

# השפעת הגיל הפיזיולוגי וההדברה הכימית על מחלת הקימחוניית בעגבניות לתעשייה

דני שטיינברג, מנחם בורנשטיין ורון שולחני, מינהל המחקר החקלאי, בית דגן

שאול גרף, מו"פ צפון

רוני פוייר, חוות גד"ש

## תקציר

אחת ממחלות עלים החשובות בגידול העגבניות לתעשייה היא הקימחוניית הנגרמת על ידי הפטרייה *Leveillula taurica*. המחלה מתפתחת על פני העלים וגורמת לכתמים אופייניים; העלים הנגועים מתייבשים, נושרים וחושפים את הפירות לשמש. המחלה גורמת לפגיעה בכמות היבול ובאיכותו. בניסוי שבצענו בקיץ 2010 בחוות גד"ש שליד קריית שמונה בחנו את הקשר בין הגיל הפיזיולוגי של הצמחים להתפתחות המחלה. בנוסף, בחנו את הקשר בין חומרת המחלה לנזק שנגרם ליבול ואיכותו. שתילי עגבנייה מהזן 8892 נשתלו בחמישה מועדי שתילה והצמחים רוססו או שלא רוססו בתכשירי הדברה. המחלה התפתחה באופן טבעי וחומרתה, במהלך העונה, לא הייתה רבה בגלל שתנאי הסביבה לא היו מיטביים להתפתחות הפתוגן. מניתוח עקומי התפתחות המחלה בטיפולים השונים עלה שהצמחים בטיפולי השתילה השונים נדבקו בגיל של 60-68 ימים מהשתילה (בפער זמן כרונולוגי של 24 ימים). בנוסף נמצא שלאחר שהתפתחו תסמיני המחלה הראשונים לא היה הבדל בקצב התפתחות המחלה בטיפולים השונים. מכאן עולה שהגיל הפיזיולוגי של הצמחים משפיע על מועד הופעת המחלה. המחלה הפחיתה את היבול הכולל והיבול האדום במובהק והנזק נע בין 10 ל- 24% מהיבול הפוטנציאלי. שיעור הנזק הושפע מאורך תקופת הגידול ומעוצמת המגיפה. הממצאים שעלו מהניסוי שיפרו את ההבנה של יחסי הגומלין השוררים בין הפתוגן לפונדקאי במערכת צמחית זו ולאחר שיאוששו יאפשרו לשפר את דרך ההתמודדות עם מחלת הקימחוניית בעגבניות לתעשייה.

## מבוא

בישראל מגדלים עגבניות לתעשייה בגליל המערבי והעליון ובעמקים הצפוניים (עמק החולה, בית שאן, יזרעאל וזבולון) בשטח כולל של כ- 25,000 דונם. אחת ממחלות עלים החשובות היא הקימחוניית הנגרמת על ידי הפטרייה *Leveillula taurica*. המחלה מתפתחת על פני העלים וגורמת לכתמים אופייניים; העלים הנגועים מתייבשים, נושרים וחושפים את הפירות לשמש. המחלה גורמת לפגיעה בכמות היבול ובאיכותו. הפגיעה בכמות היא תוצאה של הפחתת השטח הירוק, המטמיע; הפגיעה באיכות היא תוצאה של כתמי שמש בפירות, פגיעה בצבע הציפה וצבע הפירות, הפחתת אחוז הבריקס ופגיעה ביצור הליקופן. הנזק הכולל עלול להגיע ל- 60% מהיבול ויותר ולפגיעה קשה באיכות הפירות. האמצעי העיקרי להתמודדות עם המחלה ולהפחתת הנזקים שהיא גורמת הוא ההדברה הכימית. כיום מורשים בישראל לשימוש כנגד הקימחוניית 58 תכשירים, פרוטקטנטיים וסיסטמיים. הריסוסים מיושמים מידי 7-10 ימים ובסך הכול מיושמים בין 8 ל- 12 ריסוסים לעונה. פעולות ההדברה נקבעות לפי הניסיון המצטבר בכל איזור גידול, והן אינן מושפעות מממשק הגידול המיושם בחלקה הספציפית ולא מתנאי הסביבה המשתנים. כתוצאה מכך, דרך ההתמודדות עם מחלת הקימחוניית אינה מיטבית. כך למשל, בעונת 2009 היו באזור עמק החולה חלקות מסחריות בהן התפתחה המחלה למרות הריסוסים שיושמו, ונגרם נזק ליבול. אבל, בחלקות גידול אחרות באזור זה ובכל החלקות שגודלו בעמק בית שאן המחלה לא התפתחה כלל או שהיא התפתחה ברמה נמוכה מאד (גם בחלקות ניסוי בחוות עדן בהן לא יושמו תכשירי הדברה).

לא ידוע מה הגורם לשונות במופע המחלה בין עונות ובין חלקות גידול סמוכות וחוסר המידע לא מאפשר להתמודד עם המחלה ביעילות.

ממצאים שפורסמו בספרות לגבי מחלות קימחון בגידולים שונים ובמחקר שבצענו לאחרונה במחלת הקימחונית בפלפל נמצא שתגובת הצמחים למחלה משתנה עם הזמן. התברר, שבמערכות אלו תגובת הצמחים לפתוגן מושפעת מיחסי מקור-מבלע: ככל שכמות הסוכרים הזמינים בעלים הייתה יותר, כך התפתחה המחלה מהר יותר. כמוכן שהתפתחות המחלה מושפעת גם מתנאי הסביבה וכששוררים תנאים לא מיטביים לפתוגן (כמו למשל, טמפרטורות גבוהות ויובש) התפתחות המחלה מואטת; בתנאי סביבה קיצוניים התפתחות המחלה מעוכבת באופן משמעותי. למרות שקיימים הבדלים ניכרים בצורת הגידול בין פלפל לעגבניות לתעשייה (גידול לא מסיים/מסיים; לא מרכזי/מרכזי יבול) היפותזת העבודה של מחקר זה הייתה שתגובת הצמחים לפטרייה המחוללת את מחלת הקימחונית משתנה בהתאם לשלבי ההתפתחות הפיזיולוגית של הצמחים. בניסוי שבצענו בקיץ 2010 בחנו את הקשר בין הגיל הפיזיולוגי של הצמחים להתפתחות המחלה. בנוסף, בחנו את הקשר בין חומרת המחלה לנזק שנגרם ליבול ואיכותו.

## שיטות וחומרים

הניסוי הוצב בחוות גדי"ש שליד קריית שמונה במתכונת של ניסוי דו-גורמי בחלקות מפוצלות. הגורם הראשון (בחלקות הראשיות) היה מועד השתילה והוא כלל 5 רמות. שתילי עגבנייה מהזן 8892 נשתלו בתאריכים הבאים: 1. 14 באפריל; 2. 22 באפריל; 3. 29 באפריל; 4. 6 במאי ו- 5. 13 במאי. גודל כל חלקה ראשית היה 7.5 מ' לאורך ושלוש ערוגות לרוחב. השתילים נשתלו במרחק של 0.4 מ' בתוך הערוגה והמרחק בין הערוגות היה 1.92 מ'. הגורם השני (בחלקות המשנה) היה ההדברה הכימית והוא כלל שתי רמות. הצמחים רוססו (הטיפול המרוסס) או שהם לא רוססו (טיפול ההיקש) בתכשירי הדברה. גודל כל חלקת משנה היה 7.5 מ' לאורך ושלוש ערוגות לרוחב. הניסוי הוצב במתכונת של בלוקים באקראי עם 5 חזרות לכל טיפול והצמחים גודלו בהתאם להנחיות המקובלות באזור. מאחר וכמות המים והדשן מותאמת להתפתחות הצמחים, רושת שטח הניסוי בחמש מערכות השקיה בהתאם למועדי השתילה וההדשיה הותאמה להתפתחות הצמחים בכל אחד מהטיפולים. הדברת העשבים, המזיקים ומחלות אחרות הייתה בהתאם למקובל ויושמה באמצעות מרסס דגן על כל שטח הניסוי בצורה אחידה, על פי הצורך. ריסוסים כנגד הקימחונית יושמו רק בחלקות הטיפול המרוסס באמצעות מרסס גב מוטורי מדגם ECHO דרך מוט פומיות. לחץ הריסוס היה 3 אטמוספרות ונפח התרסיס היה 25 ליטר לדונם. בסך הכול יושמו 5 ריסוסים בתאריכים הבאים: 27 במאי (עמיסטר, במינון של 50 סמ"ק לדונם); 3 ביוני (ראלי, במינון של 60 סמ"ק לדונם); 17 ביוני (סיסטאן, במינון של 50 סמ"ק לדונם); 1 ביולי (פולאר, במינון 25 סמ"ק לדונם); ו- 13 ביולי (פולאר, במינון 25 סמ"ק/דונם).

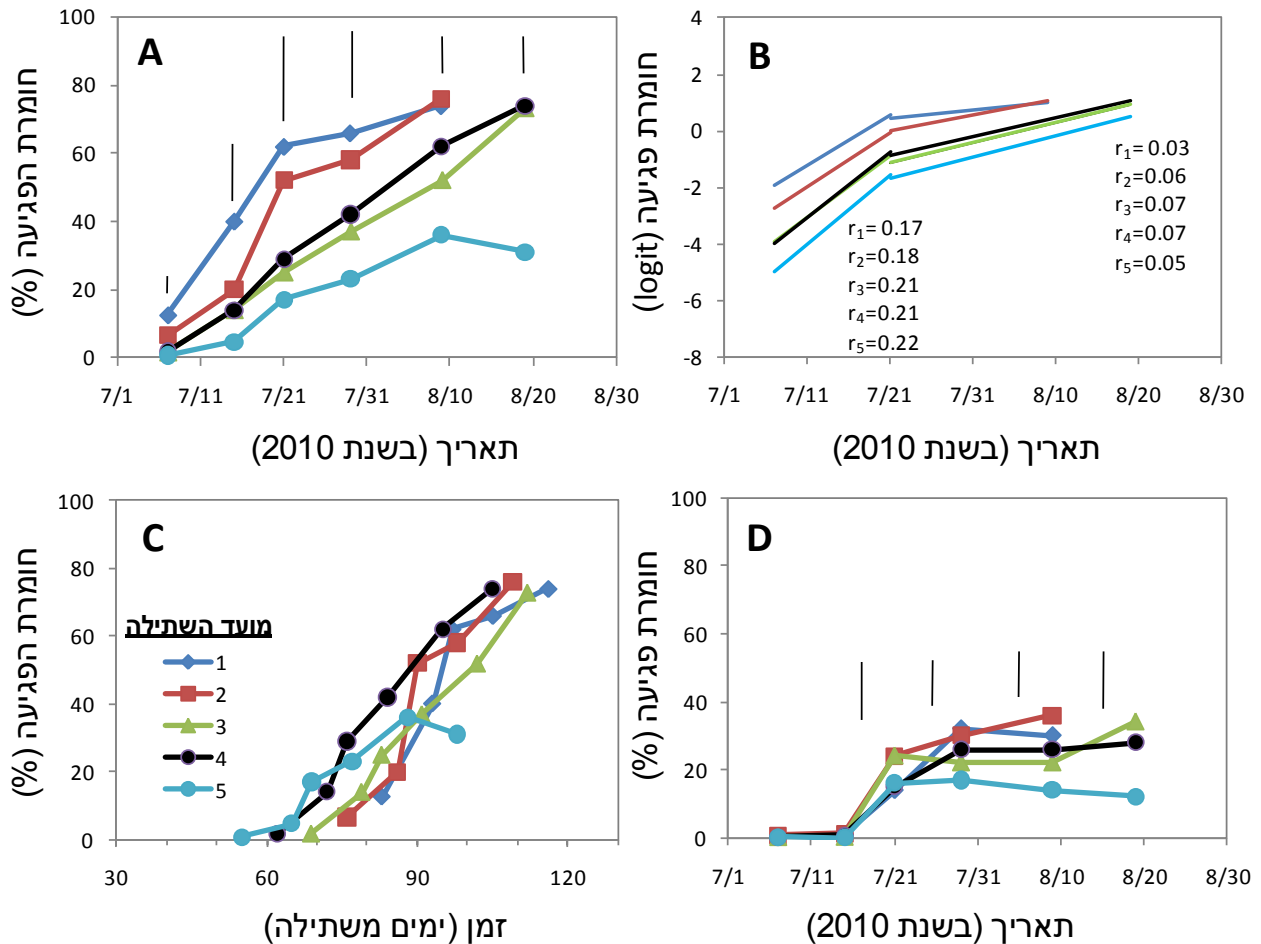
החל מחודש וחצי לאחר השתילה הראשונה נסרקו הצמחים ויזואלית לזיהוי תסמיני המחלה. לאחר שזוהו תסמיני המחלה הראשונים, הוערכה הנגיעות ויזואלית על ידי שני דוגמים. הדוגמים סרקו את הצמחים והעריכו את השטח היחסי של נוף הצמחים שהיה נגוע בתסמיני המחלה האופייניים. מדד זה מבטא באחוזים את חומרת המחלה. הערכות הנגיעות בוצעו מידי שבוע עד עשרה ימים עד לסוף הניסוי. מההערכה שבוצעה בסוף חודש יוני ואילך לא ניתן היה עוד להבדיל בין הפגיעה שנגרמה לעלים מהתפתחות המחלה לבין פגיעה שנגרמה מהתייבשות טבעית או מגורמים אחרים; לכן המדד שהוערך היה שיעור הפגיעה בנוף הצמחים. מדד זה נקרא חומרת הפגיעה, באחוזים. ערכי חומרת המחלה והפגיעה לאורך העונה שימשו לחישוב השטח היחסי מתחת לעקומת הפגיעה (Relative Area Under Severity Progress Curve, RAUSPC), מדד המבטא עד כמה חמורה הייתה הפגיעה בנוף הצמחים במהלך כל העונה. ככל שערכי מדד ה- RAUSPC גבוהים יותר, כך הייתה המגיפה שהתפתחה חמורה יותר. כדי לאמוד את הקצב היחסי של התפתחות המחלה ( $r$ , apparent infection rate)

תיארנו את עקומי התפתחות המחלה לאחר שערכי חומרת המחלה עברו טרנספורמציה logit.  $\text{logit} = \ln(X/(100-X))$  כאשר  $X$  = חומרת המחלה באחוזים. השיפוע של משוואת הרגרסיה הליניארית של ערכי חומרת המחלה (בערכי logit) לאורך זמן מהווה אומדן לקצב היחסי של התפתחות המחלה. באמצעות מדד זה ניתן להעריך מתי התפתחו תסמיני המחלה הראשוניים בחלקות הניסוי ומה היה אופי המגיפה. עם ההבשלה נאסף היבול מחלקות הניסוי. בחלקות השתילה הראשונה והשנייה נאסף היבול בתאריך 11 באוגוסט. עקב החום הכבד ששרר באיזור הבשילו העגבניות בחלקות השתילות השלישית, הרביעית והחמישית יחדיו והיבול נאסף בתאריך 22 באוגוסט. היבול שנאסף מהערוגה האמצעית מוין לעגבניות אדומות, ירוקות ורקובות וכל קבוצה נשקלה בנפרד. מהשקילות חושב אחוז הפירות הירוקים והרקובים. מדגם בן 20 עגבניות אדומות נלקח למעבדה לבדיקת הבריקס. הממצאים נותחו בשיטות סטטיסטיות מקובלות. את מובהקות ההשפעות של טיפולי הניסוי בחנו באמצעות ANOVA וכשהשפעות הטיפוליים היו מובהקות באמת מובהקות של  $P = 0.05$  נבחנו ההבדלים באמצעות מבחן HSD. כשהשפעות הגומלין בין שני הגורמים העיקריים (מועד השתילה וטיפול הריסוס) לא היו מובהקות הוצגו ההשפעות העיקריות וכשהשפעת הגומלין הייתה מובהקת הוצגו ההבדלים של כל צירופי הטיפולים. בנוסף, השתמשנו בניתוחי רגרסיה ליניארית פשוטה לחישוב ערכי הקצב היחסי של התפתחות המחלה ורגרסיה רבת משתנים לחישוב פונקציית הנזק. במקרה זה היה המשתנה התלוי היבול (הכולל או האדום) והמשתנים הבלתי תלויים היו מועד השתילה וחומרת המגיעה בנוף הצמחים (RAUSPC). במקרים אלה צוינו במקומות המתאימים ערכי מקדם המיתאם המרובה ( $R^2$ ) ומובהקות הרגרסיה.

## תוצאות

תסמיני המחלה הראשוניים נראו בשטח הניסוי בתאריך 24 ליוני בחלקות ההיקש של השתילה הראשונה, כעשרה שבועות לאחר השתילה. בחינת העלים הנגועים במיקרוסקופ אישרה שהגורם הפתוגני הוא אכן הפטרייה *Leveillula taurica*. כעשרה ימים לאחר מכן, בתאריך 7 ביולי, כשצמחי השתילה הראשונה היו בני 83 ימים והצמחים שנשתלו בשתילות העוקבות היו צעירים בהפרשים של שבוע, הייתה חומרת המחלה בטיפולים השונים (ממוצע  $\pm$  שגיאת תקן)  $12.4 \pm 2.5\%$ ,  $6.6 \pm 1.4\%$ ,  $1.6 \pm 0.9\%$ ,  $1.6 \pm 0.5\%$  ו  $0.7 \pm 0.6\%$ , לפי אותו הסדר. במהלך השבועיים הבאים עלתה חומרת המחלה במהירות ובתאריך 21 ביולי הייתה חומרת המחלה בחלקות השתילה הראשונה  $62 \pm 4.9\%$ . בחלקות שנשתלו מאוחר יותר הייתה הנגיעות בקימחוניית נמוכה יותר, וחומרתה הייתה בהתאם לסדר השתילה. בחלקה הצעירה ביותר (שבמועד זה הייתה בת 69 ימים) הייתה חומרת המחלה רק  $17 \pm 0.2\%$ . את המדרג בחומרת המחלה בין הטיפולים ניתן להדגים על ידי חישוב פער הזמן שעבר בין המועדים בהם מידת הפגיעה בנוף היגיע לחומרה מסוימת. כך למשל, שיעור פגיעה של 10% התפתח בחלקות השתילה השנייה כ- 7 ימים אחרי שהוערכה רמת פגיעה זו בחלקות השתילה הראשונה, בחלקות השתילה השלישית והרביעית כעבור 10 ימים ובחלקות השתילה החמישית כעבור 17 ימים. קצב התפתחות המחלה בתקופה זו היה דומה בכל הטיפולים, וערכי  $z$  נעו מ  $0.17$  ל  $0.24$  (איור 1B). מתאריך זה ואילך הייתה ירידה בקצב התקדמות המחלה – כנראה בגלל הטמפרטורות הגבוהות והיובש ששררו אז – ולא ניתן היה להבדיל עוד בין פגיעה בנוף שמקורה היה מהתפתחות הקימחוניית ומפגיעה שמקורה היה מהתייבשות העלים הנגועים בקימחוניית, מהתייבשות טבעית של העלים או מהזדקנות. לכן ממועד זה ואילך הוערכה מידת הפגיעה בנוף. בגלל שהיו הבדלים ניכרים במידת הפגיעה בנוף בין החלקות המרוססות בתכשירי הדברה נגד הקימחוניית לחלקות ההיקש, בכל מועדי השתילה, נראה שהגורם המרכזי לפגיעה בנוף הייתה המחלה. קצב התקדמות הפגיעה בנוף הצמחים ממועד זה ואילך לא היה שונה בין הטיפולים. המדרג בשיעור הפגיעה בנוף בין מועדי השתילה השונים נשאר עד לסוף הניסוי והיו הבדלים מובהקים בין הטיפולים השונים עד לסוף העונה. עם הזמן, הפער בין העקומים

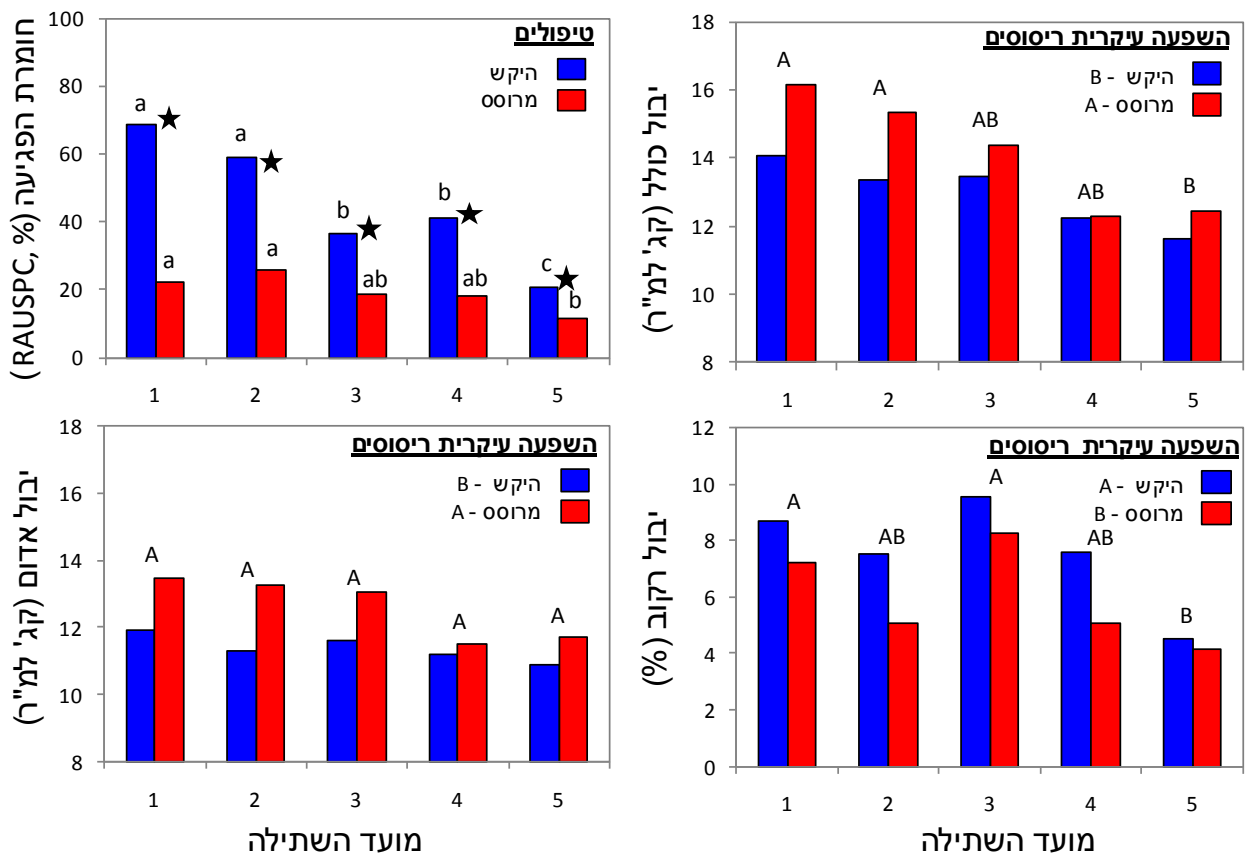
המתארים את שיעור בנוף הצמחים בין מועדי השתילות השונים הלך וגדל; כך למשל, לרמת פגיעה של 30% הגיעו הצמחים של השתילה האחרונה כ- 35 ימים אחרי השתילה הראשונה (איור 1A). כאשר צוירו עקומי התפתחות הפגיעה בנוף כשציר הזמן היה ימים משתילה מדד המבטא (בקירוב) את הגיל הפיזיולוגי של הצמחים ולא את התאריך הכרונולוגי, הפער בין העקומים נשאר פחות או יותר קבוע במהלך כל העונה והוא בין שבוע לערך (איור 1C).



**איור מספר 1** : השפעת מועד השתילה על התפתחות מחלת הקימחונית (הפגיעה בנוף הצמחים) בניסוי שבוצע בחוות גד"ש בעונת 2010. **A**: חלקות ההיקש; **B**: חלקות ההיקש, לאחר שערכי חומרת המחלה עברו טרנספורמציה logit; **C**: חלקות ההיקש כשציר הזמן מבטא בימים מהשתילה; **D**: חלקות שרוססו בתכשירי הדברה. הקווים האנכיים באיורים A ו- D מייצגים את ערכי ה- LSD בכל מועד בו הוערכה הנגיעות, ברמת מובהקות של  $P = 0.05$ . ערכי ה-  $r$  באיור B מציינים את קצב התקדמות המחלה בכל אחד ממועדי השתילה, לפני ואחרי נקודת הפיתול.

הריסוס בתכשירי הדברה הפחית את חומרת הנגיעות בקימחונית והקטין את מידת הפגיעה בנוף הצמחים. בכל הערכות הנגיעות הייתה חומרת הפגיעה בנוף הצמחים שרוססו (בכל מועד שתילה) נמוכה במובהק מהפגיעה שהוערכה בצמחי חלקות היקש (תוצאות לא מוצגות). כשנותחו ערכי ה- RAUSPC נמצאו הבדלים מובהקים במדד זה בין החלקות המרוססות לחלקות ההיקש (איור 2). ערכי ה- RAUSPC שימשו לחישוב יעילות ההדברה והערכים נעו בין 44 ל- 67%; זו יעילות הדברה בינונית. ההבדלים במידת הפגיעה בנוף בחלקות המרוססות של מועדי השתילה השונים לא היו מובהקים במהלך רוב העונה (איור 1B) והבדלים מובהקים בערכי RAUDSC היו רק בין מועדי השתילה הראשונה והשנייה למועד השתילה האחרונה (איור 2). בשטח נראו הבדלים ניכרים במידת הפגיעה בנוף בין חלקות ההיקש ובין החלקות המרוססות, כשבכל אחד מטיפולים אלה

הייתה גם השפעה למועד השתילה. הפער המשמעותי ביותר בבריאות הנוף היה בין חלקות ההיקש של השתילה הראשונה לחלקות המרוססות של השתילה החמישית (איור מספר 3).

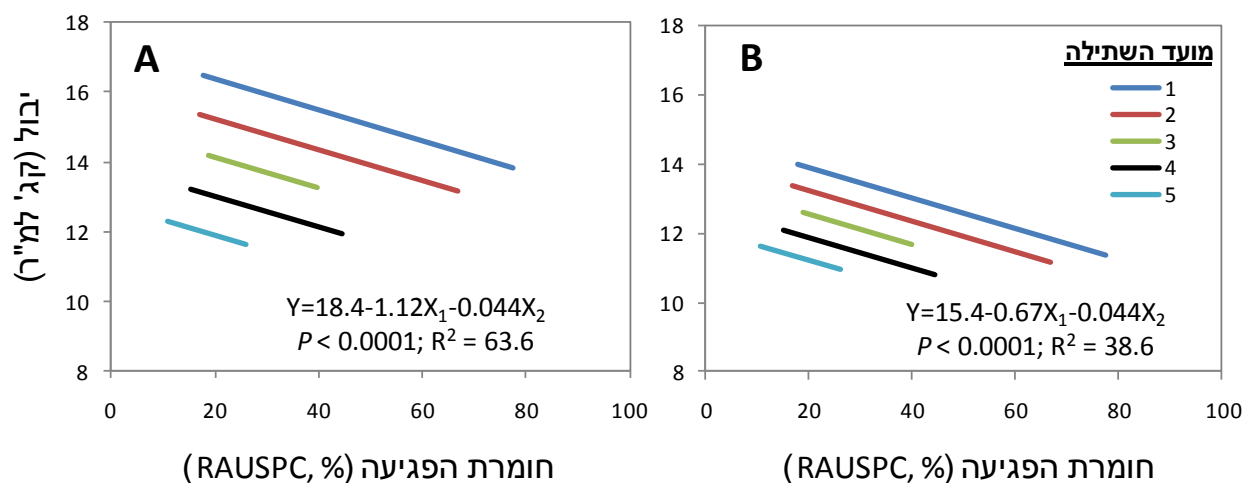


**איור מספר 2:** השפעת מועד השתילה והריסוסים על חומרת הנגיעות במחלת הקימחוניית (המבוטאת ביחידות של השטח מתחת לעקומי חמורת הפגיעה בצמחים, RAUSPC), היבול הכולל, היבול האדום ואחוז הפרי הרקוב, בניסוי שבוצע בחוות גד"ש בשנת 2010. בנייתוח השונות נמצאה השפעת הגומלין מובהקת בין מועד השתילה והריסוסים רק לגבי חומרת המחלה; במקרה זה ערכי עמודות שלידן אותיות שונות שונים במובהק בכל טיפול ריסוס, וכוכביות מציינות הבדלים מובהקים בין החלקות המרוססות לחלקות ההיקש, בכל מועד שתילה. בשאר המקרים השפעת הגומלין לא הייתה מובהקת ובאיורים מצוין אם ההבדלים בין מועדי השתילה היו מובהקים (באותיות גדולות הנמצאות ליד העמודות) ובין הריסוסים – בכיתוב הנמצא חלק העליון של כל איור.



**איור מספר 3:** תמונות שצולמו בחלקות הניסוי בתאריך 9 באוגוסט 2010. בצד שמאל – חלקת ההיקש של מועד השתילה הראשון; בצד ימין – חלקת מרוססת של מועד השתילה החמישי.

מועד השתילה והריסוסים השפיעו על היבול ואיכותו. מאחר והשפעות הגומלין בין גורמים אלה לא היו מובהקות יוצגו כאן ההשפעות העיקריות. דחית מועד השתילה הפחיתה את כמות היבול הכולל, את אחוז הפירות הרקובים ואת כמות הפרי האדום (במדד זה ההבדלים לא היו מובהקים בניתוח השונות). הריסוס בתכשירי הדברה שיפר את כל מדדי היבול: כמות היבול הכולל והפרי האדום היו גבוהים יותר במובהק, ואחוז הפירות הרקובים היה נמוך יותר במובהק בחלקות המרוססות יחסית לחלקות ההיקש (איור מספר 2). ניתוח השונות המוצג באיור 2 מלמד על תרומת ההדברה ליבול; את השפעת המחלה ניתן לבחון באמצעות פונקציות הנזק, המתארות את הקשר בין הנגיעות ליבול. מאחר ובניסוי נכללו מועדי שתילה שונים, ומפני שהיבול הפוטנציאלי הושפע גם ממועד השתילה, ולא רק מהתפתחות המחלה, נבחנה ההשפעה המשולבת של שני גורמים אלה. ההשפעות של שני הגורמים נקבעו באמצעות רגרסיה רבת משתנים בה הגורמים הבלתי תלויים היו מועד השתילה וחומרת המחלה והגורם התלוי היה היבול. בכל הרגרסיות שחושב היו השפעות של שני הגורמים הבלתי תלויים מובהקות מאד ( $P < 0.0001$ ). תיאור גראפי של פונקציות הנזק שחושבו מופיע באיור 4. ככל שחומרת הפגיעה בנוף הצמחים הייתה גבוהה יותר, כך היה היבול נמוך יותר, וזאת בכל אחד ממועדי השתילה. על פי משוואת הרגרסיה ניתן לחשב שבמידת הפגיעה הממוצעת של צמחי חלקות ההיקש (ערך RAUSPC של 45.2% פחת היבול האדום ב-2 קג' למ"ר לערך. באותו האופן, ככל שהשתילה נדחתה יותר כך פחת היבול, בכל שיעור של פגיעה בנוף. על פי משוואת הרגרסיה ניתן לחשב שדחייה של שבוע במועד השתילה הביאה בעקבותיה לפחיתה ממוצעת של 0.7 קג' למ"ר לערך (איור 4). לא היו הבדלים בבריקס בין מועדי השתילה השונים ולא בין טיפולי הריסוס השונים (תוצאות לא מוצגות).



**דיון**

המטרה המרכזית של הניסוי שבצענו בקיץ 2010 בחוות גד"ש הייתה לבחון את ההיפותזה שהגיל הפיזיולוגי של צמחי העגבנייה לתעשייה משפיע על תגובתם לפטרייה *Leveillula taurica*, המחוללת את מחלת הקימחונייה. צמחי העגבנייה נשתלו בחמישה מועדים שונים, במרווחים של שבוע זה מזה. בעת זיהוי תסמיני המחלה הראשונים, בתאריך 24 ליוני היו הצמחים בשתילה הראשונה בגיל 70 ימים, ובשתילות העוקבות בגילים 63, 56, 49 ו-42 ימים משתילה, לפי אותו הסדר. מאחר ומקור המידבק הראשוני היה חיצוני, זמינות המידבק בחלקת

הניסוי הייתה תלויה במקורו (החיצוני) ובתנאי הסביבה. בחודש שלאחר מכן התפתחה המחלה בעוצמה שונה בצמחים ונוצר מדרג בנגיעות על פי הגיל הפיזיולוגי של הצמחים: ככל שהצמחים היו צעירים יותר, כך הייתה הנגיעות נמוכה יותר (איור 1A). כאשר ציירנו את עקומי התפתחות המחלה כשציר הזמן לא היה כרונולוגי אלא ימים מהשתילה (מדד המבטא בקירוב את הגיל הפיזיולוגי של הצמחים), המדרג שהיה בין הטיפולים נעלם (איור 1C). את השפעת הגיל הפיזיולוגי ניתן להדגים גם על ידי השוואת חומרת הפגיעה בנוף הצמחים בעת שהצמחים היו בגיל פיזיולוגי דומה. המועד שנבחר להשוואה היה מועד זיהוי הפירות האדומים הראשונים בכל אחד מהטיפולים. הפירות הראשונים נראו בחמשת הטיפולים בטווח של שבוע לערך, 77 עד 86 ימים משתילה ( $81 \pm 1.9$  ימים; ממוצע  $\pm$  שגיאת תקן). טווח חומרת הפגיעה בנוף הצמחים בטיפולים השונים אז היה 12.4-29% ( $22.5 \pm 2.9$ ). זה טווח נגיעות צר עם שונות קטנה ועובדה זו חוזרת ומאוששת את ההנחה שהגיל הפיזיולוגי של הצמחים השפיע על התפתחות המחלה. נשאלת אם כן השאלה אם ההשפעה הייתה על מועד התרחשות ההדבקות הראשונות בכל אחד מהטיפולים או שההשפעה הייתה על קצב התפתחות המחלה לאחר שההדבקות הראשונות כבר התרחשו (או על שני מדדים אלה גם יחד). טרנספורמצית Logit של עקומי התפתחות המחלה מאפשרת לאמוד את מועד התרחשות ההדבקות הראשונות ואת הקצב היחסי של התפתחות המחלה (z). התברר, שההבדלים בקצב היחסי של התפתחות המחלה בין מועדי השתילה השונים לא היו מובהקים (איור 1B). לעומת זאת, היו הבדלים במועד התרחשות ההדבקה הראשונה. אמדנו מועד זה ממשוואות הרגרסיה הליניאריות של עקומי התפתחות המחלה לאחר שהנתונים עברו טרנספורמציה בהנחה שחומרת הנגיעות הראשונה היא 0.1%. מניתוח זה עלה שהנגיעות הראשונות בצמחי השתילה הראשונה זוהתה בתאריך 19 ביוני (חמישה ימים לפני שהמחלה זוהתה בפועל) ובשתילות העוקבות בתאריכים 25 ביוני, 2 ביולי, 13 ביולי ו- 12 ביולי, לפי אותו הסדר. ההפרש בזמן הכרונולוגי בין מועד הופעת המחלה בצמחי השתילה הראשונה לאחרונה היה 24 ימים. על פי אומדנים אלה, גיל הצמחים במועד בו זוהו ההדבקות הראשונות בחמשת מועדי השתילה היה 64, 64, 64 ו- 68 – 60 ימים משתילה. הטווח הקטן (הפרש של 8 ימים!) מרמז כנראה על העובדה שהשינויים הפיזיולוגיים המתרחשים בצמחים בתקופה זו משפיעים על רגישות הצמחים להדבקה בפטרייה מחוללת המחלה. כחודשיים משתילה נמצאים הצמחים בסיום החנטה ואז מתחיל שינוי הצבע בפירות. אם נכונות מסקנות אלה, הרי שיחסי הגומלין המתקיימים בין הפתוגן לפונדקאי שלו במערכת קימחונית-עגבניות לתעשייה דומים בעיקרון לאלה המתקיימים במערכת קימחונית-פלפל. גם שם השתנתה רגישות הצמחים לפתוגן בהתאם לגיל הפיזיולוגי שלהם. השינוי בקצב התפתחות המחלה שנצפה בניסוי זה בתאריך 21 ביולי נבע כנראה מהדרך בה הוערכה הנגיעות ולא בהכרח מההשפעה של הגיל הפיזיולוגי של הצמחים. ממועד זה ואילך הערכנו את שיעור הפגיעה בנוף הצמחים (מדד הכולל את התייבשות העלים) ולא את חומרת המחלה. בכל מקרה, יש לחזור ולבחון נקודה זו. המטרה השנייה של הניסוי הייתה לבחון את השפעת המחלה על היבול ואיכותו. בגלל תנאי הסביבה ובייחוד הטמפרטורות הגבוהות ששררו בחודש אוגוסט (הטמפרטורה היומית הממוצעת בחודש אוגוסט הייתה 29.7 מעלות צלזיוס) קצב ההבשלה לא היה אחיד בין הטיפולים. היבול בחלקות שנשתלו בשתילה הראשונה והשנייה נאסף יחד והיבול בחלקות שנשתלו בשתילות השלישית עד החמישית נאסף יחד. המשמעות היא שמשך הזמן שעבר מהשתילה ועד הקטיף (=משך הגידול) התקצר ככל שהשתילות היו מאוחרות יותר. כך למשל, משך זמן הגידול של השתילה הראשונה והשנייה היה 117 ו- 110 ימים בהתאמה, ושל השתילות השלישית, רביעית וחמישית היה 105, 112 ו- 98 ימים, לפי אותו הסדר. לכן, נראה שהגורם לפחיתה ביבול הכולל והיבול האדום בין מועדי השתילה נבעה ממשך הגידול המתקצר. בחלקות המרוססות בתכשירי הדברה חומרת המחלה, והפגיעה בנוף הצמחים היו נמוכים במובהק מאלה שהיו בחלקות ההיקש (איור 1D). תרומת ההדברה ליבול הושפעה גם היא ממשך הגידול. כפי שצוין למעלה תסמיני המחלה הראשונים נראו בצמחים של השתילות השונות בערך באותו הגיל; לכן, בשתילות המאוחרות, בהן משך הגידול היה קצר יותר, משך המגיפה היה קצר יותר ובהתאמה

לכך גם הייתה גם תרומת ההדברה (איור 2). ולהמחשה, ההבדל ביבול הכולל בין החלקות המרוססות לחלקות היקש היה 2 קג' למ"ר בשתילה הראשונה והשנייה, אבל בשתילות השלישית עד החמישית ההבדלים נעו בין 0 ל – 0.9 קג' למ"ר בלבד (איור 2). אבל, כדי לאמוד את השפעת המחלה על היבול (ולא את תרומת הריסוסים) יש לבחון את פונקציית הנזק; על פי פונקציות הנזק המתוארות באיור 4 עולה שהיבול פתח ב- 0.044 קג' למ"ר לכל עלייה של יחידה אחת בערכי RAUSPC. החותך של פונקציית הנזק מתאר את היבול הפוטנציאלי (זה שהיה מתקבל ללא התפתחות המחלה) עבור כל אחת מהשתילות; למשל, עבור השתילה הראשונה היבול הפוטנציאלי המחושב היה 18.4 קג' למ"ר יבול כולל ו- 15.4 קג' למ"ר יבול אדום. חישובנו עבור כל אחת מהשתילות את היבול הפוטנציאלי ואת הנזק המרבי שנגרם כתוצאה מהתפתחות המחלה. למשל בשתילה הראשונה (בה חומרת המגיפה המרבית הייתה 80%) נגרם נזק של 20.4% ליבול הכולל ושל – 23.9% ליבול האדום. בשתילה החמישית (בה חומרת המגיפה המרבית הייתה 28%) נגרם נזק של 10.3% ליבול הכולל ו- 11.0% ליבול האדום. הערכים שחושבו עבור שלושת השתילות האחרות היו בין שני ערכי נזק אלה. לערכים המדויקים שחושבו, וצוינו כאן, אין משמעות רבה כשלעצמם. הם מספקים אומדן לגבי הנזק הפוטנציאלי אותו גורמה המחלה בניסוי זה ליבול. ערכי הנזק שחושבו אמנם משמעותיים, אך הם רחוקים מהערכים המרביים (פחיתה של עד 60% מהיבול) שתוארו בספרות. ניתן לשער שהסיבה לכך היא תנאי הסביבה, ובייחוד הטמפרטורות הגבוהות, ששררו השנה שמנעו את המשך התפרצות המחלה בסוף חודש יולי ובחודש אוגוסט.

המסקנות שעלו מניסוי בודד זה כשלעצמן לא יכולות לשפר את דרך ההתמודדות עם מחלת הקימחוונית בעגבניות לתעשייה. אבל, הממצאים חשובים מפני שהם שיפרו את ההבנה של יחסי הגומלין השוררים בין הפתוגן לפונדקאי במערכת צמחית זו. על פי הממצאים נראה שהצמחים עמידים יחסית להדבקה עד למועד בו הם מגיעים לשיא החנטה; במועד זה מתחיל שינוי הצבע בפירות הראשונים. הגענו למסקנה זו מפני שלפני שלב זה לא נראו תסמיני המחלה הראשונים גם בצמחים שלא רוססו בתכשירי הדברה. אם יאוששו ממצא זה בניסויים נוספים נראה שניתן יהיה להגדיר "סף להפעלת ההדברה" המבוסס על הגיל הפיזיולוגי של הצמחים שיאפשר לחסוך ריסוסים מוקדמים מיותרים. עקרון זה מיושם בהצלחה במערכת פתוגן-פונדקאי אחרת: חלפת בתפוחי אדמה. גם צמחי תפוחי האדמה עמידים פיזיולוגית לחלפת בשלבי ההתפתחות הראשונים שלהם והם הופכים להיות רגישים (ואז מומלץ להתחיל וליישם את תכשירי ההדברה) בסמוך למועד התחלת היווצרות הפקעות. מסקנה חשובה אחרת שעלתה מהניסוי היא שגם בשנים בהם תנאי הסביבה לא היו מתאימים להתפתחות המחלה עלול להיגרם נזק משמעותי ליבול, נזק שעוצמתו תלויה במשך המגיפה. מכאן עולה שחשוב למנוע את התפתחות המחלה ולצמצם ככל האפשר את משכה. אבל, אם ניתן יהיה לכמת את התאמת תנאי מזג האוויר לפתוגן ניתן יהיה לשפר עוד את ההדברה. זאת מפני שניתן יהיה לחסוך ריסוסים מיותרים (כשתנאי מזג האוויר אינם מתאימים) או ליישם ריסוסים תכופים יותר בתכשירים יעילים יותר כשתנאי הסביבה יהיו מיטביים לפתוגן.