביולוגית (משכיחות של 60% מהעצים בטיפול ההיקש ל – 35%-40% בטיפולים השונים). מכאן עולה שאף אחד מהטיפולים שנבחנו בניסוי מספר 2 לא הצליח להפחית בצורה משמעותית את הישרדות המחלה ברקמות המעוצות לעונה העוקבת (איור מספר 13ג).

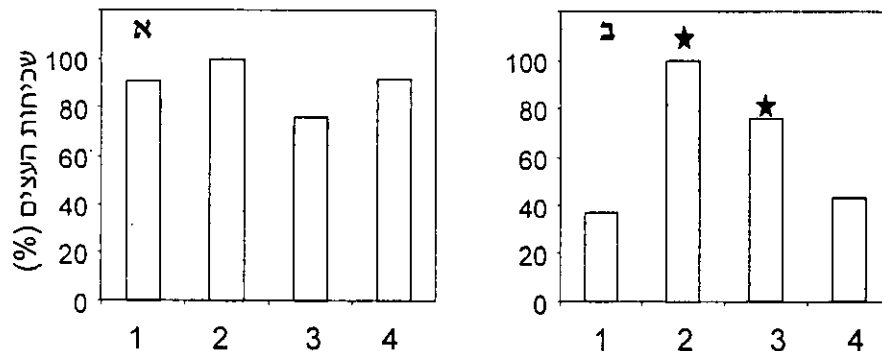
ניסוי מספר 3 הוצב באמצע חודש אוגוסט, כשהמחלה (שמקורה היה בתפרחות שנוגעו בהדבקה טבעית בחודש אפריל) כבר התקדמה לענפים. בכל אחד מהעצים היו מספר ענפים נגועים. בניסוי נכללו שלושה טיפולים והוא הוצב בבלוקים באקראי עם שש תזרות (עצים) לכל טיפול. כל העצים שנכללו בניסוי היו בעלי צימוח נמרץ. הטיפולים היו: (1) **היקש**, (2) **גזיון קפדני לאחר הקטיף**: כל האברים הנגועים הוסרו על ידי גזיון (באמצע חודש אוגוסט) כאשר מקום הגזיון היה 20-30 סמ' מתחת למקום הופעת הסימפטומים. כאשר היו על ענף אחד כמה מוקדי נגיעות בוצע הגזיון מתחת למוקד הנגיעות הנמוך ביותר. אם היו סימפטומים על ענפים מרכזיים, ענפי שלד או הגזע הם לא הוסרו. (3) **גזיון קפדני לפני הכניסה לתרדמה**: כמו טיפול מספר 2, אבל הביצוע היה באמצע חודש נובמבר, לפני הכניסה לתרדמה. מטרת הניסוי הייתה לבחון את מועד הגזיון היעיל ביותר להקטנת מקור המידבק לעונה העוקבת. זאת משום שבמועד הצבת הניסוי, אחרי הקטיף, המחלה כבר גרמה לנזק באותה עונת הגידול וניתן היה רק להפחית את הפגיעה לעונה הבאה. לאחר העמדת הניסוי הוערכה נגיעות כל אחד מהעצים מידי חודש חודשיים. ההערכה בוצעה על פי סולם של חמש דרגות, כפי שפורט למעלה. הגזיונים בשני המועדים הרחיקו (כמובן) את הרקמות הנגועות והעצים נראו בסתיו בריאים (איור 14א). אם לא כך היה המצב, הרי שביצוע הגזיון לא היה טוב. השוואת דרגת הנגיעות בעונה העוקבת מרמזת על כך שגזיון לאחר הקטיף ולפני הכניסה לתרדמה מאפשר להרחיק את הרקמות הנגועות ולהפחית את הפגיעה בעצים בעונה העוקבת. לא היה הבדל בין שני הטיפולים (איור 14ב).

[illegible]

ניסוי מספר 4 הוצב באמצע חודש אפריל לאחר שנראתה תמותה של ענפים נגועים רבים במטע. מקור ההדבקות היה מתפרחות שנוגעו בהדבקה טבעית בסתיו הקודם. בכל אחד מהעצים היה ענף מוגדר אחד שהיה פגוע במחלה (נבחרו עצים עם ענפים נגועים בקוטר של 5-10 ס"מ ובחלק היו הענפים הנגועים ענפי שלד). בניסוי נכללו ארבעה טיפולים והוא הוצב בבולקים באקראי עם שמונה חזרות (עצים) לכל טיפול. כל העצים שנכללו בניסוי היו בעלי צימוח נמרץ. הטיפולים היו: (1) **היקש**. (2) **גיזום קפדני**: הענף הנגוע הוסר על ידי גיזום כאשר מקום הגיזום היה בבסיס הענף הנגוע, לרוב היה זה 10-20 ס"מ מתחת למקום בו נראו סימפטומים. (3) **שלהוב**:

בסיס הענף הנגוע נחרך על ידי שלהוב באמצעות מבער. השלהוב כלל את האזור הסמוך לבסיס הענף הפגוע וגם רקמות שנראו בריאות עד למרחק של 50 סמ' לכל כיוון. (4) **גיוזם קפדני בתוספת שלהוב**: בוצע גיוזם כמו בטיפול 2 בתוספת שלהוב של הענפים שנותרו כמו בטיפול מספר 3. לאחר השלהוב בטיפולים 1 - 3 - 4 סומנו שולי האזור החרוך עם צבע אדום. לניסוי היו שתי מטרות כלהלן; הראשונה, לבחון האם ניתן, על ידי גיוזם, למנוע את המשך התקדמות החיידקים ברקמות המעוצות לענפים שנראו (ויזואלית) בריאים ולגזע. השנייה, לבחון את התרומה של השלהוב כאמצעי סניטציה כטיפול בלעדי או בתוספת לגיוזם. חשוב לציין שבכל המקרים חוטאו כלי הגיוזם (מזמרות, מסורים, וכו') באקונומיקה ולאחר ביצוע הגיוזמים גם הותזה אקונומיקה על הגדם שנוצר. לאחר העמדת הניסוי הוערכה התקדמות החיידקים בענפים בכל אחד מהעצים מידי חודש חודשיים. התערכה בוצעה ויזואלית על ידי ביצוע חתך לא עמוק בקליפה של העץ ובחינה האם נראים הסימפטומים האופייניים של כיבים פעילים (כיב בצבע כתום-חום עם שוליים לא אחידים) או של כיבים לא פעילים (כיב בצבע חום-כהה עם שוליים ברורים). בכל מועד הערכת נגיעות נרשם לאיזה מרחק התקדמו הסימפטומים (יחסית לבסיס הענף הנגוע ההתחלתי) ולאיזה כיוון.

אף אחד מהטיפולים לא הצליח לעצור את המשך התקדמות החיידקים ולמנוע את מעברם מבסיס הענף הנגוע לענפים שנראו (לפחות ויזואלית) בריאים (איור 15א). אין בכך כדי להפתיע כי ידוע שחיידקי הארוויניה נמצאים במרחק מסוים (לעיתים אף עשרות סנטימטרים) מעבר למקום בו נראים הסימפטומים. אולם, היו הבדלים מובהקים בין הטיפולים במרחק אליו התקדמו הסימפטומים. ההבדלים נראו כבר חודש לאחר ביצוע הטיפולים אך כאן יוצגו תוצאות מהערכה שבוצעה כשישה חודשים לאחר מכן. המדד להשוואה הוא שכיחות העצים בהם התקדמו הסימפטומים של המחלה על ענפי השלד והגזע למרחק של 80 סמ' או יותר (איור 15ב). בעצים שלא טופלו כלל, עצי ההיקש, התקדמה המחלה למרחק זה רק ב - 38% מהעצים; לעומת זאת, בכל העצים שנגזמו (100%) וב 76% מהעצים ששולחו התקדמה המחלה מעבר ל - 80 סמ'. ההבדלים בין כל אחד מטיפולים אלה לטיפול ההיקש היו מובהקים. בטיפול המשולב של גיוזם ושלהוב התקדמה המחלה למרחק של 80 סמ' ויותר ב - 42% מהעצים ושכיחות זו לא הייתה שונה במובהק מזו של טיפול ההיקש (איור 15ב).



איור מספר 15: השפעת טיפולי סניטציה שונים על התפשטות החרכון ברקמות המעוצות בניסוי גיוזם מספר 4. הניסוי הוצב בחודש אפריל וההתמודדות הייתה עם הדבקות שחתרשו בסתיו הקודם. א: שכיחות העצים בהם נראו בחודש אוקטובר סימפטומים של חרכון באזור ההגנה; ב: שכיחות העצים בהם התקדמו הסימפטומים למרחק של 80 סמ' ויותר מאזור ההגנה. זיהוי הטיפולים: 1 = היקש; 2 = גיוזם; 3 = שלהוב; 4 = גיוזם + שלהוב. כוכב ליד עמודה מסמל הבדל מובהק בין הטיפול לטיפול ההיקש כנקבע על ידי מבחן חי בריבוע ($P \leq 0.05$).

ד. דיון ומסקנות

בשורות הבאות יסוכמו הממצאים שתוארו למעלה ויועלו מסקנות. בתחילה, יערך הסיכום עבור כל אחד מהנושאים בנפרד; לאחר מכן יועלו מסקנות כלליות תוך התייחסות לכל הממצאים גם יחד.

1. הגורמים המשפיעים על התקדמות המחלה ברקמות המעוצות

הנוק העיקרי של מחלת החרכון באגסים נגרם מהתקדמות המחלה ברקמות המעוצות. מחלת החרכון, כמו כל המחלות האחרות, מושפעת משלושה גורמים: הפתוגן, תנאי הסביבה והפונדקאי. במערכת בה עבדנו (בה השתמשנו בתבדיל חיידקים אלים ואילחנו את העצים בהדבקה מלאכותית) גורם הפתוגן לא היה הגורם שהגביל את התפתחות המחלה. על סמך הניסויים שבצענו (ושחלקם תוארו כאן) נראה שהתקדמות המחלה ברקמות המעוצות לא הושפעה מתנאי הסביבה ששררו לאחר ההדבקה. הטמפרטורה המיטבית לריבוי חיידקי *E. amylovora* היא 28 מ"צ; מתחת לטמפרטורה של 5 מ"צ ומעל טמפרטורה של 37 מ"צ. החיידקים לא מתרבים כלל. המחלה התקדמה ברקמות המעוצות במהירות ולמרחק גדול דווקא בחודשים ינואר – מרץ למרות שהטמפרטורה היומית הממוצעת אז (8-12 מ"צ, בממוצע) הייתה נמוכה במידה רבה מהטמפרטורה המיטבית להתרבותם. לעומת זאת, בחודשים מאי – יוני, כשהטמפרטורות היו מתאימות יותר לכאורה, לריבוי החיידקים התקדמות המחלה נפסקה. גורמי הסביבה האחרים העשויים להשפיע על החיידקים הם הלחות היחסית והרטיבות (או היובש), עוצמת הקרינה ואורך היום. לא סביר שהלחות היחסית והרטיבות השפיעו על התקדמות המחלה בתוך הרקמות הצמחיות מפני שהחיידקים מתפתחים בסביבה מבודדת; הקרינה ואורך היום לא רלוונטיים מאותה הסיבה. לכן הסקנו שתנאי הסביבה לא היו הגורם שהגביל את התפתחות המחלה. אם הפתוגן ותנאי הסביבה לא היו הגורמים המגבילים הרי שהגורם שקבע אם המחלה תתפתח ואת קצב התקדמותה הוא הצמח הפונדקאי. כביטוי ויזואלי למצב הפיזיולוגי של העצים השתמשנו בדרגת הצימוח שלהם ובשלב הפנולוגי בו הם נמצאים. על סמך התוצאות נראה שהתקדמות המחלה ברקמות המעוצות תלויה בדרגת הצימוח של העצים ובעונה בה התרחשו ההדבקות. כשההדבקות התרחשו באביב עצים בצימוח נמרץ היו רגישים יותר וכשהן התרחשו בסתיו היו עצים בצימוח מוגבל רגישים יותר. אבל, אם היה גל צימוח קיצי עצים צומחים היו רגישים יותר גם להדבקות הסתיו (איורים 1, 2 ו- 5). ממצא נוסף המצביע על החשיבות הרבה של גורם "הפונדקאי" הוא השינוי בקצב התקדמות המחלה ברקמות המעוצות כתלות בשלב הפנולוגי של הצמחים. בעקבות הדבקות האביב, המחלה התקדמה ברקמות המעוצות עד לחודשים מאי-יוני, אז היא נעצרה. בחודשים אלה מתרחש שינוי פנולוגי (ופיזיולוגי) בעצים כי אז הצימוח הווגטיבי מפסיק והפירות מתחילים לגדול. בעקבות הדבקות הסתיו, היה קצב התקדמות המחלה בחודשים דצמבר וינואר איטי מאד; אבל, בין אמצע ינואר לסוף פברואר (בניסויים השונים) השתנה הקצב והמחלה התחילה להתקדם במהירות רבה. השינוי בקצב התקדמות המחלה חל במועד בו מתחילים התהליכים הפיזיולוגיים של יציאת העצים מהתרדמה. לממצאים שתוארו למעלה יש השלכות רבות לגבי הצורך לבצע סניטציה. הנושא ידון בסעיף ד3 בהמשך.

כפי שכבר צוין מצב הצימוח של העצים הוא ביטוי ויזואלי למצבם הפיזיולוגי. בעבודה זו השתמשנו בתכולת הסורביטול ברקמות המעוצות כמדד למצבם של העצים. סורביטול הוא הסוכר העיקרי בעצי אגס והוא משמש כסוכר התנועה וסוכר התשמורת. הסורביטול מסונטז מגלוקוז על ידי האנזימים aldose 6-phosphate reductase ו- sorbitol phosphatase. באברי מבלע וברקמות הפעילות מבחינה אנרגטית (נבטים, ניצנים, שורשים וענפים הנמצאים בצימוח) הסורביטול מתפרק לסוכרים אחרים (סוכרוז, פרוקטוז וגלוקוז) ותכולתו בהם נמוכה. האנזים המשמש לפירוק הוא NAD^+ -dependent sorbitol dehydrogenase. הסוכרים הנוצרים בתהליך הפירוק משמשים ליצירה של אנרגיה זמינה לתאים. מאחר והענפים החד שנתיים הם המבלע הצמחי החזק ביותר, השתמשנו בתכולת הסורביטול בהם כמדד למצב העצים. התברר, שהשינויים היחסיים בתכולת הסורביטול בענפים החד-שנתיים במהלך העונה מתאימים לשינויים בתגובת עצים משתי קבוצות הצימוח למחלה (איור 4). יותר מכך, הצלחנו למצוא קשר מובהק בין הערכים המוחלטים של קצב השינוי בתכולת הסורביטול בענפים החד-שנתיים במהלך הסתיו והחורף לקצב התקדמות המחלה ברקמות המעוצות באותם המועדים (איור 7). כל אלה מחזקים את ההנחה שהמצב הפיזיולוגי של העצים הוא הגורם הקובע בסופו של דבר אם יתקדמו

חיידקי ה- *Erwinia* ברקמות המעוצות, באיזה קצב, ולמשך כמה זמן. השאלה היא איך ניתן להשתמש במידע זה לפיתוח גישות להתמודדות מושכלת עם המחלה. על כך יורחב בסעיף 4 ד להלן.

2. השפעת מווסתי צמיחה על התקדמות המחלה ברקמות המעוצות

הנחת המוצא של סדרת ניסויים זו הייתה ששימוש בתכשירים מווסתי צמיחה באביב יאט או אף יעצור את התקדמות החרכון ברקמות המעוצות. בבסיס הנחה זו היו התצפיות שתוארו בסעיף 1 ג שהתקדמות המחלה באביב בעצים עם צימוח מוגבל הייתה איטית יותר ולמשך זמן קצר יותר מאשר בעצים עם צימוח נמרץ. יותר מכך, למדנו שהתקדמות המחלה נפסקת עם עצירת הצימוח הווגטיבי בחודשים מאי-יוני. הריסוסים במווסתי הצמיחה עכבו, בעיקרון, את הצימוח הווגטיבי בכל הניסויים שבצענו (תוצאות לא מוצגות). לכן ניתן היה לצפות גם להשפעה על התקדמות החרכון. אולם, השפעת התכשירים מעכבי הצמיחה על התקדמות המחלה ברקמות המעוצות לא הייתה אחידה ולעיתים אף לא צפויה ומבלבלת. בעצים עם צמיחה נמרצת, הפחית הטיפול המלא ברגליס את אורך הכיב בניסוי אחד בחוות המטעים אך לא בניסוי השני; בשני הניסויים בחוות הבשור הפחית הרגליס את קצב התקדמות המחלה בגזעי השתילים. לעומת זאת, כשיושם הרגליס רק לפני ההדבקה הוא לא השפיע בשני הניסויים בחוות המטעים. בעצים עם צמיחה מוגבלת, גרמו שני טיפולי הרגליס (הטיפול המלא והטיפול לפני הדבקה) להחמרה במצב בניסוי אחד בחוות המטעים בו התקדמות המחלה בעצים המרוססים הייתה למאחר רב יותר מאשר בעצי ההיקש. בניסוי השני לא היו שבדלים בין שני הטיפולים. גם השפעת ה- CCC לא הייתה חד משמעית: בחוות המטעים התכשיר הפחית את אורך הכיב בניסוי אחד אך לא בניסוי השני. בחוות הבשור ה- CCC הפחית את קצב התקדמות המחלה בניסוי אחד, והגבירה בניסוי השני (איורים 9-11). הריסוס במגייק "תקע" את הצמחים המטופלים למשך זמן רב; אבל, למרות שהשתילים לא היו בצימוח, קצב התקדמות המחלה בהם היה מהיר יותר מאלה של שתילי ההיקש (איור 11). איננו יודעים מה הסיבה להשפעות הסותרות שקבלנו ולא ברור מדוע לעיתים גרמו התכשירים מעכבי הצמיחה להחמרה במצב (התקדמות מהירה יותר ולמרחק גדול יותר של המחלה) יחסית לעצי ההיקש. בכל מקרה, למיטב שיפוטנו המסקנה העיקרית מסדרת ניסויים זו היא שלא ניתן בשלב זה להשתמש בתכשירים מעכבי צמיחה ככלי ממשק להתמודדות עם מחלת החרכון ולמניעת הנזק שהמחלה גורמת לרקמות המעוצות.

3. פיתוח ממשק לסניטציה של עצי אגס נגועים במחלת החרכון

המסקנה העיקרית שעלתה מהניסויים שדווחו כאן, ומניסויים אחרים שלא הוצגו, היא שלא בכל המקרים ביצוע טיפול סניטציה (גיזום או שלהוב) משפר את המצב! ישנם מקרים בהם הטיפול לא משנה כהוא זה את המצב (ולכן הוא מיותר) וחמור מכך, ישנם מקרים בהם ביצוע סניטציה מחמיר את המצב (ולכן צריך להימנע ממנה). מכל זאת עולה שההמלצות האומרות שיש לבצע טיפול סניטציה בכל מקרה בו נראית נגיעות, אינן נכונות. לפעולת הסניטציה שתי מטרות, האחת, הקטנת הפגיעה בעצים בעונה הנוכחית; השנייה, הקטנת כמות המידבק ההתחלי בעונה העוקבת. בשורות הבאות ינותחו הממצאים לגבי כל אחת ממטרות הסניטציה ולגבי כל אחת משיטות הסניטציה שנבחנו (גיזום ושלהוב).

הגיזום יעיל במידה וכל הרקמות הנגועות מוסרות ומורחקות, ובתנאי שאחרי הטיפול לא נותרים חיידקים ברקמות המעוצות. בשני ניסויים בחנו האם ביצוע גיזום שטחי ("גיזום קוסמטי") הוא יעיל. המסקנה מהניסויים היא חד משמעית: אין להרחיק רק את האיברים הפגועים כי הטיפול לא עוזר (במקרה הטוב) או אף מחריף את המצב (במקרה הרע). אין בכך כדי להפתיע. ידוע מכבר שהחיידקים נמצאים במרחק של כמה עשרות סנטימטרים מעבר למקום בו נראים הסימפטומים. לכן הסרת האיברים הפגועים בלבד לא מרחיקה את החיידקים מהרקמות הצמחיות.

בכל הניסויים נכללו טיפולים בהם בוצע הגיזום על פי ההנחיות המקובלות (גיזום קפדני). ניתוח התוצאות מרמז על כך שברוב המקרים לא הצלחנו, גם כשבצענו גיזום קפדני, להרחיק את כל החיידקים. יותר מכך, בחלק מהמקרים גרמה פעולת הגיזום (הלא מוצלחת) להתקדמות מהירה של החיידקים שנותרו, מהירה יותר מזו שנצפתה בעצים שלא נגזמו כלל. זו הוכחה נוספת לכך שביצוע פעולת סניטציה לא מוצלחת עלולה להביא להתמרת המצב יחסית לאי פעולה כלל. לגבי המטרה השנייה של הגיזום (הקטנת כמות המידבק ההתחלי בעונה העוקבת), נראה שיעילות הטיפול הייתה תלויה במועד הביצוע. בעוד שהטיפולים שבוצעו באביב ובקיץ לא היו יעילים, הרי אלה שבוצעו בסתיו ובחורף, לפני הכניסה לתרדמה ובמהלכה, היו יעילים.

מכל האמור לעיל אין להסיק שלא צריך לבצע גיזום כדי להרחיק את הרקמות הנגועות. נהפוך הוא! הגיזום הוא כלי חיוני להתמודדות עם התרכון ולהפחתת הנזק לרקמות המעוצות לאחר שההדבקה כבר התרחשה. המסקנה היא שיש להשתמש בכלי זה בצורה מושכלת ומבוקרת, רק כשסביר שהפעולה תגרום לתוצאה חיובית. זאת על ידי התחשבות במכלול הגורמים המשפיעים על התקדמות המחלה ברקמות המעוצות. הגורמים המשפיעים על התקדמות המחלה ברקמות המעוצות הם מספר מוקדי הנגיעות על העץ (מעטים או רבים), עוצמת הצימוח של העץ (מוגבלת או נמרצת) והשלב הפנולוגי בו הוא נמצא. בהסתמך על הידוע עד כה, שונו ההמלצות לגיזום והותוו המלצות חדשות. ההנחיות החדשות מופיעות בטבלה מספר 1. ההנחה היא שישנם שני מועדים מרכזיים בהם עלולה להתרחש הדבקה של הפרחים, באביב ובסתיו. ההנחיות לגיזום מתייחסות לסניטציה של הדבקות אלה. ההנחיות מתייחסות בנפרד למועד המיטבי לסניטציה של ענפים וענפי שלד נגועים.

שיטת הסניטציה השנייה שנבחנה היא שלהוב. הרעיון הוא להשתמש בחום המופק מהמבער כדי לקטול את החיידקים הנמצאים בתוך הרקמות המעוצות. לשיטה זו, אם תוכת יעילותה, יתרונות על שיטת הגיזום במקרים בהם לא ניתן להסיר את הרקמות הנגועות בלי לגרום לפגיעה משמעותית לעץ (כמו נגיעות בענפי שלד ובגזע). למיטב ידיעתנו הניסויים שתוארו כאן הם הניסויים היחידים בהם נבחנה יעילות השלהוב בהשוואה לגיזום ובהשוואה לעצים שלא טופלו כלל. בנוסף, אלה הניסויים היחידים בהם נבחנה ההשפעה של השלהוב עד לעונה העוקבת. ניתוח הממצאים מלמד שבמקרה הטוב השלהוב אינו יעיל, ובמקרים אחרים הוא אף החמיר את המצב יחסית לעצים שלא טופלו כלל. המסקנה העולה מכך היא, שעד שלא יהיו ממצאים אחרים, לא מומלץ להשתמש בשלהוב ככלי לסניטציה.

טבלה מספר 1: המלצות לגיזום של רקמות צמחיות נגועות בחרכון

סוג הרקמות הנגועות	מועד ההדבקה	עצים בצימוח מוגבל		עצים בצימוח נמרץ	
		הרבה הדבקות	מעט הדבקות	הרבה הדבקות	מעט הדבקות
תפרחות וענפונים חד ודו-שנתיים	אביב	X	*+	X	+++
		X	-	X	++
		X	-	X	++
		X	-	X	-
	סתיו	ספטמבר	+++	+++	+++
		אוקטובר	+++	+++	+++
		נובמבר	+++	+++	+++
		דצמבר	++	++	++
		ינואר (עד /מ - 10 לחודש)	X / +	X / +	X / +
		פברואר	X	X	X

ענפים רב שנתיים או ענפי שלד	אביב או סתיו	מועד הדבקות		הרבה הדבקות
		אוגוסט	X	
		ספטמבר	+	
		אוקטובר	+	
		נובמבר (עד/מ - 20 לחודש)	+++ / +	
		דצמבר	+++	+++

ינואר (עד / מ - 10 לחודש)	+ / +++	+ / +++
פברואר	X	
מרץ	X	
אפריל	X	

יעדיפות ביצוע הסניטציה: +++ = עדיפות גבוהה; ++ = עדיפות בינונית; + = עדיפות נמוכה; - = הסניטציה אינה חיונית; X = הסניטציה, אם תבוצע, עלולה להזיק.

3. מסקנות כלליות שעלו מהמחקר

המסקנה הכללית הראשונה שעלתה מהמחקר היא שבתנאים הייחודיים המתקיימים בישראל הנזק הפוטנציאלי ממחלת החרכון גבוה כשהדבקות מתרחשות בסתיו מאשר כשהדבקות מתרחשות באביב. מכאן נגזרים הסיכונים היחסיים והמאמצים שיש להשקיע במניעת התפתחות המחלה בכל אחת מהעונות. עד כה הושקעו מרב המאמצים בפיתוח גישות להתמודדות עם הדבקות האביב: נבחנה יעילותם של תכשירי הדברה שונים, פותחה מערכת תומכת החלטה (גרעין ופרח) והוקם מערך ארצי למדידת נתונים מטאורולוגיים ולהפצתם למקבלי ההחלטות. מאמצים אלה נשאו פרי ושכיחות המטעים בהם מתרחשות הדבקות באביב נמוכה. ממצאי המחקר הנוכחי עולה שיש להשקיע מאמצים דומים (לפחות) לפיתוח כלים להתמודדות עם הדבקות הסתיו. בנקודה זו חשוב לציין שניתוח בדיעבד של המגיפות שהתרחשו בשנים 1994 ו- 1995 באזור מושבות השומרון (שהשמידו למעשה את גידול האגסים באזור) העלה שהנזקים הקשים היו תוצאה של הדבקות שהתרחשו בסתיו 1993/4 ובסתיו 1994/5, בהתאמה. בשנים האחרונות תועדו נזקים קשים במטעים בודדים גם באזור הצפון בהם הייתה נגיעות סתויות. כך לדוגמה נפגעה קשה חלקת גידול בקדמת צבי בשנת 2003 וחלקת אגס בראש פינה (מול שדה התעופה) נפגעה גם היא קשה ונעקרה בסופו של דבר.

התמודדות עם הדבקות סתויות כוללת כמה קווי הגנה, כלהלן. 1. יש לעשות את כל המאמצים למנוע את התרחשות הפריחה הסתוית על ידי מניעת עקות (למשל, עקת מים או דשן); 2. אם בכל זאת הייתה פריחה סתוית, יש להסיר את הפרחים בכל דרך אפשרית (בצורה ידנית, בריסוס על ידי חומרים צורבים, חומרים שיגרמו לנשירתם, וכו'). 3. אם הפרחים לא הוסרו ונדבקו במחלה, יש לבצע מידית סניטציה חריפה. העדיפות היא להסיר את הרקמות הנגועות עוד לפני שהעצים מתחילים את תהליכי היציאה מהתרדמה בראשית ינואר. 4. אם לא בוצעו כל אלה והמחלה התגלתה רק באביב הבא, אין לגעת בעצים מפני שקיימת סבירות גבוהה שגיוס בשלב הזה כבר לא ירחיק את החיידקים מהעץ. 5. את הענפים הנגועים מהדבקות הסתיו יש להסירם בסתיו-חורף העוקבים. המשמעות של כל האמור לעיל היא שיש חשיבות רבה לכך שהמגדלים ימשיכו להסתובב במטעים ושיהיו מוכנים לפעולה מיידיית במידת הצורך גם בתקופה "המתה" שבין סוף הקטיף (בקיץ) לגיוס ההורטיקולטורי (בתחילת החורף).

ההיפותזה שעמדה בבסיס מחקר זה הייתה שיש קשר בין מצבם הפיזיולוגי של העצים, המושפע מיחסי מקור/מבלע בענף הבודד ובצמח השלם, לקצב התקדמות החרכון ברקמות המעוצות. הנחת העבודה הייתה שהבנת הקשר בין הגורמים הקובעים את מצבם הפיזיולוגי של העצים להתקדמות המחלה תאפשר להגדיר את המצבים בהם עצי אגס מגלים עמידות פיזיולוגית למחלה ולפתח ממשק מיטבי לסניטציה של עצים נגועים. ככלל, היפותזת העבודה אוששה ומטורות המחקר הושגו במלואן (ויותר מכך). התברר שהגורם העיקרי המשפיע על התקדמות מחלת החרכון ברקמות המעוצות הוא מצב הצימוח של העצים שהוא הביטוי הוויזואלי של יחסי המקור/מבלע שלהם. כשהמבלע הווגטיבי חזק מהמבלע הרפרודוקטיבי, והעצים בצימוח נמרץ, רגישותם למחלה גבוהה והחיידקים מתקדמים ברקמות המעוצות במהירות; כשהמבלע הרפרודוקטיבי חזק מהמבלע הווגטיבי, והעצים בצימוח מוגבל, התקדמות המחלה איטית (אם בכלל). הבנת המערכת הביולוגית אפשרה לפתח ממשק מיטבי לסניטציה של עצי אגס נגועים, המסוכמת בטבלה 1. למרות הקושי הפסיכולוגי להפנים את העקרונות העומדים בבסיס הממשק החדש (בחלק מהמקרים מומלץ למגדלים לא לבצע סניטציה בעצים נגועים)

הוא כבר מיושם בקנה מידה רחב, ובהצלחה. התקווה שאפשר יהיה להשתמש בתכשירים מווסתי צימוח כדי לבקר ולשלוט ביחסי המקור/מבלע, ולהפוך את העצים הצומחים (הרגישים למחלה) לעצים מוגבלים (העמידים פיזיולוגית למחלה) לא התממשה. התוצאות לא היו חד משמעיות ולעיתים סותרות. על כך, בהמשך. בכל מקרה, הממצאים שעלו ממחקר זה כבר מאפשרים להתמודד עם המחלה טוב יותר. אמנם עלולים להיות מצבים בהם יתפתחו מגיפות חרוך קשות ותהיה פגיעה בפריחה וביבול בשנה מסוימת (למשל, כתוצאה מאי ריסוס בזמן אירוע הדבקה או עקב קיום תבדידי *E. amylovora* עמידים לסטרנר). אבל, גם במקרים אלה ניתן למנוע פגיעה קשה ברקמות המעוצות שתחייב לעקור את המטע כולו.

בניסויים שבצענו במהלך מחקר זה היה מספר גדול של תוצאות סותרות ולא הגיוניות. כך למשל לא ברור מדוע עצים בצימוח נמרץ, שהיו רגישים יותר למחלה מעצים בצימוח מוגבל כשנדבקו באביב, היו עמידים מהם כשהדבקה התרחשה בסתיו (איורים 1,2,5). לא ברור מדוע ריסוס עצים שהיו בצימוח מוגבל ברגליס הגביר (בניסוי אחד) את רגישותם (איור 9) ומדוע המחלה התקדמה בקצב מהיר יותר בשתילים "תקועים" שרוססו במגייק (איור 11). באותו האופן, לא ברור מדוע היו מקרים בהם ביצוע סניטציה (איורים 12,13) או שילחוב של רקמות נגועות גרם להחמרה בנגיעות (איורים 14,15). בשורות הבאות ינתן הסבר אפשרי לכל אלה בהתבסס על הממצאים שתוארו באיורים 7 ו-8. התברר, שקצב התקדמות המחלה ברקמות המעוצות נמצא במתאם (לא לינארי) לערך המוחלט של קצב השינוי בתכולת הסורביטול בענפי הצימוח החד-שנתיים. ככל שהערך המוחלט של קצב השינוי בתכולת הסורביטול היה גבוה יותר, כך היה קצב התקדמות המחלה מהיר יותר (איור 7). חיזוק לממצא זה התקבל בניסוי שבוצע ללא מעורבות הפונדקאי בו נמצא שהעברת חיידקים ממצע מזון בו היה הסורביטול בריכוז מסוים למצע בריכוז גבוה פי ארבע, או נמוך פי ארבע, הגביר במובהק את קצב הריבוי שלהם (איור 8). מכאן עולה ההנחה שפעולות הגורמות לשינויים בתכולת הסורביטול ברקמות הווגטטיביות ("מפרות את האיוון") מגבירות את קצב ריבוי החיידקים ובכך מגבירות את קצב התקדמות המחלה ברקמות המעוצות. התבססות על הנחה זו מאפשרת להסביר לפחות חלק מהתוצאות הסותרות והלא הגיוניות שתוארו למעלה. למשל, ניתן להניח שריסוס עצים בצימוח מוגבל (=עצים שאינם צומחים) ברגליס, חומר המעכב סינתזה של גיברלינים, מפר את האיוון הפיזיולוגי שלהם (ובכך מגביר את אלימות החיידקים). באותו האופן ניתן להסביר את התוצאה שהתקבלה בניסוי בו ריסוס שתילים במגייק גרם להתקדמות מחלה בקצב מהיר יותר בשתילים המרוססים מאשר בשתילי ההיקש ומדוע סניטציה חריפה של עצים בצימוח מוגבל הביאה לאותה תוצאה. גם השילחוב, הפוגע ברקמות הצמחיות, גרם (כנראה) להפרת האיוון בעצים. כמובן שההסברים הללו אינם הוכחות. אנו מתכוונים לבחון את ההיפותזה שתוארה לעיל בסדרת ניסויים שנבצע באביב הקרוב. למשל, נבחן האם גיזוס חריף של עצים בצימוח מוגבל או ריסוסם בתכשיר מעכב צמיחה יגרמו לשינויים משמעותיים בתכולת הסורביטול בענפים החד-שנתיים. אם יתברר שהיפותזה זו נכונה, ניתן יהיה להקטין או אף למנוע את האיום שמהווה מחלת החרכון לגידול האגסים בישראל. זאת, על ידי פיתוח ממשק גידול שימזער את השינויים והתנודות ביחסי המקור/מבלע של העצים. ממשק כזה יאפשר להפוך את העצים הרגישים לעמידים (פיזיולוגית) והוא הפתרון האסטרטגי להתמודדות עם המחלה.

ה. פרסומים מדעיים

ה1. בכתב

- Blachinsky, D., Shtienberg, D., Oppenheim, D., Zilberstaine M., Levi, S., Zamski, E., and Shosaiov, O., 2003. The role of autumn infections in the progression of fire blight symptoms in perennial pear branches. *Plant Dis.* 1082-87:1077
- Shtienberg, D., Shwartz, H., Manulis, S., Kritzman, G., Zilberstaine, M., Oppenheim, D., and Herzog, Z. 2002. Coping with fire blight in pears: experience gained in Israel in the fire blight management (Fire-Man) project. *Acta Hort.* 590:253-262.
- Shtienberg, D., Zilberstaine, M., Oppenheim, D., Levi, S., Shwartz, H., and Kritzman, G. 2003. New considerations for pruning in management of fire blight in pears. *Plant Dis.* 1088-87:1083

ה2. בעל פה

בשלוש שנות המחקר ניתנו הרצאות בימי העיון למגדלי האגס בראש פינה. בימי עיון אלה משתתפים עשרות רבות של מגדלים. בנוסף, ניתנו הרצאות למדריכי הגנת הצומח והמטעים בשה"מ, הרצאות בימי עיון שונים בהם השתתפו מדריכים, מגדלים ואנשי חברות, וסמינרים במכון למטעים ובתחנת הניסיונות נווה יער של מינהל המחקר החקלאי. כמו כן נמסרו דיווחים על חלק מהממצאים בועידות השנתיות של החברה הישראלית לפיטופתולוגיה. בכנס הבינלאומי בנושא החרכון שיתקיים באטליה בקיץ 2004 יינתנו שתי הרצאות ויוצגו שני פוסטרים בנושא.

סיכום

מטרות המחקר

המטרה ארוכת הטווח של המחקר היא להגדיר את הגורמים המשפיעים על התקדמות מחלת החרכון ברקמות מעוצות של עצי אגס. הגדרה זו תאפשר לפתח אסטרטגיה מיטבית למניעת הנזקים שהמחלה גורמת.

עיקרי הניסויים והתוצאות

במהלך שלוש שנות המחקר עסקנו בשלושה תחומים. הראשון: הגדרנו את הגורמים המשפיעים על התקדמות המחלה ברקמות המעוצות. ביצענו ניסויים במטעים, נלקחו דגימות מהעצים וקבענו בהם את רמת הסוכר סורביטול, ובחנו את הקשר בין תכולת הסורביטול בענפים שונים להתקדמות המחלה ברקמות המעוצות. התברר שהדבקות המתרחשות בסתיו מסוכנות יותר מהדבקות המתרחשות באביב. כמו כן נמצא שקצב התקדמות המחלה ברקמות המעוצות היה במתאם עם הערך המוחלט של קצב השינוי בתכולת הסורביטול בענפי הצימוח החד-שנתיים. הנושא השני: בניסויי שדה נבחנה האפשרות להפחית את קצב התקדמות המחלה ברקמות המעוצות על ידי יישום תכשירים מעכבי צימוח. התוצאות לא היו חד משמעיות: למרות שהתכשירים עכבו את הצימוח הם לא גרמו בכל המקרים להפחתה בהתקדמות המחלה ברקמות המעוצות. הנושא השלישי: נבחנו גישות שונות לסניטציה של ענפים נגועים. נמצא שהסניטציה לא עוזרת בכל המקרים; לעיתים השפעתה חיובית ולעיתים שלילית. גובשו הנחיות חדשות לביצוע סניטציה כתלות בפתוגן, בפונדקאי ובתנאי הסביבה.

המסקנות המדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו

החשיבות האפידמיולוגית של הדבקות סתיו והסכנה הפוטנציאלית הטמונה בהם גבוהים מאלה של הדבקות אביב. יש להתמקד במניעת הפריחה הסתוית ובטיפול בהדבקות, אם התרחשו. גובשו הנחיות חדשות לביצוע טיפולי סניטציה. הועלתה היפותזה לגבי המנגנון הפיזיולוגי הקובע את קצב התקדמות המחלה ברקמות המעוצות. אם תאוּשש ההיפותזה, ניתן יהיה להפוך את עצי האגס הרגישים לעמידים (פיזיולוגית) למחלה ובכך להסיר את האיום שמהווה מחלת החרכון לגידול האגסים בישראל.

הבעיות שנותרו לפתרון

פיתוח שיטות למניעת פריחה סתוית. אימות ההיפותזה לגבי המנגנון הקובע את רגישות העצים למחלה.

הפצת הידע שנוצר

תוצאות המחקר הוצגו בימי עיון, בהרצאות בכנסים מגדלים ובכנסים מדעיים, בסיכומי עונה ובמאמרים מדעיים.