

## תוכן עניינים

| <u>עמוד</u> | <u>הנושא</u>                           |
|-------------|----------------------------------------|
| 2           | דף פותח את הדו"ח                       |
| 3-4         | תקציר                                  |
| 4-5         | מבוא ותיאור הבעיה                      |
| 5           | מטרות המחקר                            |
| 5-16        | עיקרי הניסויים שבוצעו והתוצאות שהתקבלו |
| 16-18       | דיון וסיכום                            |
| 19          | בבליוגרפיה                             |
| 20-23       | נספחים                                 |

**דוח מסכם לתכנית מחקר מספר 132-1777-17**

**שנת המחקר 3.... מתוך..... 3..... שנים**

**שיפור ממשק הדברת עלקת בעגבניות באמצעות שילוב של דיגום מיטבי, אבחון מולקולרי ו'פקעית'  
Improvement of broomrape control by using better sampling, molecular identification  
and "pikeet"**

**מוגש לקרן המדען הראשי במשרד החקלאות**

**ע"י**

**ראדי עלי, פיטופתולוגיה וחקר עשבים, מינהל המחקר החקלאי, מרכז וולקני - נוה יער  
חנן איזנברג, פיטופתולוגיה וחקר עשבים, מינהל המחקר החקלאי, מרכז וולקני – נוה יער  
יפית כהן, הנדסה חקלאית, מינהל המחקר החקלאי, מרכז וולקני  
שאול גרף, מו"פ צפון**

Radi Aly, Dept. of Phytopathology and Weed Research, ARO, Newe Ya'ar Research Center,  
P.O.B. 1021 Ramat Yishay 30095. E-mail: [radil@volcani.agri.gov.il](mailto:radil@volcani.agri.gov.il)

Hanan Eizenberg, Dept. of Phytopathology and Weed Research, ARO, Volcani Center, P.O.B.  
75 Bet-dagan 50250. [eizenber@volcani.agri.gov.il](mailto:eizenber@volcani.agri.gov.il)

Yafit Cohen, Dept. Agricultural engineering, ARO, Volcani Center, P.O.B. 75 Bet-dagan 50250.  
[yafitush@volcani.agri.gov.il](mailto:yafitush@volcani.agri.gov.il)

Shaoul Graf, R & D Migal, Quriat Shmona: [graph@013.net.il](mailto:graph@013.net.il)

## תקציר

העלקת (*Orobancha and Phelipanche* spp.) הנה טפיל שורש מוחלט, חסר כלורופיל הגורמת לפגעים קשים בגידולי שדה וירקות רבים בארץ ובעולם. הטפיל גורם נזק בגידולים מרכזיים, המתבטא בהקטנת היבול ובהורדת איכותו, ובמקרים חמורים אף לאובדן היבול. היום, באזורים מסויימים (כמו עמק בית נטופה ורמת הגולן) לא מגדלים עגבניות בגלל אילוח קשה של הטפיל. היכולת להדביר את העלקת ולהקטין את נזקה מוגבלת מאד, וברוב הגידולים אינה קיימת.

**מטרת המחקר:** לייעל את ממשק ההדברה של העלקת בעגבניות באמצעות עץ- החלטות לדיגום, אבחון מולקולארי של הטפיל בשדה ושימוש מושכל ב'פקעית'.

**מהלך ושיטות העבודה:** דגימות קרקע מעומק של 10 ס"מ בנפח 1 ליטר נאספו משדות עגבניה נגועים להפקת DNA ומבחן ביולוגי (צמחי עגבניה נשתלו בעציצים המכילים דוגמאות קרקע שנאספו משדות מאולחים בעלקת). מיקום הדגימות נקבע לפי מפה שהוכנה מראש. שימוש בסמנים גנטיים ITS ו-*rbcl* לזיהוי זרעי עלקת בקרקע ופיתוח סמן חדש לעלקת מצרית. נבחרו חלקות מהם יאספו דגימות קרקע לאבחון מולקולארי. יישום תכשירי ההדברה לפי מודל ימי מעלה הכולל יישום קוטל העשבים מוניטור בטיפולי קדם שתילה (7-30 ימים לפני שתילה) ולאחר מכן טיפולים עם קוטל העשבים קדחה בכמיגציה במערכת טפטוף. שלבי העבודה כללו גם הכנת עקומת סטנדרט לאבחון כמותי של עלקת בשדה באמצעות qRT-PCR: איסוף דגימות קרקע מהשדה, מיצוי DNA ושימוש בסמן ITS לזיהוי כמותי של זרעי עלקת בדוגמת קרקע. במקביל להשוואת אמינות הסמן המולקולרי, בוצע מבחן ביולוגי וסקר שדה.

**תוצאות עיקריות:** בנוסף לסמנים (*ITS-350*, *ITS-100*, *rbcl*) הקיימים במעבדה שלנו פותח סמן נוסף (*ITS-235*) המזהה עלקת מצרית בלבד. בנוסף בוצע מבחן ביולוגי עם עגבניה כצמח בוחן. לפי התוצאות, לא התקבלה התאמה ברמת הנגיעות בין המבחן הביולוגי לצפי של המדגם. כנראה בגלל השפעת הטיפולים שקיבלו החלקות. שופר עץ –ההחלטות לקביעת רמת העלקת ולקביעת מערך דיגום מיטבי. כל הטיפולים הפחיתו במידה משמעותית את הטפילות בעלקת.

האבחון הכמותי של זרעי עלקת בשדה בוצע באמצעות הסמן המולקולרי *ITS-100* אשר מזהה את מיני העלקת החשובים (ע. מצרית, ע. חמנית וע. חרוקה). נבחנו רמת הנגיעות של עלקת ב- 3 חלקות (אבלק, 710 וח. דרום) באזורים שונים בארץ באמצעות מבחן ביולוגי, תצפית בשדה וסמן מולקולרי. ההתאמה הטובה ביותר בין פיזור האילוח לאבחון הכמותי התקבלה בחלקת הניסוי ח. דרום בעין חרוד. בחלקה 710 לא הייתה חפיפה בין המבחן הביולוגי לסקר השדה. בסקר שדה של עגבניות לתעשייה שבוצע בחוות עדן שבו נבחנו אמינות הכימות של זרעי הטפיל באמצעות qPCR לעומת מספר התפרחות של עלקת שהציצו באותה נקודת דיגום, נמצא שכימות זרעי עלקת באמצעות qPCR הראה על כמות זרעים יותר גבוהה מאשר מספר התפרחות שנמצאו באותה נקודת דיגום.

מתוצאות המחקר ניתן ללמוד שבצפיפות של דגימה אחת ל- 1.5 דונם ניתן לקבל תמונה מרחבית דומה הן במבחן הביולוגי והן בסקר השדה.

**מסקנות והמלצות:** מחקר זה הראה שניתן ליצור מפת אילוח של זרעי ע. מצרית בשדה באופן מרחבי ואפילו באופן כמותי עם שיפור הטכניקות השונות הכרוכות בכך. תוצאות המחקר יכולות לסייע בהדברת העלקת תוך שימוש במודל 'פקעית' בהתאם לרמת המדבק ובכך להוזיל עלויות לחקלאי ולהפחית את הנזק הסביבתי הנובע משימוש מיותר בחומרי הדברה. לסיכום, לפני גידול עגבניות מומלץ לבצע אבחון, זיהוי וכימות העלקת בדגימות ובניית מפת אילוח של השדה טרום שתילה. לאחר מכן קבלת החלטות מושכלות להדברה על פי רמת המידבק ומפת האילוח שתתקבל.

## מבוא

מיני עלקת שונים (*Orobanchae* and *Phelipanche* spp.) נטפלים לשורשי צמחים רחבי עלים, בעיקר באזורים חמים ויבשים בארץ ובעולם (Parker and Riches, 1993). גידולי שדה וירקות חשובים בארץ מהווים פונדקאים טובים לעלקת וסובלים נזקים קשים, ביניהם עגבניות לתעשייה ומאכל, תפוח אדמה, גזר, חצילים, זני לפל מסוימים, כרוביים, חמנית, חמצה, גידולי תבלין ועוד. גידולים אלה מגודלים במקרים רבים בשטחים מאולחים ברמות משתנות של זרעי עלקת מהמינים ע. מצרית (*Phelipanche aegyptiaca*), ע. חרוקה (*Orobancha crenata*) וע. חמנית (*O. cumana*). בנוסף, קיימים בארץ במרבית האזורים תנאים מיטביים להתפתחות עלקת (Joel et al., 2006).

היות העלקת מזיק חשוב בגידולי ירקות ושדה חשובים, המדען הראשי של משרד החקלאות ומועצת הצמחים מימנו מיזם שהסתיים לא מכבר. במסגרת המיזם פותחה מערכת תומכת החלטה 'פקעית' להדברה מושכלת של עלקת בעגבניות הגדלות בשדה הפתוח. המערכת מציעה לחקלאים מגוון תכניות הדברה המבוססות על מודל ימי מעלה ורמת המדבק בשדה (Eizenberg et al., 2012). רמת המידבק בשדה הינה פרמטר משמעותי בקביעת ממשק ההדברה המיטבי למזעור התפשטות העלקת ולצמצום הנזקים ליבול הנגרמים בגינה. עד למיזם, שיטת דיגום הקרקע להימצאות עלקת ולקביעת רמת העלקת הייתה יקרה ודרשה דגימות אקראיות בשדה. השיטה לא הייתה אמינה דיו ולכן לא הוטמעה בקרב החקלאים. בעקבות זאת, במקרים רבים לא ניתן היה להעריך בצורה מהימנה את רמת המדבק בשדה הדרושה לשימוש במערכת 'פקעית'. במחקר שבוצע במסגרת המיזם הצלחנו לפתח ולהתאים שיטה להפקת DNA גנומי של עלקת מדוגמת קרקע בנפח של 500 גרם באיכות טובה מאד ועלות זולה. כמו כן, פיתחנו סמנים גנטיים המבחינים בין DNA של הטפיל לעומת אורגניזמים שונים בקרקע (Aly et al., 2012) ופיתחנו סמנים המבחינים הן איכותית והן כמותית בין מיני העלקת השונים הגורמים את עיקר הנזק לחקלאות ישראל. זאת ועוד, במסגרת המיזם נחקרה הדינאמיקה של התפשטות העלקת על מנת לאתר מקורות אילוח ראשוניים וגורמי אילוח בתוך החלקה. מצאנו כי מקור האילוח

של חלקות ללא היסטוריית נגיעות הינו חלקות סמוכות בעלות היסטוריית נגיעות. בנוסף, מצאנו כי הגורמים העיקריים המשפיעים על התפשטות העלקת בשדה הינם מחזור גידולים והיסטוריית נגיעות (Eizenberg et. 2012). בהתבסס על ממצאים אלו, פותח עץ החלטות המאפשר להחליט לגבי כל חלקה לפי נתונים היסטוריים שלה ולפי נתונים היסטוריים במרחב הסמוך לה מהו אופן הדיגום המיטבי (מספר דגימות מזערי ומיקומן) להערכת רמת העלקת לפני הגידול. **במחקר הנוכחי, בצענו אינטגרציה של שלושת הרכיבים הללו, קרי, דיגום מיטבי, אבחון מולקולארי והטמעתם במערכת תומכת החלטה (פקעית) לבחינת השיפור והייעול של ממשק ההדברה של העלקת בעגבניות.**

### **מטרות המחקר**

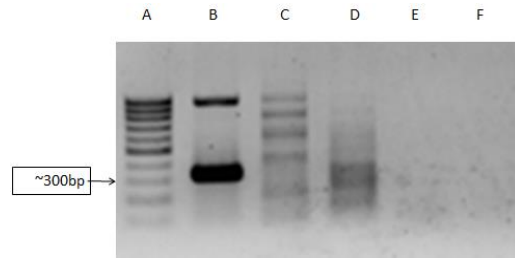
המטרה הכללית היא לייעל את ממשק ההדברה של העלקת בעגבניות באמצעות השימוש בעץ החלטות לדיגום, אבחון מולקולארי ושימוש מושכל ב'פקעית'.

### **מטרות המשנה הינן:**

- א. בחינת הדיוק והאמינות של האבחון המולקולארי לקביעת מין ורמת העלקת בהיקף נרחב.
- ב. בחינת הדיוק של רמת העלקת ו/או השונות המרחבית של רמת העלקת בשדה באמצעות מערך דיגום מיטבי המבוסס על עץ ההחלטות.
- ג. בחינת יעילות השימוש ב'פקעית' לפי רמות חזויות שונות של מידבק כפי שתיקבענה באמצעות שילוב מערך דיגום מיטבי ואבחון מולקולארי בכל דגימה במערך.
- ד. בחינת התרומה של דיגום מדויק בהדברת עלקת ושיפור היבול.

### **עיקרי הניסויים שבוצעו והתוצאות שהתקבלו**

**אבחון מוליקולרי:** דגימות קרקע מעומק של 10 ס"מ בנפח 1 ליטר נלקחו משדות עגבניה. מיקום הדגימות נקבע לפי מפה שהוכנה מבעוד מועד באזורי דיגום שהוגדרו. מהדגימות בוצע מיצוי של DNA גנומי ולאחר מכן בוצע מבחן ביולוגי לנוכחות עלקת. הצלחנו להתאים שיטה להפקת DNA גינומי מדוגמאות קרקע בנפח של- 1 ליטר. השיטה מבוססת על הרחפת החומר האורגני בתמיסת מלח קלציום כלוריד בריכוז 1.48kg/l, השקעה בטמפר' החדר למשך הלילה, ריכוז וניפוי החומר האורגני במערכת נפות (12, 40 ו- 100 מש) והפקת ה- DNA הגינומי מכל דוגמא באמצעות הקיט PowerSoil. על מנת לאבחן את העלקת על רקע אורגניזמים אחרים בדוגמת קרקע, השתמשנו בסמן ITS-350 ו- rbcL2 שפותחו במסגרת מיזם עלקת. בנוסף לסמנים הגנטיים הקיימים שמזהים את שלושת מיני העלקת (ע. מצרית, ע. חמנית וע. חרוקה) ומבחינים ביניהם, הצלחנו לפתח במסגרת תכנית מחקר זאת סמן נוסף (ITS-235 = PA, ספציפי המאבחן ומזהה עלקת מצרית בלבד מדוגמת קרקע בגודל של 235bp (איור 1).



**איור 1:** ריאקציה PCR של DNA מזרעים ותפרחות של ע.מצרית,

חמנית, וחרוקה עם הסמן ITS-235 על ג'ל אגרוז 1.5%.

(A), סמן לגדלים מולקולריים. (B), DNA שהופק מזרעים או

תפרחות של ע. מצרית (C), DNA שהופק מזרעים או תפרחות של

ע. חמנית (D), DNA שהופק מזרעים או תפרחות של ע. חרוקה. (E), DNA שהופק מדוגמא של אדמה ללא

זרעי עלקת. (F) דוגמא ללא DNA. החץ מסמן את גודל המקטע שהתקבל.

לפי תוצאות ה-PCR, הסמן החדש הגביר פרגמנט ספציפי בגודל של 235bp ערוץ (B), הפרגמנט הנ"ל לא

הופיע כאשר ה-DNA הופק מעלקת חמנית או חרוקה.

**בחינת הדיוק של רמת העלקת ו/או השוונות המרחבית של רמת העלקת בשדה באמצעות מערך דיגום מיטבי**

**המבוסס על עץ ההחלטות.**

**דגימת קרקע בחלקות נבחרות:** למימוש מטרה זו נערכו מפגשים עם 4 חקלאים בשתי שנות המחקר

הראשונות לבחירת חלקות מהם נאספו דגימות קרקע לאבחון מולקולארי. לפי הרציונאל של עץ ההחלטות

שפותח במחקר קודם סווגו החלקות ל-3 רמות נגיעות צפויה. הסיווג התבסס על מחזור הגידולים ועל

היסטוריית נגיעות בעלקת. בנוסף, הועלו השערות לגבי דגם הפיזור של הנגיעות לפי היסטוריית הנגיעות

בחלקה עצמה ומחזור גידולים והיסטוריית נגיעות בחלקות סמוכות ופרמטרים נוספים רלוונטיים (כמו קרבה

לנחל). טבלה 1 (נספחים) מציגה את החלקות בהם גודלו עגבניות בעונת 2015 ואת הצפי לגבי רמת הנגיעות

ודגם פיזור בחלקה. מתוך 7 החלקות נבחרו 5 לדיגום ולמעקב: אחת עם תחזית לרמה גבוהה (אדום), 2 עם

תחזית לרמה בינונית (חום בהיר) ו-2 עם תחזית לרמה נמוכה (ירוק). לכל חלקה יוצרו שכבות לדיגום בצפיפות

של דגימה אחת ל-1.5-2 דונם. ההמלצה מהמחקר הקודם היתה לדגום בצפיפות של 1 ל-4 דונם אך במסגרת

המחקר הנוכחי בחרנו בצפיפות גבוהה יותר על מנת להבטיח שהצפיפות תהיה מספקת כדי לבצע מניפולציות

מרחביות לפיזור דגימות איורים 1-4 (נספחים).

**תוצאות:** (טבלה- 2 בנספחים) מציגה את הצפי לגבי רמת נגיעות והצפי לגבי הדגם מול התוצאות של המבחן

הביולוגי. ניתן לראות כי התוצאות לא תאמו את הצפי. הצפי נתן הערכת יתר לשתי החלקות המתוארות. ניתן

לשער כי לקיחת הדגימות במהלך עונת הגידול הביא להשפעה של הטיפולים שנעשו כנגד העלקת ועיכב את

ההתפתחות של עלקות במבחן הביולוגי. לפיכך, נלקחו דגימות ממספר חלקות שבהן תוכנן לגדל עגבניות

בעונת 2016 על מנת להימנע כמה שניתן מהשפעת הטיפולים. למרות ההשפעה של הטיפולים ניתן לראות כי

החלק המזרחי של החלקה במולדת נגוע יותר בעלקת מאשר חלקו המערבי. בחלקה זו הועלו כמה השערות

לגבי הדגם בגלל הקרבה של החלקה מחד לחלקות שהיו נגועות בעבר בעלקת מדרום וממערב והקרבה שלה

לנחל הכסלן ממזרח (איורים 3-4, נספחים). במידה שניתן להסתמך על תוצאות המבחן הביולוגי, התוצאות

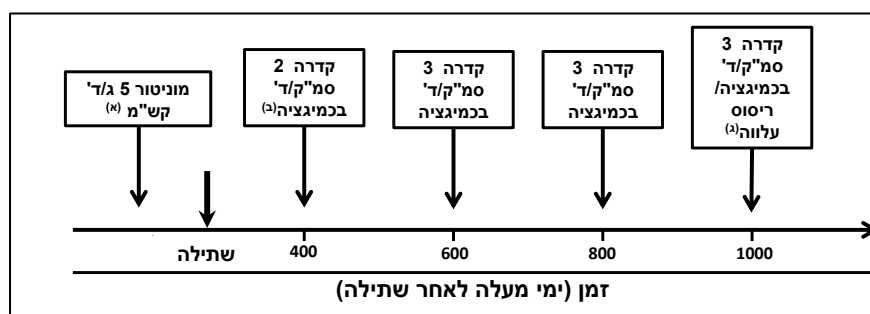
מראות שישנה השפעה ניכרת של הקרבה דווקא לנחל שמדי כמה שנים עולה על גדותיו ומסיע זרעי עלקת מהסביבה.

**שיפור עץ-החלטות לקביעת רמת העלקת ולקביעת מערך דיגום מיטבי:** עץ-החלטות לקביעת רמת העלקת ולקביעת מערך דיגום מיטבי אופיין במסגרת המיזם לפי עשרות חלקות. עם זאת, עץ ההחלטות לא אומת. במסגרת בחינת עץ ההחלטות שפותח במסגרת מיזם העלקת לצורך אימות, במחקר הנוכחי נתגלו בו כמה ליקויים לוגיים ועלה הצורך לשפר אותו. איורים 5 א-ב (נספחים) מציגים את עץ ההחלטות המשופר. העץ חולק לפי סוג המידע הקיים אצל החקלאי: מחזור גידולים איור 5א (נספחים) או מחזור גידולים והיסטוריית נגיעות בעלקת 5ב (נספחים). הפרמטרים שמשפיעים על הצפי של הנגיעות ועל ההמלצות הינן: גידול עגבניות בחלקה עצמה ובחלקות הסמוכות לה, גידול פונדקאים בחלקה עצמה ובחלקות הסמוכות לה, רמת נגיעות בחלקה עצמה ובחלקות הסמוכות לה כאשר יש התייחסות להבדל בין אם הנגיעות היתה בעגבניות או בפונדקאים אחרים. ההמלצות מחולקות גם הן לשתיים: טיפול או דיגום וטיפול. במידה שבידי החקלאי מידע רק על מחזור הגידולים ההמלצות הן שמרניות יותר.

### שיפור ממשק פקעית

לשיפור ממשק פקעית, במסגרת המחקר הנוכחי חברו היחידה לחקר עשבים במרכז מחקר נווה יער עם המחלקה החקלאית של חברת נטפים לשיפור ממשק 'פקעית' כאשר המטרה העיקרית הייתה ליישם את תכשירי ההדברה לפי מודל ימי מעלה בטיפול קש"מ. ממשק זה כולל יישום מוניטור בחורף והפעלתו על ידי גשם או המטרה, ולאחר מכן טיפולי כמיגציה של התכשיר קדרה במערכת טפטוף בספיקה נמוכה.

בשנת המחקר 2015 מערכת 'פקעית' נבחנה בשדות מסחריים בהתאם לרמת האילוח (איור 2). לאור התוצאות שהושגו בשנת 2014 ונזקים שנצפו בשלהי העונה בעיקר בשלב החנטה של הקומות העליונות הוחלט בטיפולים המסחריים לאחר 600 ימי מעלה לבחון את רמת הטפילות בעלקת בחלקות ולהחליט יחד עם המדריכים לגבי המשך הטיפולים. ההנחיה היתה כי במידה ורמת הטפילות נמוכה אין להמשיך בכמיגציה אלא ליישם קדרה על עלוות העגבנייה כפי שמצויין בתווית התכשיר. טיפול זה נמצא בטוח יותר מכמיגציה בשלב גידולי זה.



איור 2. תיאור ממשק הדברת עלקת 'פקעית אביבי', המבוסס על מודל ימי מעלה, טיפול קש"מ במוניטור ובהמשך כמיגציה של קדרה דרך הטפטוף. אריסוס 5 ג'ד' מוניטור על קרקע מתוחחת או

מקולטרת לאחר זיבול וגשם (לפחות 50 מ"מ). הריסוס בוצע לפני שתילה. לאחר הריסוס יש לבצע תיחוח של החומר לעומק 10 ס"מ, רצוי עם בקרת עומק. הטיפול יהיה יעיל אם ירדו משקעים בכמות של לפחות 100 מ"מ

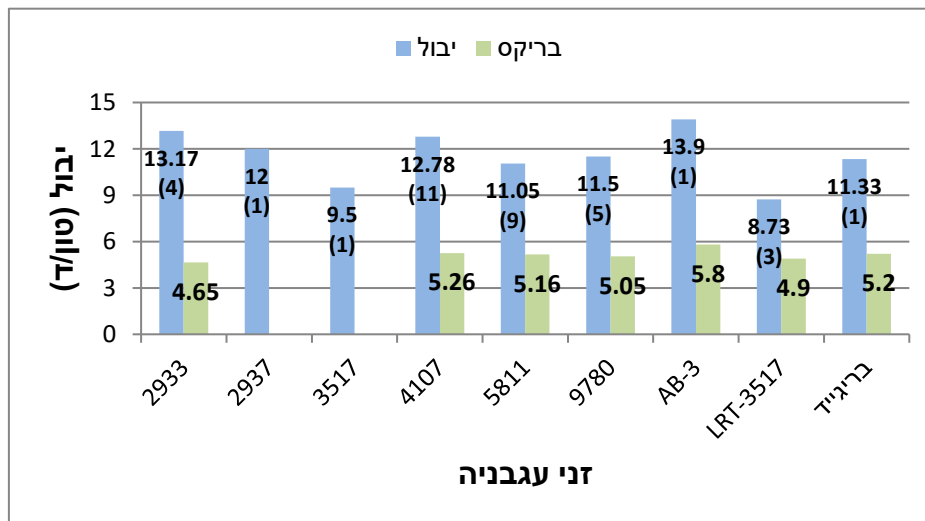
עד השתילה. במידה ולא ירדו משקעים בכמות הנדרשת יש להשלים בהשקיה עילית. <sup>3</sup> כמיגציה של קדרה בנפח השקיה של 30 מ"ק/ד'. החומר יוכנס למי ההשקיה לאחר 20 מ"ק/ד' באמצעות משאבת דשן חשמלית (למשל עמיעד בה אנו השתמשנו). לאחר הכנסת החומר יש להוסיף עוד 10 מ"ק/ד'. יש להשתמש בטפטפות בעלות ספיקה נמוכה של עד 1.0 ל/ש' בהצבה של עד 50 ס"מ מרווח בין הטפטפות. <sup>4</sup> לאחר גמר חנטה.

### להלן נתונים על החלקות המסחריות שהשתתפו במחקר

**כרב:** במרבית החלקות הכרב כלל את אחד הגידולים הבאים: אבטיח מללי, אבטיח סידלס, חיטה לתחמיץ או לגרעינים, דו גידול חיטה-תירס, תפוח אדמה (בחוות גד"ש).

**עיבודים:** מרבית החלקות עברו עיבודים שכללו בין השאר חריש, ארגז מחליק, זיבול, קילטור, סימון ערוגה, תיחוח. חלקות אחדות ביצעו עיבוד מעמיק עם משתת או דיסקוס.

**עלקת:** במרבית החלקות הדברת העלקת היתה יעילה, להוציא את החלקה במי עמי ואזור מוגבל בחלקה במעלה גלבוע.



**איור 3:** סיכום תוצאות יבול המשקים משנת 2016 שביצעו טיפול מסחרי במערכת 'פקעית אביבי' בהתאם לרמות האילוח בעלקת. העמודות הכחולות מציינות את היבול הממוצע של זני העגבניות (בסוגריים מצוין מספר החלקות שטופלו. העמודות הירוקות מציינות את הבריסק שהתקבל. הנתונים התקבלו ממפעלי עיבוד העגבניות ברשות המשקים.

באיור 3 ניתן לראות כי הזנים 2933 ו 4107 היו בעלי היבול הגבוה ביותר, ולאחר מכן 9780 והזן הוותיק 5811. מסוירים בשטחי העגבניה היתה תחושה כי הזן 5811 היה פחות בררני לטיפול הכמיגציה ואילו הזן 4107 היה חסון לטיפולים. נתון זה לא אומת או כומת.

**תצפית לבחינת טיפולי 'פקעית' להדברת עלקת בעגבניות בחלקה משובשת מאוד, גד"ש שמש**

הניסוי הוצב בחלקת עגבניות משובשת מאוד בעלקת מצרית. בחלקה זו גודלו עגבניות גם בשנת 2014 ללא טיפולים והחלקה דוסקה בשלב מוקדם לאחר כחודשיים גידול. ראוי לציין כי החלקה מאולחת ברמה גבוהה מאוד של גומא הפקעים וזאת בנוסף לעלקת. על מנת לבחון את טיפולים שונים (ובחלקם עם כמויות גבוהות יותר של מוניטור=טיפולים מחוזקים) הוצבו חלקות באורך 200 מטר ברוחב 9 ערוגות. ערוגה צמודה לא מטופלת שימשה כביקורת. בטבלה 1 ניתן לראות את רשימת הטיפולים.

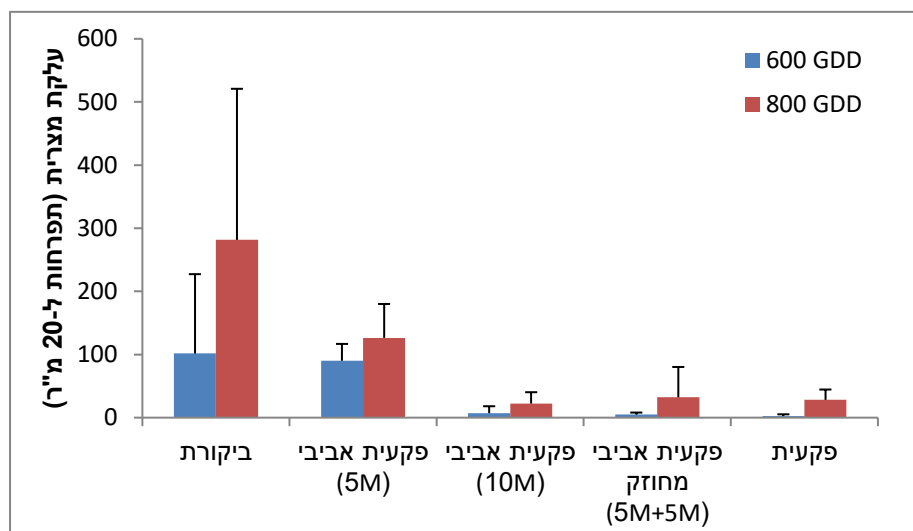
### יעילות הדברת עלקת

לצד כל אחד מהטיפולים הוצבה ערוגת ביקורת. האילוח בעלקת לא היה אחיד וביקורות המערביות (סמוכות לטיפול פקעית אביבי מחוזק) נספרו פחות תפרחות עלקת גם בביקורת הלא מטופלת. סה"כ כל הטיפולים הפחיתו במידה משמעותית את הטפילות בעלקת אולם לא הפחיתו את הנזק לעגבניה שנגרם כנראה גם מגורמי מחלה ועשבים אחרים שלא הודברו. מלבד אילוח קשה בעשבים רעים (רמה גבוהה במיוחד של גומא הפקעים) וניקוד בקטרי, החלקה הייתה נגועה גם בקשיון רולפסי. בחלקה נראו צמחים שסבלו מהתמוטטויות שנובעות מקשיון. אנו מעריכים כי צירוף כל הגורמים הנ"ל והעובדה שעגבניות גדלו שנה אחר שנה בחלקה, תרמו רבות לנזק, ולראיה גם בטיפולים וביקורות בהן נספרו מעט עלקות הייבול היה נמוך מאוד. בסיום התצפית נשקלו חלקות של 10 מ"ר מהתצפיות וממוצע המשקלים היה בין 0.75 טון/ד' בחלקות הביקורת ל 2.0 טון/ד' בחלקות בהם נצפתה הדברת עלקת. מנתון זה אין ללמוד על יעילות הטיפולים ולכן גם התוצאות לא מוצגות.

**טבלה 1.** תכנית הטיפולים שניתנו בתצפית בגד"ש שמש. התצפית בוצעה בחלקות באורך 200 מטר לרוחב 9 ערוגות. לצד כל טיפול הושארה ערוגת ביקורת לא מטופלת.

| קש"מ                                        | 200 ימ"מ | 400 ימ"מ                      | 600 ימ"מ                      | 800 ימ"מ                                          |                                     |
|---------------------------------------------|----------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------|
| מוניטור 5<br>ג/ד' מתוחח<br>לעומק 10<br>ס"מ  |          | קדרה 2<br>סמ"ק/ד'<br>בכמיגציה | קדרה 3<br>סמ"ק/ד'<br>בכמיגציה | קדרה 2<br>סמ"ק/ד'<br>בכמיגציה<br>לאחר<br>התייעצות | (פקעית אביבי) A                     |
| מוניטור 10<br>ג/ד' מתוחח<br>לעומק 10<br>ס"מ |          | קדרה 2<br>סמ"ק/ד'<br>בכמיגציה | קדרה 3<br>סמ"ק/ד'<br>בכמיגציה | קדרה 2<br>סמ"ק/ד'<br>בכמיגציה<br>לאחר<br>התייעצות | (פקעית אביבי עם<br>מוניטור 10 ג'ד') |

|                                                   |                                         |                                         |                                         |                                            |                                          |
|---------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------|
| קדרה 2<br>סמ"ק/ד'<br>בכמיגציה<br>לאחר<br>התייעצות | קדרה 3<br>סמ"ק/ד'<br>בכמיגציה           | קדרה 2<br>סמ"ק/ד'<br>בכמיגציה           | מוניטור 5<br>ג'ד'<br>ולאחר מכן<br>המטרה | מוניטור 5<br>ג'ד' מתוחח<br>לעומק 10<br>ס"מ | (פקעית אביבי C<br>מחוזק<br>בטיפול עלווה) |
| קדרה 3<br>סמ"ק/ד'<br>על העלווה                    | מוניטור 5<br>ג'ד'<br>ולאחר מכן<br>המטרה | מוניטור 5<br>ג'ד'<br>ולאחר מכן<br>המטרה | מוניטור 5<br>ג'ד'<br>ולאחר מכן<br>המטרה |                                            | D(פקעית)                                 |



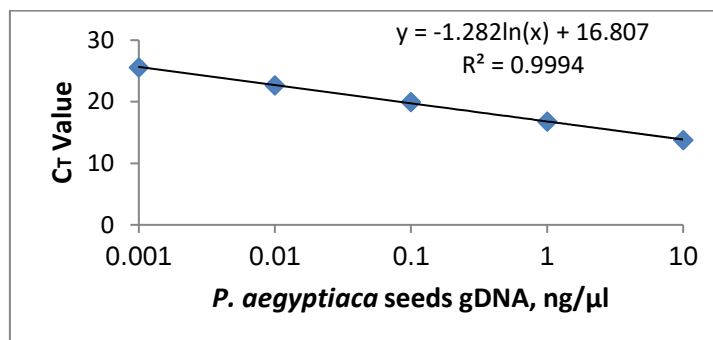
**איור 4:** יעילות הדברת עלוקת בחלקת התצפית בגד"ש שמש. ספירות העלוקת בוצעו לאורך 10 מטר ערוגה בחמש חזרות (בתוך כל חלקת תצפית אחת כך שלמעשה חזרות אלו 'אמתיות'). הבארים בראש כל עמודה מציינים את שגיאת התקן בין החזרות.

על מנת להשיג את מטרות המחקר, עבודה זו נעשתה בכמה מישורים מקבילים: מבחן ביולוגי (דוגמאות קרקע שנאספו מהשדה הועברו לעציצים בבית רשת לשתילת עגבנייה ומעקב להתפתחות עלקות בעציצים), אבחון עלוקת מדוגמת שדה במעבדה ע"י סמנים גנטיים ותצפית חזותית בשדה לרמת האלוח בעלוקת. על מנת להניח את סדר הפעולות כיאה מצורפת דיאגרמה איור 2 (נספחים).

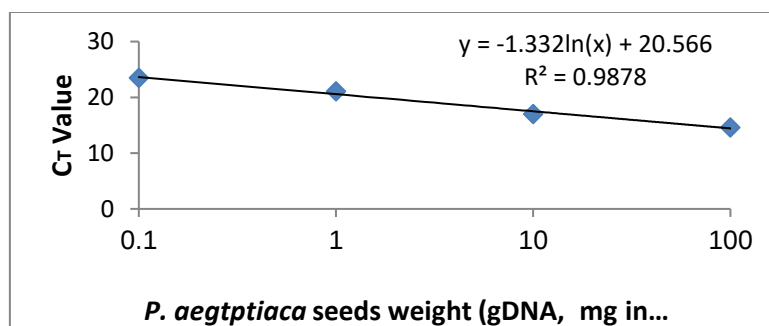
### אבחון כמותי של זרעי עלוקת באמצעות Quantitative Real-Time PCR (qPCR)

בשנה השנייה למחקר הוכנה עקומת הכיול מזרעי עלוקת עם ובלי אדמה. נלקחו 250 mg זרעי עלוקת ומהם הופק DNA, ה-DNA נמהל באופן עשירי לקבלת ריכוזים של 10, 1, 0.1, 0.01, 0.001 ng/μl. במקביל,

250 mg של אדמה אולחו ב (0.1, 1, 10, 100 mg) זרעי עלקת מצרית. מכל אחת ממבחנות המיהול נלקח 1µl לראקציית ה- qPCR. ה- DNA הגנומי הופק ע"י הקיט power soil של PowerSoil.



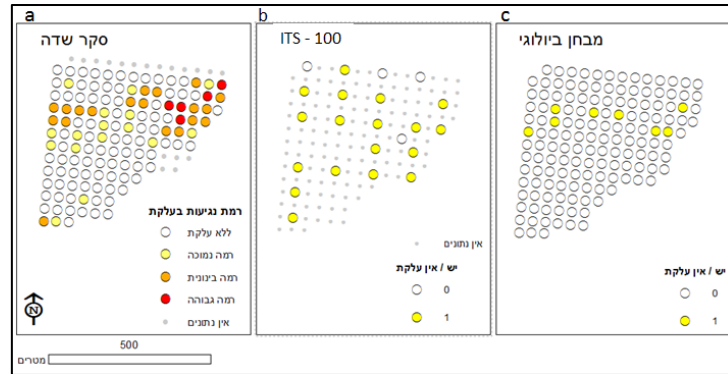
**איור 5:** עקומת סטנדרט לסמן ITS-100 המציגה את מספר המחזורים במכשיר ה- qPCR (ct value) כתלות בריכוז עותקי ה- DNA שהופקו מזרעי ע. מצרית בסקלה לוגריתמית. ערך כל תוצאה הינו ממוצע של שלוש חזרות.



**איור 6:** עקומת סטנדרט לסמן ITS-100 שנעשתה ע"י הצגת מספר המחזורים במכשיר ה- qPCR (ct value) כתלות בריכוז עותקי ה- DNA שהופק מקרקע מאולחת בזרעי ע. מצרית בכמויות שונות על סקלה לוגריתמית. ערך כל תוצאה הינו ממוצע של שלוש חזרות.

**השוואה בין תוצאות המבחן הביולוגי, הביואסיי (שימוש בסמן מולקולרי) והערכת הנגיעות בחלקה**

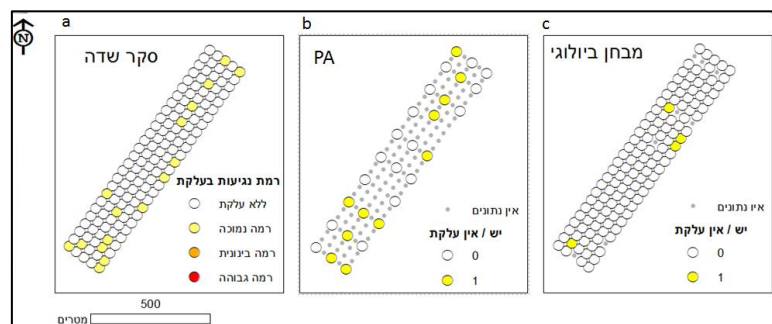
חלקה אבלק, גד"ש עין חרוד איחוד: בדוגמאות הקרקע מחלקה זו נעשתה ריאקציית PCR עם הסמן ITS-100, במהלך העונה חלקה זו טופלה כנגד עלקת תוך שימוש במודל 'פקעית'. סקר השדה איור 7a מראה נגיעות בעיקר בחלקה הצפוני של החלקה כאשר מגמת הנגיעות גדלה ממערב למזרח, בנוסף ישנו מקבץ בחלקה הדרומי.



**איור 7:** חלקה אבלק. הצגת תוצאות המבחנים השונים על גבי מפה - ספירת אגדי העלקות בחלקה לפי רמות: 0 ללא עלקת, 1-50 רמה נמוכה, 50-200 רמה בינונית, 200 ומעלה רמה גבוהה. לא נדגם (a) סקר שדה, אין עלקת, יש עלקת, לא נדגם (b): מבחן PCR עם הסמן המולקולרי ITS-100. (c) בחינת הימצאות העלקות במבחן הביולוגי.

### חלקה 710, גד"ש הזרע

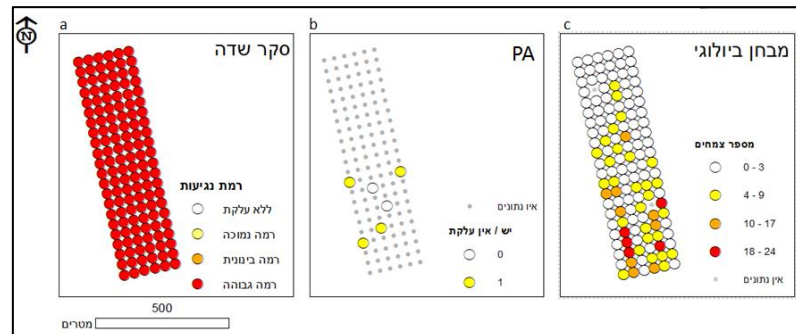
בדוגמאות הקרקע מחלקה זו נעשתה ריאקציית PCR עם הסמן PA (ראה איור 1), במהלך העונה חלקה זו טופלה כנגד עלקת תוך שימוש במודל 'פקעית'. בחלקה זו סקר השדה (איור 8a) מצביע על פיזור אקראי של עלקת ללא גרדיינט מסוים. תוצאות המבחן המולקולרי (איור 8b) מראות תמונה דומה מאד לתוצאות סקר השדה ואילו תוצאות המבחן הביולוגי (איור 8c) מראות רק כתם נגיעות אחד בחלקו הצפון מזרחי של השדה ונקודה נגועה אחת בחלקו הדרום מערבי.



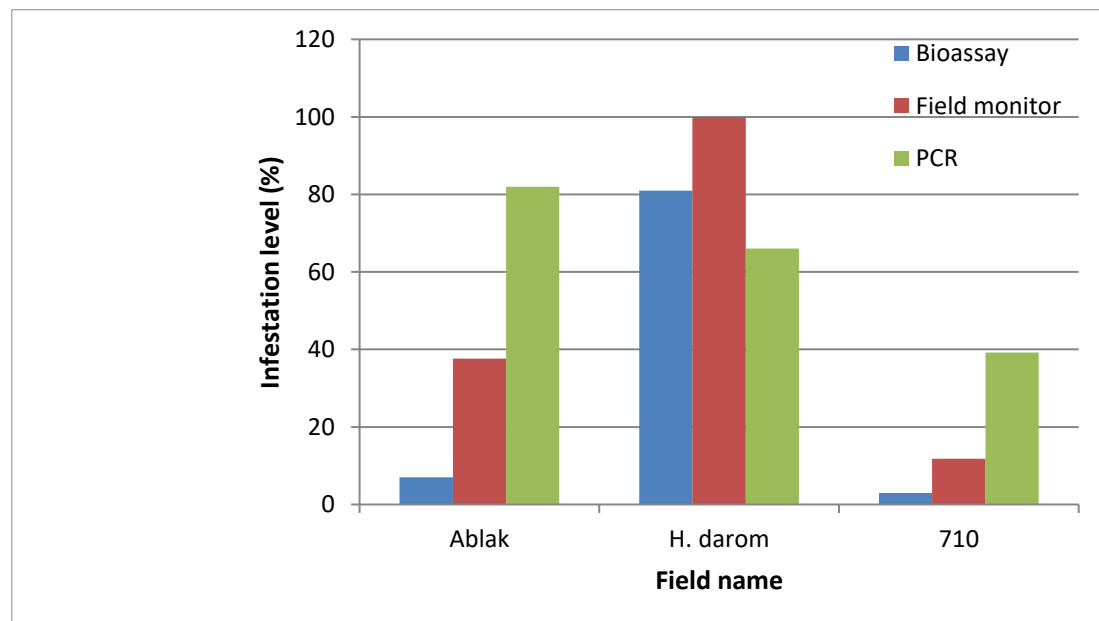
**איור 8:** חלקה 710. הצגת תוצאות המבחנים השונים על גבי מפה - ספירת אגדי העלקות בחלקה לפי רמות: 0 אין עלקת, 1-50 רמה נמוכה, 50-200 רמה בינונית, 200 ומעלה רמה גבוהה, לא נדגם. (a): סקר שדה (b): מבחן PCR עם הסמן המולקולרי PA (c): ספירת העלקות מהמבחן הביולוגי.

## חלקה ח. דרום, גדר"ש עין חרוד איחוד

בדוגמאות הקרקע מחלקה זו נעשתה ריאקציית PCR עם הסמן PA, במהלך העונה חלקה זו טופלה כנגד עלקת תוך שימוש במודל 'פקעית'. במבחן הביולוגי מחלקה זו נספרו המון עלקות וכך ניתן היה גם לכמת את הדגימות (איור 9c), עם זאת אופן הפיזור על פני כל החלקה כפי שמוצג בסקר השדה (איור 9a) לא משתקף במבחן הביולוגי. מבחן ה-PCR אמנם מראה נגיעות בחלקה הדרומי של החלקה (איור 9b) בדומה למבחן הביולוגי אך מפאת כמות החזרות הקטנה קשה לעמוד על טיבו.



**איור 9:** חלקה ח. דרום. הצגת תוצאות המבחנים השונים על גבי מפה - ספירת אגדי העלקות בחלקה לפי מספר עלקות: 0 אין עלקת, 1-50 רמה נמוכה, 50-200 רמה בינונית, 200 ומעלה רמה גבוהה. (a): סקר שדה (b) מבחן PCR עם הסמן המולקולרי (c): ספירת עלקות במבחן ביולוגי. איור 10, מראה את תוצאות המבחנים להערכת נגיעות בע. מצרית.

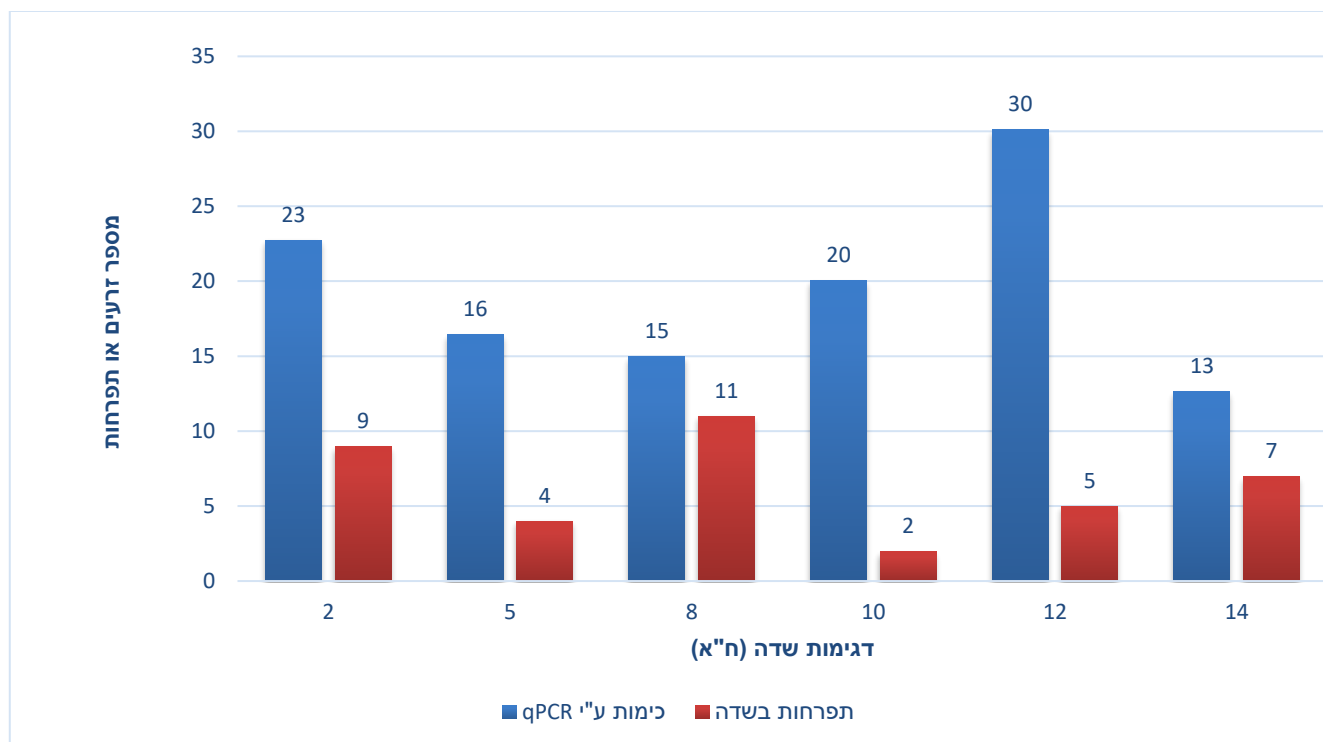


**איור 10.** תוצאות המבחנים להערכת נגיעות בע. מצרית (■ מבחן ביולוגי, ■ סקר בשדה, ■ PCR) מוצגות לכל חלקה בנפרד לפי אחוזי נגיעות מסך הדגימות שנלקחו לכל מבחן.

לכימות זרעי עלקת בשדה, נעשה ניסוי נוסף בשדה של עגבניות לתעשייה בחוות עדן. נקבעו נקודות הדיגום והוגדר שטח ריבוע (מטר \ מטר, ראה איור 9) לאיסוף דוגמאות הקרקע. בכל נקודת דיגום נלקחו 3 דגימות להפקת gDNA שהופק מחומר אורגני. הדגימות נאספו בתקופות מרץ – מאי להפקת ה-DNA. בכדי לבחון את אמינות הכימות ע"י qPCR נעשתה תצפית בשדה (ספירת תפרחות בחודשים יוני – יולי) באותו הריבוע שנלקחה ממנו דגימת הקרקע להפקת DNA (איור 11).

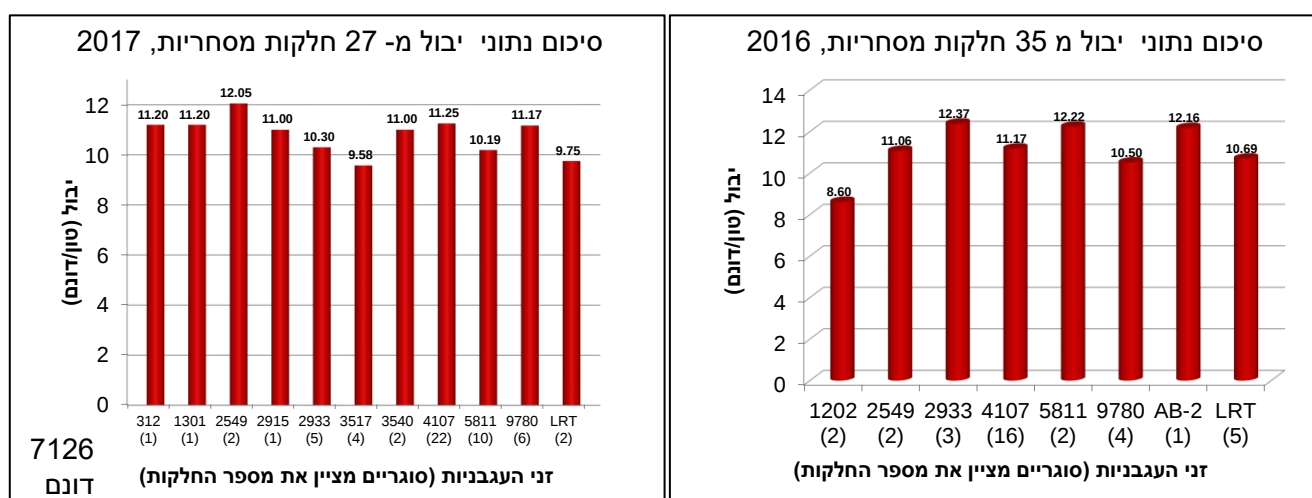


**איור 11:** סימון ריבוע של מטר \מטר בשדה עגבנייה בחוות עדן לכימות זרעי עלקת ולתצפית בשדה (ספירת התפרחות בריבוע).



**איור 12 :** כימות זרעי עלקת מצרית ותצפית למספר התפרחות שצצו בשטח שהוגדר מראש (מטר/מטר) בשדה עגבנייה לתעשייה בחוות עדן.  
ניתן לראות שכימות על ידי ה- qPCR הראה רמות גבוהות יותר של זרעים לעומת מספר התפרחות שנספרו בשדה.

#### תצפיות מחלקות מסחריות



### **איור 13. נתונים של יבול מסחרי שנאסף מחלקות שטופלו בממשק פקעית אביבי, כ- 5000 דונם ו 7100 דונם בשנת 2017.**

במסגרת שנות המחקר נסקרו חלקות עגבניה מסחריות ליעילות הדברת עלקת וליבול מסחרי (נתוני יבול לתשלום). בכל החלקות הדברת העלקת היתה טובה למעט חלקה אחת בשנת 2016 ושתי חלקות בשנת 2017. אנו מעריכים כי הסיבה לכישלון ההדברה היא 'היעלמות' מוניטור מהקרקע ואי זמינותו בעת התפרצות העלקת ב 200 ימי מעלה. נושא זה נחקר במסגרת תכנית אחרת. יחד עם זאת בכל החלקות היבול היה גבוה וההכנסות היו מעבר להוצאות כלומר החקלאים הרוויחו בלמרות שהחלקות היו מאולחות בעלקת. בשלב זה החקלאים מתייחסים לחלקות העגבניה כמאולחות בעלקת ולא לוקחים סיכון בטיפול תלוי דיגום. אנו מניחים שבשנים הקרובות לאחר שמערכת קבלת החלטות פקעית אביבי תהיה בשימוש נרחב והחקלאים יקבלו ביטחון ניתן יהיה גם להפחית את כמות הטיפולים ותכשירי ההדברה בהתאם לדיגום.

### **דיון**

עבודה זו התבצעה בשני מישורים עיקריים כאשר הראשון הוא זיהוי איכותי של זרעי עלקת בקרקע באמצעות סמנים מולקולריים ואילו השני היה בדיגום קרקע מוכוון GPS מחלקות חקלאיות ואפיון הפיזור המרחבי של זרעי העלקת באותה חלקה. פרוטוקול הפקת החומר האורגני אשר מבוסס על שימוש ב-  $\text{CaCl}_2$  הראה יעילות בהפרדת החומר האורגני תוך שמירת זרעי העלקת ולכן לא נעשו בו שינויים למעט שימוש בכלים שונים על מנת לייעל את התהליך ולקצר את זמן ההפקה. יש לציין שבספרות נעשה שימוש דומה בפרוטוקול מבוסס  $\text{CaCl}_2$  (Rehms and Osterbauer, 2003) אך בעבודות אלו נעשה שימוש בכמויות התחלתיות נמוכות של אדמה מחלקה מסחרית במשקל 50 gr בקירוב. לעומת זאת ועל מנת להגביר את הסיכוי להימצאות זרעי עלקת בדוגמת הקרקע משקל הדוגמא בעבודה זו כלל 450 gr. הפקת ה-DNA מדוגמאות הקרקע נעשתה לפי קיט מסחרי ואבחון זרעי עלקת בדוגמאות נעשה לפי הסמנים (ITS-100, PA). הסמן ITS-100 נמצא יותר יעיל לכן הוא שימש גם לכנת עקומת כיול לאבחון כמותי של זרעי עלקת בדוגמאות. באיור 5 DNA שהופק מזרעים בלבד) ניתן לראות כי ככל שריכוז ה-DNA עולה כך מספר המחזורים הדרושים להגברתו יורד. כמו כן התנהגות זו מופיעה בגרף כקו ליניארי. גם כאשר הוכנה עקומת כיול ל-DNA שהופק מקרקע מאולחת בזרעי עלקת בכמויות משתנות (איור 6). ניתן לראות שוב את הקו הליניארי עם שיפוע דומה (1.28 לעומת 1.3 בהתאמה) אם כי משוואות הקו נבדלות זו מזו באופן מובהק במבחן  $F(p=0.003)$ , תוצאה המאמת את רגישות השיטה שאינה מושפעת רבות מנוכחות של רקע גנטי ממקורות שונים. יתרה מכך, ב- 0.1 mg (כ- 15 זרעים) ניתן לראות הגברה של המקטע לאחר כ- 23 מחזורים, מה שמצביע על יכולת זיהוי גם במספר קטן

(יחסית) של זרעי עלקת. התוצאות מרמזות שניתן לכמת את זרעי העלקת תוך שימוש ב-PCR. בשנה השלישית התבצעה בדיקה כמותית לזרעי עלקת מדוגמאות שנלקחו מחלקות שונות משדות הגידולים.

### **השוואה בין תוצאות המבחן הביולוגי, הביואסיי (שימוש בסמן מולקולרי) והערכת הנגיעות בחלקה**

בחלקה אבלק, גז"ש עין חרוד איחוד (איור 7), התוצאה משקפת את המבחנים בחלקה בצורה האמינה ביותר מבין שלושת המבחנים שנעשו לשאר החלקות אך יש לזכור שהחלקה טופלה כנגד עלקת ולכן יכולה להיות לכך הטיה ניסויית בסקר השדה. במבחן המולקולרי (איור 7b) נראה כבר פיזור יותר אחיד של עלקות בחלקה, ייתכן כי השימוש בסמן המולקולרי ITS-100 אשר לא מבחין בין מיני עלקות שונים מצביע כי ישנה נגיעות של עלקות ממינים נוספים מלבד ע. מצרית. תוצאות המבחן הביולוגי (איור 7c) מראות נגיעות בחלקה הצפוני של החלקה בדומה לסקר השדה אם כי ברגישות נמוכה יותר.

חלקה 710, גז"ש הזרוע (איור 8), בדוגמאות הקרקע מחלקה זו נעשתה ריאקציית PCR עם הסמן PA, (המזהה עלקת מצרית בלבד). במהלך העונה חלקה זו טופלה כנגד עלקת תוך שימוש במודל 'פקעית'. תוצאות המבחן המולקולרי (איור 8b) מראות תמונה דומה מאד לתוצאות סקר השדה ואילו תוצאות המבחן הביולוגי (איור 8c) מראות רק כתם נגיעות אחד בחלקו הצפון מזרחי של השדה ונקודה נגועה אחת בחלקו הדרום מערבי. בחלקה זו לא נראה דמיון בין המבחן הביולוגי לסקר השדה, עניין זה מצביע על בעייתיות המבחן הביולוגי לכן יש לבחון את אופן שימושו בנושא זה לרבות, כמות החזרות לכל נקודה אותה מעוניינים לבדוק וכמות הדגימות הנלקחות מהחלקה לצורך המבחן.

חלקה ח. דרום, גז"ש עין חרוד איחוד (איור 9) המבחנים הביולוגים בחלקות אבלק וח. דרום הראו התאמה לאופן פיזור האילוח בחלקות כשלושה שבועות לקראת קטיף בעוד שממש בסמוך למועד הקטיף, בהערכת הנגיעות שנעשתה בחלקה נצפו יותר מקבצי עלקת מאשר במבחן הביולוגי כשבחלקה ח. דרום דווח מהמגדל כי כל החלקה מאולחת. ניתן לראות כי במבחן הביולוגי של ח. דרום מפורטות גם מספר העלקות שנספרו לכל נקודת דיגום וזאת עקב האילוח הכבד ששרר בחלקה ובא לידי ביטוי במבחן הביולוגי לכל הפחות בתחום הכמותי משום שעם זאת הפיזור המרחבי לקראת קטיף איננו משתקף בה. ככל הנראה הפסקת מתן חומרי ההדברה כנגד עלקת לקראת קטיף גרמה להבדל בין המבחן הביולוגי למצב תפוסת העלקת בחלקות. המבחן הביולוגי בא להוות ביקורת לתוצאות המעבדה כאשר מכל נקודה שנדגמה בשדה נלקחה קרקע גם למבחן הביולוגי וגם למעבדה, המבחן הביולוגי נועד לצמצם את ההטיה הניסויית שנגרמת בשדה עקב הטיפול שמישם כנגד העלקת ולכן לא קיבל שום טיפול שכזה. לאחר ניתוח ראשוני של התוצאות הגענו להבנה שאין להסתכל על כל נקודה ממנה דגמנו קרקע כעצמאית אלא להבחין ב"כתמים" שיוצרות נקודות סמוכות. ניתן להסיק שבצפיפות של דגימה אחת ל-1.5 דונם ניתן לקבל תמונה מרחבית דומה במבחן הביולוגי ובסקר השדה.

בסקר שדה של עגבניות לתעשייה שבוצע בחוות עדן שבו נבחנו אמינות הכימות של זרעי הטפיל באמצעות qPCR לעומת מספר התפרחות של עלקת שצצו באותה נקודת דיגום, נמצא שכימות זרעי עלקת באמצעות

qPCR הראה על כמות זרעים יותר גבוהה מאשר מספר התפרחות שנמצאו באותה נקודת דגימה (איור 12). סיבה אפשרית לכך היא הבעיות בספירת תפרחות עקב נוף העגבניות. נוף העגבניה מכסה היטב את הערוגה ומאוד קשה להבחין בתפרחות. באזורים מסוימים בשדה לאחר הורדה של הנוף התגלו מספר תפרחות נוספות, מה שמעיד בפועל על הימצאות מספר תפרחות יותר גבוה ממה שהצלחנו לספור ביום הדיגום. סיבה נוספת, במבחן כימות הזרעים באמצעות qPCR נכללים זרעי עלקת חיוניים ולא חיוניים (שלא נובטים) לעומת התצפית שבה נלקחים בחשבון אך ורק זרעים חיוניים שהצליחו לנבוט.

## לסיכום

פותח סמן נוסף (ITS-235) המזהה עלקת מצרית בלבד. הושגה הדברת עלקת טובה במשקים בטיפולים מסחריים, באמצעות ממשק 'פקעית אביב', הכולל טיפולי קש"מ שניתנו בחורף והוצנעו על ידי גשם או על ידי המטרה. בחלקות הנגועות בעלקת הושגה הדברה יעילה והיבול עלה בהתאמה. בחלקה במי עמי הדברת העלקת לא היתה יעילה. אנו מעריכים כי הסיבה לכך היא 'היעלמות' מוניתור מהקרקע ואי זמינותו בעת התפרצות העלקת ב 200 ימי מעלה. במקרה זה ניכר היה שהטיפולים בקדירה בכמיגציה מעט האטו את התפרצות העלקת אך לא בצורה מספקת. ייתכן והיעלמות מוניתור מהחלקה במי עמי קשורה בכמות המשקעים הגבוהה שירדה לאחר יישום המוניתור בקש"מ (400 מ"מ).

הוכנה עקומת כיול לכימות זרעי עלקת בשדה באמצעות הסמן המולקולרי ITS-100 אשר מזהה את מיני העלקת החשובים (ע. מצרית, ע. חמנית וע. חרוקה). נבחנה רמת הנגיעות של עלקת ב- 3 חלקות (אבלק, 710 וח. דרום) באמצעות מבחן ביולוגי, תצפית בשדה וסמן מולקולרי. ההתאמה הטובה ביותר בפיזור האילוח התקבלה בחלקה ח. דרום. בחלקה 710 לא נראה דמיון בין המבחן הביולוגי לסקר השדה.

ניתן להסיק שבצפיפות של דגימה אחת ל- 1.5 דונם ניתן לקבל תמונה מרחבית דומה במבחן הביולוגי ובסקר השדה. בסקר שדה של עגבניות לתעשייה בחוות עדן, לא נמצאה התאמה בין רמת האילוח בזרעי העלקת לעומת מספר התפרחות שצצו באותו שטח מוגדר שממנו נאספו הדוגמאות להפקת ה- DNA.

**רשימת פרסומים שנבעו מהמחקר:** מאמר מדעי בהכנה

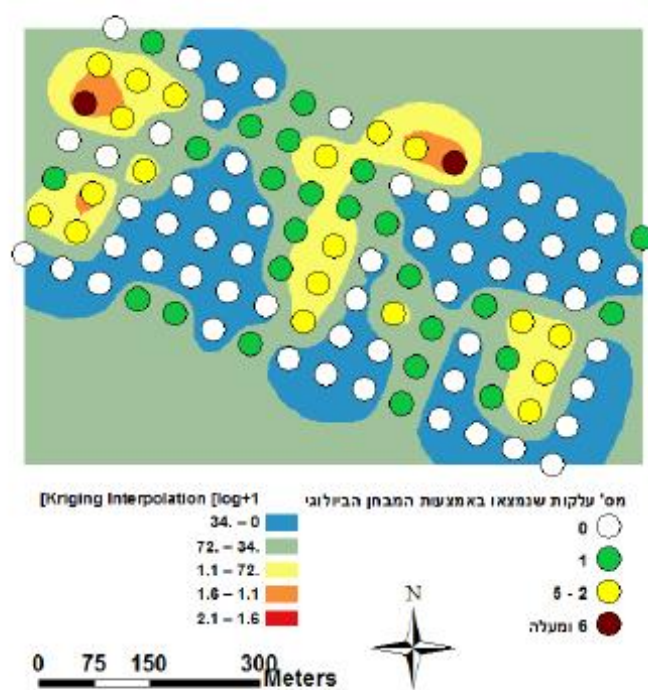
- Aly, R., Eizenberg, H., Kocherman, M., Abu-Nassar, J., Taha, L. and Saadi, E. (2012). Use of ITS nuclear sequences from *Phelipanche aegyptiaca* as a direct tool to detect single seeds of broomrape species in the soil. *European Journal of Plant Pathology* 133 (3): 523-526.
- Eizenberg, H., Aly, R. Cohen, Y. (2012). Technologies for Smart Chemical Control of Broomrape (*Orobanch* spp. and *Phelipanche* spp.). *Weeds Science* 60 (2): 316-323.
- Joel, D.M., Hershenhorn Y., Eizenberg H., Aly R., Ejeta G., Rich P.J., Ransom J.K., Sauerborn J. and Rubiales D. (2006) Biology and Management of Weedy Root Parasites. In: Ed. J. Janick. Horticultural Reviews. John Wiley & Sons. 33: 267-349.
- Parker, C., Riches, C.R. (1993) Parasitic Weed of the World: Biology and Control. CAB Wallingford. UK, pp. 332.
- Rehms L. and Osterbauer N K. (2003), Detecting *Orobanch* *minor* Seeds in Soil Using PCR. *Plant Health Progress. Plant Management Network*: [10.1094/PHP-2003-0701-01-HN](https://doi.org/10.1094/PHP-2003-0701-01-HN).

## נספחים

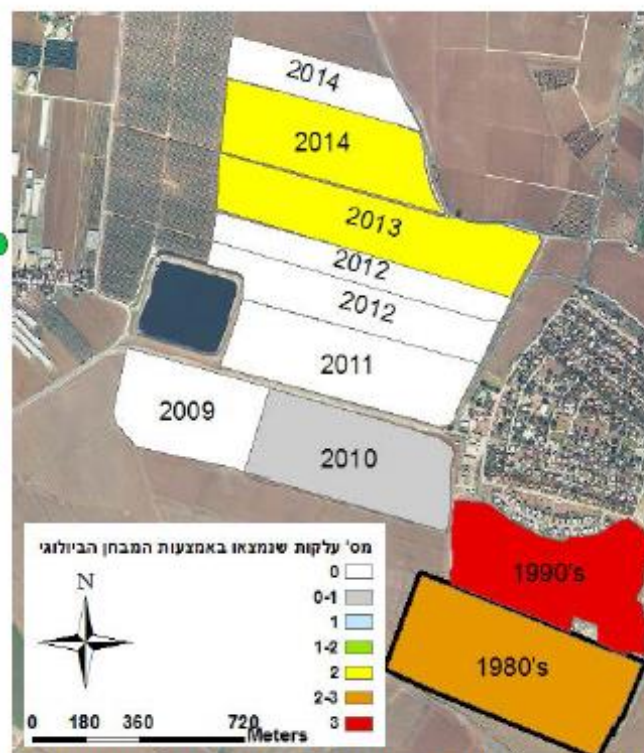
### נספח

טבלה 1: רשימת חלקות בהן תכננו לגדל עגבניות בעונת 2015, היסטוריה שלהם ושל החלקות הסמוכות, תחזית לרמת נגיעות בעליקת ולדגם הפיזור שלה

| שנה  | משק             | חלקה                          | היסטוריה מקומית ובחלקות שכנות                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | תחזית לעליקת    | תחזית לדגם מרחבי                                                                                                                             |
|------|-----------------|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2015 | מולדת           | חר. 4 דרום                    | 1. בסוף שנות ה-80 עדויות לעליקת בינונית עד גבוהה<br>2. מצפון לה חלקה שהיתה עם עליקת מצרית ברמה גבוהה בשנות ה-90                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | גבוהה           | 1. אחיד<br>2. גראדיינט מצפון לדרום                                                                                                           |
| 2015 | עין חרוד מאוחד  | צפון גרירה דרום (החלק הדרומי) | 1. מ-1996 לא גדלו שם עגבניות,<br>2. אין מידע לגבי היסטוריה של עליקת מלפני כן<br>3. מדרום מזרח (באלכסון) חלקה מחזור ד' אשר ב-2008 היתה נגיעה בעליקת ברמה נמוכה (1)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | נמוכה           | 1. אקראי<br>2. אם יהיה גראדיינט הוא יהיה מדרום מזרח                                                                                          |
| 2015 | עין חרוד מאוחד  | תמרים מערב                    | 1. בשנת 2000 גדלו עגבניות והיתה רמת נמוכה של עליקת (1)<br>2. מצפון בחלקת אבוקדו גדלו עגבניות ב-1996 וכנראה שהיתה רמה נמוכה של עליקת.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | בינונית         | 1. לא ידוע                                                                                                                                   |
| 2015 | גד"ש העמק - גבת | 313 דרום (חלק מעין מזרחי)     | 1. פעם אחרונה שגדלו עגבניות היתה בשנת 2003 וכנראה שהיתה נגיעות נמוכה<br>2. עדיין אין בידינו מפות של הגידולים אך חלקה 314 צפון שהיא שכנה שלה בקצה הדרום מע' היא נגיעה ברמה גבוהה אך דוקא החלק הקרוב ל-313 היה פחות נגיע<br>3. ממזרח לה חלקה 317 גדלו בה עגבניות אך לא היתה עליקת<br>4. 313 צפון גדלו בה עגבניות ב-2003 והיתה נגיעות נמוכה של עליקת                                                                                                                                                                                                                                                          | בינונית         | 1. לא ידוע<br>2. אולי גראדיינט מדר' מע'<br>3. אולי גראדיינט מצפון לדרום                                                                      |
| 2015 | גד"ש העמק - גבת | 85 צפון                       | 1. גדלו בה עגבניות ב-2007 והיתה בה עליקת ברמה נמוכה (1.5)<br>2. ב-2014 היתה עליקת חרוקה בגזר אבל לא עליקת מצרית.<br>3. שכנה מדרום חלקה 25 היתה עם הרבה עליקת מצרית ב-2013 בחמניות<br>4. גדלו בה עגבניות כנראה בשנת 99 או אפילו קודם ואין מידע היסטורי לגבי העליקת                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | בינונית - גבוהה | 1. לא ידוע<br>2. אולי גראדיינט מדרום לצפון                                                                                                   |
| 2015 | גד"ש הזורע      | 71                            | 1. גדלו בה עגבניות לפני כעשור ולפי הדיווחים לא היתה בה עליקת. קצת סוותר את העובדה שהגבולות של החלקות השכנות שלה היו נגיעים יותר (ראו סעיפים 2 ו-3)<br>2. מדרום חלקה 72 שגדלו בה עגבניות ב-2014 והיתה בה עליקת ברמה נמוכה אך בגבול עם 71 היתה רמת העליקת גבוהה יותר 1.5-2 (1)<br>3. ממערב חלקה 74 שגדלו בה עגבניות ב-2013 והיתה בה עליקת ברמה נמוכה אך בגבול עם 71 היתה רמת העליקת גבוהה יותר 1.5-2 (1)<br>4. בחלקה 5 דונם בחלק המזרחי לא יינתנו טיפולים של הימאליה וזו יכולה להיות אינדיקציה טובה אם יש בחלקה עליקת או לא<br>5. קרובה לנחל הכסלן בחלק המזרחי שלה שיכול להעביר עליקת ולפעמים עולה על גדותיו | בינונית         | 1. לא ידוע<br>2. אולי גראדיינט מדרום לצפון<br>3. אולי גראדיינט ממערב למזרח<br>4. אולי דוקא ממזרח בגלל הנחל                                   |
| 2015 | גד"ש הזורע      | 705 מזרח                      | 1. כנראה שלא גדלו בה עגבניות<br>2. ממערב לה גדלו עגבניות בחלקה 705 מע' ב-2013 וראו רק בודדים. פוטנציאל נמוך או בינוני כי אחרת המוניטור לא היה מצליח להדביר את הכל<br>3. בחלקות ממזרח 700 (עליון צפון ותחתון דרום) כאשר גדלו חמצה היתה הרבה עליקת                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | נמוכה           | 1. אקראי?<br>2. מעניין יהיה לראות אם יהיה גראדיינט ממזרח בגלל החמצה אך לפי התיאוריה לא צריך להיות גראדיינט כי יש ספציפיות בין עליקת ועגבניות |



איור 2. מספר עלקות שנמצאו באמצעות המבחן הביולוגי בנקודות הדגימה של חלקת חר 4 דרום של מולדת ואינטרפולציה Kriging



איור 1. חלקת חר 4 דרום של מולדת (קו שחור עבה) והחלקות הסובבות אותה מתוייגות לפי השנה האחרונה בה גודלו עגבניות ומסווגות לפי רמת עלקת מצרית באותה שנה. רמת הנגיעות נתנה לכל חלקה לפי הערכה של המגדל. תצלום האויר הופק על ידי המרכז למיפוי ישראל, 2014.

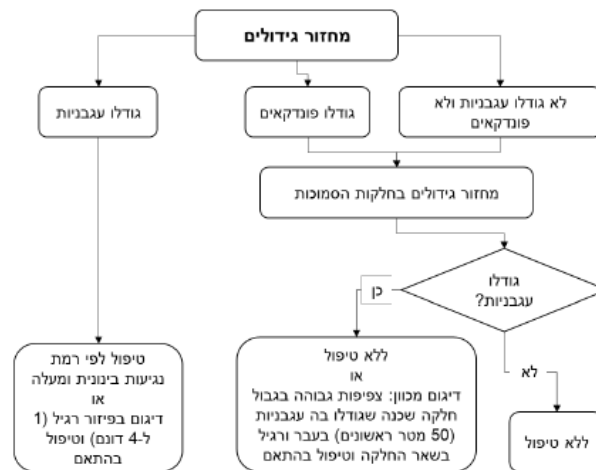


איור 4. מספר עלקות שנמצאו באמצעות המבחן הביולוגי בנקודות הדגימה של חלקת הזורע 71 של גז"ש הזורע. לא בכל הדגימות נעשה מבחן ביולוגי.

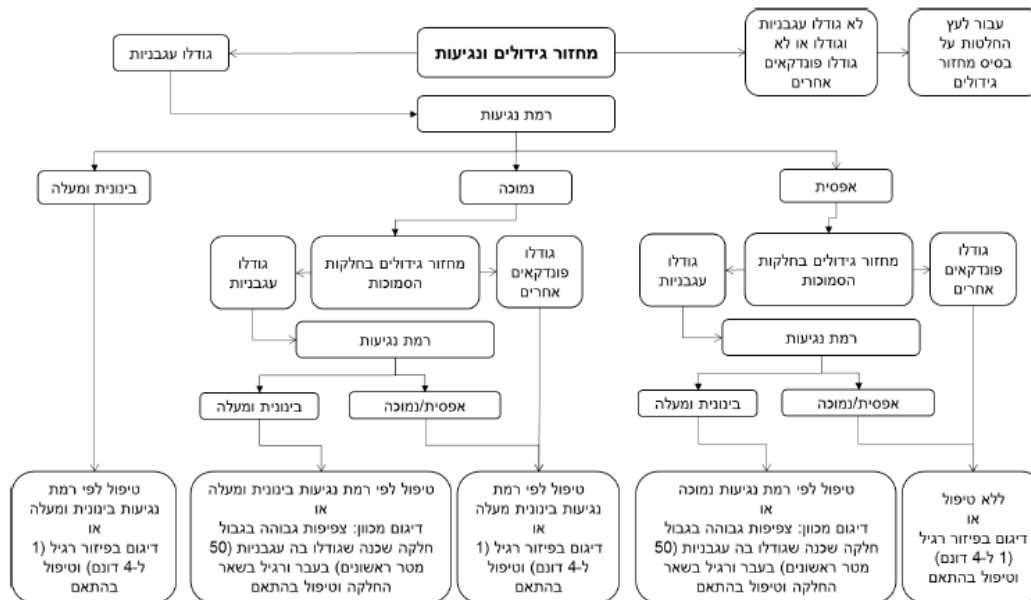
איור 3. חלקת הזורע 71 של גז"ש הזורע בצפון-מזרח (קו שחור עבה) והחלקות הסובבות אותה מתוייגות לפי השנה האחרונה בה גודלו עגבניות ומסווגות לפי רמת עלקות מצרית באותה שנה. רמת הנגיעות נתנה לכל חלקה לפי הערכה של המגדל. הקו הכחול מציין את נחל הכסלן שזורם ממזרח לחלקה. תצלום האוויר הופק על ידי המרכז למיפוי ישראל, 2014.

טבלה 2: הצפי לרמת נגיעות, הדגם שלה בחלקות שנדגמו מול תוצאות המבחן הביולוגי

| חלקה                        | רמת נגיעות  |                                                | הסבר                                                                                  | דגם פיזור של הנגיעות                                                                          |                                             | הסבר                                            |
|-----------------------------|-------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------------------|
|                             | צפי         | תוצאות                                         |                                                                                       | צפי                                                                                           | תוצאות                                      |                                                 |
| חלקת חר 4 דרום של מולדת     | רמה גבוהה   | רמה נמוכה, ברב הדגימות לא נמצאו עלקות (איור 2) | בחלקה זו היו כמה טיפולים כנגד עלקות בגלל הצפי לנגיעות גבוהה מה שעיכב התפתחות של עלקות | אחד או גראדינט מצפון לדרום בגלל הקרבה לחלקה בה היתה נגיעות גבוהה בשנות ה-90 בעגבניות (איור 1) | כתמים בצורה אקראית (איור 2)                 | אפשר שהכתמים מייצגים את השונות ביעילות הטיפולים |
| חלקת הזורע 71 של גז"ש הזורע | רמה בינונית | רמה נמוכה, ברב הדגימות לא נמצאו עלקות (איור 4) |                                                                                       | גראדינט מכל כיוון אפשרי בגלל הקרבה לחלקות נגועות משנות 2013 ו-2014 וקרבה לנחל הכסלן (איור 3)  | אזור מזרחי ברמת נגיעות גבוהה יחסית (איור 4) | הנחל עולה על גדותיו ומסיע זרעים אל תוך החלקה.   |



איור 5א: עץ החלטות משופר להחלטות בטיפול בפקעית ובדיגום תומך על בסיס מידע לגבי מחזור גידולים בלבד



איור 5ב: עץ החלטות משופר להחלטות בטיפול בפקעית ובדיגום תומך על בסיס מידע גם לגבי מחזור גידולים והיסטוריית רמת נגיעות בעלוקת