

מיוזם - גישה אינטגרטיבית להפחתת נזקי העלקת בגידולים חקלאיים

Integrated approach for alleviating damage in broomrape in agriculture

מוגש לקרן המדען הראשי במשרד החקלאות ולהנהלת ענף ירקות

ע"י

חנן איזנברג, יוסי הרשנהורן, ראדי עלי, יבגניה דור, מחלות צמחים וחקר עשבים, מינהל המחקר החקלאי, נווה יער.
ברוך רובין, שמואל וולף, יעקב גולדווסר, מדעי הצמח, הפקולטה למדעי החקלאות ואיכות הסביבה, האוניברסיטה
העברית, רחובות.

יהונתן אפרת, שמעון רחמילביץ', המכונים לחקר המדבר, אוניברסיטת בן גוריון, שדה בוקר. דן בלומברג,
אוניברסיטת בן גוריון, באר שבע.

אברהם גמליאל, יפית כהן, ויקטור אלחנתי, הנדסה חקלאית, מינהל המחקר החקלאי, בית דגן
טוביה יעקובי, השרותים להגנת הצומח, משרד החקלאות, בית דגן
שאול גרף, מו"פ צפון, מיגל קרית שמונה

H. Eizenberg, J. Hershenhorn, R. Aly, E. Dor. ¹Department of Plant Pathology and Weed Research,
Newe Ya'ar Research Center, ARO (eizenber@agri.gov.il; josephhe@agri.gov.il; aly@agri.gov.il;
evgeniad@agri.gov.il)

B. Rubin, S. Wolf, Y. Goldwasser. Robert Smith Institute of Plant Science and Genetics in Agriculture,
Robert Smith Faculty of Agriculture, Food and Environment, The Hebrew University of Jerusalem,
Rehovot. (rubin@agri.huji.ac.il; swolf@agri.huji.ac.il; gold@agri.huji.ac.il).

T. Yaacoby. Plant Protection and Inspection services (PPIS), Ministry of Agriculture.
(yaacoby@agri.huji.ac.il).

J. Ephrath, S. Rachmilevich. Wyler Dept. of Dryland Agriculture, Blaustein Institutes for Desert
Research, Ben-Gurion University of the Negev. (yoni@bgu.ac.il; rshimon@bgu.ac.il).

D. G. Blumberg, Ben-Gurion University of the Negev, Be'er Sheva. (Blumberg@bgu.ac.il).

S. Graph, Northern R&D, Migal, Kiryat Shmona. (graph@013.net).

תקציר

בישראל קיימים תנאים אופטימליים להתפתחות עלקת על ירקות וגידולי שדה. התוכנית כוללת מחקר רב תחומי להתמודדות עם בעיית העלקת בישראל, בגישה אינטגרטיבית. אנו מציעים פתרונות כלליים כמו חיטוי קרקע או אבחון ומיפוי, אשר יאפשרו לגדל בחלקות המחוטאות פונדקאי עלקת. להלן עיקר ההישגים שהושגו במהלך שלוש שנות המיזם: אבחון- פותח פרוטוקול לזיהוי מיני עלקת באמצעות מיצוי DNA של עלקת מהקרקע; מיפוי- נמצא קשר בין פיזור העלקת לפעילות חקלאית, פותח פרוטוקול לאופטימיזציה של הדיגום; חיטוי קרקע- הושגה קטילה של עלקת עם מחטאי קרקע מורשים לשימוש בתנאי שדה; סניטציה- הוגדרו התנאים בהם ניתן להשיג קומפוסט נקי מעלקת; הדברה- נבחן מודל לטפילות העלקת בגזר ופותרה מערכת קבלת החלטות להדברה מושכלת של עלקת בגזר; עודכנה מערכת קבלת החלטות 'פקעית' והוספו בה אלמנטים של יישום קוטלי עשבים בחורף ללא הצורך בהפעלת המטרה. נחקרו התנאים והגורמים ונאספו המדדים לבנית מודל "Hydros 2D/3D" להדברת עלקת מצרית בעגבניה על ידי כמיגציה של אימזאפיק. נמצא מנגנון העמידות של מוטנט עגבניה עמיד לקוטלי עשבים מקבוצת האימידזולינון ופותח ממשק הדברה. כמו כן חלה התקדמות במחקר בסיסי אשר עונה על שאלות הקשורות במנגנונים ויחסי גומלין בין הטפיל לפונדקאי. בשנת המחקר הבאה יבוצעו המחקרים בחלקות ניסוי ייעודיות שיוקצו לטובת המיזם בחוות עדן ובמשקי מודל לבחינת הטכנולוגיה שפותחה.

פרסומים מדעיים מתקופת הדוח

1. Eizenberg H, et al. 2011. Integrated approach for alleviating broomrape damage in Israeli agriculture - a multidisciplinary national project. In: The 11th World Congress of Parasitic Plants, 7-12 June, Martina Franca, Italy. p76.
2. Cochavi A, Rubin B, Eizenberg H. 2011. Developing a predictive model based on temperatures for *P. aegyptiaca* parasitism in carrots. In: The 11th World Congress of Parasitic Plants, 7-12 June, Martina Franca, Italy. p118.
3. Shilo T, Wolf S, Rubin B, Eizenberg H. 2011. Trafficking of macromolecules in the parasitism association between Egyptian broomrape (*Phelipanche aegyptiaca*) and tomato (*Solanum lycopersicum*). In: The 11th World Congress of Parasitic Plants, 7-12 June, Martina Franca, Italy. p70.
4. Eizenberg H. 2011. Are we modeling the math or the biology of parasitism dynamics? In: The 11th World Congress of Parasitic Plants, 7-12 June, Martina Franca, Italy. p75.
5. Roei I, Cohen Y, Alchanatis V, Eizenberg H. 2011. Characterization of spatial patterns of broomrapes in commercial tomato fields in Israel. In: The 11th World Congress of Parasitic Plants, 7-12 June, Martina Franca, Italy. p121.
6. Dor E, Smirnov E, Achdary G, Hershenhorn J. 2011. Characterization of the novel tomato mutant HRT1 resistant to acetolactate synthase inhibiting herbicides for broomrape management. In: The 11th World Congress of Parasitic Plants, 7-12 June, Martina Franca, Italy. p101.
8. Yaacoby T, Goldwasser Y, Rubin B. 2012. Survival of seeds of the parasitic weed *Phelipanche aegyptiaca* in compost. In: The 6th International Weed Science Congress, Hangzhou, China, p. 101.
9. Rabinovitz O, Goldwasser Y, Naftali N, Gerstl Z, Rubin B. 2012. *Phelipanche aegyptiaca* control in tomato by drip chemigation of imazapic – application of HYDRUS 2D/3D. In: The 6th International Weed Science Congress, Hangzhou, China, p.83.
10. Cochavi, A., Rubin, B. and Eizenberg, H. 2012. A thermal-time model for predicting the parasitism of *Phelipanche aegyptiaca* in carrot (*Daucus carota*). *Proceedings, 6th International Weed Science Congress* (P. Kudsk and B. Rubin, eds.), p. 111. The International Weed Science Society, Hisar, India.
11. Shilo T, Wolf S, Rubin B and Eizenberg H. 2012. Trafficking of Macromolecules in the Parasitism Association between Egyptian Broomrape (*Phelipanche aegyptiaca*) and Tomato (*Solanum lycopersicum*). *Proceedings, 6th International Weed Science Congress* (P. Kudsk and B. Rubin, eds.), p. 112. The International Weed Science Society, Hisar, India.
12. Eizenberg H, Hershenhorn J, Aly R, Dor E, Gamliel A, Cohen Y, Alchanatis V, Rubin B, Wolf S, Goldwasser Y, Yaacoby T, Ephrath J, Rachmilevitch S, Blumberg D and Graph S. 2012. A multidisciplinary integrated approach for alleviating broomrape damage in Israeli agriculture: an emergency national project, 2010-2013. *Proceedings, 6th International Weed Science Congress* (P. Kudsk and B. Rubin, eds.), p. 112. The International Weed Science Society, Hisar, India.
13. Eizenberg H. 2012. The contribution of advanced technologies for broomrape (*Orobancha and Phelipanche* spp.) management. *Proceedings, 6th International Weed Science Congress* (P. Kudsk and B. Rubin, eds.), p. 115. The International Weed Science Society, Hisar, India.

14. 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.
15. Aly R. 2012. Advanced technologies for parasitic weed control. *Weed Science* 60: 290-294.
16. Aly R. 2011. Interactions and translocation of molecules and macromolecules between host plant and broomrape. *The 11th world Congress on Parasitic Plants (IPPS)*. Martina Franca, Italy. p.60.
17. Eizenberg H, Aly R, Cohen Y. 2012. Technologies for smart chemical control of broomrape (*Orobanch* spp. and *Phelipanche* spp.). *Weeds Science* 60: 316-323.
18. Eizenberg H, Hershenhorn J, Aly R, Dor E, Gamliel A, Cohen Y, Alchanatis V, Rubin B, Wolf S, Goldwasser Y, Yaacoby T, Ephrath J, Rachmilevitch S, Blumberg D and Graph S. 2011. Integrative approach for alleviating broomrape damage. Part I. *Sade weYaraq* (12): 35-47.
19. Eizenberg H, Hershenhorn J, Aly R, Dor E, Gamliel A, Cohen Y, Alchanatis V, Rubin B, Wolf S, Goldwasser Y, Yaacoby T, Ephrath J, Rachmilevitch S, Blumberg D, and Graph S. 2012. Integrative approach for alleviating broomrape damage. Part II. *Sade weYaraq* (13): 57-66.
20. Eizenberg H, Hershenhorn J, Aly R, Dor E, Gamliel A, Cohen Y, Alchanatis V, Rubin B, Wolf S, Goldwasser Y, Yaacoby T, Ephrath J, Rachmilevitch S, Blumberg D, and Graph S. 2012. Integrative approach for alleviating broomrape damage. Part III. *Sade weYaraq* (14): 39-51.
21. Dor E, Smirnov E, Achdary G and Hershenhorn J. 2011. Selection and characterization of a novel tomato mutant HRT-1 resistant to acetolactate synthase (ALS) inhibiting herbicides for broomrape management. In: Proceedings of 21th Congress of the Israel Weed Science Society, Rehovot, Israel, 2011, p.11 (in Hebrew).
22. Dor E, Smirnov E, Achdary G and Hershenhorn J. 2011. Characterization of a novel tomato mutant HRT-1 resistant to acetolactate synthase inhibiting herbicides for broomrape management. In: The 11th World Congress on Parasitic plants. 7-12 June 2011, Martina Franca, Italy. p101.
23. Dor E, Koltai H, Kaplan Y, Smirnov E and Hershenhorn J. 2012. The resistance mechanism to imidazalinones herbicides of a novel tomato mutant HRT1 for broomrape management. In: The 6th International Weed Science Congress in Hangzhou, China, 2012, p.98.
24. Dor E, Smirnov E, and Hershenhorn J. 2013. Mutagenesis as a tool for development of broomrape control. *Phytoparasitica* 41: 345-346.
25. Roei I, Cohen Y, and Eizenberg H. 2013. Effect of historical agronomic practices and proximity of infected plots on spatial patterns of broomrape in tomato crops. In: (J. Stafford, ed.) Proc. 9th Euro. Precision Ag. Conf. Leide, Spain.
26. Roei I, Cohen Y and Eizenberg H. 2013. Parasitic weed mapping to improve management: the case of broomrape in tomato crops. Joint workshop of the EWRS groups: Novel and Sustainable Weed Management in Arid and Semi-Arid Ecosystems and Weed Mapping. Chania, Crete, Greece. p15.
27. Yaacoby T, et al. Survival of seeds of parasitic weed *Phelipanche aegyptiaca* in compost. 6th International Weed Science Congress. Hangzhou, China. p.101.
28. Rabinovitz O, Goldwasser Y, Naftali N, Gerstl Z, and Rubin B. (2012). *Phelipanche aegyptiaca* control in tomato by drip chemigation of imazapic – application of HYDRUS 2D/3D. The 6th International Weed Science Congress, Hangzhou, China.
29. Rabinovitz O, Goldwasser Y, Gerstl A, Lazarovitch N, Aryeh G and Rubin B. (2013) Development of a model for Egyptian broomrape (*Phelipanche aegyptiaca*) control in tomato by chemigation of imazapic through drip irrigation. Abstracts of the Weed Science Society of Israel 2013 Biennial Meeting. *Phytoparasitica* Pages 347-348.
30. Rabinovitz O, Goldwasser Y, Gerstl E, Nasser A, Lazarovitch N, Aryeh G, Paporisch A and Rubin B. (2013). Modeling Imazapic movement applied by drip irrigation to maximize broomrape control. Joint workshop of the EWRS groups: Novel and Sustainable Weed Management in Arid and Semi-Arid Ecosystems and Weed Mapping. Chania, Crete, Greece. p.33.

.....

הצהרת החוקר הראשי:

הממצאים בדו"ח זה הינם תוצאות ניסויים.

הניסויים מהווים המלצות לחקלאים: לא,

הידע מופץ לחקלאים על ידי שה"מ, מועצות היצור, הרצאות בפני מגדלים, כנסים מדעיים וצוות המיזם

חתימת החוקר _____ תאריך: 11.11.2013

תוכן עניינים

6	תקציר
6	מבוא
8	אבחון, פיתוח סמנים מולקולאריים לאבחון מיני עלקת בקרקע
11	סקירה ומיפוי אילוח עלקת בעגבנייה לתעשייה
18	פיתוח אמצעים להפחתת בנק הזרעים של העלקת בקרקע ומניעת התבססותו המחודשת בגידולים העוקבים
22	שילוב תוספים אורגניים בחיטוי סולרי בחלקות שדה
24	חיטוי מכלי עגבניות (גונדולות)
26	ייצור קומפוסט נקי מעלקת, והצעת תקינה לייצור קומפוסט במפעלים מורשים
30	בחינת התאמת תקנות הגנת הצומח הקיימות למערכת פיקוח יעילה היכולה למנוע הפצת זרעי עלקת בארץ
30	היבטים פיסיוולוגיים של האינטראקציה בין עגבניה ועלקת מצרית
36	סלקציה ואפיון מוטנט עגבניה עמיד לקוטלי עשבים מקבוצת מעכבי האנזים (ALS)
42	פיתוח מערכת תומכת החלטה להדברה מושכלת של עלקת מצרית בגזר
45	פיתוח מערכת תומכת החלטה להדברה מושכלת של עלקת מצרית בעגבניות חממה
46	שיפור מערכת קבלת החלטות 'פקעית' להדברה מושכלת של עלקת מצרית בעגבניות לתעשייה
50	פיתוח מודל לתנועת אימזאפיק ("קדרה") בקרקע ביישום דרך מערכות טפטוף
56	השפעת עלקת על היבטים פיסיוולוגיים ועל ההתפתחות העגבנייה, והקשר עם יכולת החישה
59	דיון מסכם

בישראל קיימים תנאים אופטימליים להתפתחות עלקת על ירקות וגידולי שדה. התוכנית כוללת מחקר רב תחומי להתמודדות עם בעיית העלקת בישראל, בגישה אינטגרטיבית. אנו מציעים פתרונות כלליים כמו חיטוי קרקע או אבחון ומיפוי, אשר יאפשרו לגדל בחלקות המחוטאות פונדקאי עלקת. להלן עיקר ההישגים שהושגו במהלך שלוש שנות המיזם: אבחון- פותח פרוטוקול לזיהוי מיני עלקת באמצעות מיצוי DNA של עלקת מהקרקע; מיפוי- נמצא קשר בין פיזור העלקת לפעילות חקלאית, פותח פרוטוקול לאופטימיזציה של הדיגום; חיטוי קרקע- הושגה קטילה של עלקת עם מחטאי קרקע מורשים לשימוש בתנאי שדה; סניטציה- הוגדרו התנאים בהם ניתן להשיג קומפוסט נקי מעלקת; הדברה- נבחן מודל לטפילות העלקת בגזר ופיתוח מערכת קבלת החלטות להדברה מושכלת של עלקת בגזר; עודכנה מערכת קבלת החלטות 'פקעית' והוספו בה אלמנטים של יישום קוטלי עשבים בחורף ללא הצורך בהפעלת המטרה. נחקרו התנאים והגורמים ונאספו המדדים לבנית מודל "Hydros 2D/3D" להדברת עלקת מצרית בעגבניה על ידי כמיגציה של אימזאפיק. נמצא מנגנון העמידות של מוטנט עגבניה עמיד לקוטלי עשבים מקבוצת האימידזולין ופיתוח ממשק הדברה. כמו כן חלה התקדמות במחקר בסיסי אשר עונה על שאלות הקשורות במנגנונים ויחסי גומלין בין הטפיל לפונדקאי. בשנת המחקר הבאה יבוצעו המחקרים בחלקות ניסוי ייעודיות שיוקצו לטובת המיזם בחוות עדן ובמשקי מודל לבחינת הטכנולוגיה שפותחה.

מבוא

העלקת (*Orobancha and Phelipanche spp.*) הנה צמח טפיל שורש מוחלט חסר כלורופיל, מהווה מפגע משמעותי בחקלאות בישראל, בעיקר בגידולי ירקות ושדה חשובים כמו עגבניות לתעשייה ומאכל, תפוח אדמה, גזר, חמנית, וחימצה. לאחרונה התגבר מאד השיבוש בעלקת בשטחים נרחבים ובמקביל גם שיעור הנזק שנגרם מהטפיל לגידולים ולמגדלים. התגברות האילוח והנזק גרמו לנטישת שדות רבים על ידי החקלאים לאחר שכדאיות הגידול פחתה והם נאלצו לעבור לאדמות שוליים רווחיות פחות. גם מחזור הגידולים נפגע בגלל צמצום מספר הגידולים שניתן לגדל במחזור על אדמות מאולחות בטפיל. בעבר היה מקובל שימוש במתיל ברומיד לחיטוי הקרקע להפחתת בנק הזרעים. פתרון זה היה יעיל וגרם לכך שלא נבחנו גישות חיטוי נוספות באופן יסודי. הפסקת השימוש במתיל ברומיד על פי אמנת מונטריאול יצרה פער עצום באפשרויות להתמודדות עם בנק הזרעים בקרקע טרם הגידול.

בשנים האחרונות מומנו מספר תכניות ע"י המדען הראשי של משרד החקלאות, חקלאים דרך ענף הירקות במועצת הצמחים והמפעלים לעיבוד עגבניות לתעשייה, שעסקו בפתרונות להיבטים ספציפיים בהתמודדות עם העלקת. כך לדוגמה פותחו מערכות תומכות החלטה להדברת מושכלת של עלקת במהלך הגידול (עגבניות לתעשייה), טיפוח זנים עמידים לעלקת בגידולים מובילים (עגבניות), וחיפוש אחרי דרכים לייעול ההדברה הביולוגית ופתרונות באמצעות הנדסה גנטית. אולם היעדר ממשק הדברה משולב בתוכניות אלה מחד, והתעצמות הנגיעות בעלקת מאידך, חייבו גיבוש תוכנית פעולה משולבת אשר תכלול את מירב הגורמים שבאמצעותם ניתן להפחית את נזקי העלקת, ואת מירב האמצעים למימוש (מחקר, הדרכה, אכיפה).

פערי הידע העיקריים אשר בגללם לא ניתן להדביר עלקת כיום (1) הקושי באבחון וכימות המדבק (זרעים) בקרקע; (2) היעדר אמצעים זמינים להקטנת בנק זרעי העלקת בקרקע; (3) העדר מקורות עמידות לעלקת במרבית הגידולים הרלוונטיים; (4) העדר אמצעי הדברה יעילים במהלך הגידול במרבית הגידולים ו- (5) הבנת הביולוגיה הכוללת ובעיקר יחסי טפיל פונדקאי בין העלקת וגידולים שונים.

בתוכנית זו מוצע פתרון כולל לבעיית העלקת בעגבניות ובגזר (כגידולי מודל), ע"י שילוב בין מחקר יישומי, מחקר בסיסי בעל אופק יישומי ופיתוח אמצעי אכיפה וסניטציה. לא יאותרו בשלב זה מקורות עמידות חדשים לעלקת מאחר ותהליך זה ממושך וחורג מגבולות הזמן של המיזם. במיזם הנוכחי המחקר יכלול חמש קבוצות עבודה שיעסקו בגישור על פערי הידע הבאים: (א) מיפוי האילוח בקרקעות ואבחון כמותי של שיעור הנגיעות (ב) הפחתת בנק הזרעים בקרקע באמצעות חיטוי קרקע ואמצעים משלימים; (ג) סניטציה ומניעת הפצה תוך שימוש באמצעי אכיפה; (ד) הבנת

הביולוגיה של יחסי טפיל פונדקאי לצורך פיתוח אמצעי הדברה יעילים; ה) הדברה במהלך הגידול ופיתוח מערכות תומכות החלטה לאופטימיזציה של פעולות ההדברה.

מטרות המחקר ופירוט ספציפי של הניסויים יופיעו תחת כל קבוצת מחקר בהמשך הדוח.

המטרה הכללית של המיזם היא הפחתת נזקי עלקת בגידולים חקלאיים. מטרה זו תושג ע"י מטרות המשנה הבאות ושילוב הפתרונות שיושגו לממשק אינטגרטיבי כולל: א) מיפוי ואבחון זרעי עלקת בקרקע; ב) פיתוח אמצעים להפחתת בנק הזרעים של העלקת בקרקע ומניעת התבססותו המחודשת בגידולים העוקבים; ג) פיתוח שיטות לסניטציה ובמקביל עידוד תקינה ואכיפה; ד) הבנת מנגנונים הקשורים בעמידות פונדקאים לעלקת ובקטילת העלקת ע"י קוטלי עלקת; ה) פיתוח ממשק הדברה באמצעות מערכות תומכות החלטה. למטרות משנה אלו קיימות תת מטרות משנה המוצגות לפי נושאי המחקר ושמות החוקרים האחראים:

א) מיפוי ואבחון זרעי עלקת בקרקע: 1א) פיתוח כלים לאבחון קרקע לנוכחות זרעים של חמישה מיני העלקת הפוגעים בגידולים חקלאיים. המטרות הספציפיות: 1) פיתוח סמנים מולקולאריים לכל אחד ממיני העלקת המזיקים בחקלאות (ראדי עלי). 2) פיתוח שיטת אבחון ליישום על דנ"א מדוגמאות קרקע (ראדי עלי). 2א) הערכה אמינה של הנגיעות המשתנה במרחב החלקה אשר תהווה בסיס לקבלת החלטות להדברה (אחידה או משתנה במרחב) או לתכנון עתידי של מחזור זרעים. (יפית כהן וויקטור אלחנתי).

ב) פיתוח אמצעים להפחתת בנק הזרעים של העלקת בקרקע ומניעת התבססותו המחודשת בגידולים העוקבים. 1ב) הפחתת בנק הזרעים של עלקת בקרקע באמצעות שימוש באמצעי חיטוי שונים (תכשירים ואמצעים אחרים) בנפרד ובמשולב. יישום יעיל של אמצעי החיטוי בשדה להשגת תוצאות מיטביות (אברהם גמליאל). 2ב) יישום אמצעים לדיכוי התבססות מחודשת של זרעי עלקת בגידול העוקב לחיטוי (אברהם גמליאל). 3ב) פיתוח אמצעים לא כימיים המשלבים שאריות חומר צמחי וחיטוי סולארי להפחתת בנק הזרעים בקרקע במשטר גידול אורגני (אברהם גמליאל). ג) פיתוח שיטות לסניטציה (אברהם גמליאל) ובמקביל עידוד תקינה ואכיפה (טוביה יעקובי). פיתוח אמצעים לשמירה על פיטוסניטציה ובחינת מנגנוני הפיקוח הנדרשים להוספת תקנות לחוק הגנת הצומח לשם מניעת הפצת זרעי עלקת משדות מאולחים (טוביה יעקובי).

ד) הבנת מנגנונים הקשורים בעמידות פונדקאים לעלקת ובקטילת העלקת ע"י קוטלי עלקת. 1ד) שיפור ההדברה הכימית של עלקת בעגבנייה, ע"י הבנת מנגנון התנועה של קוטלי עשבים בקטילת העלקת. במסגרת המחקר יינתן דגש למנגנון הקטילה באתר המטרה וכן לקליטה והובלה של חומרים בצמח הטפיל, בפונדקאי ובאינטראקציה ביניהם (שמוליק וולף, ברוך רובין, חנן איזנברג). 2ד) שימוש בקווי עגבניות עמידים לקוטלי עשבים מקבוצת האימידזולינון לפיתוח ממשק הדברת עלקת בעגבניות (יוסי הרשנהורן, יבגניה דור). 3ד) פיתוח מודל לתנועת קדרה בקרקע ביישום בהרביגציה דרך מערכת הטפטוף (יעקב גולדווסר, ברוך רובין, זאב גרסטל, און רבינוביץ'. נפתלי ליזרוביץ'). ה) פיתוח ממשק הדברה באמצעות מערכות תומכות החלטה. 1ה) מיפוי שטחי העלקת ברמת החלקות ובתוך החלקה (חנן איזנברג, יפית כהן). 2ה) פיתוח מודל לחיזוי הטפילות של ע. מצרית וע. חרוקה בגזר, וע. מצרית בעגבניות בבתי צמיחה ויישום קוטלי עשבים במועד בו העלקת רגישה ביותר לתכשירי ההדברה (חנן איזנברג). 3ה) איתור מדדים פיזיולוגיים הקשורים לממשק מים ופוטוסינתזה המושפעים מטפילות עלקת, כימות ותזמון מדדים אלו על ידי חישה באמצעות IR או NIR (יהונתן אפרת, שמעון רחמילביץ', דן בלומברג).

הדגש בשנת המחקר הראשונה והשנייה היה השגת תוצאות הקדמיות וידע שיאפשרו מחקר אינטגרטיבי המבוסס על תוצאות אלו. בשנה השלישית הורחבה האינטגרציה בין הצוותים כפי שניתן יהיה לראות בדוח להלן. דוגמה לכך הינה הפעילות בהשתתפות מרבית קבוצות המיזם במסגרת פלטפורמה ניסויית רחבה שהוקמה ייעודית למיזם בחוות עדן, עין חרוד איחוד וחוות גד"ש. שטחי הניסוי כללו עגבניות לתעשייה, גזר ו 3 חממות לגידול עגבניה.

תוצאות עיקריות משנת המחקר השלישית וסיכום לפעילות במסגרת המיזם

נושא 1. אבחון ומיפוי: 1.1 פיתוח סמנים מולקולאריים לאבחון מיני עלקת בקרקע. ראדי עלי, נווה יער.

מטרות המחקר: 1. התאמת שיטה למיצוי כלל ה-DNA מהקרקע. 2. יצירת מאגר DNA גנומי של מיני העלקת ממקומות שונים בארץ. 3. פיתוח סמנים מולקולאריים לאבחון עלקת על רקע אורגניזמים אחרים בקרקע ואבחון איכותי וכמותי בין מיני עלקת שונים הקיימים בארץ בעיקר משלושת המינים: עלקת מצרית, חמנית וחרוקה. **התאמת שיטה למיצוי DNA מהקרקע:** לפיתוח שיטה שתאיים להפקת DNA מקרקע המכילה זרעי עלקת או שרידי תפוחת וגבעולים, נבדקו מספר שיטות וקיימים שונים. למטרה זו נמצא שהקייט (Power Soil Isolation Kit) מחבי זוטל הינו היעיל ביותר מבחינת איכות וכמות ה-DNA המתקבלת. ה-DNA הגנומי הופק מדוגמאות קרקע באמצעות הקייט שנבחר על-פי הוראות היצרן ומודפקציה שנעשתה במעבדתנו (ראה דו"ח שנה א').

יצירת מאגר DNA גנומי של מיני עלקת: המטרה בסעיף זה הינה לבדוק הבדלים בין אוכלוסיות הטפיל מאותו מין בהתאם למיקום, עונת הגידול (חורף, קיץ) והאזור בארץ לאחר קבלת סמנים ספציפיים למינים השונים. ליצירת מאגר DNA גנומי של מיני עלקת משדות חקלאיים באזורים שונים במדינת ישראל, הופק DNA גנומי מתפוחות עלקת שנאספו ממספר מקומות בכל שדה. בשלב זה נאספו שלושת מיני העלקת בעלי חשיבות כלכלית בארץ (מצרית, חמנית וחרוקה) משלושה אזורים: צפון, דרום ומרכז ונקבעו נקודות ציון לכל דוגמא באמצעות ה-GPS. להגדרת הבדלים בין המינים או הבדלים בתוך האוכלוסיות של אותו המין, ה-DNA שהופק אובחן באמצעות הסמנים המולקולאריים שפותחו ע"י ראקציית PCR (ראה דו"ח שנה א').

פיתוח סמנים מולקולאריים לעלקת: על מנת לאבחן את העלקת על רקע אורגניזמים אחרים בקרקע, נעשתה עבודה רחבת היקף בתחום הביואנפורמטיקה שכללה מידע ממאמרים בספרות המדעית, מאגרי מידע (PubMed, ISI, Journal search והפרויקט של גינום צמחים טפילים שהתפרסם לאחרונה). בחרנו להשתמש ברצפים הבאים: (1) רצפים ספציפיים לעלקת מה-DNA הריבוזומלי הגרעיני באיזור ה-ITS (Internal Transcribed Spacer) של עלקת מצרית. רצפים אלו שימשו בהצלחה לאנליזה פילוגנטית מולקולארית של מיני עלקת. (2) Ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase large subunit (rbcl), הגן המקדד את היחידה הגדולה בחלבון Rubisco (האנזים המרכזי בפרוטוסינטיזה). (3) Universal Internal Control Primers (UCP), רצפים מה-DNA הריבוזומלי הגרעיני של ה-small subunit המזהים רצף של 555 bp באורגניזמים שוכני קרקע כמו חיידקים, פטריות, אצות ואורגניזמים עילאיים. הסמן UCP שימש כבקורת חיובית לנוכחות מיקרופלורה בקרקע.

אבחון של חלקי תפוחת וזרעים של עלקות ממינים שונים (ע. מצרית, ע. חמנית וע. חרוקה) בדוגמת קרקע באמצעות הסמנים ITS 350 ו-UCP: לכל דוגמת קרקע נלקחה כמות של 10 mg זרעים של ע. מצרית, חמנית או חרוקה ועורבב ביחד עם 500 מ"ג קרקע. במקביל בכל דוגמת קרקע הוכנסה כמות של 50 mg של חלקי תפוחת מ-3 העלקות. הפקת DNA גנומי, ראקציית PCR (200 ng של DNA מכל דוגמא), שימוש בסמנים של ITS ו-UCP והרצה על ג'ל אגרוז 1%. לפי התוצאות (ראה דו"ח שנה א') הסמנים ITS350 הגבירו את ה-DNA של העלקות מצרית חמנית וחרוקה, הן בזרעים והן בחלקי תפוחת, התקבל פרגמנט בגודל הצפוי (350 bp). בדוגמאות שלא הכילו זרעי עלקת או תפוחות לא התקבל פרגמנט בגודל של 350 bp אינדקציה שהסמנים ITS350 הינם ספציפיים למיני העלקת בלבד. כמו כן התקבל

תוצר של 555 bp בערוצים שהוגבר ע"י הסמנים UCP ששימשו כבקורת חיובית לנוכחות DNA גנומי מאורגנזמים שונים בקרקע. מאחר והסמן ITS 350 לא אפשר הבחנה בין שלושת המינים הנ"ל הוחלט לעבוד עם הסמן rbcL.

אבחון עלקות שונות בקרקע ע"י הסמן rbcL: לראקציה ה-PCR נלקחה כמות שווה 200ng של DNA גנומי מכל דוגמא ולאחר מכן הרצת תוצרי ה-PCR על גיל אגרוז 2%. לפי תוצאות ההרצה (ראה דו"ח שנה א') הסמן rbcL מגביר מקטע DNA בשני גדלים שונים: 1. כ-1000 bp בע. חמנית הן בתפוחית והן בזרעים. 2. כ-1300 bp בע. חרוקה הן בזרעים והן בתפוחיות. עם זאת ע. מצרית לא הוגברה בעזרת הסמן הזה לכן הסמן הנ"ל אינו מאבחן בע. מצרית. לצורך אימות ההבדלים הקיימים בגן rbcL בין עלקת חמנית לחרוקה, בוצעה ריאקציה חיתוך עם אנזימי הגבלה *Pst* I ו-*EcoR* I שנבחרו בעזרת תוכנה NEBCUTTER (<http://tools.neb.com/NEBcutter2>). לצורך זה בודדו ונוקו מקטעי ה-DNA שהתקבלו מהג'ל, נבדק הריכוז שלהם ב-NanoDrop ובוצע חיתוך ע"י שני האנזימים. לפי תוצאות ההרצה של תוצרי החיתוך ניתן היה להבחין בין שני המינים ע"פ הגדלים של תוצרי החיתוך (ראה דו"ח שנה א').

המטרות והיעדים של שנת המחקר הראשונה הושגו מהנימוקים הבאים: (1) הוכן מאגר (חלקי) של DNA גנומי משלושה מיני העלקת (מצרית, חמנית וחרוקה) מ-12 מקומות שונים בארץ. (2) הותאם פרוטוקול למיצוי DNA של עלקת מהקרקע באיכות טובה ומכמות מינמלית של שרידי או זרעי עלקת, אפילו מזרע אחד. (3) פיתוח מספר סמנים לבידוד וזיהוי מקטעים ספציפיים לעלקת שלא מגיבים עם מיקרואורגנזמים בקרקע. (4) פיתוח סמנים ספציפיים לאבחון בין שני מיני עלקת (חמנית וחרוקה).

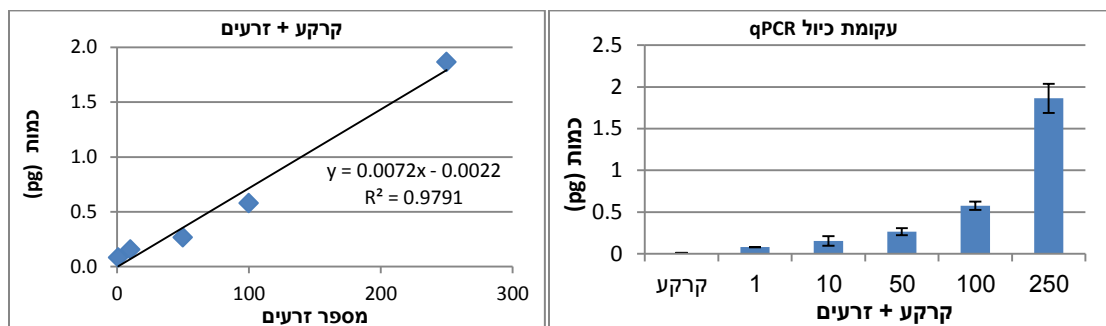
המשך העבודה עם הגן rbcL לאיתור סמן ספציפי לכל מין עלקת: נלקחו רצפים של הגן rbcL מארבעת מיני העלקת (חמנית, חרוקה, ענפה ומצרית) ונבדקה ההומולוגיה בין ארבעת הרצפים בעזרת התוכנה (T-COFFE). לפי התוצאות נמצאו הבדלים ברצפים בין המינים אך ההבדל העיקרי היה בין ע. חמנית ושאר המינים (חרוקה, ענפה ומצרית). לכן על הגן rbcL של ע. חמנית ([AF090349](#)) בנינו זוג פריימרים ספציפיים שיזהו מקטע בגודל של 100 בסיסים בע. חמנית בלבד (סמן זה יקרא להלן rbcLOC). במהלך הסריקות ועבודות הביואינפורמטיקה, הבחנו שקיימים שינויים ברורים ברצפים של שני המינים ע. מצרית וע. חמנית לעומת ע. חרוקה. לכן בחרנו ברצף הגן rbcL מעלקת חרוקה וחלקנו אותו לשלושה מקטעים שווים באורך 330 בסיסים ועל כל חלק בנינו זוג פריימרים. לפי התוצאות, המקטע האמצעי נתן את התוצאות הטובות ביותר, באמצעות הסמן שנקרא להלן (rbcL2) הצלחנו להגביר את ה-DNA של שלושת המינים ולהבחין בין שלושת המינים (מצרית, חמנית וחרוקה) ע"פ גודל המקטע שהתקבל (טבלה 1).

טבלה 1: טבלה מסכמת של הסמנים שהוכנו עד כה לאבחון DNA גנומי מזרעים ומתפוחיות של שלושת המינים (מצרית, חמנית וחרוקה) בדוגמאות קרקע. + = מגיב, - = לא מגיב.

שם הסמן	ע.מצרית	ע.חמנית	ע.חרוקה
ITS350	350 bp (+)	350 bp (+)	350 bp (+)
rbcL OC	-	100bp (+)	-
rbcL1	-	100bp (+)	1300bp (+)
rbcL2	390bp (+)	410bp (+)	300bp (+)

פיתוח שיטה להפקת DNA גנומי מדוגמת קרקע בנפח גדול יותר (400-500 ג"ר): לאחרונה הצלחנו להתאים שיטה להפקת DNA גנומי מדוגמאות קרקע בנפח 500 גר'. השיטה מבוססת על הרחפת החומר האורגני בתמיסת מלח

קלציום כלוריד בריכוז 1.48kg/l, השקעה בטמפ' החדר למשך הלילה, ריכוז וניפוי החומר האורגני במערכת נפות (12), 40 ו-100 מש) והפקת ה-DNA הגנומי מכל דוגמא באמצעות הקיט PowerSoil או בשיטה שפותחה אצלנו במעבדה. במהלך שנת המחקר השנייה: א) פותחו סמנים לבידוד וזיהוי מקטעים ספציפיים לעלאת שלא מגיבים עם מיקרואורגניזמים בקרקע. ב) פותח סמן ספציפי (rbcl OC) בגודל של 100bp המגיב ל-DNA גנומי מאוכלוסיות מסוימות של ע. חמנית. ג) פותח סמן ספציפי (rbcl1) המבחין בין DNA גנומי של ע. חמנית ל-DNA מע. חרוקה. הסמן לא מגיב עם DNA מע. מצרית. ד) פותח סמן ספציפי (rbcl2) המגיב עם DNA מע. מצרית, ע. חמנית וע. חרוקה, ומבחין ביניהם על סמך גודל המקטע. ה) פיתוח שיטה להפקת DNA גנומי מדוגמאות קרקע בנפח 400-500 גר'. ו) בחינה וזיהוי זרעי עלאת בקרקע מדוגמאות שהובאו ישירות מהשדה (חוות עדן) באמצעות הסמנים שפותחו. **אבחון כמותי של זרעי עלאת ממינים שונים בדוגמאות קרקע משדה חקלאי:** בחלק זה של המחקר פיתחנו סמנים מולקולאריים לאבחון כמותי של מיני עלאת על רקע אורגניזמים אחרים בקרקע. על מנת לבצע כימות על ידי qPCR הוכנו סמנים המגבירים קטע של 100bp. על מנת לקבל זיהוי של שלושת העלאת נעשתה השוואה בתוכנת T-COFFE בין רצפים של מספר מיני עלאת. הסמנים תוכננו בעזרת תוכנת GENERUNNER ונקראים ITS100. הסמנים תוכננו על רצף הגן AY209327 (Aly et al., 2012).



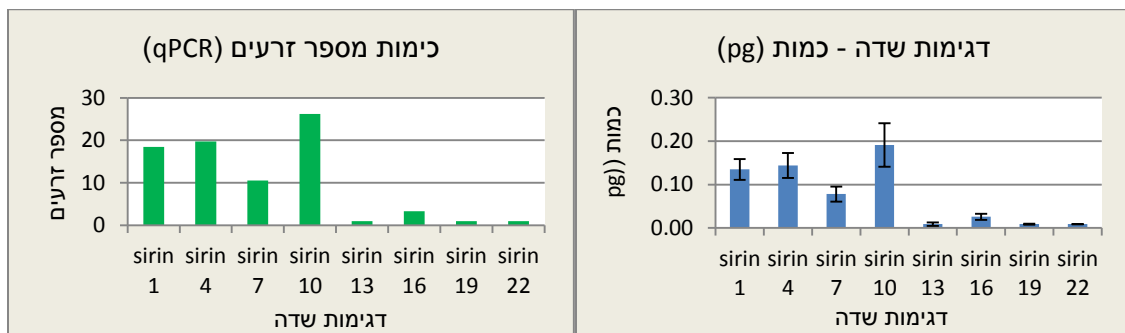
איור 1. ימין - qPCR של DNA גנומי מדוגמאות קרקע המכילות זרעי ע. מצרית בכמויות שונות. שמאל - qPCR של DNA גנומי מדוגמאות קרקע המכילות זרעי ע. מצרית בכמויות שונות.

לפי התוצאות (איור 1 ימין), ניתן לראות שיש קורלציה בין כמות ה-DNA הגנומי (pg) לבין מספר זרעי העלאת בדגימה. הקשר בין מספר הזרעים לכמות pg מתואר על ידי רגרסיה לינארית (איור 1 שמאל). **דגימות קרקע משדות חקלאיים:** נדגמו 4 שדות חקלאיים: שדה חימצה ברמת סירין (קרקע כבדה (טרה רוסה או וולקנית), שדה חמניות ברמת הנגב (קרקע לס), שדה עגבניות – חוות עדן (קרקע רנדיזנה עמקים), שדה חמניות – חוות עדן (קרקע רנדיזנה עמקים). הדגימות נלקחו באביב. בכל דגימה (רדיוס 30 ס"מ) נעשתה ספירת תפרחות בחודשים יוני - יולי אשר שימשה כביקורת לכימות שנעשה. נלקחה דגימה של 1.5 ק"ג קרקע בשקית נייר משכבת קרקע של 0 – 20 ס"מ. לפני כל דיגום, שכבה עליונה (1-2 ס"מ) של אזור הדגימה פונה על מנת למנוע נוכחות זרעים מהעונה הנוכחית. מכל דגימה נלקחו כ- 500 גר' קרקע למיצוי חומר אורגני ששימש להפקת DNA ואנליזה. בשדה החימצה נלקחו 30 דגימות מחלקה בגודל דונם (25 X 40 מטר). בשדה החמניות מרמת הנגב נלקחו 30 דגימות מחלקה בגודל 18 דונם. נעשה כימות רק בדגימות שנלקחו מאזור שלא קיבל טיפול הדברת עלאת החמנית. בשדות העגבניה והחמנית בחוות עדן נקבעו 12 נקודות דיגום בגודל ריבוע 1 X 1. בכל נקודה נלקחו 4 דגימות. דגימה מכל

פינה של ריבוע. דגימה (חצים) מכל פינה של ריבוע (סכימה). בכל דגימה (רדיוס 30 ס"מ) ובאזור בתוך הריבוע נספרו תפרחות עלקת.

בדו"ח הנוכחי מוצגים רק נתונים משדה חימצה ברמת סירין. נתונים לשאר השדות כרגע נמצאים בעיבוד. נתונים משדה החימצה שימושו לכיול ובדיקת המערכת.

כימות דגימות שדה (qPCR) – שדה חימצה רמת סירין. נלקחו 8 דגימות לכימות מהחלקה שנדגמה בצורת W.



איור 2: ימין - qPCR של DNA גנומי מדוגמאות חומר אורגני – דגימות שדה סירין. שמאל - כימות של דגימות השדה בעזרת עקומת הכיול שנבנתה (איור 1).

לפי התוצאות (איור 2 ימין), ניתן לראות שיש נוכחות של DNA גנומי של עלקת בדגימות השדה ברמות שונות אינדקסיה לנוכחות זרעי עלקת בדגימה. על מנת לכמת מספרית את ה-DNA הגנומי של עלקת שנמצא בדגימה, השתמשנו בעקומת הכיול שנבנתה קודם לכן באיור 1.

במהלך שנת המחקר השלישית ובסיכום המחקר הושגו היעדים הבאים: (1) תוכנן סמן ITS100 המאפשר זיהוי ספציפי במטרה לכמת את שלושת מיני העלקות (מצרית, החמנית וחרוקה) מרמה של זרע בודד. (2) הוכנה עקומת סטנדרט לכיול זרעי עלקת בדוגמת קרקע: נעשה כימות של דגימות קרקע שאולחו במכוון בכמויות שונות של זרעי עלקת. ולאחר מכן נעשה כימות לדוגמאות קרקע שנאספו משדה חקלאי בעזרת מכשיר qPCR. נבנתה עקומה המאפשרת לחשב את מספר הזרעים המשוער בדגימה. (3) נעשה שימוש ב-GPS על מנת לבנות מפת רמת אילוח של עלקת בשדה. (4) התאמנו פרוטוקול קיים להפקת DNA מדגימות קרקע, המאפשר הפקת DNA באיכות וכמות טובה במחיר נמוך מאוד – מחיר משוער 1 ₪ לעומת 30 ₪ (שימוש בקיט) לדגימה. (5) מכל נקודת דיגום נלקחה דגימה אחת, לעומת 4-6 דגימות שנלקחו בעבר לזיהוי ואבחון זרעי עלקת באמצעות בינוקולר. (6) נעשתה צביעת חיוניות לזרעי עלקת ודגימת חומר אורגני המאפשר זיהוי זרעים חיוניים על ידי צביעה במבחן TTC (טטראזוליום).

1.2 סקירה ומיפוי אילוח עלקת בעגבניות לתעשייה. יפית כהן, ויקטור אלחנתי, איתי רועי, המכון להנדסה חקלאית. עונת גידול עגבניות לתעשייה (עג"ת) מתקיימת בחודשי האביב והקיץ (סוף פברואר עד סוף אוגוסט). בעונה זו מתקיימים בגידולי שלחין תנאים אופטימאליים (טמפרטורה ולחות) להתפתחות עלקת מצרית (להלן עלקת). לפיכך גידול עג"ת סובל מנזקים כבדים ביבול בעקבות היטפלות בעלקת בחלקות המאולחות במידה רבה בזרעי העלקת. בעיות נוספות הקיימות בהכרת היקף השטחים המאולחים על-ידי זרעי עלקת ורמת חומרת האילוח הינן: קושי בניטור כמות זרעי העלקת בבנק הזרעים בקרקע, עלותן הגבוהה של בדיקות הקרקע ומיצוי זרעי העלקת מתוכן והבנת היחס בין כמות הזרעים בבנק הזרעים לכמות הזרעים הנובטים ומשבשים את הגידול הפונדקאי. ניטור רמת נגיעות עלקת בחלקה יאפשר שיפור בקבלת החלטות במערכת תומכת החלטה לממשק הדברה עלקת בעג"ת המכונה "פיקעית".

מטרת המחקר (כפי שנוסחה בהצעת המחקר): הערכה אמינה של הנגיעות המשתנה במרחב החלקה אשר תהווה בסיס לקבלת החלטות להדברה (אחידה או משתנה במרחב) או לתכנון עתידי של מחזור זרעים.

שיטות המחקר

הערכה אמינה של הנגיעות בעלוקת בחלקה מתייחסת לשתי רמות: א. הערכה טובה יותר של רמת הנגיעות הכללית בחלקה ו-ב. אפיון הפיזור המרחבי של העלוקת בתוך החלקה. גישת המחקר הינה שילוב ידע מסקרים בקנה מידה של החלקה הבודדת ובקנה מידה אזורי.

שלבי המחקר למימוש המטרה הכללית מפורטים בטבלה 2:

שלבי המחקר	סקר אזורי	סקר ברמת החלקה
זיהוי הגורמים לנגיעות כללית של עלוקת בחלקה	✓	
אפיון דגמי הפיזור המרחבי של העלוקת בחלקה		✓
זיהוי הגורמים לדגמי הפיזור המרחבי של העלוקת בחלקה	✓	✓
קביעת צפיפות ופיזור דיגום מיטביים להערכת רמת הנגיעות בחלקה	✓	✓

איסוף נתונים ומידע

א. קנה מידה אזורי: במהלך שלוש עונות המחקר נתבקשו מגדלי עג"ת מ-5 אזורי הגידול העיקריים (עמקי בית שאן, יזרעאל מזרח, יזרעאל מערב, זבולון והחולה) לספק את פיסות המידע הבאות אודות חלקות עג"ת שברשותם: הערכת נגיעות עלוקת בחלקות שבשנת הסקר גודלו בהן עגבניות, היסטורית נגיעות עלוקת בחלקה, מיקומי אמבטיות איסוף בעונת הגידול ובמידת האפשר - בעונות גידול קודמות, תאריכי שתילה וקטיפה, תאריכי טיפולי הדברה כנגד עלוקת מחזור גידולים משנת 2000 ואירועים חריגים בחלקה במידה והיו. במסגרת הסקר נאסף מידע מ-163 חלקות מעונות גידול 2010-2012 אם כי לא עבור כולן התקבל מידע מלא.

ב. קנה מידה של החלקה: במהלך שלוש עונות המחקר (6/2010-8/2012) נערך מיפוי צפוף באמצעות מערכת GPS-GIS ב-43 חלקות (15 חלקות ב-2010, 16 חלקות ב-2011, ו-12 חלקות ב-2012) לאפיון הדגם המרחבי של פיזור העלוקת. רמת נגיעות (0-אין עלוקת 1- עד 50 עלוקות 2- עד 200 עלוקות 3- מעל 200 עלוקות) מופתה לאורך שורה כל 10 מטרים בכל שורה 12 (קרי, משבצת דיגום של 240 מ"ר). הערה: ב-8 מהחלקות מופה חלק נרחב מהחלקה אך לא כלל החלקה.

ניתוח נתונים

א. זיהוי הגורמים לנגיעות כללית של עלוקת בחלקה - גורמים שונים במאגר המידע של הסקר האזורי נבחנו סטטיסטית (χ^2) להתפלגות חומרת נגיעות בעלוקת בחלקות. בין הגורמים שנלמדו: היסטוריית נגיעות, מחזור גידולים, חלקה שכנה.

ב. אפיון דגמי הפיזור המרחבי של העלוקת בחלקה - לאחר העלאת נקודות הדיגום של כל חלקה לממ"ג (ArcGIS10), בוצעה אינטרפולציה בשיטת Ordinary Kriging לקבלת מידע רציף של הנגיעות בחלקה. על-סמך תוצאות האינטרפולציה אופיין דגם הפיזור המרחבי בצורה חזותית.

ג. זיהוי הגורמים לדגמי הפיזור המרחבי של העלוקת בחלקה - נבנו שני מאגרי מידע, האחד עבור המידע לגבי החלקות בסקר האזורי (163) והשני עבור המידע של החלקות בהן בוצע מיפוי (43). על-סמך שילוב בין מאגרי המידע נחקרו קשרים בין גורמים חשודים ובין הדגמים המרחביים. בין הגורמים שנלמדו: היסטוריית נגיעות, מיקום אמבטיות, היסטוריית נגיעות בחלקות שכנות. לימוד זה הוביל לאיתור גורמים משמעותיים עבור חלק מדגמי הפיזור.

ד. ניסויי שדה לבחינת השפעת חלקה מאולחת בעלקת על חלקות סמוכות - נבחרו 2 חלקות בעלות חומרת נגיעות בעלקת גבוהה ואחידה: חלקת חוות עדן (ד'ה') וחלקת הניסיונות בחוות גד"ש (20). עבור 2 החלקות הללו הוצבו מלכודות דבק במרחקים שונים מגבול החלקה המאולחת (20, 50, 90 מ'). כל מלכודת מוספרה ונלקחה עברה נ"צ. תרשים הצבת המלכודות בחוות גד"ש מובא באיור 3. המלכודות הוצבו יום לפני קטיפת העגבניות והוסרו יום לאחריו. בשלב איסוף המלכודות נעטפה כל מלכודת בניילון נצמד. המלכודות נבחנו תחת בינוקולר במעבדה לקביעת מספר זרעי העלקת שנדבקו בהן. בנוסף נלקחה נ"צ עבור מיקום הגונדולות ונאספו נתונים מטאורולוגיים שעתיים עבור ימי הצבת הניסוי.

ה. בחנית צפיפות מינימאלית של נקודות דיגום המאפשרת אפיון אמין של דגם הפיזור המרחבי של העלקת בחלקה - קביעת הצפיפות המינימאלית של נקודות הדיגום נעשתה באמצעות ניתוח סמיואריוגרם (semivariogram) עבור הדגימות בחלקה. הסמיואריוגרם מציב מרחק בין נקודות הדגימה (ציר X) לשונות בין ערכי נקודות הדגימה במרחקים השונים (ציר Y). המרחק בציר X בו השונות מגיעה למקסימום ומתייצבת באופן יחסי מציין את המרחק (range) עד אליו קיימת "אוטוקורלציה". "כלל-אצבע" גיאוסטטיסטיקה קובע כי על-מנת לאפיין את הדגם המרחבי בחלקה יש לדגום במרחקים של עד חצי מה-range. ניתוח של הסמיואריוגרם של כלל החלקות הצביע על range ממוצע של כ- 160 מטר. לפיכך, הוחלט כי יש לדגום את העלקת בחלקה במרחקים של 70 מטר (קצת פחות מחצי מה-range). על מנת לבחון את הקביעה נבחרו 4 חלקות ונבחרו בהן אקראית נקודות במרחק 70 מטר ונערכה אינטרפולציה על-סמך נקודות דיגום אלו. איכות הדיגום המצומצם נקבעה על סמך השוואה של הדגמים המרחביים וערכי ה-RMSCV שהתקבלו משתי סדרות נקודות הדיגום (המלא ובמרחקים של 70 מטר). הערה: לפי הגישה המחמירה ניתוח גיאוסטטיסטי מניח בד"כ כי הנתונים רציפים. הנתונים שנאספו במחקר הזה הינם נתונים אורדינאליים המתבססים על נתונים כמותיים. חלופה לסמיואריוגרם לנתונים אורדינאליים הינה ה-spatial difference probability (SDP; Bregt et al., 1992). בנוסף, במאמר זה מוצע לבצע אינטרפולציה לפי Theissen polygon במקום באמצעות Kriging. במאמרים אחרים נעשה שימוש בסמיואריוגרם לנתונים אורדינאליים (e.g. Li et al., 2006; Rew et al., 2001-site 3). במסגרת המחקר שלנו נעשתה השוואה בין ה-range המתקבל מחישוב סמיואריוגרם ומחישוב SDP למבחר חלקות והתוצאות דומות מאוד. לכן, התוצאות המוצגות מתייחסות לניתוח גיאוסטטיסטי של סמיואריוגרם ולאינטרפולציה באמצעות Kriging בחלקות בהן נצפתה אוטוקורלציה ($nugget/sill < 0.3$).

ו. יצירת "עץ קבלת החלטות" עבור הצורך בבדיקת קרקע לבחינת פוטנציאל אילוח עלקת בחלקה - עץ קבלת ההחלטות נבנה על-סמך ניתוח נתוני מאגרי המידע בקנה מידה אזורי ובקנה מידה של החלקה וכן על סמך התוצאות בסעיף ה' לעיל.

תוצאות עיקריות

א. הגורמים העיקריים לנגיעות כללית של עלקת בחלקה - על בסיס המידע שנאסף בסקר האזורי מ-163 נערכו מבחני χ^2 לבחינת תלות בין חומרת נגיעות בחלקה לגורמי גידול נוספים בחלקה. טבלה 3 מסכמת את הגורמים שנבדקו ואת תוצאות המבחן הסטטיסטי. נמצאו שלושה גורמים המשפיעים במובהק ($p < 0.05$) על חומרת הנגיעות בחלקה:

1. היסטוריית נגיעות בעלקת בחלקה: בחלקות עם היסטוריית נגיעות בעלקת ב-10 השנים האחרונות נמצאה חומרת נגיעות גבוהה יותר (איור 4). בהקשר זה יש לציין כי בחלקות באזור עמק החולה נמצאה התפלגות שונה במובהק מכלל החלקות המצביעה על חומרת נגיעות נמוכה משמעותית;
2. גידול עגבניות במחזור הגידולים: בחלקות עם גידול עגבניות במחזור הגידולים ב-10 השנים האחרונות נמצאה חומרת נגיעות גבוהה יותר (איור 5). בהקשר זה יש לציין כי בחלקות בהן היה גידול של פונדקאים אחרים של עלקת במחזור הגידולים כמו חמניות, חימצה וסוככיים ללא נמצאה חומרת נגיעות גבוהה יותר;
3. חלקה שכנה עם היסטוריית נגיעות: בחלקות בשכנות לחלקות בעלות היסטוריית נגיעות (חלקות מאולחות) נמצאה חומרת נגיעות גבוהה יותר. להבדיל משני הגורמים האחרים המצביעים על מקור אילוח פנימי והתפשטות פנימית, הגורם הזה מצביע על מקור אילוח חיצוני לחלקה.

טבלה 3: טבלה מסכמת למבחני χ^2 על בסיס הסקר האזורי. הטבלה מבטאת את הממוצע הכללי של נגיעות עלקת בחלקות הגידול לעומת ממוצע נגיעות עלקת של חלקות תחת הגורמים הנבחים. בנוסף, מצוינת ההסתברות הסטטיסטית להשפעת גורם נבחן על-פי מבחן χ^2 .

גורם	מס' חלקות	אחוז מכלל החלקות	ממוצע נגיעות בעלקת ¹	ממוצע נגיעות עלקת תחת הגורם הנבחן	הפרש בין הממוצעים	p-value
היסטורית נגיעות	52	32%	1.47	2.17	0.70	$3.8e^{-07}$ *
עג"ת במ"ג ²	66	41%	1.47	2.06	0.59	$2.2e^{-06}$ *
פונדקאים אחרים ³ במ"ג	105	64%	1.47	1.65	0.18	0.2
חלקה שכנה עם היסטוריית נגיעות	61	37%	1.47	1.84	0.36	0.02 *

¹ממוצע של כלל החלקות בסקר האזורי (163), ²מחזור גידולים, ³חמניות, חימצה, סוככיים, *הבדל מובהק מההתפלגות הצפויה ($p < 0.05$).

- א. סוגי דגמי פיזור מרחביים של נגיעות עלקת בחלקה - נמצאו 5 דגמי פיזור מרחביים עיקריים (איור בדו"ח שנה 19): 1. מקבצים מאורכים כיווניים (בצמוד לגבולות החלקה) (40%); 2. מקבצים מוקדיים (19%); 3. מקבצים מאורכים לאורך שורות הגידול (16%); 4. פיזור אקראי (14%); 5. פיזור אחיד (12%). בנוסף נמצא דגם פיזור מרחבי אשר הינו פועל יוצא של איחוד חלקות בעלות היסטורית נגיעות ומחזור גידולים שונה (התקבל דגם פיזור בו חומרת הנגיעות מתחלקת במובהק על-סמך הגבולות הגיאוגרפיים של חלקות הגידול בעבר).
- ג. גורמים לדגמי הפיזור השונים - מתוך כלל הקשרים שנבחנו בין דגמי הפיזור ובין גורמים אפשריים התקבלו שתי תובנות עיקריות:

1. חלקה מאולחת עלולה להוות מקור אילוח ראשוני לחלקות בשכנותה וגורמת למקבצי נגיעות מאורכים כיווניים בחלקות הסמוכות בצמוד לגבולותיה: הדומיננטיות של המקבצים המאורכים בצמוד לגבולות החלקה ומתוך אחת השיחות עם חקלאים הביאה לבחינת ההשערה כי חלקה מאולחת עלולה להיות גורם אילוח ראשוני לחלקות בשכנותה. כאשר נלקחות כלל החלקות (43) נמצא קשר ליניארי שלילי מובהק בין חומרת נגיעות בנקודות הדיגום למרחק מחלקה סמוכה מאולחת (בעלת היסטוריית נגיעות). כלומר, ככל שנקודות הדיגום קרובות יותר לחלקה סמוכה מאולחת רמת האילוח בהן גבוהה יותר (איור 6, $R^2=0.53$), $p < 0.05$). במידה ובודקים את הקשר למרחק מחלקה מאולחת שכנה בחלקות ללא היסטוריית נגיעות מתקבל

קשר שלילי חזק ($R^2=0.91$, $p<0.05$) ואילו בחלקות בעלות נגיעות גבוהה לא נמצאה מגמה. מכאן, ניתן להסיק כי כאשר אין מקור פנימי לאילוח בחלקה, נגיעות בחלקה השכנה הינה מקור משמעותי לאילוח.

2. דגם הפיזור המוקדי מאפיין מוקד אילוח ראשוני בחלקה: דגם פיזור מוקדי נמצא רק בחלקות בעלות נגיעות כללית נמוכה (נתונים לא מוצגים). ניתן לשער כי דגם הפיזור המוקדי מאפיין מוקד אילוח ראשוני בחלקה. עבור חלק מהחלקות בעלות דגם הפיזור המוקדי נמצא קשר בין מיקום מקבץ עלקת למיקום אמבטיות האיסוף מעונות גידול קודמות. עבור 2 מקרים (אחד ממאגר המידע של קנה מידה של החלקה ואחד ממאגר המידע של הסקר האזורי) נמצא קשר בין מיקום מקבץ עלקת למיקום שטיפת הקומביין. בכל אופן, אין די נתונים לבסס קשר סטטיסטי בין האירועים.

ד. תוצאות ניסויי שדה לבחינת השפעת חלקה מאולחת בעלקת על חלקות סמוכות (איור 7) - ב-2 הניסויים נתפסו זרעים בודדים במלכודות הניסוי במרחקים 50 ו-90 מטר מהחלקה המאולחת. בנוסף, נמצאו זרעים רבים יותר במלכודות שהוצבו 20 מטר בחלקה המאולחת אם כי אף במרחק זה, מדובר בזרעים בודדים למלכודות. בניסוי בחוות גד"ש נתפסו עיקר הזרעים בצדה המזרחי של החלקה המאולחת. עובדה התואמת את משטר הרוחות בחלקה ביום הקטיפה. בחלקה מערבית לחלקה המאולחת גודל תירס אשר חסם את הגעת הרוח למלכודות. לפיכך במלכודות הממוקמות מערבית לחלקה המאולחת לא נמצאו זרעי עלקת. תוצאות אלו מחזקות את הקשר שנמצא ותואר בסעיף הקודם ותומכות בהשערה שמתקיים מעבר של זרעי עלקת בזמן הקטיפה.

ה. בחינת צפיפות מינימאלית של נקודות דיגום המאפשרת הבנה נכונה של דגם פיזור מרחבי של עלקת בחלקה - נמצא כי טווח המרחק הממוצע בו מתקיימת אוטוקורלציה (range) הינו 160 מטר. לפיכך נבחרו נקודות דיגמה במרחקים של 80 מטר (חצי מהטווח) ב-6 חלקות, 3 עם דגם כיווני ו-3 עם דגם מוקדי. ניתוח חזותי מראה כי עבור חלקות בעלות דגם כיווני גם באמצעות דיגמות בצפיפות נמוכה (במרחקים של 80 מטר) מתקבל דגם דומה (איור 8) אך בחלקות בעלות דגם מוקדי המקבץ עשוי להיעלם וחומרות הנגיעות בין שתי המפות אינן תואמות (איור 9). משמעות דיגמה אחת במשבצת דיגמה של 80*80 מ' הינה דיגמה אחת לכ-6 דונם.

ו. בניית "עץ קבלת החלטות" עבור הצורך בבדיקת קרקע לבחינת פוטנציאל אילוח עלקת בחלקה - הנחות העבודה עבור בניית עץ קבלת ההחלטות הינן - I. חלקה שהינה "קופסא שחורה" (ללא מידע על פרטי החלקה ועל החלקות הסובבות אותה) תידגם על-סמך צפיפות דיגמות הקרקע המומלצת ע"י המודל לזיהוי דגם פיזור מרחבי של עלקת בחלקה (דיגמה אחת ל-4 דונם); II. בחלקה בעלת סבירות גבוהה לחומרת נגיעות בינונית ומעלה (על-סמך היסטוריית החלקה) אין צורך בדיגמות קרקע. ממשק ההדברה המומלץ בחלקה תואם את הממשק המומלץ ב"פקעית" לחלקה בעלת פוטנציאל אילוח בינוני ומעלה; III. בחלקה ללא סבירות גבוהה לחומרת נגיעות בינונית ומעלה אך בעלת מידע אודות חלקות סמוכות מאולחות, תתאפשר התמקדות בגבולות החלקה ה"חשודים". בכך תתאפשר ירידה במספר דיגמות הקרקע הנדרשות להערכת דגם פיזור מרחבי של עלקת בחלקה. הגרסה העדכנית של עץ ההחלטות מתוארת בתזה של איתי (תתפרסם בקרוב באתר של וולקני). העבודה אודות צפיפות דיגמות מינימאלית לקבלת דגם פיזור מרחבי אמין של נגיעות עלקת וכן בניית על "עץ קבלת החלטות" עודן בהתהוות ויש מקום רב לשיפור.

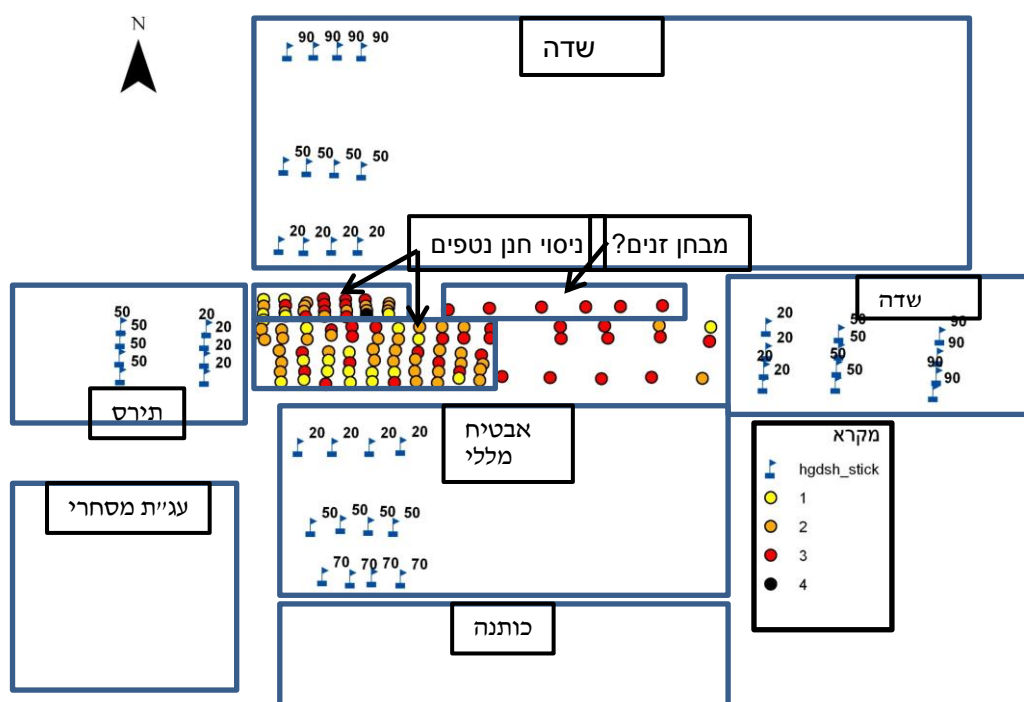
מסקנות ולקחים

- גישת המחקר המשלבת בין דיגום צפוף ברמת החלקה הבודדת ובין מידע המתקבל מהמגדלים ברמה האזורית יעילה הן בהתחקות אחר הגורמים המשפיעים על הימצאות העלקת ורמת החומרה והן באפיון דגמי הפיזור והגורמים להם. הכנסת החלקות למאגרי מידע סייעה רבות למציאת הקשרים בין מאפייני חלקות לדגמי הפיזור השונים.
- לחלקה שכנה בעלת היסטורית נגיעות בעלקת ישנה השפעה ניכרת על דגם פיזור נגיעות עלקת בחלקה. השפעת חלקה שכנה מובהקת יותר כאשר אין לחלקה הנבחנת גורם אילוח עצמאי. בכל מהחלקות הממופות בעלות נגיעות בינונית ומעלה (ממוצע נגיעות מעל רמה 2) נמצאה נוכחות של גורם אילוח עצמאי בחלקה (היסטורית נגיעות בעלקת או גידול עג"ת במחזור הגידולים).
- ניתן לאפיין את דגם הפיזור המרחבי של נגיעות עלקת בחלקה באמצעות צפיפות דיגום נמוכה באופן ניכר מצפיפות הדגימות המקורית בחלקות הממופות בקנה מידה של החלקה (דגימה אחת ל-6 דונם לעומת 4 דגימות לדונם, בהתאמה).
- ניתן להציע מספר אופציות ("עץ קבלת החלטות") עבור הצורך בדגימות קרקע לניטור עלקת בחלקה ומספר הדגימות הנצרך לקבלת מידע מהימן אודות דגם פיזור נגיעות עלקת בחלקה או לחלופין, ממוצע נגיעות עלקת בחלקה.

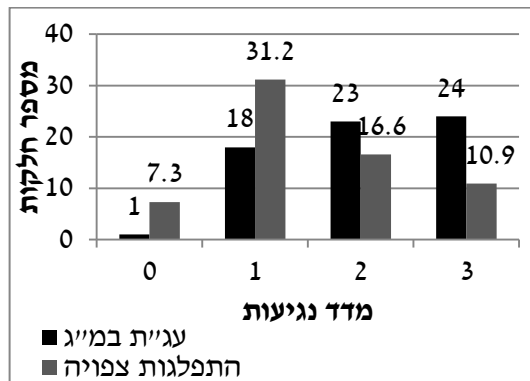
המשך מחקר

- עבודה משותפת עם צוותו של דר' עלי לתיקוף המודל המרחבי עבור דגימות קרקע לניטור פוטנציאל אילוח עלקת.
- בחינת האפשרות למימשק משתנה במרחב. למשל חיטוי קרקע יקר רק ב-50 מטר הראשונים של החלקה במידה והיא סמוכה לחלקה נגועה.

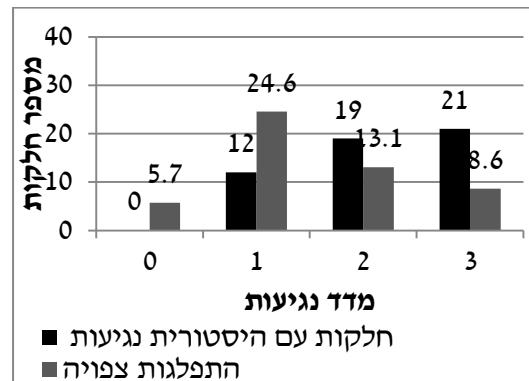
תרשים ניסוי בחוות גד"ש



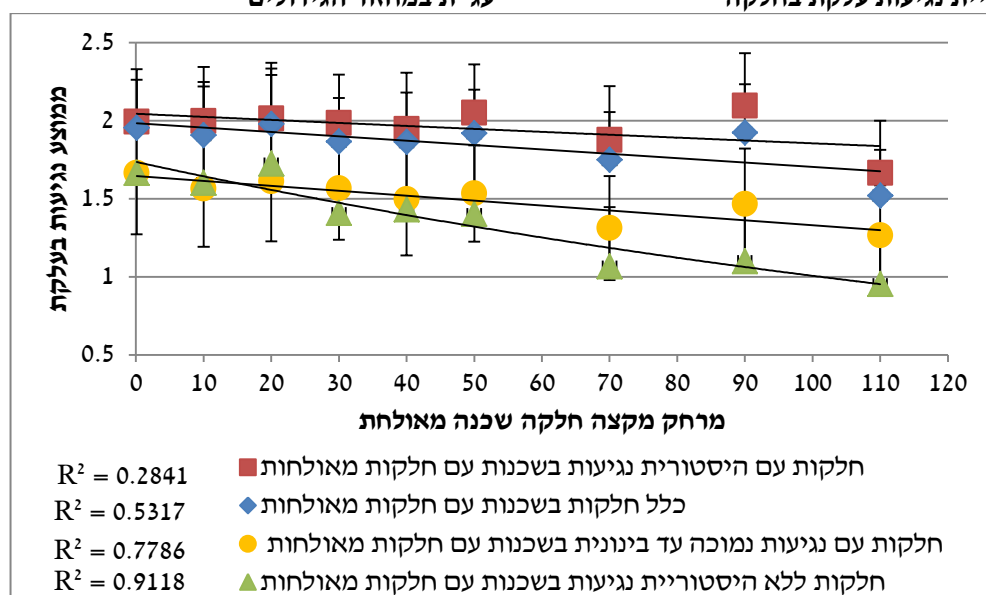
איור 3: תרשים ניסוי לבחינת השפעת חלקה נגועה בעלקת על חלקות שכנות – לכידת זרעי עלקת בחלקות שכנות לחלקה הנגועה בעת הקטיף (חוות גד"ש 2012).



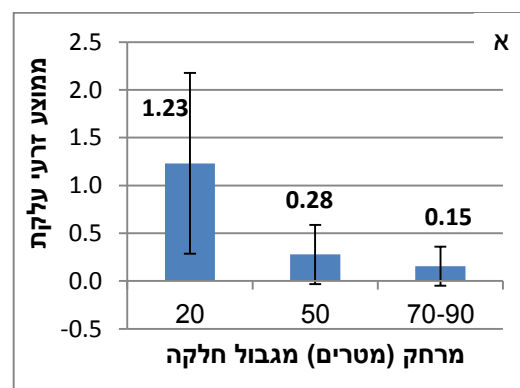
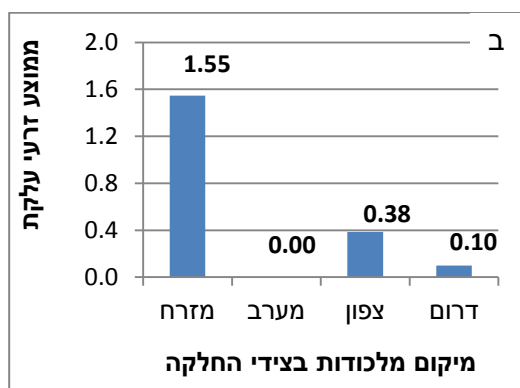
איור 5: התפלגות נגיעות עלקת תחת גורם גידול עג"ת במחזור הגידולים



איור 4: התפלגות נגיעות עלקת תחת גורם היסטוריית נגיעות עלקת בחלקה

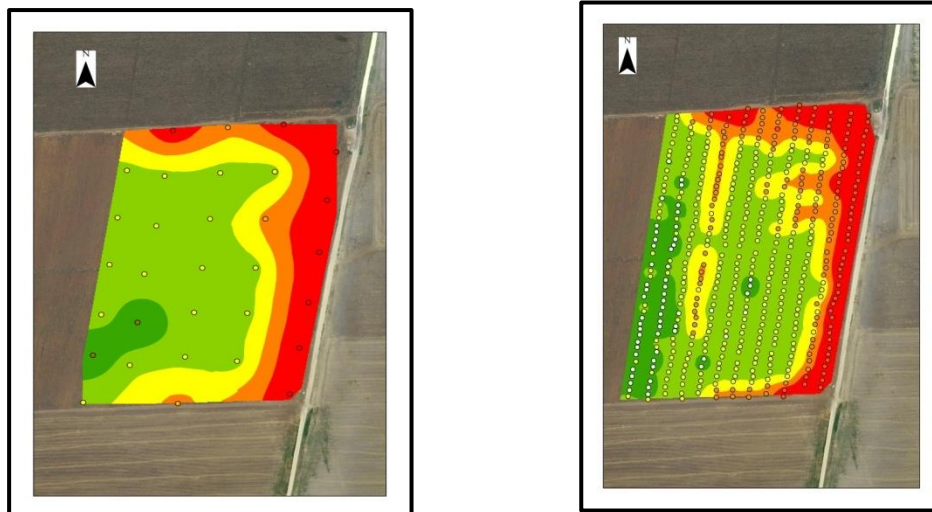


איור 6: ממוצע חומרת נגיעות בעלקת בחלקה כתלות במרחק מגבול חלקה שכנה מאולחת



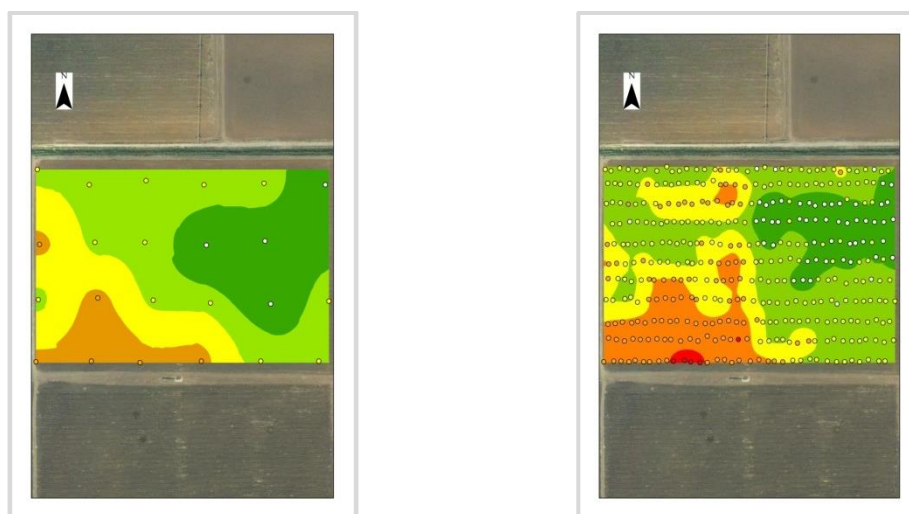
איור 7: התפלגות המצאות זרעי עלקת במלכודות דבק: א- כתלות במרחק מדבקה מגבול החלקה הנגועה בעלקת; ב- כתלות בכיוון מיקום המדבקות מגבול החלקה הנגועה בעלקת (חוות גז"ש 2012).

חלקת קישון 1 - קיבוץ יפעת



איור 8: מיפוי רמת העלקת בחלקה בעלת דגם פיזור כיווני. מימין על-בסיס צפיפות דגימות מקורית (דגימה ל-240 מ"ר; 502 דגימות); משמאל - צפיפות דגימות נמוכה (דגימה ל-4 דונם; 31 דגימות. ניתן לראות כי דגם הפיזור נשמר.

חלקה 20 בחוות גד"ש



איור 9: מיפוי רמת העלקת בחלקה בעלת דגם פיזור מקובץ. מימין על-בסיס צפיפות דגימות מקורית (דגימה ל-240 מ"ר; 385 דגימות); משמאל - צפיפות דגימות נמוכה (דגימה ל-4 דונם; 23 דגימות). ניתן לראות כי דגם הפיזור נשמר אך חומרות הנגיעות בשתי המפות אינן תואמות במידה מספקת.

נושא 2. חיטוי קרקע

פיתוח אמצעים להפחתת בנק הזרעים של העלקת בקרקע ומניעת התבססות המחודשת בגידולים העוקבים. אברהם גמליאל, עומר זהבי, גלי ששון, יוחאי איזק, הנדסה חקלאית.

מטרות המחקר

א) פיתוח אמצעים להפחתת בנק הזרעים של העלקת בקרקע ומניעת התבססות המחודשת בגידולים העוקבים. ב) הפחתת בנק הזרעים של עלקת בקרקע באמצעות שימוש באמצעי חיטוי שונים (תכשירים ואמצעים אחרים) בנפרד ובמשולב. ישום יעיל של אמצעי החיטוי בשדה להשגת תוצאות מיטביות. ג) יישום אמצעים לדיכוי התבססות

מחודשת של זרעי עלקת בגידול העוקב לחיטוי. ד) פיתוח אמצעים לא כימיים המשלבים שאריות חומר צמחי וחיטוי סולארי להפחתת בנק הזרעים של עלקת בקרקע במשטר גידול אורגני.

תמצית תוצאות מסכמות לשלוש שנות המחקר

1. בחינה יעילות התכשירים בחלקות שדה קטנות.

התכשירים מתאם סודיום, טילון, DMDS, מתיל יודיד וכלורופיקרין נבחנו בשלב הראשון במעבדה ובמערכות כלים מבוקרות. על סמך פעילותם בתנאי מבוקרים הם נבחנו בקרקע חולית בחוות הניסויים של הפקולטה לחקלאות ברחובות. הקרקע תוחחה והושקתה לקיבול שדה לפני תחילת הניסוי. סומנו חלקות בשטח 3X4 מטר ובשוליהן נחפרו תעלות בעומק 40 ס"מ לצורך הטמנת שולי יריעות הפלסטיק ששימשו לחיפוי החלקות. יישום התכשיר בוצע בשני אופנים: יישום באמצעות השקיה בטפטוף. מתיל ברומיד כתכשיר ייחוס בוצע ביישום בגז חס. זרעי עלקת הוטמנו בקרקע לפני ביצוע החיטוי, ונשלפו בתום החיטוי להערכת חיוניות. מרבית התכשירים שנבדקו נמצאו יעילים בקטילת זרעי עלקת עד לעומק 40 ס"מ. התכשיר פורמלין אינו יעיל בקטילת הזרעים במינון המקובל. לעומת זאת בשילוב תכשירים הוא נמצא יעיל. על בסיס ממצאים אלה בחנו בניסויי המשך שילובים של התכשירים והפחתת מינונים. הממצאים מכל הניסויים מצביעים בבירור כי תכשירי החיטוי למעט פורמלין יעילים ביותר בקטילת זרעי עלקת, גם כאשר הם מיושמים ללא שילוב בתכשירים אחרים. ברור על כן, כי שילוב תכשירים במינון מלא מקנה תוצאה דומה. שילוב תכשירים במינונים מוקטנים מקנה גם הוא קטילה יעילה של התכשירים. לממצאים אלה חשיבות שכן הם יכולים לאפשר מרווח רחב יותר של ביטחון ביעילות החיטויים.

טבלה 4. קטילת זרעי עלקת באמצעות יישום התכשירים מתאם סודיום, פורמלין ושילוב ביניהם בחלקות שדה קטנות

תכשיר נבדק ומינון (סמ"ק למ"ר)	שעור נביטה (%)	
	עומק 20 ס"מ	עומק 40 ס"מ
היקש	67	84.71
פורדור 250	0	25.5
מתאם סודיום 60	0	0
מתאם סודיום 30	0.11	0.11
מתאם סודיום 60 פורדור 250	0	0
מתאם סודיום 30 פורדור 150	0	0

טבלה 5. קטילת זרעי עלקת באמצעות יישום דימתיל דיסולפיד – DMDS - פורמלין, ושילוב ביניהם בחלקות שדה קטנות

תכשיר נבדק ומינון (סמ"ק למ"ר)	שעור נביטה (%)	
	עומק 20 ס"מ	עומק 40 ס"מ
היקש	67	84.71
DMDS 60	0	0
DMDS 40	0	0
כלורופיקרין 40	0	0
כלורופיקרין 20	0	0
DMDS 40 כלורופיקרין 20	0	0

טבלה 6. קטילת זרעי עלקת באמצעות יישום תכשירים לחיטוי קרקע בנפרד ובמשולב, בחלקות שדה קטנות.

תכשיר נבדק ומינון (סמ"ק למ"ר)	שעור נביטה (%)	
	עומק 20 ס"מ	עומק 40 ס"מ
היקש	77.6	76.7
60 DMDS	0	0
40 DMDS	0	0
כלורופיקרין 40	0	0
כלורופיקרין 20	0	0
פורדור 250	7.6	21.7
40 DMDS פורדור 150	0	0
כלורופיקרין 20 פורדור 150	0	0
מתיל ברומיד 25	0	0

שילוב תכשירי חיטוי בחיטוי סולרי בחלקות שדה קטנות.

בניסוי שדה נוסף בחנו את יעילותם של התכשירים בשילוב עם חיטוי סולרי. הניסוי בוצע במתכונת דומה בחלקות שדה. הממצאים מצביעים כי חיטוי סולרי לבד היה יעיל חלקית בקטילת זרעי העלקת (תוצאות לא מוצגות). שילוב התכשירים בחיטוי סולרי היה בהחלט יעיל. גם במקרה זה ניתן להסיק כי שילוב חיטוי סולרי יקנה מרווח ביטחון גדול יותר להדברת עלקת בשדה.

3. הדברת עלקת באמצעות חיטוי קרקע בחלקות שדה וגידולים מייצגים

פעילות של תכשירי החיטוי שצוינו ובנוסף שילוב של תכשירי חיטוי בקרקע נבחנה בתחנת הניסויים עדן בעמק המעינות (מו"פ בית שאן). חלקות השדה בתחנה מאולחות בעלקת. נבחרו חלקות שידוע כי בעבר גודלו גידולים רגילים ונרשם אילוח משמעותי בעלקת. בוצעו מספר ניסויים: (א) הדברת עלקת בגידול גזר בשדה הפתוח. (ב) הדברת עלקת במנהרות עבירות בגידול עגבניות בהדליה (שני ניסויים). (ג) הדברת עלקת בעגבניות לתעשייה שדה פתוח. (ד) השפעת חיטוי קרקע על הדברת עלקת בגידול רצוף במשך שנתיים.

הקרקע בכל הניסויים תוחחה והושקתה לקיבול שדה לפני תחילת הניסוי. בניסויים בחממות סומנו חלקות באורך 10 מטר וברוחב ערוגה אחת (שני מטר). בניסויים בשדה הפתוח סומנו חלקות באורך 15 מטר וברוחב שלוש ערוגות (6 מטר). בשולי החלקות נחפרו תעלות בעומק 20 ס"מ לצורך הטמנת שולי יריעות הפלסטיק ששימשו לחיפוי החלקות. בכל החלקות נפרשה רשת צינורות טפטוף (שלוש שלוחות לערוגה, מרווח בין שלוחות 30 ס"מ, מרווח בין טפטפות לאורך השלוחה 30 ס"מ) יישום התכשיר בוצע בשני אופנים: יישום באמצעות השקיה בטפטוף. מתיל יודיד בוצע גם ביישום בגז חס. חודש לאחר החיטוי נשתלו (נזרעו) הגידולים הרלוונטיים. הגידול בכל חלקה. החיטויים בוצעו בחודש אוקטובר 2011. עגבניות נשתלו בסוף חודש נובמבר 2011. במהלך הגידול בוצע מעקב אחר הצצת גבעולי פריחה של עלקת. יבול העגבניות הבשלות נאסף בקטיפ בררני, מוין ונשקל.

א. הדברת עלקת במנהרות עבירות בגידול עגבניות בהדליה. בוצעו שני ניסויים שבהם נבחנו שתי קבוצות תכשירים. בניסוי הראשון נבחנו הטיפולים הבאים: היקש, מתיל יודיד במינון 11 גר' למ"ר ביישום בגז חס, מתיל יודיד במינון 11 גר' למ"ר ביישום בטפטוף, כלורופיקרין במינון 40 גר' למ"ר, יישום בטפטוף.

בניסוי השני נבחנו הטיפולים הבאים: היקש, פלדין 60, מתאם סודיום 60 פורמלין 250, מתאם סודיום 40 פורמלין

ניסוי 1.

בחלקות המחוטאות לא היתה נגיעות בעלקת למעט מספר גבעולי פריחה בודדים בשולי החלקות. בתום העונה היו הצמחים בחלקות ההיקש פגועים באופן קשה עד כדי התנוונות. יבול העגבניות בחלקות ההיקש היה קטן ביותר. לעומת זאת נרשם יבול גדול בחלקות המחוטאות, ללא הבדל מובהק בין טיפולי החיטוי (טבלה 7).

טבלה 7. השפעת חיטוי קרקע על הדברת עלקת ויבול עגבניות בגידול במנהרות עבירות.

תכשיר נבדק ומינון (סמ"ק למ"ר)	מקבצי עלקת למ"ר	יבול (ק"ג למ"ר)
היקש	a 6.8	0.47 b
כלורופיקרירין 40	b 0.3	a 1.13
מתיל יודיד גז חם	b 0.6	531.a
מתיל יודיד טפטוף	b 1.08	451.a

ניסוי 2.

החל מתחילת פברואר נצפו גבעולי עלקת בחלקות ההיקש. בחלקות המחוטאות בשילוב התכשירים מתאם סודיום ופורמלין לא היתה נגיעות בעלקת למעט מספר גבעולי פריחה בודדים בשולי החלקות. גם בחלקות שחוטאו בתכשיר זה במינון מופחת נרשם מספר גבעולים קטן של עלקת. החיטוי בפלדין היה יעיל בשלבים הראשונים של הגידול.

טבלה 8. השפעת חיטוי קרקע על הדברת עלקת ויבול עגבניות בגידול במנהרות עבירות.

תכשיר נבדק ומינון (סמ"ק למ"ר)	מקבצי עלקת למ"ר	יבול (ק"ג למ"ר)
היקש	a 6.3	b 0.73
פלדין 60	b 3.3	ab1.21
מתאם סודיום 60 פורמלין 250	c 0.3	a 1.80
מתאם סודיום 40 פורמלין 150	c 1.08	a 1.74

חודשיים לאחר הגידול נצפתה עליה משמעותית במספר העלקות בחלקות שחוטאו בפלדין, ככל הנראה מזרעים בעומק רב יותר. בתום העונה היו הצמחים בחלקות ההיקש פגועים באופן קשה עד כדי התנוונות. יבול העגבניות בחלקות ההיקש היה קטן ביותר. לעומת זאת נרשם יבול גדול בחלקות המחוטאות. יבול העגבניות בחלקות שחוטאו בפלדין היה נמוך מעט מזה שבחלקות שחוטאו בשילוב התכשירים מתאם סודיום ופורמלין. (טבלה 8).

ב. הדברת עלקת בעגבניות לתעשייה שדה פתוח.

החיטויים בוצעו בחודש דצמבר 2011. עגבניות נשתלו בסוף חודש פברואר 2012. במהלך הגידול בוצע מעקב אחר הצצת גבעולי פריחה של עלקת. יבול העגבניות הבשלות נאסף בקטיף אחד בחודש יוני, מוין ונשקל. חלק מחלקות ההיקש התמוטט כתוצאה מנגיעות רבה בעלקת. בחלקות המחוטאות נרשם מספר מועט של גבעולי פריחה של עלקת. החיטוי בפלדין היה יעיל בשלבים הראשונים של גידול הצמחים. חודשיים לאחר הגידול נצפתה עליה משמעותית במספר העלקות בחלקות שחוטאו בפלדין, ככל הנראה מזרעים בעומק רב יותר. יבול העגבניות בחלקות ההיקש היה

קטן ביותר. לעומת זאת נרשם יכול גדול בחלקות המחוטאות. יכול העגבניות בחלקות שחוטאו ללא הבדל מובהק בין טיפולי החיטוי (טבלה 9).

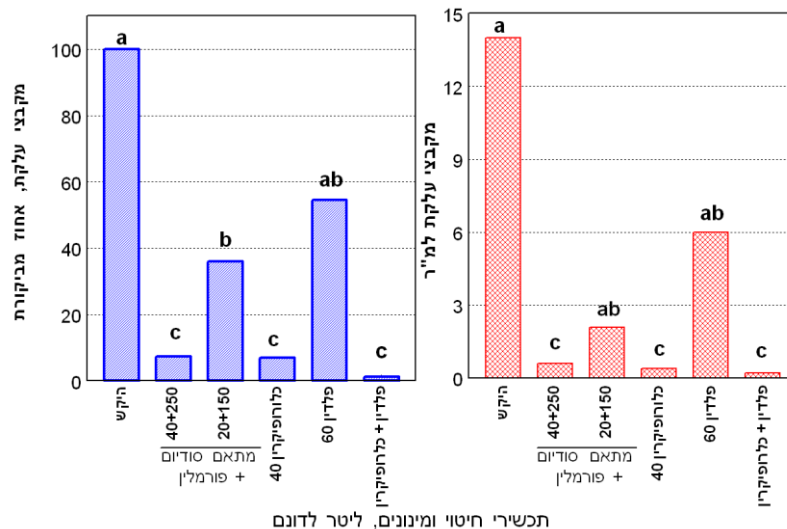
טבלה 9. השפעת חיטוי קרקע על הדברת עלקת ויבול עגבניות לתעשייה בשדה פתוח.

תכשיר נבדק ומינון (סמ"ק למ"ר)	מקבצי עלקת למ"ר	יבול (ק"ג למ"ר)
היקש	a 8.70	b 4.7
כלורופיקרין 40	b 2.41	a 6.4
פלדין 60	b 4.45	a 7.0
מתיל יודיד גז חם	b 1.49	a 7.4
מתיל יודיד טפטוף	b 2.45	a 7.3
מתאם סודיום 60 פורמלין 250	b 2.30	a 7.4

בשנת המחקר השלישית התמקדנו בטיפולים על בסיס הממצאים שהתקבלו בשניים הקודמות. כך לדוגמא, הופסקו הניסויים במתיל יודיד בעקבות הודעת החברה על הוצאת החומר מהמשך התהליך לרישוי. הניסויי בוצע בתחנת הניסויים עדן בעמק המעינות (מו"פ בית שאן). נבחרה חלקה מאולחת בעלקת. נבחרו חלקות שידוע כי בעבר גודלו גידולים רגישים ונרשם אילוח משמעותי בעלקת. הטיפולים שנבחנו היו: 1. היקש – ללא כל חיטוי. 2. מתאם סודיום במינון 40 ליטר לדונם בשילוב פורמלין במינון 250 ליטר לדונם (מינון מלא). 3. מתאם סודיום במינון 20 ליטר לדונם בשילוב פורמלין במינון 150 ליטר לדונם (מינון מופחת). 4. פלדין במינון 60 ליטר לדונם. 5. כלורופיקרין במינון 40 ליטר לדונם. 6. פלדין במינון 60 ליטר לדונם בשילוב כלורופיקרין במינון 40 ליטר לדונם. ניתן לראות בבירור כי מתאם סודיום משולב בפורמלין במינון המלא (ואשר נמצא בתווית הרישוי של החברות) היה יעיל בהדברת העלקת ללא קשר לנגיעות בחלקה בתחילת הגידול. באופן דומה היו יעילים גם התכשירים כלורופיקרין והשילוב של כלורופיקרין ופלדין (איור 10). לעומתם, חיטוי קרקע בפלדין בלבד, לא היה יעיל בהדברת עלקת בחלקות שבהן היה שיבוש רב. גם החיטוי במתאם סודיום משולב בפורמלין במינון מופחת היה יעיל בצורה חלקית בלבד. תוצאות ההדברה התבטאו גם ביבול העגבניות. בחלקות שהם היה החיטוי יעיל נתקבל יכול רב של עגבניות. לעומת זאת, בחלקות שגודלו על גבי חיטויים שנתנו מענה חלקי בלבד, התקבל יכול נמוך יותר באופן מובהק.

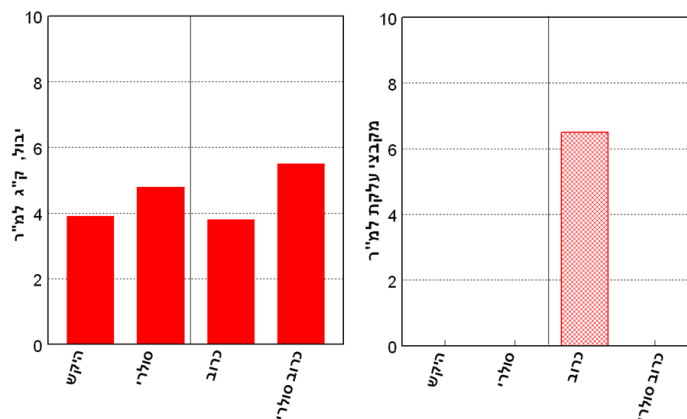
2.2 שילוב תוספים אורגניים בחיטוי סולרי בחלקות שדה

הוצב בקיץ 2012 ניסוי בחלקה בחוות הניסויים עדן על רקע של גידול כרוב אשר היה משובש בעלקת. נבחרה חלקה שחציה על גבי גידול כרוב אשר הושאר לגידול עד לסופו. בחציה השני של החלקה (בצמוד) גודלה שעועית. נבחנו הטיפולים הבאים: 1. היקש על רקע של שעועית כגידול קודם (ללא רקע של עלקת בגידול זה). 2. חיטוי סולרי על רקע של שעועית כגידול קודם (ללא רקע של עלקת בגידול זה). 3. הצנעת שיירי כרוב מהגידול קודם (על רקע של שיבוש רב בעלקת). 4. הצנעת שיירי כרוב מהגידול קודם (על רקע של שיבוש רב בעלקת) וחיטוי סולרי. עגבניות נשתלו בחלקה בחודש ספטמבר 2012. במהלך הגידול, נתקפו הצמחים בוירוס צהבון האמיר ועל ככן התפתחותם היתה לא תקינה. עם זאת החלקה גודלה עד ניבה ובמהלך הגידול בוצע מעקב אחר הצצת גבעולי פריחה של עלקת. יכול העגבניות הבשלות נאסף בקטיפ אחד בחודש פברואר, מוין ונשקל.



איור 10. השפעת חיטוי קרקע על הדברת עלקת בעגבניות לתעשייה (חוות עדן 2013).

בחלקות על רקע של כרוב נח וגידול שעועית לא היה כלל שיבוש בעלקת ועל לא ניתן לבחון את יעילותו של החיטוי הסולרי לבדו על הדברת העלקת. בחלקה על רקע של גידול כרוב בשנה שקדמה לניסוי, היה שיבוש רב בעלקת. ניתן לראות כי הצנעת כרוב לבד לא הייתה יעילה בהפחתת נזקי העלקת (איור 11). לעומת זאת השילוב של חיטוי סולרי וכרוב נתנו הדברה מלאה של העלקת. בניסוי זה לא ניתן להפריד בין השפעת החיטוי הסולרי לבדו, שכן טיפול זה היה בחלקה ללא עלקת. יחד עם זאת, ניתן לקבוע ללא ספק כי השילוב של חיטוי סולרי והצנעת כרוב הוא אמצעי יעיל ביותר להדברת עלקת. טיפול כזה יהיה ישים בחלקות אורגניות. בניסויים נוספים בחלקות קטנות ובמעבדה ראינו כי הצנעת חומר אורגני ממקורות נוספים נותן מענה בהדברת עלקת.



איור 11: קטילת זרעי עלקת בהשפעת תוספים אורגנים ושילוב חיטוי סולרי, בחלקות שדה קטנות בקרקע חולית. הניסוי בוצע בחודש אוגוסט.

סיכום

- קיימים תכשירים לחיטוי קרקע אשר נותנים מענה בהדברת עלקת בגידול עגבניות בשדה הפתוח ובבתי צמיחה.
- שילוב תכשירים כגון מתאם סודיום ופורמלין הינו פתרון מידי שכן לתכשיר רישוי לחיטוי קרקע בגידולים אלה.

- שימוש בתכשירים יעילים יכול לתת מענה להפחתת שיבוש בעלוקת מעבר לעונת גידול אחת. אפשרות נבדקה אמנם בתכשיר שהשימוש בו הופסק (מתיל יודיד), אך העקרון של חיטוי יעיל ושמירה על נקיון החלקה מפני אילוח מאוחר יכול לשמש גם בחיטוי קרקע באמצעים אחרים.
- שילוב של תכשירים כימיים כגון פלדין (שיעילותו חלקית) וכלורופיקרין היה גם הוא יעיל ביותר בהדברת עלקת. עם זאת התכשיר כלורופיקרין אינו מורשה עדיין בשימוש מסחרי ועל כן לא ניתן ליישם באופן מסחרי את הממצאים לגבי שילוב תכשירים אלה.
- שילוב תכשירים כימיים וחיטוי סולרי היה יעיל ביותר בהדברת עלקת. שילוב זה מחייב תזמון של החיטוי כדי להפיק את המרב בהדברת עלקת.
- הצנעת חומר אורגני משיירי צמחים כגון כרוב, טרגון וברוקולי ושילוב בחיטוי סולרי, הם אמצעי יעיל בהדברת עלקת ויכול לשמש אמצעי מעשי בחקלאות אורגנית. חיטוי סולרי לבדו יכול בהחלט יכול להיות יעיל, אולם השילוב מקנה ביטוח רב יותר ליעילות ההדברה.

סניטציה וחיטוי וגונדולות. אברהם גמליאל, עומר זהבי, גלי ששון, יוחאי איזק, הנדסה חקלאית.

הפצת זרעי עלקת בין חלקות מתבצעת באמצעים רבים וביניהם באמצעות מכלי אסיף וגונדולות המשמשות להובלת התוצרת. מכלים אלה עוברים משדה משובש בעלוקת למפעל עוברים משדה לשדה ללא בקרה ומהווים מקור לאילוח שדות חדשים בעלוקת. ניתוק שרשת ההעברה של זרעים באמצעות מכלי האסיף אפשרי באמצעות מתקן לחיטוי אשר יוצב במפעלים המעבדים את התוצרת.

מטרת העבודה: פיתוח אמצעים לשמירה על פיטוסניטציה ומניעת הפצת זרעי עלקת באמצעות מכלי האסיף (גונדולות). במפעל עגבניות לתעשייה.

ביצוע המחקר הועבר לאחריות המעבדה ליישום שיטות הדברה רק בשנת המחקר השנייה ועל כן הדיווח מתייחס לשתי שנות מחקר.

תוצאות לשנת המחקר השנייה

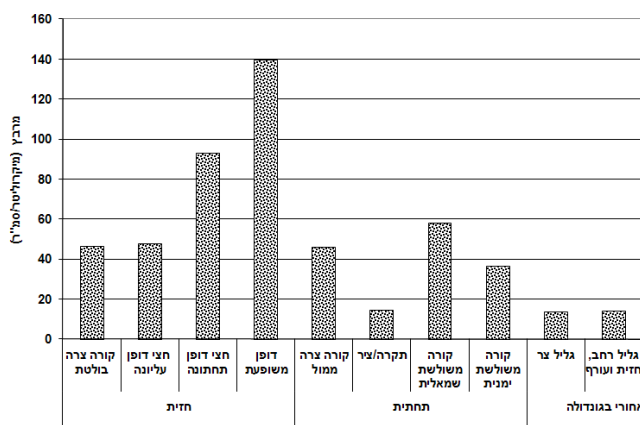
בשלב הראשון של המחקר נבנתה מערכת שניתן לבחון בה את המשתנים השונים של שטיפה, ניקוי וחיטוי מכלי איסוף עגבניות (גונדולות) באמצעות ריסוס תכשיר הדברה מתאים. גונדולה מסחרית נתרמה על ידי מפעלי "תבור שאן חרוד" (תש"ח) והוסבה לצרכי הניסוי. הגונדולה הונחה על גבי ארבע כלונסאות מתכת לגובה 100 ס"מ (איור 12). גובה זה דומה לגובה הגונדולה כאשר היא מונחת על גבי משאית השינוע וכן מאפשר הגעה של תרסיס לחלקים התחתונים של הגונדולה. כדי לבחון את מידת הכיסוי של חלקי הגונדולה השונים בתרסיסים כוסו מקטעים שונים של הגונדולה ברשתות פלסטיק שעליהם הוצבו דוגמים לבחינת יעילות כיסוי, או הוצמדו שקיות ובהם זרעי עלקת לבחינת יעילות הקטילה. דוגמים אלה הוצבו לפני הריסוס ונאספו לאחר גמר הריסוס לצורך בחינת יעילות הריסוס.

מערכת הריסוס כללה שני מוטות ריסוס שעליהן הותקנו פומיות מסוג AYHSS. מוט ריסוס אופקי יועד לכיסוי הדופן האנכי של הגונדולה, ומוט ריסוס נטוי בחלק התחתון של מתקן הריסוס נועד לכסות את חלקה התחתון של הגונדולה. מוטות הריסוס הותקנו על גבי מרסס מתנייע אשר שימש אך ורק לצורך הנעה והפעלת משאבת הריסוס.

1. בחינת יעילות כיסוי

על חלקי הגונדולה השונים הוצמדו קלפי נייר סינון. הריסוסים בוצעו באמצעות תמיסת ריסוס של צבע מעקב אדום 696CFC. המרסס נסע במהירות 2 קמ"ש וחצה את הגונדולה תוך כדי ריסוס תמיסת צבע המעקב. בגמר הריסוס, ולאחר גמר הנגירה והתייבשות הטיפות על המטרות, הם נלקחו לבדיקה כמותית של כמות הצבע. קביעת כמות הריסוס בוצעה באמצעות ספקטרופוטומטר ותורגמה לכמות תכשיר ליחידת שלח.

ניתן לראות כי הושג כיסוי בכל חלקי הגונדולה בכמויות מרבץ מספיקות. הכמות הגדולה בדופן המשופעת נובעת מנגירה של תרסיס מהדופן האנכית.



ימין - איור 12. מערכת ריסוס גונדולות. שמאל - איור 13 - כיסוי חלקי הגונדולה השונים בתמיסת תרסיס צבע מעקב.

בחינת יעילות תכשירים לקטילת זרעי עלקת

בשנה הראשונה בחנו את התכשיר ברומוספט. מאחר שלא התקבלה קטילה של זרעי עלקת באמצעות תכשיר ברומוספט, חיפשנו אחרי תכשירים אחרים שיכולים לשמש בחיטוי מכלי השינוע (גונדולות). בשלב זה נבחר תכשיר בקטרון תוצרת חברת "גן מור" בע"מ. התכשיר מבוסס על אמוניום רביעוני ונחושת ומשמש לחיטוי משטחים. בשלב ראשון בחנו את יעילותו בקטילת זרעי עלקת בצלחות מורעלות. לצורך כך הוכנסו זרעי עלקת לשקיות תה ונסגרו. השקיות נטבלו בתמיסת בקטרון בריכוזים עולים, למשך 5 דקות. לאחר מכן יובשו השקיות ונבחנה חיוניות הזרעים. בקטרון היה יעיל בקטילת זרעי עלקת בחשיפה למשך 5 דקות (טבלה 10). בריכוז מעבר ל-1% של התכשיר מתקבלת קטילה יעילה ביותר של התכשיר. לכן, המשכנו את בחינת יעילות התכשיר בקטילת זרעי עלקת על גבי הגונדולות.

טבלה 10. קטילת זרעי עלקת באמצעות טבילה בתכשיר בקטרון בריכוזים שונים.

מניון (סמ"ק למ"ר)	שעור נביטה (%)
0	80
0.5	69
0.75	17
1	1
2	0

בחינת יעילות הקטילה על גבי הגונדולות באזורים חשופים

על חלקי הגונדולה החשופים הוצמדו שקיות רשת שבהם זרעי עלקת. בחינה זו נעשתה כדי לאמת את ממצאי הניסויים במעבדה לריסוס על גבי משטח הגונדולה. הריסוסים בוצעו באמצעות תמיסת ריסוס של בקטרון בריכוז 1%. המרסס נסע במהירות 2 קמ"ש וחצה את הגונדולה תוך כדי ריסוס תמיסת התכשיר. בגמר הריסוס, ולאחר גמר הנגירה והתייבשות התרסיס על המטרות, השקיות נאספו ונבחנו חיוניות הזרעים. מצאנו כי גם בניסוי זה התקבלה קטילה יעילה של זרעי העלקת.

בניסוי נוסף מסכם הוצמדו שקיות רשת שבהם זרעי עלקת בכל האזורים בגונדולה (ראה איור). בחינה זו נעשתה כדי לאמת את ממצאי הניסויים עד כה ואת יעילות הכיסוי באזורים מוסתרים של הגונדולה. הריסוסים בוצעו באמצעות תמיסת ריסוס של בקטרון בריכוז 1%. המרסס נסע במהירות 2 קמ"ש וחצה את הגונדולה תוך כדי ריסוס תמיסת התכשיר. בגמר הריסוס, ולאחר גמר הנגירה והתייבשות התרסיס על המטרות, השקיות נאספו ונבחנו חיוניות הזרעים. מצאנו כי גם בניסוי זה התקבלה קטילה יעילה של זרעי העלקת במרבית האזורים.

סיכום

- פותחה מערכת ריסוס אשר מאפשרת כיסוי בכל חלקי הגונדולה בכמויות מרבץ מספיקות. ניתן היום להתקין מערכת ריסוס כזו במפעלי עיבוד העגבניות ולהעביר דרכם את הגונדולות לפני הוצאתם לשדה.
- תכשיר ברומוספט אינו יעיל דיו בקטילת זרעי עלקת על הגונדולות. על כן הופסק השימוש בתכשיר זה.
- התכשיר בקטרון נבדק ונמצא יעיל בקטילת זרעי עלקת בניסויי במעבדה וגם בריסוס על גבי הגונדולות.
- תוצאות המחקר מצביעות על זמינות טכנולוגיה לריסוס גונדולות וכן תכשיר יעיל אשר ישלים את הטכנולוגיה בקטילת זרעי עלקת למניעת הפצה של זרעים בין חלקות באמצעות הגונדולות.
- בשלב השני בוצע ריסוס באמצעות תמיסת תכשיר ברומוספט בריכוז 1%. לפני הריסוס נתלו שקיות תה ובהם זרעים של עלקת בחלקי הגונדולה השונים. לאחר גמר הריסוס והתייבשות התרסיסים נאספו השקיות ונבחן כושר הנביטה של הזרעים במעבדה.
- הממצאים מעידים כי לא הושגה קטילה. ייתכן כי התכשיר אינו יעיל דיו. על כן מבוצע כרגע במעבדה ניסוי לקביעות עקום קטילה של זרעי עלקת באמצעות התכשיר.

3.1 ייצור קומפוסט נקי מעלקת, והצעת תקינה לייצור קומפוסט במפעלים מורשים, טוביה יעקובי, יעקב גלדווסר, וברוך רובין, השירותים להגנת הצומח, משרד החקלאות, והפקולטה לחקלאות.

בשנת המחקר הראשונה בחנו את מערכת ייצור הקומפוסט בחברת "נגב אקולוגיה" - משמר הנגב. המתקן מצוי בנגב הצפוני מדרום מזרח לקיבוץ רוחמה ומייצר אלפי טונות של קומפוסט המיוצר רובו ככולו מזבל רפתות, עיקרן מהמגזר הקיבוצי.

במסגרת המחקר העמדנו 3 ניסויי שדה ממושכים אשר בוצעו בערימה תקנית מבחינת דרך הייצור, ובגודל מינימאלי הדרוש לשם ממשק הטיפול בה לאורך ציר הזמן עד מוכנותה לשיווק. ערימת הקומפוסט שהוכנה בכל אחד משלושת הניסויים סיפקה נתוני טמפרטורה זהים לאלה הקיימים במערכת הייצור המסחרי של "נגב אקולוגיה" הלכה למעשה.

במהלך שלושת הניסויים נבחנו שתי טכניקות מכאניות של ייצור והיפוך חומר הגלם בערימת קומפוסט: האחת באמצעות כף מתהפכת, והשנייה באמצעות עגלה מזבלת סגורה הבונה והופכת את חומר הגלם אחת לשבועיים.

בחינת הטמפרטורה ומידת קטילת זרעי עלקת מצרית בתהליך ייצור קומפוסט - "נגב אקולוגיה"

שני הניסויים הראשונים נערכו בחורף 2010-2011 שהוטמנו זרעי עלקת מצרית בערימת הקומפוסט בשלושה עומקים שונים: 50, 100 ו-150 ס"מ מפני הערימה. הזרעים הושמו בשקיות נייר מיוחדות שהונחו בתוך גרב ניילון בכל אחד מן העומקים שצוינו לעיל. בכל עומק הונח מכשיר מדידת טמפרטורה (Hobo). כל עומק נמדד ב-5 חזרות, והזרעים הוצאו אחת לשבועיים (במועד היפוך הקומפוסט) במשך חודשיים. הזרעים נלקחו למעבדה, עברו תהליך preconditioning לפני נביטה ואחוזי הנביטה נבדקו לאחר טיפול במעודד הנביטה הסינטטי GR24. אחוזי הקטילה של זרעי העלקת היו 100% בכל העומקים שנבדקו ובכל מועדי הוצאת השקיות מן הערימה בהשוואה לנביטה של 84% בהיקש.

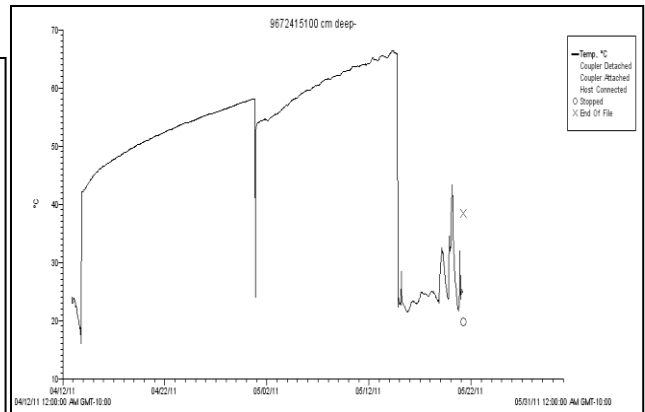
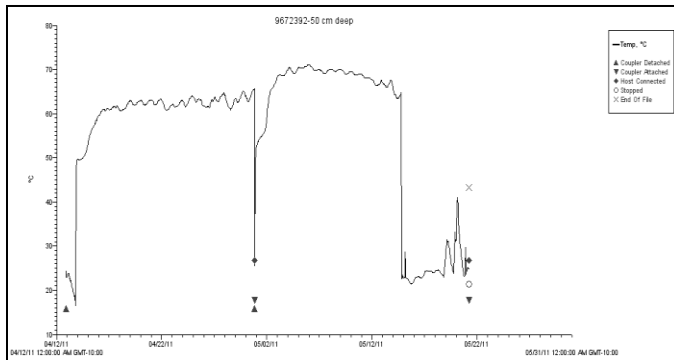
תוצאות אלה אומתו בניסוי שלישי שבוצע באביב (אפריל/מאי) 2011 ובו שינינו את יחידות המדגם, בכך שבמקום לאחד שקיות (5 חזרות) על מוט אחד, שהוחזר לתוככי הערימה לאחר כל הוצאה במועד הפיכת הערימה, הטמנו את השקיות קשורות למוטות במבוק יחידים כאשר כל מוט הוצא במועד המיועד והיווה למעשה חזרה אחת. (איור 14).



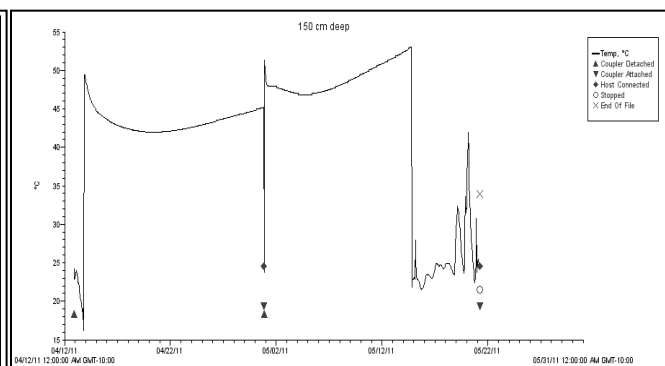
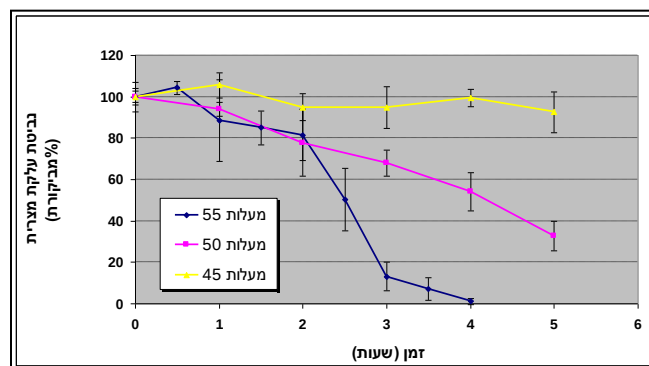
איור 14. ימין - שקיות עם זרעי עלקת המחבורות למוטות הבמבוק בערימת הקומפוסט בנגב אקולוגיה. שמאל - 5 שקיות עם זרעי עלקת לכל עומק נבדק המחבורות למוט ברזל בצמוד למכשיר בערימת הקומפוסט בנגב אקולוגיה.

סיכום תוצאות ניסויי השדה ב"נגב אקולוגיה":

נתוני הטמפרטורה בעומקים השונים מראים כי יש הבדלי טמפרטורה בעומקים השונים בערימת הקומפוסט על ציר הזמן (איורים 15,16), ורק היפוך מדויק של חומר הגלם אחת לשבועיים מסביר את אחוזי הקטילה המושלמים של זרעי העלקת, החל במועד הוצאתם הראשון, שבוע ממועד הטמנתם עד לסיום הניסוי כעבור חודש עד חודשיים. ממצאים אלה הוכיחו כי טמפרטורות בתחום העליון של $55-65^{\circ}\text{C}$ קוטלים בהצלחה זרעי עלקת מצרית, אך טווח הזמן המינימאלי הדרוש לשם כך נותר לא ברור.



איור 15. ימין- נתוני הטמפרטורה בעומק 50 ס"מ. שמאל- נתוני הטמפרטורה בעומק 100 ס"מ

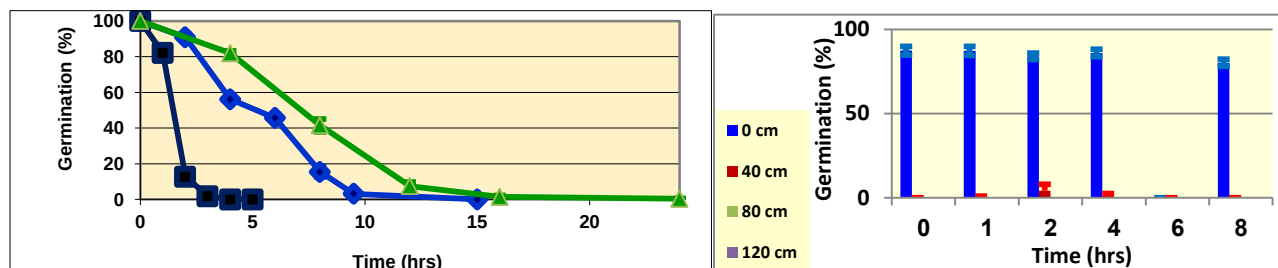


איור 16. ימין - נתוני הטמפרטורה בעומק 150 ס"מ. שמאל - השפעת משטרי טמפרטורה קבועה על נביטת עלקת. הניסוי נערך באינקובאטור בטמפרטורה קבועה של 45 או 50 או 55 מעלות צלסיוס. קווי השגיאה מבטאים את שגיאת תקן של הממוצעים. אחוז הנביטה בביקורת ב- 25 מעלות צלסיוס היה 84%.

לצורך בדיקת טווח הזמן הנדרש הלכה למעשה על מנת למנוע לחלוטין את כושר הנביטה של זרעי עלקת מצרית, העמדנו סדרת ניסויים בתאי גידול מבוקרים בהם בחנו את יעילות קטילת זרעי עלקת מצרית באינקובאטור בטמפרטורות שונות ולאורך זמן של 0-5 שעות. ואכן, מתברר שנביטת זרעי עלקת מצרית שעברו תהליך של preconditioning נמנעת בטמפרטורות גבוהות מ 55°C לאחר 4 שעות. זרעים ששהו בטמפרטורה של 50°C לא נקטלו כליל גם לאחר 5 שעות, ואלה ששהו ב 45°C שמרו על אחוז נביטה זהה לביקורת (איור 16 שמאל). זרעים שלא עברו preconditioning לא הושפעו כלל מתהליך החימום.

בשנת המחקר השנייה ביצענו את בדיקת הקומפוסט בקיבוץ שדה אליהו אשר בעמק בית שאן. בשני הניסויים שבוצעו במתקן המסחרי של שדה אליהו שינינו את אופן החדרת המכשור אל הערימה, והם הוכנסו אופקית מדופן הערימה אל תוכניה בשלושה עומקים בדומה לניסויים שבוצעו בשנת המחקר הראשונה. גם שיטת הכנת חומר המוצא שונה בצידוד המופעל שם בהשוואה ל"נגב אקולוגיה". הקומפוסט המיוצר במפעל שדה אליהו מיועד גם לחקלאים המגדלים גידולים "אורגאניים" ולכן החומר הגולמי יכול להיות שונה מזה המשמש לייצור קונבנציונאלי! מצאנו כי גם בצידוד ההיפוך מפעל שדה אליהו משתמש בצידוד שונה מזה של "נגב אקולוגיה", אך היפוכי הערמות, והזמן העובר ממועד קבלת חומר הגלם ועד שיווק דומים מאד.

תוצאות:



איור 17. ימין - אחוזי הנביטה של זרעי עלקת בעומקים השונים, שדה אליהו 2012. שמאל - אחוזי הנביטה של זרעי עלקת בטמפרטורות שונות (48 מ"צ ירוק, 56 מ"צ שחור), רחובות 2012.

זרעי עלקת מצרית הוטמנו בערימת הקומפוסט בארבעה עומקים שונים: 0, 40, 80 ו-120 ס"מ מפני הערימה. כבעבר, הזרעים הושמו בשקיות נייר מיוחדות שהונחו בתוך גרב ניילון בכל אחד מן העומקים שצוינו לעיל. כל עומק נמדד ב-5 חזרות. הזרעים נלקחו למעבדה, עברו תהליך preconditioning לפני נביטה ואחוזי הנביטה נבדקו לאחר טיפול במעודד הנביטה הסינטטי GR24. ממוצע אחוזי הנביטה של זרעי העלקת בפני השטח על גבי הערימה (עומק 0) היו גבוהים מ-80%. מתוך הצורך לקבוע את הסף התחתון של הטמפרטורה הנדרשת לשם קטילת יכולתם של זרעי עלקת מצרית לנבוט, חזרנו לבדוק בתאי גידול (אינקובטורים) את טווח הטמפרטורות ומצאנו שמספיקה טמפרטורה של 48°C למשך 15 ש' על מנת למנוע באופן מוחלט וסופי יכולת הנביטה של עלקת מצרית.

בשנת המחקר השלישית ביצענו 12 בדיקות טמפרטורה אקראיות (6 בשדה אליהו ו-6 ב"נגב אקולוגיה") בשני עומקים רלבנטיים: 50 ו-100 ס"מ בערימות מסחריות, לא כאלה שהוכנו לצורך הניסויים. מצאנו כי במהלך חייה של ערימה מסחרית, הן בשדה אליהו והן בנגב אקולוגיה, שוררת טמפרטורה המונעת ביעילות מקסימאלית את יכולת נביטת זרעי עלקת מצרית. התוצאות הן ממוצעי 5 דגימות בכל מועד ובכל עומק בערמה שנבחרה אקראית.

טבלה 11. ממוצעי טמפרטורה בערימות מסחריות בשדה אליהו וב"נגב אקולוגיה" 2013.

שדה אליהו		נגב אקולוגיה		עומק ס"מ דיגום
100 °C	50 °C	100 °C	50 °C	
60	62	59	64	1
59	67	58	66	2
63	64	61	63	3
63	66	61	66	4
65	64	62	61	5
64	64	60	62	6

ג. בחינת התאמת תקנות הגנת הצומח הקיימות למערכת פיקוח יעילה היכולה למנוע הפצת זרעי עלקת בארץ.

טוביה יעקובי, ברוך רובין, יעקב גולדווסר, הפקולטה לחקלאות

הצעת תקנה לטיפול בגונדולות הוגשה ללשכה המשפטית במשרד החקלאות. עד מועד כתיבת הדו"ח לא נערך דיון מיוחד בהצעה מאחר והיא "ספציפית מדי", ונוגעת לעגבניות לתעשייה בלבד ולנגע ספציפי:

להלן הצעת התקנה שהוכנה לצורך הטיפול בגונדולות:

תקנות הגנת הצומח (ניקיון גונדולות - מכלים להובלת עגבניות לתעשייה) ורכב הובלה, התשע"ב - 2012¹.

תיקון לחוק הגנת הצומח תש"ל: רשאי שר החקלאות, בצו, במידה שראה צורך בכך כדי למנוע נגעים או התפשטותם, לחייב את בעליהם של מקרקעין, של צמחים או של מוצרי-צמחים ושל אמצעי-לוואי, לבצע פעולות ביעור, לרבות השמדת צמחים ומוצרי צמים, בין נגועים ובין בלתי נגועים, והשמדת אמצעי לוואי, למעט מבנים וכלי רכב. צו זה יכול שיהיה כללי או אישי. תיקון זה מאפשר לאכוף תקנה חדשה (על בסיס התקנה הקיימת - ניקיון מכלי אבוקדו ורכב הובלה, התשמ"ד-1984) לצרכי ביעור ואי הפצת העלקת.

1. הגדרות

"גונדולה" - מכל להובלת עגבניות לתעשייה מן השדה אל מפעלי המזון

"רכב" - רכב ייעודי להובלת גונדולות ו/או מכלים עם עגבניות לתעשייה

2. הנחת מכלים על משטחים

לא תונח "גונדולה" או מכל אחר בתוך שדה עגבניות, אלא במקום סמוך, כך שתחתית המכל נמצאת במרחק של 10 מ' לפחות משטח גידול העגבניות

3. הובלה במכלים ורכב נקיים

לא יוביל אדם עגבניות לתעשייה אלא במיכל ורכב נקיים משיירי אדמה

4. חובת חיטוי רכב

בשערי מפעלי התעשייה לייצור מוצרי עגבניות יחוטאו הרכב והגונדולות במתקן שטיפה ייעודי בתכשיר הקוטל זרעי עלקת ו/או נגעים אחרים שאישר מנהל השרותים להגנת הצומח ובהתאם להוראות תווית התכשיר, בטרם יציאתם את שערי המפעל.

ד. תקן לקומפוסט

תקן ישראלי - ת"י 801 (אדר א - מרס 2000) קומפוסט הוא התקן המיוחד הקיים למשאב זה ובא במקום תקן קודם שהוכן בשנת 1971.

מבחינה מקצועית התקן מספק את כל צרכי הכנת הקומפוסט, להוציא את נושא הפצת זרעי עשבים רעים!

במהלך שנת המחקר השלישית הסתבר שעל מנת לשנות תקן קיים יש צורך ב"הקמה" מחדש של וועדה מקצועית מיוחדת הכוללת נציגים מגורמי שלטון וציבור רבים. בכוונתי לנסות ולעשות זאת ללא קשר לעיתוי המיזם.

סיכום כללי של סניטציה ואכיפה

1. קומפוסט ישראלי המיוצר בהתאם לתקן הקיים לא מהווה איום בהפצת זרעי עלקת מצרית למגדלים המשתמשים בו לכל גידול שהוא.

2. הטמפרטורה הנדרשת למניעה מוחלטת של נביטת זרעי עלקת מצרית היא 48°C למשך 15 ש' ברציפות. הטמפרטורה המצויה בעומקי ערמת קומפוסט מסחרית תקינה גבוהה בהרבה ממינימום זה.

3. הצעת תקן לטיפול בגונדולות מונחת בלשכה המשפטית של משרד החקלאות ויש לפעול בכלים "ציבוריים" על מנת לגרום לאישורה!

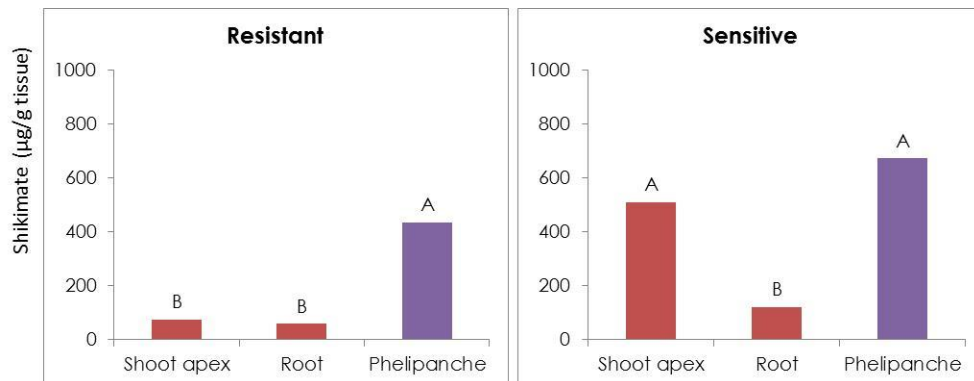
4. שינוי בתקן 801 "קומפוסט" צריך לכלול פרק של ניקיון מזרעי עשבים רעים בנוסף לבחינת המוצר להימצאות חומרים זרים, pH, מוליכות חשמלית וכו'.

נושא 4. הבנת הביולוגיה של יחסי טפיל פונדקאי.

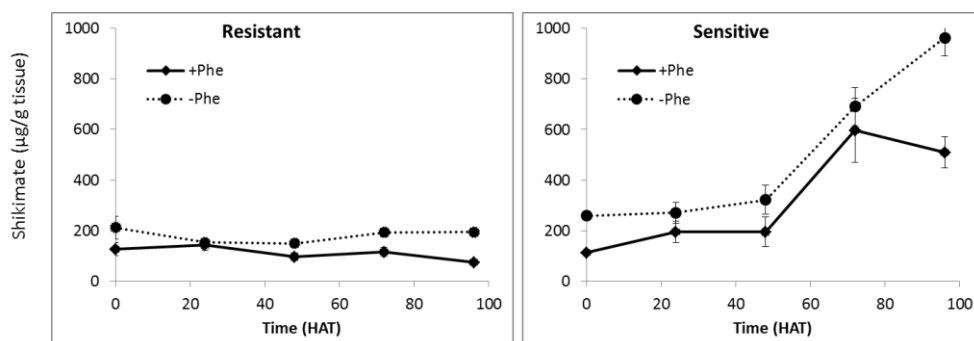
4.1 היבטים פיסיוולוגיים של האינטראקציה בין עגבניה (*Solanum lycopersicum*) ועלקת מצרית (*Phelipanche aegyptiaca*), שמוליק וולף, ברוך רובין, חנן איזנברג וטל שילה, הפקולטה לחקלאות ונווה יער.

נוכחות האנזים EPSPS בעלקת מצרית:

בדו"ח המיזם שהוגש בשנה שעברה הצגנו תוצאות המראות כי קיימת צורה פעילה של האנזים EPSPS בעלקת מצרית, אך התוצאות לא היו חד משמעיות מאחר שהייתה שונות גדולה בין הצמחים. לשם כך ערכנו ניסוי חדש במתכונת מורחבת. עגבניה עמידה לגלייפוסט (GRT) המבטאת גן המקודד ל-EPSPS ממקור חיידקי ועגבניה רגישה שימשו כפונדקאים לעלקת מצרית. כאשר החלו להציץ עמודי התפרחת של העלקת ניתן ריסוס של גלייפוסט במינון 100 סמ"ק לדונם ולאחריו נאסף חומר צמחי ונמדדה רמת החומצה השיקימית. הצטברות של חומצה השיקימית דווחה רבות בספרות ככלי לזיהוי צמחים שנפגעו מגלייפוסט מכיוון שמעידה על עיכוב EPSPS.

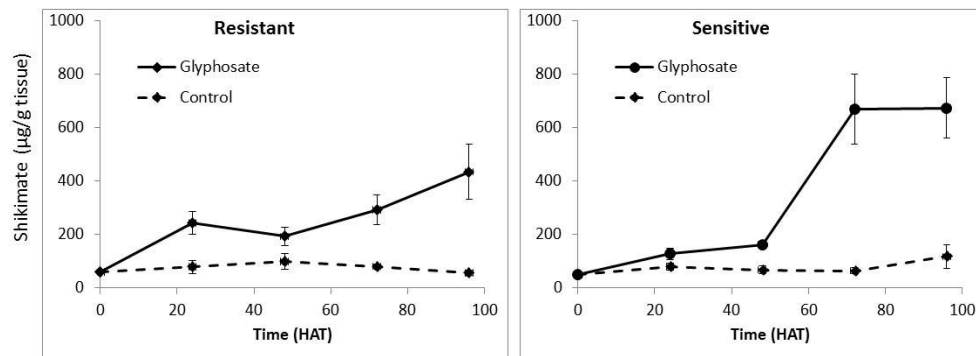


איור 18. רמת החומצה השיקימית בפונדקאי העמיד לגלייפוסט ובפונדקאי רגיש ובעלקת הגדלה עליהם 96 שעות לאחר יישום גלייפוסט. השוואת ממוצעים נבחנה במבחן Tukey HSD ($p < 0.05$).



איור 19. רמת החומצה השיקימית בקודקוד הצימוח של פונדקאי עמיד ורגיש לגלייפוסט, טפולים וחופשיים מהדבקה בעלקת (+/- phe) כתלות בזמן שחלף מיישום גלייפוסט (Hours after treatment (HAT)). הערכים באיור מלווים בשגיאת התקן.

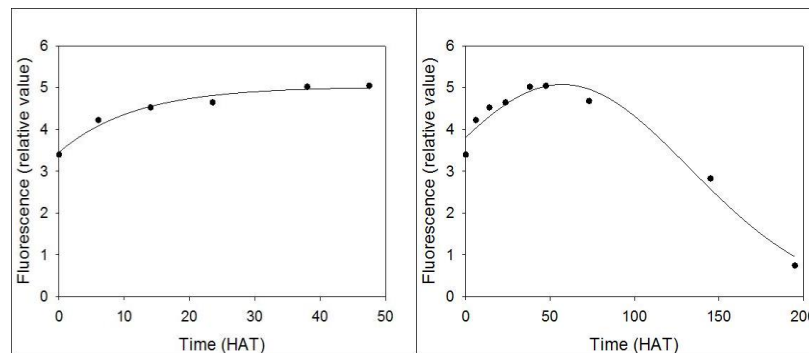
נראתה הצטברות של חומצה השיקימית בעלקת, בין אם גדלה על פונדקאי רגיש או עמיד (איור 18). לא נמצא הבדל מובהק סטטיסטית בצבירת החומצה השיקימית בעלקת על הפונדקאי הרגיש והעמיד. העובדה שקודקודי הצמחים העמידים לא צברו חומצה השיקימית (איור 19) מעידה על כך שמקור החומצה השיקימית בעלקת הצמודה אליהם הוא אנדוגני לעלקת, וכי לעלקת אנזים EPSPS פעיל אשר מעוכב בנוכחות גלייפוסט. כמו כן ניתן היה להבחין כי דפוס הצטברות החומצה השיקימית שונה כאשר העלקת גדלה על פונדקאי עמיד לעומת פונדקאי רגיש (איור 20). ההבדלים היו בקצב צבירת החומצה השיקימית ובערך המקסימלי שנמדד. הצטברות שונה זו עשויה להיגרם מקיום מנגנון עמידות נוסף בצמח העמיד שאינו באתר המטרה ולמעשה מנטרל חלק מן הגלייפוסט שחודר לרקמותיו או מקטין את תנועתו אל המבלעים. עם זאת, בשני המקרים עלייה משמעותית ברמת החומצה השיקימית החלה רק לאחר 48 שעות ממתן קוטל העשבים.



איור 20. רמת החומצה השיקימית בעלקת מצרית הגדלה על פונדקאי עמיד ופונדקאי רגיש לגלייפוסט בטיפול הביקורת ולאחר מתן גלייפוסט כתלות בזמן שחלף מיישום גלייפוסט (Hours after treatment (HAT)). הערכים באיור מלווים בשגיאת התקן.

השפעת גלייפוסט על הובלת חומרים בשיפה מעגבניה לעלקת מצרית

בדו"ח המיזם הקודם הראינו כי הצטברות GFP עוכבה בעקבות יישום גלייפוסט בפקעיות העלקת הטפולות על פונדקאי עמיד לגלייפוסט. נראה כי הדבר נובע מהפחתת חוזק המבלע של הפקעיות ועיכוב ייבוא מוטמעים אליהן דרך השיפה. בהמשך העבודה בחרנו להתמקד ב- 48 השעות הראשונות לאחר מתן גלייפוסט מכיוון שנראה שבטווח הזמן הזה מתרחשים תהליכים משמעותיים בפגיעה בעלקת. גם בסדרת ניסויים אלו השתמשנו בקו המכלול GGRT אשר מקורו בהכלאה של הקו GFP11 ו-GRT ומבטא הן עמידות לגלייפוסט והן GFP אשר נע בשיפה בהתאם ליחסי מקור-מבלע. צמחים אלו גודלו בהידרופניקה ואולחו בזרעי עלקת מצרית. ביום הטיפול גלייפוסט ניתן על שלושה עלים במינון של 18 µg a.e. לצמח. ניתן לראות כי בשלושת היממות הראשונות לאחר הטיפול בגלייפוסט הייתה עלייה מתונה עד התייצבות בעוצמת הפלורוסנציה המעידה על מידה מסוימת של הצטברות של GFP ברקמות העלקת בשעות הראשונות לאחר מתן הגלייפוסט (איור 21 ימין).

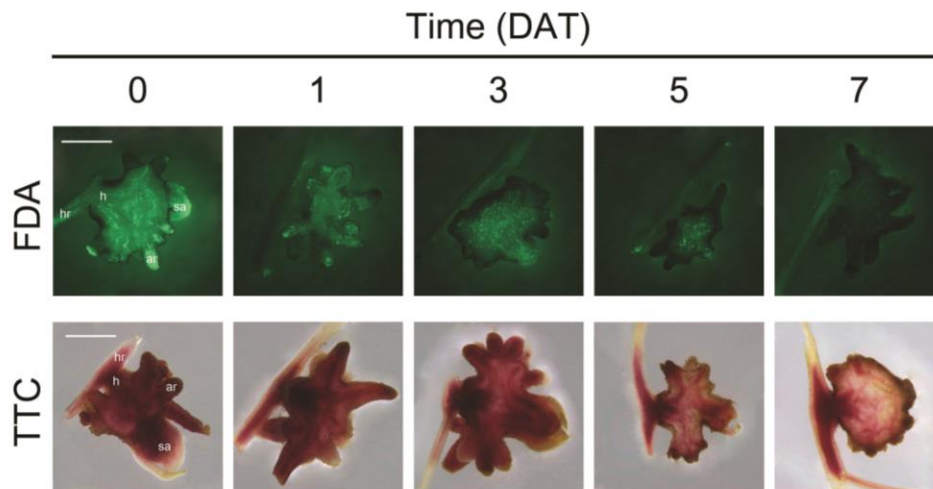


איור 21. עוצמת הפלורוסנציה בפקעיות עלקת מצרית כתלות בזמן שחלף מיישום גלייפוסט (Hours after treatment (HAT)) עד 200 HAT (ימין). התהליך מתואר בגרסיית Gaussian, 3 parameters ובמשך 48 HAT (שמאל). התהליך מתואר בגרסיית Exponential rise to maximum, single, 3 parameters. נתוני הגרסיות מרוכזים בטבלה מס' 12.

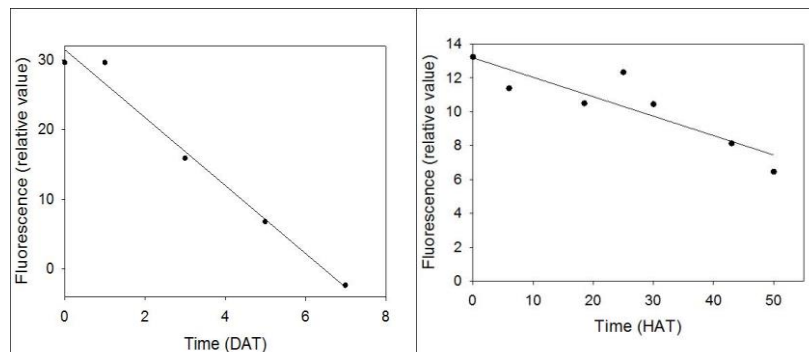
באופן ספציפי, ב- 48 השעות הראשונות לאחר הטיפול נמדדה עלייה ראשונית בעוצמת הפלורוסנציה אך עוד במהלך 24 השעות הראשונות הייתה התמתנות והתייצבות (איור 21 שמאל). התייצבות בעוצמת הפלורוסנציה משמעותה האטה או הפסקה של הובלת GFP אל הפקעית. מכיוון שאיננו יודעים מה קצב הפירוק של GFP ברקמת העלקת, לא נוכל לקבוע בוודאות האם מדובר בהאטה בלבד או בהפסקה מוחלטת של ההובלה.

תהליכי תמותה בפקעיות עלקת מצרית יישום גלייפוסט

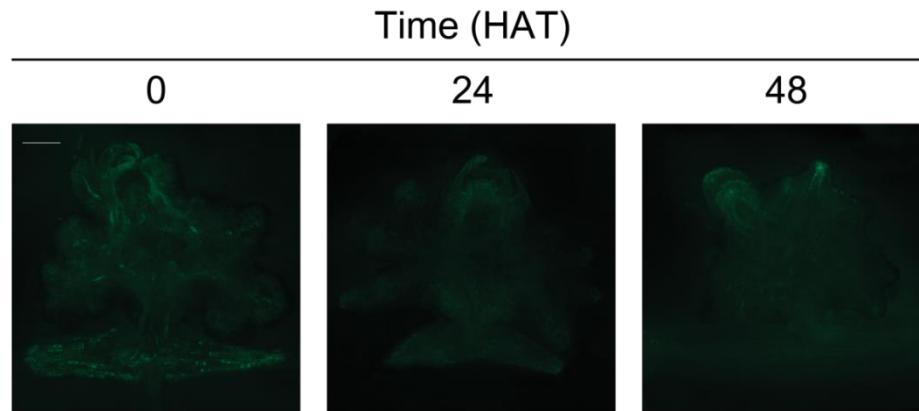
בכדי לבחון את חיוניות פקעיות העלקת לאחר יישום גלייפוסט השתמשנו בשתי שיטות צביעה אשר בוחנות חיוניות. צביעה ב- Fluorescein diacetate (FDA) אשר מהווה אינדיקציה לפעילות אנזימטית (אסטרזות) וכן על שלמות ממברנות וצביעה ב- Triphenyl tetrazolium chloride (TTC) אשר מעידה על פעילות מיטוכונדראלית (דהידרוגנאזות של המיטוכונדריה). פקעיות עלקת מצרית נאספו בזמנים שונים לאחר יישום גלייפוסט, נערכו חתכי יד וצביעה באחד משני החומרים.



איור 22. חתכי יד של פקעיות עלקת מצרית צבועים ב- Fluorescein diacetate (FDA) וב- Triphenyl tetrazolium chloride (TTC) על ציר זמן של ימים לאחר יישום גלייפוסט (Days after treatment (DAT)). מקרא: h ; hr – host root ; sa – shoot apex ; ar – adventitious root ; – haustorium. Scale bar = 0.5mm.



איור 23. עוצמת הפלורוסנציה של חתכי פקעיות עלקת לאחר צביעה ב- FDA כתלות בימים שחלפו מטיפול בגלייפוסט (Days after treatment (DAT)) (שמאל) ובאופן מורחב ב- 48 השעות הראשונות לאחר הטיפול (Hours after treatment (HAT)) (ימין) המתוארים בגרסיות ליניאריות. נתוני הגרסיות מרוכזים בטבלה מס' 12.



איור 24. חתכי יד של פקעיות עלקת מצרית צבועים ב- Fluorescein diacetate (FDA) על ציר זמן של שעות לאחר יישום גלייפוסט (HAT) (Hours after treatment). Scale bar = 0.5mm.

תהליכי תמותה בפקעית החלו כבר לאחר יום אחד מיישום קוטל העשבים (איור 22, איור 23 שמאל). ניתן להבחין בירידה איטית יותר בחיוניות בצביעת ה- TTC לעומת FDA. ניתן להסביר הבדלים אלו על פי הפעילות שמאפיינת כל אחת מן הצביעות. מאחר שמיטוכונדריות הם גופים נפרדים בתוך התא, סביר שפעילות אנזימטית בהן תיפגע בשלב מאוחר יותר בהשוואה לממברנות או לאנזימים ציטופלסמטיים. על כן נראה שיש התאמה בין התוצאות שהתקבלו על ידי שתי הצביעות. כדי לזהות בצורה מדויקת יותר את ההתחלה של תהליכי הפגיעה בעלקת ערכנו בדיקת חיוניות בתדירות גבוהה, במהלך 48 השעות הראשונות לאחר יישום גלייפוסט, ע"י צביעה ב- FDA. במשך זמן זה הייתה ירידה הדרגתית בחיוניות בקצב של -0.114 (איור 23 ימין, טבלה 12).

טבלה 12. ריכוז נתוני הרגרסיות המוצגות באיורים 21, 23.

Figure	Regression		Parameters			Regression	
			Coefficient	SE	P	P	RMSE
21 right	Gaussian	a	5.076	0.166	<0.0001	<0.0001	0.2751
		b	75.478	4.659	<0.0001		
		X0	57.104	3.885	<0.0001		
21 left	Exponential rise to maximum	y0	3.458	0.132	0.0001	0.0053	0.1379
		a	1.565	0.164	0.0024		
		b	0.085	0.024	0.0373		
23 right	Linear	y0	31.436	1.528	0.0003	0.001	2.1355
		a	-4.874	0.372	0.001		
23 left	Linear	y0	13.175	0.795	<0.0001	0.0077	1.1913
		a	-0.114	0.026	0.0077		

בחתכי יד של פקעיות בשלב התפתחותי מאוחר יותר, בטיפול הביקורת ניתן להבחין בתאים הסמוכים למערכת ההובלה שבפקעית (איור 24). תאים אלו הינם תאי פרנקימה קטנים בעלי ציטופלסמה צפופה ועל כן בעלי עוצמת

פלורוסנציה חזקה. כמו כן נצבע היטב האזור המריסטמטי בו מתפתח גבעול העלוקת, אזור בעל פעילות ענפה. כבר לאחר 24 שעות מהטיפול נצפתה ירידה ספציפית בחיוניות של התאים הסמוכים למערכת ההובלה אך פחות מכך באזור המריסטמטי (איור 24). ממצא זה עשוי לרמוז על החשיבות של מערכת ההובלה של הטפיל במנגנון הפעולה של גלייפוסט.

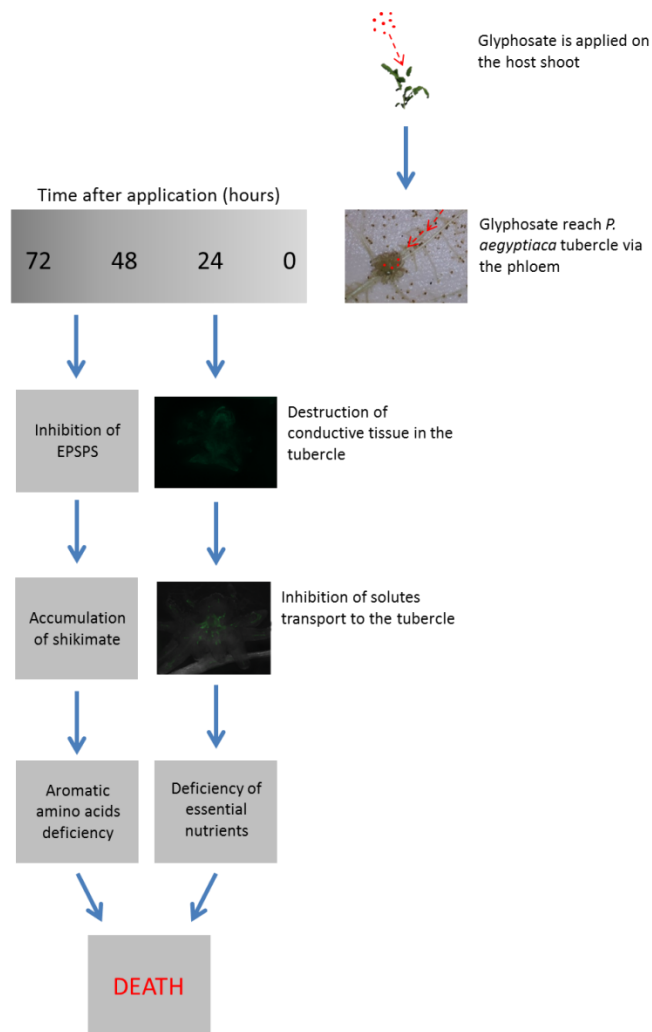
סיכום

בשלוש שנות המחקר האחרונות עסקנו בשני תחומים עיקריים: הובלה בין הפונדקאי אל עלקת והשפעת קוטלי עשבים על האינטראקציה ביניהם, עם התמקדות בגלייפוסט. בשלב הראשון השתמשנו בפונדקאי טרנסגני המוביל GFP בשיפה במטרה לאפיין את שלבי התבססות הטפילות ואת הובלת החומרים במערכת השיפה. ערכנו הכלאה בין פונדקאי זה ובין קו טרנסגני עמיד לגלייפוסט (GRT) בכדי לברר שאלות העוסקות בהשפעה של גלייפוסט על ההובלה בשיפה. ממצאו כי גלייפוסט גורם לעיכוב בהובלה של חומרים המובלים בשיפה אל העלקת. בנוסף, ממצאו כי בעלקת מצרית קיימת צורה פעילה של האנזים EPSPS וכי הוא מעוכב בנוכחות גלייפוסט.

בשלב הבא בחרנו להתמקד ב- 48 הראשונות לאחר מתן גלייפוסט מכיוון שנראה כי בטווח זמן זה מתרחשים תהליכים קריטיים של גרימת נזק לעלקת כתוצאה מהטיפול בגלייפוסט. במסגרת זמן זו ממצאו כי ישנה ירידה בחיוניות פקעיות העלקת ובאופן ספציפי ניתן להבחין כי הפגיעה היא משמעותית כאשר מדובר על רקמות ההובלה בתוך הפקעיות (איור 25). כמו כן, במהלך זמן זה ישנו עיכוב בהובלה של חומרים דרך השיפה. בפרק זמן זה אין עדיין עלייה משמעותית ברמת החומצה השיקומית. לכן, על אף שקיים עיכוב של האנזים EPSPS בעלקת, נראה כי תהליך זה אינו משחק תפקיד בשרשרת האירועים הראשוניים המתחילים את תהליך התמותה של העלקת. העיכוב בהובלת חומרים בשיפה והתוצאות הראשוניות המצביעות על פגיעה ברקמות ההובלה בפקעית הביאו אותנו להציע את המודל המתואר באיור 26.



איור 25. סיכום התהליכים שנבדקו במסגרת המחקר על ציר זמן של שעות מיישום גלייפוסט.



איור 26. מודל המציע תיאור מהלך הפגיעה של גלייפוסט בעלקת מצרית.

4.2 סלקציה ואפיון מוטנט עגבניה עמיד לקוטלי עשבים מקבוצת מעכבי האנזים Acetolactate synthase (ALS). יבגניה דור, יוסי הרשנהורן וורקנש דרבאן, נווה יער.

העלקת רגישה לקבוצת קוטלי העשבים המעכבים את האנזים Acetolactate synthase (ALS) המהווה אנזים מפתח בביוסינטזה של חומצות האמינו המסועפות. שימוש בקוטלי העשבים מקבוצת הסולפונילאוראה בעגבניה דורש טיפול מורכב מאחר וקוטלי עשבים אלה מפורקים על ידי הצמח ואינם מגיעים לשורשים ולעלקת. האימידזולינונים, שגם הם מעכבים את האנזים ALS, נקלטים דרך העלווה, מוסעים לשורש ונספגים אל תוך העלקת המהווה מבלע חזק וקוטלים אותה, אך גם מסוגלים לגרום נזקים קשים לעגבניה. פתרון אפשרי הוא פיתוח זן עגבניה העמיד לקוטלי העשבים מקבוצת האימידזולינונים. עגבניה עמידה לקבוצת האימידזולינונים (HRT1) התקבלה על ידי השריית מוטציות נקודתיות בזן הפתוח M82 באמצעות EMS (ethyl methane sulfonate).

מטרות המחקר: (1) אפיון קו העגבניה HRT1. (2) בירור מנגנון העמידות של הקו העמיד HRT1 לקוטלי עשבים מקבוצת האימידזולינונים. (3) פיתוח ממשק הדברת עלקת בעגבניות על ידי שימוש בקו HRT1.

אפיון קו עגבניה HRT 1

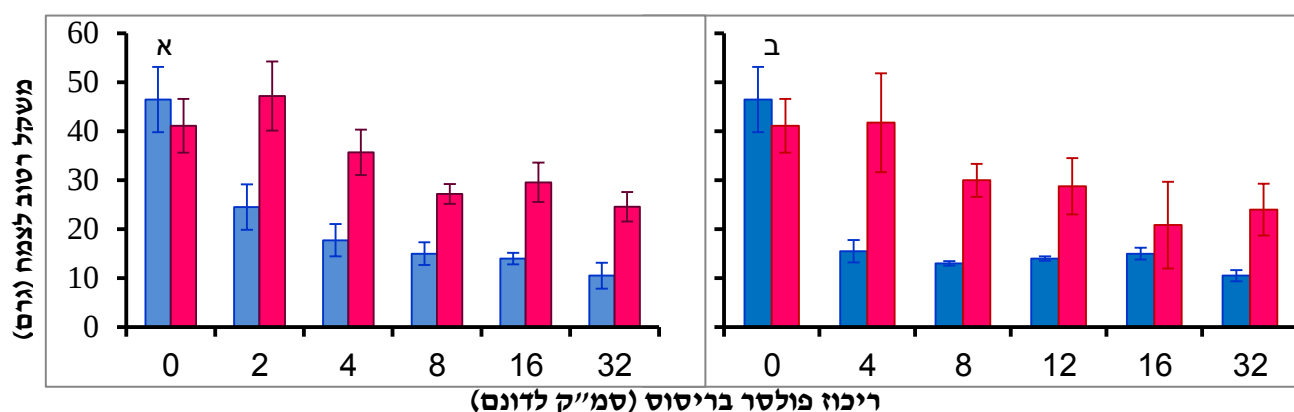
שיטות המחקר:

כדי לקבוע את רמת העמידות של HRT1 לקוטלי עשבים המעכבים את האנזים ALS נערכו מספר ניסויי חממה. שתילי עגבניות של הקווים M82 ו-HRT1 בשלב של 2 עלים ו-4 עלים רוססו בקוטלי עשבים מעכבי ALS הבאים: מקבוצת האמידזולינונים – קדרה (Imazapic) במינונים של 0, 2, 4, 8, 16 ו-32 סמ"ק לדונם, ארסנל (Imazapyr) במינונים של 0, 4, 8, 12, 16 ו-32 סמ"ק לדונם, ופולסר במינונים של 0, 20, 30, 40, 80, 100, 120, 150 ו-250 סמ"ק לדונם. מקבוצת ה-Pyrimidinylthiobenzoic acid - סטייפל (Pyrithiobac-sodium) במינונים של 0, 1, 2, 4, 6 ו-8 גרם לדונם. מקבוצת הסולפונילאוראה - אנווק (Trifloxysulfuron) במינונים של 0, 0.2, 0.4, 0.8, 1.6 ו-3.2 סמ"ק לדונם, אקיפ (Foramsulfuron) במינונים של 0, 25, 50, 100, 200 ו-400 סמ"ק לדונם, גלין (Chlorsulfuron) במינונים של 0, 0.1, 0.2, 0.4, 0.6 ו-1.2 סמ"ק לדונם, ומוניטור (Sulfosulfuron) במינונים של 0, 5, 10, 15, 20 ו-25 סמ"ק לדונם. גובה הצמחים נמדד פעם בשבוע וכעבור 30 יום נבדק משקל הצמחים.

בדיקת השפעת קוטלי עשבים על פריחה וחנטה של הקו HRT1 נעשתה בניסוי חממה. צמחי M-82 ו-HRT1 גודלו באדמה מאולחת ולא מאולחת בזרעי עלקת מצרית בריכוז של 15 ח"מ. חודש אחרי השתילה, רוססו הצמחים בקוטלי עשבים במינונים הבאים: ביקורת לא מרוססת, פולסר 50 סמ"ק לדונם, קדרה 5 סמ"ק לדונם, ארסנל 6 סמ"ק לדונם, סטייפל 1 גרם לדונם. לפני הריסוס הורדו כל הפרחים והפירות. חודש אחרי הריסוס נספרו הפרחים.

תוצאות וממצאים

כל החומרים מקבוצת האימידזולינונים וסטייפל פגעו קשה בצמחי M-82 (איור 27 א, ב). המינונים הנמוכים (2, 4 ו-4 סמ"ק לדונם של פולסר, קדרה וארסנל ו-1 גרם לדונם סטייפל הורידו בצורה משמעותית את הגובה ומשקל הצמחים של זן זה. לעומת זאת, צמחי HRT1 לא נפגעו גם במינון הגבוהים (40 סמ"ק לדונם של פולסר, 32 סמ"ק לדונם של קדרה, 12 סמ"ק לדונם של ארסנל ו-8 גרם לדונם של סטייפל).



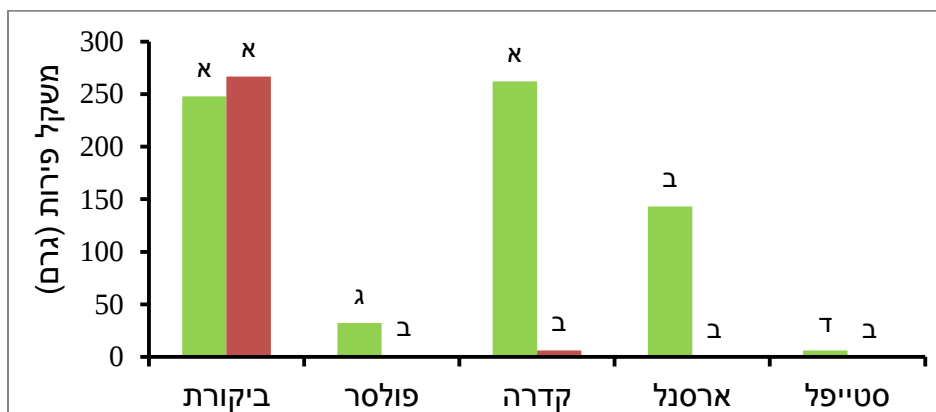
איור 27. השפעת ריסוס בקדרה (Imazapic) (א) וארסנל (Imazapyr) (ב) על משקל צמחי עגבניה. אדום מייצג את הזן HRT1 וכחול את הזן M-82.

קוטלי העשבים מקבוצת הסולפונילאוראה, אנווק, גלין ומוניטור לא פגעו במשקל ובגובה הצמחים של שני הזנים. הבדלים בין שני הקווים נמצאו רק בתגובה לריסוס באקיפ שפגע במשקל צמחי M-82 במינון המומלץ להדברת

עשבים (200 סמ"ק לדונם). צמחי HRT1 לא נפגעו. פרט לאקיפ, לא מצאנו הבדלים בין שני הזנים ברגישות לקוטלי עשבים מקבוצת הסולפונילאוראה.

השפעת קוטלי עשבים על פריחה וחנטה של הקו HRT1

כל הטיפולים לא פגעו במספר הפרחים של העגבניה משני הקווים וריסוס בפולסר אפילו הגביר את מספר הפרחים באופן משמעותי. למרות זאת, כל קוטלי העשבים שנבדקו מנעו יצור פירות בון המסחרי (איור 28). סטייפל ופולסר פגעו קשה גם בפירות של HRT1. ארסנל פגע בפירות של הקו העמיד באופן בינוני, וקדרה לא פגע כלל ביבול (איור 28).



איור 28. השפעת ריסוס באמידוזולינונים וסטייפל על משקל פירות של צמחי עגבניות M8-2 ו-HRT1 בעציצים בלי עלקת. אותיות שונות מראות הבדלים סטטיסטיים בין הטיפולים. ירוק מייצג את הזן HRT1 ואדום את הזן M-82.

בירור מנגנון העמידות של הקו העמיד HRT1 לקוטלי עשבים מקבוצת האימידוזולינונים

שיטות המחקר: נבדקה השפעת אימידוזולינונים על פעילות האנזים ALS של HRT1 ו-M82.

האנזים ALS הופק מעלווה צעירה של שני קווי העגבניות. אחרי ניקוי חלקי בדקנו את פעילות האנזים בלי ועם קוטלי עשבים בתערובת הריאקציה. נבדקו האימידוזולינונים קדרה וארסנל בריכוזים של 0, 0.01, 0.05, 0.1, 0.5, 1, 2.5, 5, 10, 100, 500, 1000 ו-2000 μ M וסולפוניאוראות טיטוס ומוניטור בריכוזים של 0, 0.001, 0.005, 0.01, 0.05, 0.1, 0.5, 1, 5, 10 ו-50 μ M. בשלב הבא ביררנו את המוטציה שמקנה עמידות ל-HRT1 כנגד האימידוזולינונים. על בסיס גן ה-ALS של תפוח אדמה בנינו את רצף הגן בעגבניה.

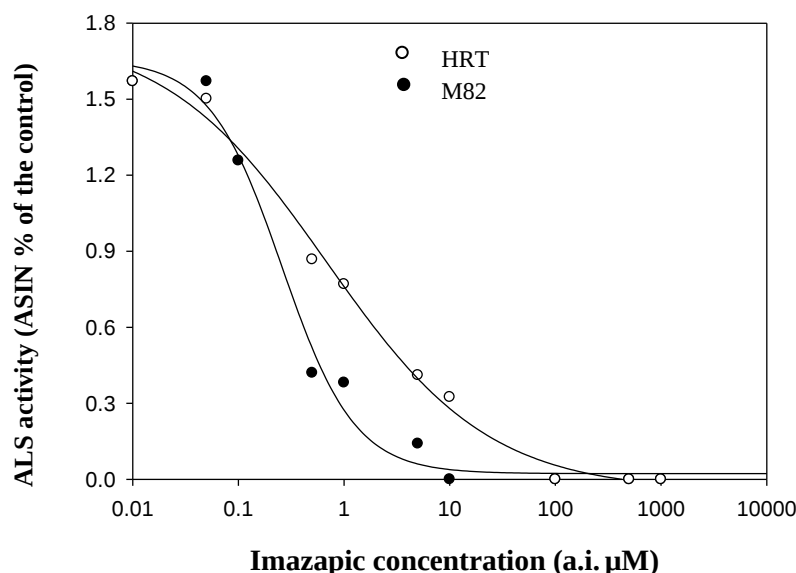
בירור מוטציה האחראית על עמידות HRT1 לאימידוזולינונים

על סמך רצף של הגן המקודד ל-ALS של תפוח אדמה הצלחנו להגביר באמצעות ראקציית PCR את מקטעי DNA של הגנים המקודד ל-ALS של עגבניה מהזן M82 והמוטנט HRT1. מקטעי ה-DNA אלו רוצפו משלשה צמחים בלתי תלויים מכל טיפוס, ורצף הבסיסים של שני הגנים הושווה בתוכנת. כדי לבחון האם קיימים בעגבניה גנים נוספים המקודדים ל-ALS, רצף הבסיסים של הגן ל-ALS שהגברנו הושווה לרצף הגנומי של צמחי עגבניה כפי שפורסם באתר <http://solgenomics.net/>.

תוצאות וממצאים

בדיקת פעילות האנזים בנוכחות האימידזולינינים גילה שהאנזים של HRT1 עמיד בהרבה לקוטלי העשבים מקבוצה זו מאשר האנזים שהופק מ-M-82. קדרה מנע לגמרי את פעילות האנזים של M-82 בריכוז של 10 μ M (איור 29). האנזים של HRT1 נעכב לגמרי בריכוז של 100 μ M. I_{50} של האנזים שהופק מ-M-82 היה 0.29 ושל האנזים הופק מ-HRT1 - 0.68. תוצאות דומות התקבלו בארסנל.

בהשוואת רצף הבסיסים של הגן המקודד ל ALS של הזן M82 והמוטנט HRT1 נמצאו מספר מוטציות בגן המקודד ל- ALS כאשר רק ארבעה הבדלים כאלה נמצאו בכל ארבעת צמחי ה- HRT1 (איור 30).



איור 29. השפעת קדירה (imazapic) על פעילות האנזים ALS של HRT1 ו- M82

HRT1	ITGQVPRRMIGTDV F QETPIVEVTRSRITKHNYLVMDVEDIPRVVREAFFLAKSGRP Y CPVL	240
M82	ITGQVPRRMIGTD A FQETPIVEVTRSRITKHNYLVMDVEDIPRVVREAFFLAKSGRP A CPVL	240
	*****  194  237	
HRT1	QSS E ELRRFVELTGIPVASTLMGLGAFPTGDELSLQMLGMHGTVYANYAVDSSDLLLA F FG	360
M82	QSS E ELRRFVELTGIPVASTLMGLGAFPTGDELSLQMLGMHGTVYANYAVDSSDLLLA F FG	360
	*****  304	
HRT1	KMKLDFSAWRQELTEQKMKYPLNFKTFGDAIPPQYAIQVLDE L TNGNAIISTGVQHQM W	480
M82	KMKLDFSAWRQELTEQKMKYPLNFKTFGDAIPPQYAIQVLDE S TNGNAIISTGVQHQM W	480
	*****  463	

איור 30. רצף חומצות אמינו בגן ALS של HRT1 ו-M82 הנמצא בכרומוזום 1.

החלפות חומצות האמינו שנמצאו, רק החלפת A→V במקום 194 נמצאת במקום שמור בגן. שלוש החלפות נוספות נמצאו באזורים לא שמורים. ההחלפה של אלנין לולין במקום זה, בהתאמה למקום 205 בארבידופסיס, ידועה כמקנה עמידות לקוטלי עשבים מקבוצת האימידוזולינונים. רצף של גן ALS שנמצא בכרומוזום 8 היה זהה בשני הקווים. בבחינה של גנום העגבניה נמצא גן נוסף המקודד לאנזים ALS עם הומולוגיה של 93% לגן הראשון. גן זה נמצא בכרומוזום 7 של העגבניה בעוד הגן הראשון נמצא בכרומוזום 3. בדיקת הרצף של גן זה בקווי HRT1 לא נמצאו מוטציות בכל באזורים בהם נמצאו קודם לכן מוטציות המקנות עמידות למעכבי ALS. עובדה זו מחזקת את הממצא הקודם שלנו שהגן על כרומוזום 3 הוא זה שהקנה את העמידות. חיזוק נוסף לכך שהמוטציה בעמדה 194 היא זו שהקנתה את העמידות היא שברצף חומצות האמינו של שני הגנים, כפי שהתקבל בפרויקט הגנום של העגבניה, בעמדה 237 מופיע גליצין (כמו שמצאנו ב HRT1).

פיתוח ממשק הדברת עלקת בעגבניות על ידי שימוש בקו HRT1

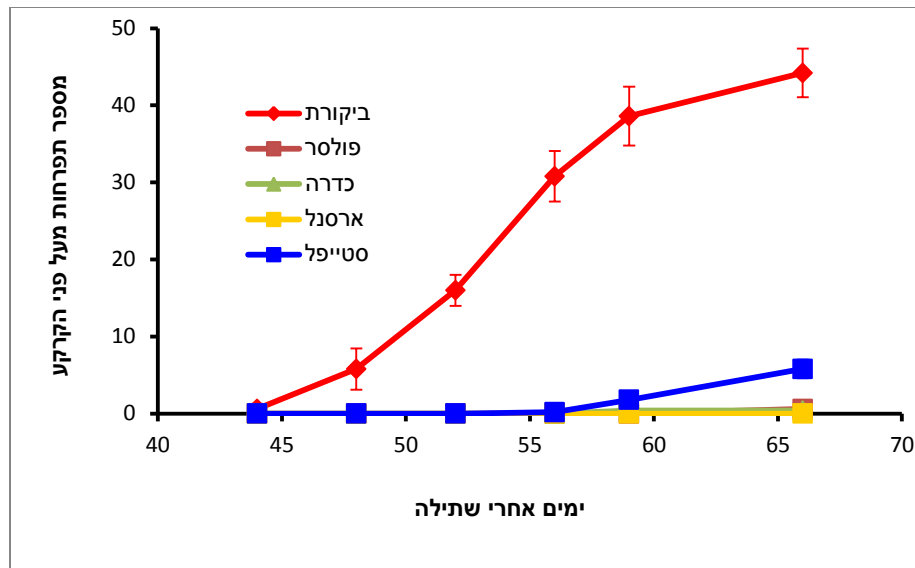
שיטות המחקר:

אפיון הטיפולים היעילים ביותר להדברת עלקת נעשה בשני ניסויי חממה. M-82 ו- HRT1 גודלו באדמה עם זרעי עלקת מצרית וללא זרעי עלקת מצרית בשיעור של 15 ח"מ. חודש אחרי השתילה, רוססו הצמחים בקוטלי עשבים במינונים הבאים: ביקורת לא מרוססת, פולסר 50 סמ"ק לדונם, קדרה 5 סמ"ק לדונם, ארסנל 6 סמ"ק לדונם, סטייפל 1 גרם לדונם. במשך הגידול נספרו תפרחות העלקת מעל פני הקרקע. בסוף הניסוי נספרו מספר ומשקל הפירות על הצמח, משקל עלווה ושורשים ונלקחו מספר ומשקל העלקות הטפולות על שורשי הצמחים שגודלו באדמה מאולחת. בניסוי הבא צמחי M82 ו- HRT1 שגודלו באדמה מאולחת ולא מאולחת בזרעי עלקת רוססו שלוש פעמים בקדרה וארסנל במינונים של 2, 4 ו- 6 סמ"ק לדונם על סמך תצפיות על התפתחות העלקת במיניריזטרון. בסוף הניסוי נספרו מספר ומשקל הפירות על צמח, משקל עלווה ושורשים ונלקחו מספר ומשקל העלקות הטפולות על שורשים.

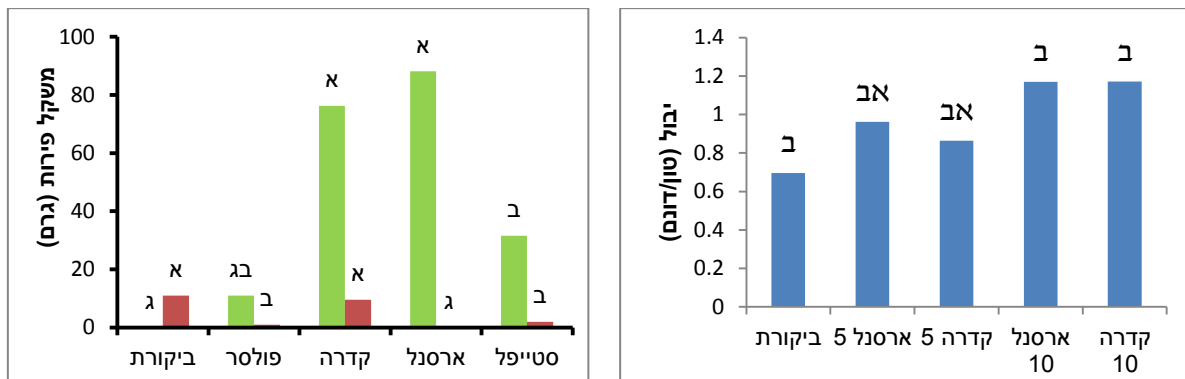
אימות התוצאות בניסויי שדה נעשה בחוות גד"ש. צמחי HRT1 נשתלו בשטח נקי מעלקת ובשטח הידוע כמאולח בעלקת. נבדקו הטיפולים הבאים: קדרה 5 סמ"ק/דונם 4 פעמים, ארסנל 5 סמ"ק/דונם 4 פעמים (193, 524 ו-882 GGD), קדרה 10 סמ"ק/דונם 3 פעמים, ארסנל 10 סמ"ק/דונם 3 פעמים (193, 524 ו-882 GGD). כל טיפול נעשה ב- 4 חזרות של 6 מטר רץ ערוגה. במשך הגידול נעשו תצפיות על התפתחות הצמחים ונספרו העלקות בשטח עם עלקת. בסוף הגידול נעשה קטיף מכל חזרה בנפרד.

תוצאות וממצאים

באדמה מאולחת בזרעי עלקת כל האמידוזולינונים מנעו כמעט לגמרי הופעת תפרחות העלקת מעל פני הקרקע (איור 31). סטייפל היה פחות יעיל. בסוף הניסוי על צמחי ביקורת שלא רוססו נמצאו הרבה תפרחות עלקת בוגרות אך על צמחים מרוססים באמידוזולינונים נמצאו עלקות בשלבי התפתחות צעירים. למרות שריסוס אחד לא היה מספיק כדי למנוע הדבקות צמחים בעלקת, הוא השפיע לטובה על היבול צמחי של HRT1 (איור 32 שמאל). בניסוי שני כל הטיפולים הורידו באופן משמעותי את מספר ומשקל העלקות אך לא התקבלה הדברה מלאה, כנראה בגלל אי התאמה של התפתחות העלקת בעציצים של 2 ל' של הניסוי ודליים של 4 ל', שימשו למערכת המיניריזטרון למעקב אחרי התפתחות העלקת וקביעת מועדי היישום.



איור 31. השפעת ריסוס באמידוזלינונים וסטייפל על מספר תפרחות עלקת מעל פני הקרקע הטפולות על צמחי עגבניה מזן HRT1.



איור 32. שמאל - השפעת ריסוס באמידוזלינונים וסטייפל על משקל פירות של צמחי עגבניה מזן M-82 ו-HRT1 בעצבים עם עלקת. ירוק מייצג את הזן HTR1 ואדום את הזן M-82. אותיות שונות מראות הבדלים סטטיסטיים בין הטיפולים. ימין - השפעת ריסוסים בקדרה וארסנל על יבול עגבניות בניסוי שדה. חוות גדש 2013.

בניסוי שדה בשטח בלי עלקת לא נצפתה פגיעה כלשהי בהתפתחות הצמחים כתוצאה מהריסוסים. לא היו הבדלים ביבול בין חלקות הביקורת וטיפולים בקוטלי עשבים. בשטח הנגוע בעלקת ל בחלקות הביקורת נספרו 40-50 עלקת ל- מ². לא נמצאו עלקות בחלקות שטופלו בקדרה או ארסנל. התפתחות הצמחים בביקורת קיבלה ציון נמוך (2.5 - 3.5 מתוך 5). הצמחים בכל הטיפולים התפתחו טוב יותר (ציון 4.5 - 5 מתוך 5). טיפולים בקדרה וארסנל במינונים של 10 סמק/דונם גרמו לעליה ביבול באופן משמעותי (איור 32 ימין). יש לציין, שבגלל שתילה מאוחרת (יוני) היבול בחלקות הניסוי היה נמוך. לכן אנחנו נאלצים להעמיד שוב ניסוי דומה בשנה הבאה.

מסקנות

1. בבדיקות של השפעת קוטלי העשבים על הגידול הוגטטיבי של הקו HRT1 נמצאה עמידות גבוהה לקוטלי העשבים מקבוצת האימידוזלינונים (פולסר, קדרה וארסנל) ומקבוצת Pyrimidinylthiobenzoates (סטייפל). העמידות של הקו HRT1 לקוטלי העשבים מקבוצת הסולפונילאוראות (אקיפ, אנוק, גלין ומוניטור) דומה לזו של M-82. קוטלי

העשבים פולסר וסטייפל פגעו קשה ביצור פירות עגבניה של שני הזנים שנבדקו. סטייפל גם היה פחות יעל בהדברת העלקת. לכן קדרה וארסנל הומלצו לשימוש להדברת הטפיל.

2. נמצא כי האנזים ALS של הקו המוטנטי HRT1 עמיד בהרבה לקוטלי העשבים מקבוצת האימידזולינונים לעומת זן עגבנית האם M-82. כלומר, העמידות של HRT1 נובעת משינוי אתר המטרה של האימידזולינונים באנזים. המוטציה שמקנה עמידות היא החלפת אלנין לולין בעמדה 194, במקום 205 בהתאמה לגנום של הארבידופסיס.

3. שימוש בשלושה יישומים של קדרה וארסנל במינון של 10 סמק/דונם הדביר עלקת בניסוי שדה וגרם לעליה ביבול של עגבניות HRT1.

נושא 5- הדברה, חישה ופיתוח מערכות תומכות החלטה

5.1 פיתוח מערכת תומכת החלטה להדברה מושכלת של עלקת מצרית בגזר. חנן איזנברג ואמנון כוכבי, נווה יער.

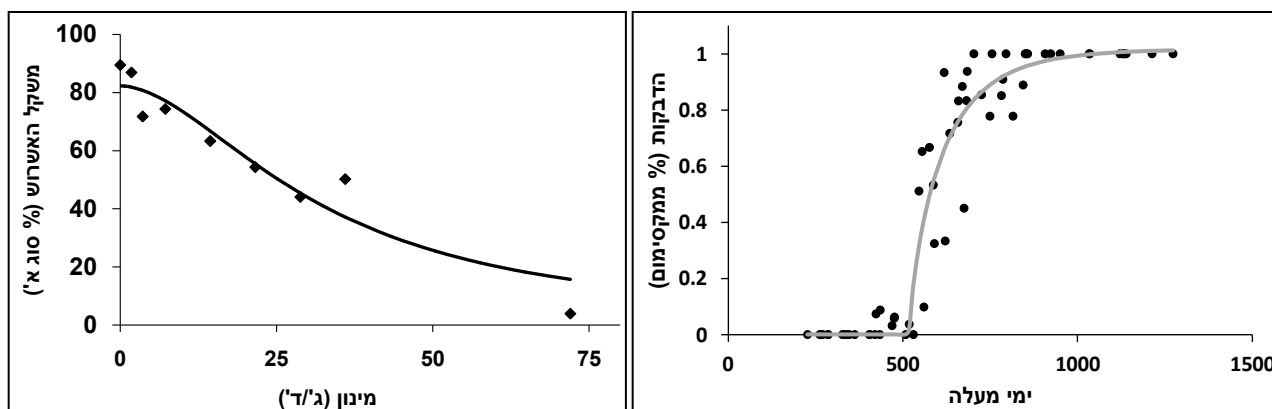
מטרת חלק זה של המחקר לפתח מודל הדברה תלוי ימי מעלה לע. מצרית בגזר, על ידי שימוש מושכל בקוטלי עשבים. היפותזת המחקר היתה כי מודל אמין לחיזוי מועד הטפילות יהווה בסיס לקבלת החלטות לגבי מועד ומינון קוטלי העשבים. בשנת המחקר השנייה הוצבו כשמונה ניסויי שדה להמשך פיתוח מודל חיזוי הטפילות בתנאי שדה, בשיטה זהה לזו שהשתמשנו בשנת המחקר הראשונה. סה"כ, בשלב זה מודל חיזוי הטפילות מבוסס על **כארבעים תצפיות וניסויי שדה**. בנוסף, הוצבו כארבעה ניסויי שדה לאופטימיזציה של ההדברה הכימית של עלקת בגזר. נתונים לגבי הטפילות או הצלחת ההדברה נאספו באמצעות מצלמת מיניריזטורן.

תוצאות

א. הקשר בין טמפרטורה לטפילות. קיים קשר בין טמפ' להתפתחות העלקת. נבחנו כמה מודלים לחיזוי הטפילות. בהשוואה בין חישוב ימי מעלה במודל לינארי שמוכר בגידולים כמו עגבניה, חמנית ותלתן - $GDD = [(T_{max} + T_{min})/2 - T_{base}]$ לפונקציה לא לינארית (β function) $[(T - T_b)/(T_o - T_b)] * [(T_m - T)/(T_m - T_o)]^{[(T_m - T_o)/(T_o - T_b)]}$ $GDD = \{T_b\}^a$ המתייחסת לנתוני טמפרטורה שאינם בטווח האופטימלי של הגידול, ניתן לראות כי בעזרת מודל (β function) (ב"פ) ניתן לבצע חיזוי מדויק של הופעת השלב התת קרקעי של העלקת.

ניסיון להוסיף למודל הב"פ משוואת סיגמואיד שיפר את יכולת החיזוי של המודל אך לא בצורה משמעותית. עפ"י עקומת הדינאמיקה שנבנתה למודל (עקומת Weibull) נראה כי מועד תחילת ההדבקות הינו ב- 500 ימ"מ לערך ו- 63% מן העלקות מופיעות בכ- 600 ימ"מ לערך (איור 33 ימין). עוד נמצא כי הדבקות מאוחרות בעלקת לא גורמות לנזק לאשרוש וישנה ירידה סיגמואידית במשקל העלקת ככל שמועד ההדבקה הינו מאוחר יותר.

כאשר אנו מעוניינים לרסס גלייפוסט בכדי למנוע את הופעת העלקת ישנה חשיבות למועד הריסוס עפ"י המודל, זאת מכיוון שלריסוס במועד שונה יעילות שונה בקטילת העלקת. ככל שנרסס מאוחר יותר מ- 800 ימ"מ יכולתנו לקטול את העלקת יורדת. יכול להיות שהדבר כרוך בכך שהחל מ- 900 ימ"מ לערך ישנה עלייה מהירה במשקל העלקת ולכן הקושי בקטילת העלקת גדל.



איור 33. ימין - תיאור הדינאמיקה של העלייה במספר העלקות כתלות בימ"מ מחושבים עפ"י מודל ב"פ. הנקודות מתארות את התצפיות בשדה והקו את הדינאמיקה המותאמת עפ"י העקומה. העקומה המותאמת הינה עקומת Weibull בעלת 4 פרמטרים, כאשר כל הערכים מובהקים ברמת מובהקות של 0.05. ערך ה-RMSE הינו 0.1171. שמאל - השפעת גלייפוסט על איכות הגזר (אחוז סוג א' משקלי). כל מינון יושם שלוש פעמים בהפרשים של 250 ימ"מ בין הטיפולים החל מ-600 ימ"מ. הותאמה עקומת Log logistic בעלת 3 פרמטרים, משוואת הרגרסיה ומקדמיה נמצאו מובהקים בר"מ של 0.05. למשוואה ערך RMSE של 9.04.

בחינת השפעת גלייפוסט על משקל האשרוש והעלקת בתנאי שדה:

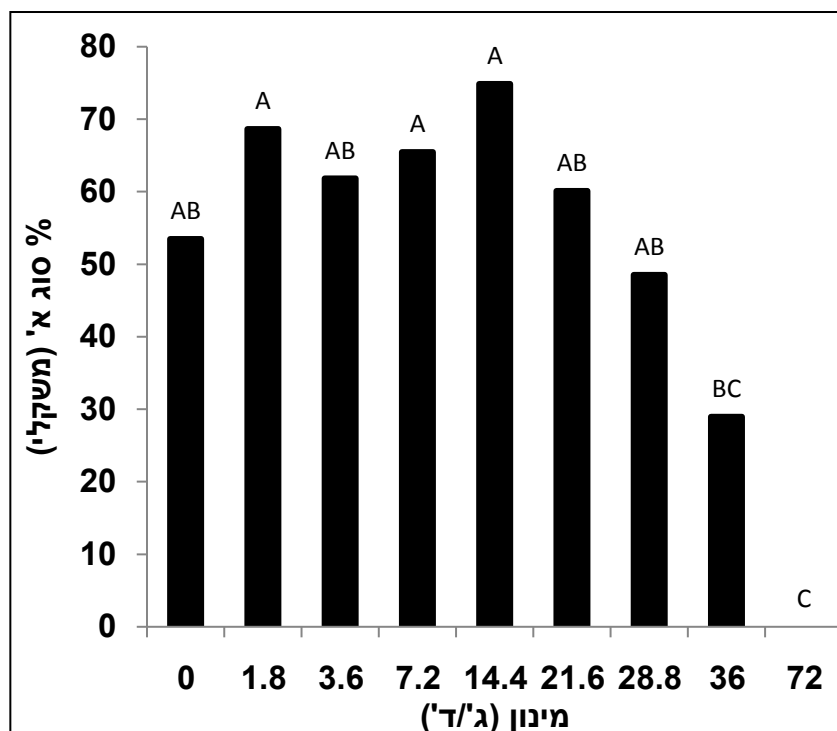
גזר ללא עלקת (חוות עדן):

ניתן לראות כי המינונים הנמוכים (0-7.2 ג'ד') אינם משפיעים באופן מובהק על משקל האשרוש, כלומר אין פגיעה באשרוש וככל הנראה במינון זה הצמח מגלה סבילות לק"ע במינון זה ואיננו נפגע. במינונים שבין 14.4 ל-36 ג'ד' ישנה ירידה קבועה במשקל האשרוש ככל שמינון הגלייפוסט עולה. ב-72 ג'ד' המינון המקסימאלי שניתן, משקל האשרוש קרוב לאפס (4% סוג א' משקלי) כך שניתן לומר שבמשקל זה ישנה קטילה מוחלטת של הגידול. ניתן לומר כי יישום גלייפוסט במינון שבין 1.8-7.2 ג'ד' הינו הבטוח לשימוש וכל מינון שמעל לכך יגרום לפחיתה ביבול (איור 33 שמאל).

גזר מאולח בעלקת (חמדיה):

משקל האשרוש: חשוב להדגיש כי בחלקת חמדיה שהייתה ברמת אילוח גבוהה רק שני היישומים האחרונים היו יעילים בהדברת עלקת (היישום הראשון ניתן כאשר טרם התפתחו עלקות על השורשים) לכן לא ניתן להסיק לגבי השפעת יישום ק"ע על פגיעת העלקת במשקל האשרוש. עדיין ניתן לראות במינונים הגבוהים (36 ו-72 ג'ד') כי פגיעת ק"ע גדולה מפגיעת העלקת (איור 34).

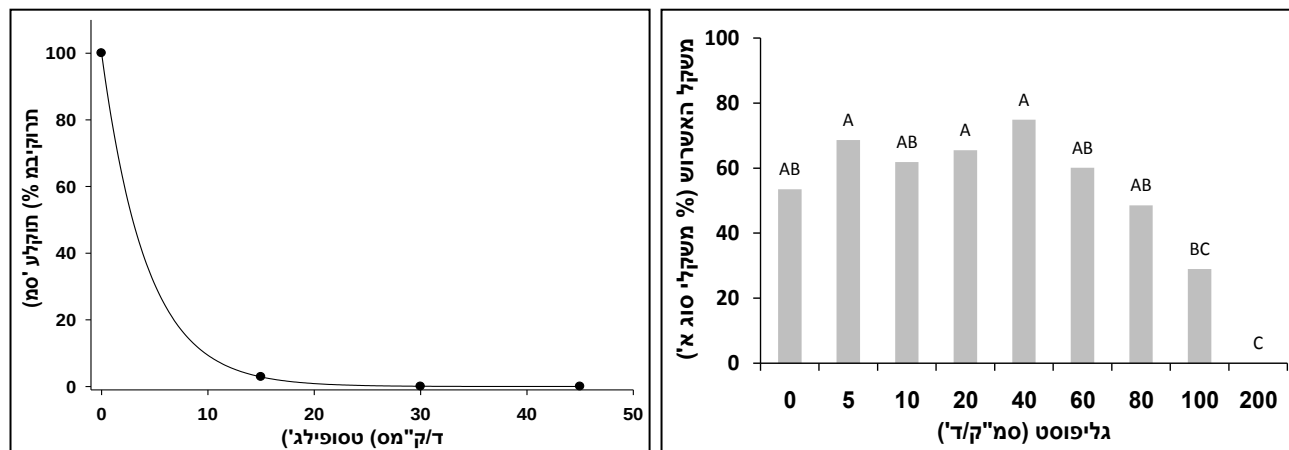
מספר תפרחות העלקת: ישנה השפעה אקספוננציאלית של מינון גלייפוסט על מס' תפרחות העלקות. בע"מ ישנה פחיתה של 50% במס' התפרחות במינון 1.08 ג'ד' בשתי החלקות. בע"ח הירידה ב-50% מופיעה במינון 6.84 ג'ד'. מתוך כך ניתן ללמוד כי יש קושי רב יותר להדביר ע"ח מאשר ע"מ באמצעות גלייפוסט. עוד נמצא כי ברמות אילוח שונות יש צורך במינונים שונים של ק"ע בכדי לקבל הדברת העלקת יעילה.



איור 34. השפעת גלייפוסט שניתן בשלושה יישומים על יבול הגזר (אחוז סוג א' משקלי) בחלקת גידול מאולחת בקיבוץ חמדיה. הנתונים נותחו במבחן Tukey - HSD בר"מ של 0.05. עמודות המסומנות באות שונה נבדלים זה מזה בר"מ של 0.05.

ב. אופטימיזציה ליישום קוטלי עשבים בגזר: קביעת מינון, מועד היישום ותנאי הסביבה.

בשנת הניסויים השנייה של המיזם הוגדר סף התגובה של הגזר לקוטלי עשבים גלייפוסט, קדרה ואימומוקס. בוצעו עקומי כיוול לרגישות הגזר ויעילות הדברת עלקת בקוטלי עשבים אלו בתנאים מבוקרים ובשדה. בדוח זה נציג את הנתונים מעקומות הכיוול שהותאמו בניסויי שדה.



איור 35. ימין - רגישות גזר לגלייפוסט. שמאל - יעילות הדברת עלקת. הנתונים מתארים תוצאות ניסויי שדה.

גזר נמצא בררני למינוני גלייפוסט של 15-30 סמ"ק לדונם בשלושה יישומים (איור 35 ימין). במינון זה העלקת הודברה כמעט לחלוטין (איור 35 שמאל).

נערכו ניסויים בתנאים מבוקרים לקביעת משך הזמן בו יעיל התכשיר ולאחר כמה זמן יש לחדש את ההדברה. נמצא כי גלייפוסט יעיל בהדברת עלקת כ 250 ימי מעלה (לפי נוסחת β function), ובמועד זה יש ליישם את החומר פעם נוספת.

סיכום

בעקבות הממצאים פיתחנו מערכת תומכת החלטה (מבוססת טמפרטורת קרקע) להדברה מושכלת של עלקת בגזר הממליצה לטפל בראונדאפ במימון של 15 סמ"ק/ד' במועדים במועדים 600, 850, 1100 ו 1350 ימי מעלה (לפי נוסחת β function). המערכת נבחנה בתנאי שדה ונמצאה יעילה מאוד להדברת עלקת מצרית וחרוקה. בשנים הקרובות נמשיך לעדכן ולבחון את המערכת בתנאי שדה.

5.2 פיתוח מערכת תומכת החלטה להדברת עלקת מצרית בעגבניות חממה. חנן איזנברג, גיא אכדרי, נווה יער.

מטרות חלק זה במחקר לשפר את מערכת 'פקעית' ופיתוח אסטרטגית הדברת ע. מצרית בעגבניות הגדלות בחממה. העבודה מתבצעת בדומה למחקר בו פותחה מערכת קבלת ההחלטות 'פקעית' להדברה מושכלת של עלקת בעגבניות לתעשייה הגדלות בשדה הפתוח. ההנחה היא כי מודל ימי המעלה שפותח לטפילות עלקת על עגבניות לתעשייה יהיה תקף לעגבניות הגדלות בבתי צמיחה לאחר התאמה. בהמשך לתוצאות החיוביות שהתקבלו בשנת המחקר השנייה, בשנת הניסויים השלישית בחנו את יעילות הדברת העלקת כתגובה לטיפול הרביצידיים בשיטת קדם שתילה מתוחח (קש"מ), ולאחר מכן המשך טיפול בקוטל העשבים קדרה שניתן בהרביגציה דרך מערכת הטפטוף, 2 סמ"ק/ד', החל מ 400 ובהמשך לאחר כל 200 ימי מעלה (לפי הנוסחה לחישוב ימי המעלה של עגבניות לתעשייה). טיפולי הקש"מ כללו מוניטור 5 ג/ד'.

תוצאות

בחלקות שטופלו בטיפול הקש"מ לא נצפה כל עיכוב בצמחי העגבניה כתגובה לטיפול הקש"מ במוניטור. כמו כן נצפתה הדברת עלקת יעילה (50-60 תפרחות ל- 20 מ' חלקה לעומת חלקות הביקורת בהם נצפו כ 120 תפרחות עלקת). תפרחות העלקת שנצפו בטיפולים ברובן נפגעו מהתכשיר קדרה. השונות בין מנהרות העגבניה היתה גבוהה מאוד מבחינת רמת האילוח בעלקת ולכן לא ניכר הבדל מובהק בין היבול המצטבר הממוצע של החממות. יחד עם זאת במהלך העונה ראינו בחלק מהיישומים פגיעות של החומר בצמחי העגבניה שהתבטאו מהסתלסלות העלים- תופעה האופיינית ליישום התכשיר קדרה. תופעה זאת באה לידי ביטוי רק לאחר אחד היישומים במוקד שנמצא בסוף שלוחות הטפטוף. מכך אנו למדים כי ליישום החומר בצורה נכונה ומדויקת חשיבות עליונה. בהמשך המחקר נתמקד בשינוי שיטת היישום של התכשיר קדרה בהרביגציה. התכשיר יינתן באמצעות משאבה חשמלית של עמיעד בנפח תכשיר של כ 20 ליטר במהלך 30 דק' עם טפטפות ספיקה נמוכה (0.6 ל/ש' במרווח 30 ס"מ). השיטה נוסתה בהצלחה בעגבניות לתעשייה. אנו מעריכים כי בשיטת יישום זו ניתן יהיה למנוע את הנזק.

סיכום

מתוצאות שהושגו במהלך שלוש שנות מחקר אנו למדים כי הפתרון היעיל ביותר להדברת עלקת בעגבניות חממה הוא חיטוי קרקע כפי שהוצג בפרק החיטויים. על מנת להדביר עלקת שחמקה מהחיטוי בעגבניות חממה יש ליישם קדרה במינון 1 סמ"ק לדונם בכמיגציה במערכות טפטוף בעלות ספיקה נמוכה (0.6 ליטר בשעה בהצבה כל 30 ס"מ).

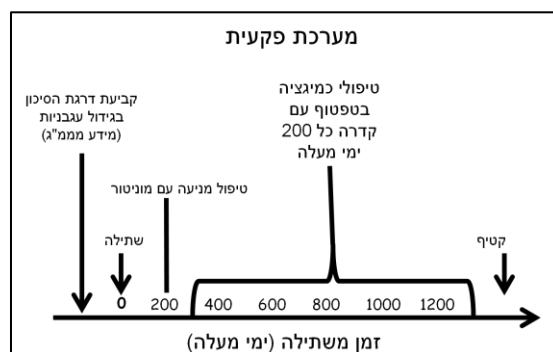


איור 36. טיפולי הדברת עלקת בעגבניות חממה. מעל הקו השחור ניתן לראות עגבניות מעוכבות על ידי העלקת לעומת חלקות מטופלות בקוטלי עשבים ללא עלקת וללא פגיעות.

5.3 שיפור יעילות מערכת קבלת החלטות 'פקעית' להדברה מושכלת של עלקת מצרית בעגבניות לתעשייה. חנן איזנברג, גיא אנדרי, נווה יער; גדי טל, שייקה קליפלד והמחלקה החקלאית, נטפים, והמגדלים טל לנדה, חוות עדן, איתן אביבי, עין חרוד איחוד ורוני פוייר חוות גז"ש.

מטרות חלק זה של המחקר לשפר את מערכת 'פקעית' (איור 37) בשלבי הגידול המאוחרים באמצעות שילוב טיפולי כמיגציה בטפטוף עם טפטפות ספיקה נמוכה (נטפים) 0.6 ל/ש' במרווח 30 ס"מ או 1.0 ל/ש' במרווח 50 ס"מ), עם קוטל העשבים קדרה. בשנים קודמות הראינו כי כאשר התכשיר ניתן באמצעות משאבה חשמלית של עמיעד בנפח תכשיר של כ 20 ליטר במהלך 30 דק', הדברת העלקת יעילה מאוד במרבית שלבי הגידול. אחת המטרות המרכזיות של מחקר זה היא להחליף את הטיפולים הדורשים מהחקלאים שתי מערכות השקיה, קרי, המטרה וטפטוף. בשנת הניסויים השלישית נבחנו טיפולים שכללו כמיגציה בלבד של התכשירים מוניטור וקדרה. בחלק מהטיפולים התכשיר מוניטור שדורש הפעלה הופעל על ידי גשם בחורף והמשך הטיפול היה באמצעות כמיגציה.

שאלות המחקר לשנת 2013: א) האם ניתן להחליף את הצורך בהצנעת מוניטור בהמטרה לאחר 200 ימי מעלה בטיפולים המופעלים על ידי גשם בחורף? ב) האם קיים הבדל בין יעילות הדברת עלקת בשימוש בצינורות טפטוף בספיקה של 0.6 ל/ש' במרווח 30 ס"מ או 1.0 ל/ש' במרווח 50 ס"מ?

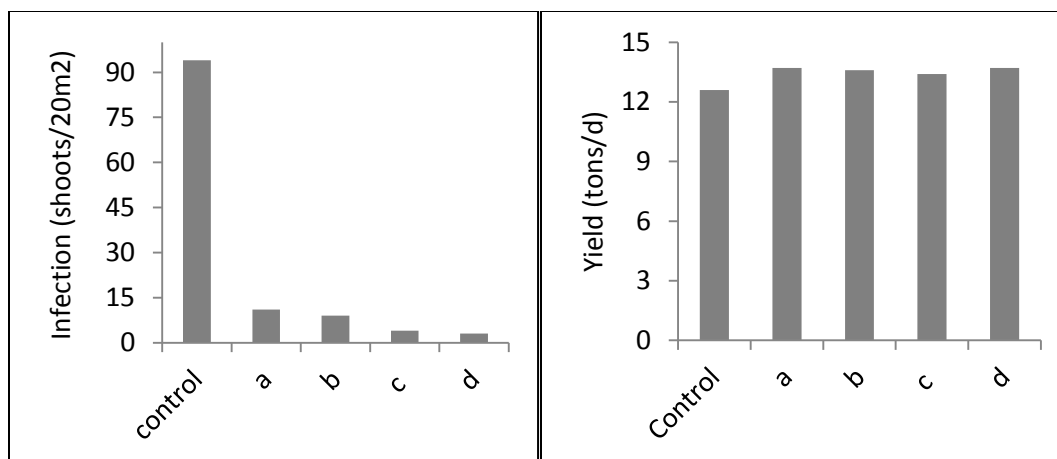


איור 37: תיאור סכמתי של מערכת קבלת החלטות להדברה מושכלת של עלקת מצרית בעגבניות לתעשייה. המערכת מבוססת על מודל ימי מעלה.

החומרים שנבחנו בריסוס בחורף כללו: מוניטור 5 ג'ד ולאחר מכן תיחוח מבוקר עומק ל 10 ס"מ (קש"מ), ולאחר מכן יישום קדרה בכמיגציה (לפי מודל פקעית) שכלל סגירת בצל בכמות השקיה של 22 קוב/ד', יישום והשלמה של עוד שמונה קוב/ד' לכמות של 30 קוב/ד'. הניסויים נערכו בחוות עדן, עין חרוד איחוד וחוות גד"ש בגליל העליון. ציוד הטפטוף בו השתמשו בכל הניסויים היה טפטפת של נטפים בספיקה 0.6 ליטר/ש' במרווח 0.3 מ' בין הטפטפות או 1.0 ליטר/ש' במרווח 0.5 מ' בין הטפטפות.

תוצאות הניסויים מחוות עדן ומעין חרוד איחוד לגבי יעילות הדברת עלקת היו דומות. כל הטיפולים הדבירו את העלקת באופן מוחלט (איור 38) לעומת זאת היבול בעין חרוד נפגע מהתפרצות מחלת קלוויבטר בשדה בשטח הניסוי. המעבר בין חלקות הניסוי לביצוע תצפיות העביר את המחלה למרבית שטחי הניסוי. בחוות גד"ש בגליל העליון טיפולי הקש"מ לא היו יעילים והעלקת לא הודברה. יחד עם זאת כאשר החלנו בטיפול הכמיגציה הצצת העלקת נעצרה כמעט לחלוטין. בשלב זה אנו בודקים את הסיבות לכישלון ההדברה בטיפול הקש"מ. מאחר ולא נראו נזקי מוניטור על שדה תירס שכן, שטופל שנה לפני כן במוניטור אנו משערים כי ייתכן ומהסיבה לכך היא פירוק מואץ של החומר אך כאמור טענה זאת תיבדק בהמשך.

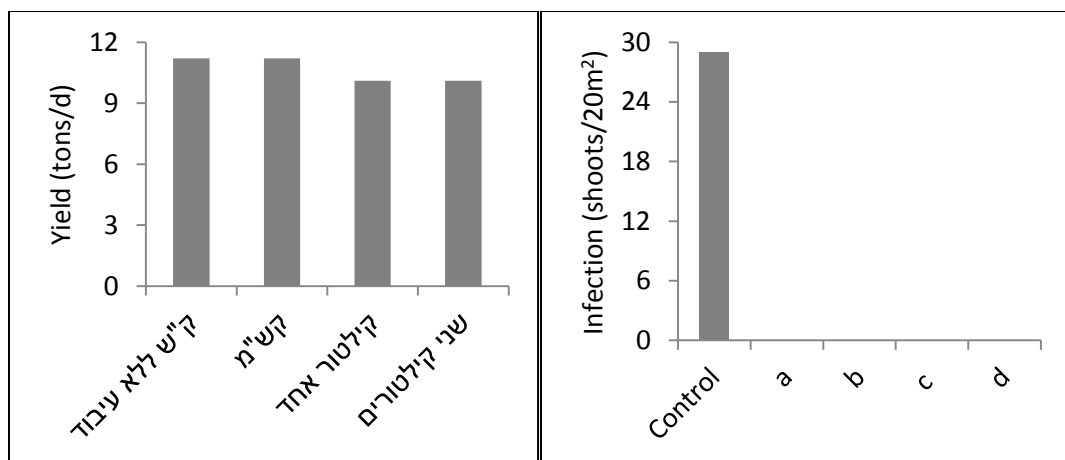
תוצאות וממצאים משנת המחקר השלישית



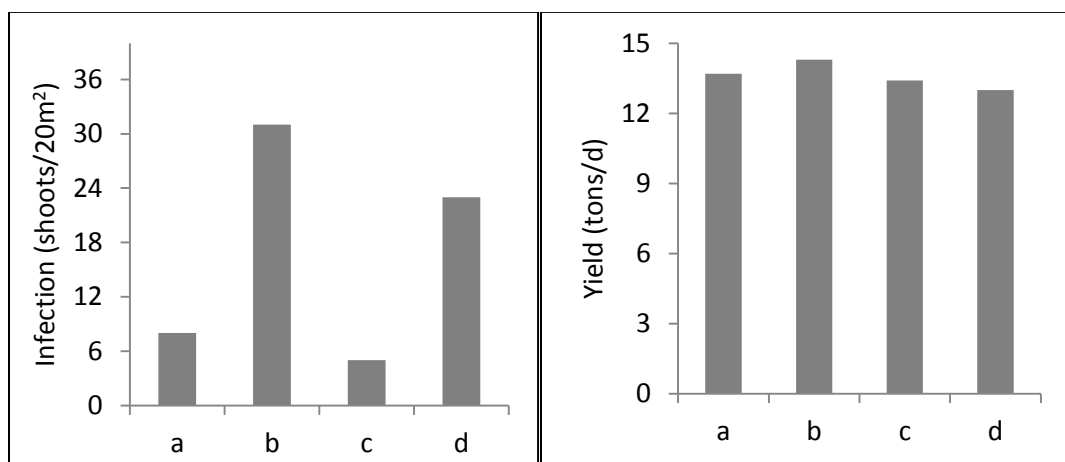
איור 38. שמאל - יעילות הדברת עלקת 118 יל"ש כתגובה לטיפול קש"מ. פירוט הטיפולים מופיע בטבלה 13. בכל הטיפולים הושגה הדברת עלקת באופן מובהק. חוות עדן 2013. ימין - יבול העגבניות לטיפולים. היבול לא נפגע באופן מובהק.

טבלה 13. טיפולי הדברה שניתנו בחוות עדן במועדים לפי ימי מעלה (GDD). M3 - מוניטור 3 ג'ד, M5 - מוניטור 5 ג'ד, C2,3,5 - קדרה 2, 3, 5 ג'ד. T5 - טיטוס 5 ג'ד, T10 - טיטוס 10 ג'ד. טיפולי הקש"מ תוחחו לקרקע לעומק 10 ס"מ והופעלו על ידי 30 מ"מ המטרה. טיפולי קדרה ניתנו בכמות השקיה של 30 קוב לדונם.

Growing Degree Days (GDD)					
	0	400	600	800	1000
Control	-	-	-	-	-
A	M3 (PPI)	C2	C3	C5	C5
B	M5 (PPI)	C2	C3	C5	C5
C	T10 (PPI)	C2	C3	C5	C5
D	T15 (PPI)	C2	C3	C5	C5



איור 39. ניסויים שנערכו בעין חרוד איחוד 2013. ימין - יעילות הדברת עלקת 120 יל"ש כתגובה לטיפול קש"מ או ק"ש שניתנו בחודש דצמבר. פירוט הטיפולים מופיע בטבלה 13. בכל הטיפולים הושגה הדברת עלקת מוחלטת. שמאל - יבול העגבניות כתגובה לטיפולים. לאחר הטיפול ירדו כ 170 מ"מ גשם.



איור 40. שמאל - יעילות הדברת עלקת 118 יל"ש כתגובה לסוגי טפטפות שונים. פירוט הטיפולים מופיע בטבלה 14. בכל הטיפולים הושגה הדברת עלקת יעילה באופן מובהק. חוות עדן 2013. ימין - יבול העגבניות לטיפולים. היבול לא נפגע במובהק.

טבלה 14. טיפולי הדברה שניתנו בחוות עדן במועדים לפי ימי מעלה (GDD). M5 - מוניטור 5 ג'ד', C2,3,5 - קדירה 2, 3, 5 ג'ד'. טיפולי המוניטור ניתנו בהמטרה (SP) וקדירה בכמיגציה (DR). טיפולי קדירה ניתנו בכמות השקיה של 30 קוב לדונם. בטיפולים A, C השתמשנו בטפטפת בספיקה 0.6 ליטר/ש' במרווח 0.3 מ' בין הטפטפות ובטיפולים D, B השתמשנו בטפטפת 1.0 ליטר/ש' במרווח 0.5 מ' בין הטפטפות.

	Growing Degree Days (GDD)			
	200	400	600	800
Control	-	-	-	-
A	M5 (SP)	C2	C3	C5
B	M5 (SP)	C2	C3	C5
C	M5 (SP)	C2	C3	C5
D	M5 (SP)	C2	C2	C2

במקביל לניסויים המבוקרים בוצעו ניסויים בחלקות בשטח 100 מ"ר בהן נבחנו טיפולי קש"מ וקדם שתילה (ק"ש) מוקדמים שניתנו בחורף ללא צורך בהפעלת השקייה. ניסויים שנערכו בעין חרוד איחוד ובחוות עדן בשנת 2013 נמצא כי העלקת הדברה באופן מוחלט והיבול לא נפגע (איור 39).

נושא נוסף שנבחן בשנת 2013 בשלושת האתרים היה השוואת יעילות ההדברה והיבול בין יישום כמיגציה בטפטפת בספיקה 0.6 ליטר/ש' במרווח 0.3 מ' בין הטפטפות או 1.0 ליטר/ש' במרווח 0.5 מ' בין הטפטפות. יש חשיבות לבדיקה מאחר ובישראל זמינות נמוכה לטפטפות בספיקה 0.6 ליטר/ש' במרווח 0.3 מ'. נמצא כי אין הבדל ביעילות הדברת העלקת בין הטפטפות השונות והיבול שהושג היה מכסימלי (איור 40, טבלה 14). לכן בהמשך המחקר נשתמש רק בציוד טפטוף בספיקה 1.0 ליטר/ש' במרווח 0.5 מ'.

בכל אתרי הניסוי הטיפולים הושגו לטיפול פקעית הכוללים יישום מוניטור לפי מודל ימי מעלה וריסוס קדרה על עלוות העגבניה. בטיפולים הושגה הדברת עלקת מוחלטת עם יבול מלא בדומה ליבול המשקי.

סיכום

בשנת הניסויים 2013 הושגה הדברת עלקת טובה באמצעות טיפולי כמיגציה ושילובים בין כמיגציה וטיפול עלוות שמוחדרים לקרקע באמצעות השקייה. בכך הוספו למגדל אפשרויות לטיפול בעלקת באמצעות הרביצידיים גם אם אין אפשרות להמטיר, כפי שהוצע במערכת פקעית בגרסתה הראשונה. סיכום מגוון הטיפולים מופיע בטבלה 15. טיפול ראשון בטפטוף עם מוניטור הדביר עלקת ולא פגע ביבול באופן מובהק. להערכתנו, ישנה חשיבות לתכנון הידראולי של מערכת הטפטוף והתאמתה לשיטת היישום, וזאת על מנת שקוטל העשבים יגיע ליעדו במועד ובכמות הנכונה.

בשנים קודמות מצאנו כי אין יתרון לשתילה על ערוגה אחת לעומת שתי ערוגות.

עד עתה מערכת פקעית נבחנה בעשרות חלקות ניסוי במהלך חמש השנים האחרונות. מודל הטפילות נמצא יעל ואמין מאוד ומהווה בסיס למועדי יישום תכשירי ההדברה. יש לחזור על הטיפולים שנה נוספת בקנה מידה מסחרי על מנת לצאת עם המלצות לחקלאים, אך ללא ספק תוצאות שנת ניסויים זאת הציגו את הפוטנציאל הרב הגלום במערכת קבלת ההחלטות פקעית, כאשר משולבים בה טיפולי כמיגציה דרך הטפטוף.

טבלה 15. סיכום אפשרויות הטיפול להדברת עלקת בעגבניות לתעשייה. מועדי היישום לפי מודל ימי מעלה פקעית

חלופות	דרישות מיוחדות	מגבלות	יעילות הדברה	יבול	עלות שח/דונם (הערכה)
פקעית מלא : X 3 מוניטור 5 ג' ד' קדרה (עלווה) 2 סמ"ק ד'	3 המטרות	מחזור גידולים	+++++	100%	300
פקעית משולב : X 1 מוניטור 5 ג' ד' הפעלה בהמטרה קדרה (כמיגציה) 2, 3, 5 סמ"ק ד'	1 המטרה	מחזור גידולים (יש לברר)	+++++	100%	120
פקעית משולב : X 1 מוניטור 5 ג' ד' הפעלה בכמיגציה קדרה (כמיגציה) 2, 3, 5 סמ"ק ד'	-	(יש לברר)	++++	85%	50
פקעית משולב : X 1 מוניטור 5 ג' ד' הפעלה על ידי גשם בחורף קדרה (כמיגציה) 2, 3, 5 סמ"ק ד'	-	מחזור גידולים (יש לברר)	+++++	100%	55

5.4 פיתוח מודל לתנועת אימזאפיק ("קדרה") בקרקע ביישום דרך מערכות טפטוף.

יעקב גולדוסר, און רבינוביץ, נפתלי לזרוביץ, זאב גרסטל, אחמד נאסר, וברוך רובין, הפקולטה לחקלאות, מכון וולקני ואוניברסיטת בן גוריון.

מעכבי ALS מוכרים כיעילים בהדברה סלקטיבית של עלקת על ידי פגיעה ישירה בעלקת הנובטת בקרקע, ופגיעה דרך הסעת התכשירים מהפונדקאי לעלקת המחוברת לצינורות ההובלה שלו ומשמשת מבלע חזק ("Super-sink"). כיום אנחנו מגששים באפלה בכל הקשור לפיזור תכשירי הדברת עשבים עם המים בטפטוף וכיצד להשיג במרחב ובזמן המתאים ריכוז לטאלי לטפיל וסלקטיבי לפונדקאי. באמצעות התוכנה HYDRUS 2D/3D ניתן לחשב את זרימת המים ואת הסעת תכשירי הדברה, כאשר המרחב הינו תלת ממדי כמו בהשקיה בטפטוף. מודל ספרתי מכויל יאפשר הבנה ואופטימיזציה של משתני המערכת ושאלות כגון מה ריכוז חומר ההדברה ועיתוי המתן המיטביים יכולות לקבל תשובה בעזרת המודל הספרתי.

מטרות המחקר היו לפתח מודל שיתאר את פיזור החומר אימזאפיק (קדרה 240 ג'ל ת"ג) על ידי השקיה בטפטוף ולאמת את המודל במעבדה ובשדה. במודל ובניסוי השדה תיבחן השפעת שילובים של משטרי השקיה, מנות מים, ריכוז החומר, ומועד יישום החומר בהריגציה על פיזור החומר בקרקע, כדי לקבוע את הממשק המיטבי להדברת עלקת מצרית (ע"מ) לכל אורך תקופת גידול עגבניות לתעשייה. אימות החיזוי של פיזור המים והחומר בקרקע על פי תוכנת HYDRUS 2D/3D תאפשר שימוש בתוכנה ככלי עזר להכוונת הדברת ע"מ בחלקות נגועות.

מהלך הניסויים ותוצאות שנה שלישית

ניסויי מעבדה

קביעת עקום ספיחה של הקרקעות בהן נערכו ניסויי המיזם להדברת עלקת. בניסוי שבוצע במעבדתו של ד"ר זאב גרסטל וד"ר אחמד נאסר נבדקו 3 קרקעות מאתרי ניסויי השדה ב- 2013: עין חרוד איחוד, חוות עדן וחוות גד"ש. ספיחת החומר בקרקעות אלו הושוותה לספיחה בקרקע חמרה. ספיחת אימזאפיק נבדקה על ידי טלטול קרקע עם תמיסה המכילה ריכוז ידוע של חומר ההדברה עד למצב של שיווי משקל. דוגמת קרקע במשקל 5 ג' הוספה לתוך מבחנה. למבחנה הוספו 10 מ"ל של תמיסת אימזאפיק בריכוזים 0-400 ppb בדוגמאות מחוות גד"ש וחוות עדן וריכוזים של 0-700 ppb בשתי הקרקעות הנוספות. הניסוי בוצע עם תמיסות אימזאפיק מחומר טכני וכן מהפורמולציה המסחרית. לאחר טילטול של 18 שעות המבחנות סורכזו ודגימה של תמיסה נלקחה מהתסנין העליון לאנליזה של ריכוז האימזאפיק ב-LC/MSMS. הניסוי בוצע בשתי חזרות לכל ריכוז. הכמות הספוחה של אימזאפיק חושבה על פי ההפרש בין הכמות שהוספה בתמיסה לקרקע לכמות שנשארה בתמיסה בשיווי משקל.

על אף הספיחה המועטה של אימזפיק, תוצאות ניסוי הספיחה מראות שקרקע חוות גד"ש סופחת אימזאפיק באופן משמעותי יותר מאשר הקרקעות האחרות שנבדקו (איור 41 ימין). ערך K_d (מקדם הספיחה) שחושב (0.23 מ"ל/גרם) היה בקרוב פי 2 ויותר מאשר ערך זה בקרקעות האחרות (חוות עדן – 0.125 מ"ל/גרם, חמרה 0.114 מ"ל/גרם ובעין חרוד 0.099 מ"ל/גרם). הספיחה החזקה יותר של החומר לקרקע חוות גד"ש עשויה להסביר את הגבלת תנועתו של החומר בקרקע זאת יחסית לאתרים האחרים, לריכוזו הנמוך יותר בתמיסת הקרקע ומכאן גם ליעילותו הנמוכה יותר בהדברת עלקת בניסוי השדה ב- 2012 בחוות גד"ש בהשוואה לניסויי השדה באתרים האחרים בשנה זאת.

עקום פריצה של אימזאפיק בקרקע חוות גד"ש. ניסוי לקביעת עקום הפריצה של אימזאפיק בוצע במעבדה של ד"ר גלבוע אריה בשדה בוקר. תמיסת אימזאפיק בנפח השווה ערך לכ- 4 נפחי נקבובים (PV), הועברה בעמודה שהכילה קרקע מחוות גד"ש בעזרת משאבה פריסטלטיית. לאחריו בוצעה שטיפה במים ללא החומר. ריכוז החומר נבדק

במכשיר HPLC במעבדתו של ד"ר אחמד נאסר בבית דגן. היחס (C/C_0) בין הריכוז של התמיסה בתחתית העמודה (C) לבין ריכוזה ההתחלתי (C_0) כתלות במספר נפחי העמודה שעברו מהוה מדד למידת הספיחה של החומר לקרקע. עקום הפריצה של החומר הושווה לעקום הפריצה של כלור לאחר העברה באותה עמודה באותם תנאים, מלח בישול (NaCl). יון הכלור משמש כמדד השוואתי לחומר שאינו נספח לקרקע בגלל המטען השלילי שהוא נושא.

תוצאות הניסוי מצביעים על כך שהקינטיקה של הספיחה והשחרור אינה זהה לחלוטין – קיימת היסטריזה כך שהשחרור מעט איטי יותר (איור 41 שמאל). התאמת המודל עבור אימזאפיק היא בלתי תלויה, ומתבססת על חישוב מהירות הזרימה והדיספרסיה כפי שחושבה עבור הכלוריד. ערכים אלו "קובעו" עבור אימזאפיק והותאם מקדם העיכוב שערכו 2.18. משמעותו של מקדם העיכוב על פי הממצאים של הניסוי כי דרושים יותר מ-4 נפחי עמודה להעביר עם תמיסת החומר כדי שריכוזה בתחתית העמודה יהיה שווה לריכוזה בראש העמודה. במקרה של כלור דרושים רק 2 נפחי עמודה. עבור ספיחה ליניארית: $R=1+(K_d \rho)/\theta$. קבוע הספיחה K_d , חושב על-פי הערכים המדודים: הרטיבות המשקלית - $\theta=0.29$ (g/g), והצפיפות הנדמית של הקרקע - $\rho=1.23$ (g/cm³). הערך המחושב שנמצא $K_d=0.28$ cm³/g דומה מאוד לערך שנמצא בניסוי הספיחה ומתאים לערכים המופיעים בספרות המקצועית.

ניסויי עציצים

שינוי בריכוז אימזאפיק בקרקע ובצמח במשך שבועה ימים. בדקנו שוב בניסוי עציצים בחממה את ריכוזי האימזאפיק בקרקע (חוות גד"ש), ובצמח - בשורשים ובעלווה 1, 3, ו-7 ימים לאחר מתן של 10 ppb קדחה. ניתן מינון גבוה בכדי לאפשר את זיהוי התכשיר גם בטווח ארוך יותר וטווח הבדיקות קוצר בעקבות הממצאים של הניסויים הקודמים בהם מחצית החיים של אימזאפיק הייתה בסדר גודל של פחות מ-9 ימים. בניסוי זה עדיין לא נבדקו תוצאות הצטברות התכשיר בעלוות הצמח עקב מגבלה בבדיקת דוגמאות עם כלורופיל ב-LC/MSMS אך תוצאות בדיקות הקרקע והשורשים בצמח מראות שיום לאחר הטיפול הצמח קלט אימזאפיק, וריכוזו בתמיסת השורש עולה על ריכוזו בתמיסת הקרקע. שלושה ושבועה יל"ט, ריכוז החומר בשורשים לא פחת משמעותית ואילו בקרקע היתה פחיתה הדרגתית כפי שנצפתה בניסויים הקודמים (טבלה 16). החומר הצמחי מניסוי זה מחכה לאנאליזה ב-LC/MSMS שתתבצע עם הגעת הצידוד לניקוי הכלורופיל מהדגימות.

ניסוי בשורשים מפוצלים. בניסוי עציצים נוסף שבו יישמנו קדחה לעציץ אחד של צמח עגבנייה ששורשיו פוצלו ל-2 עציצים בחנו את תנועת ההרבציד מעציץ מטופל בלתי מטופל (איור 42 ימין). נמצא כי אין הדברה יעילה של עלקת בעציץ הלא מטופל, ממצא המצביע על כך שאם יש תנועה של הרבציד בין שורשי צמח העגבנייה, התנועה מוגבלת שלו ביותר (איור 42 שמאל). התוצאות משני ניסויי העציצים מסבירות את התופעה שהתחברויות עלקת לשורשים חדשים לא מודברות עקב דעיכתו המהירה של ההרבציד בקרקע מצד אחד ותנועה מוגבלת מהשורשים הבוגרים והמטופלים לשורשים החדשים מצד שני. תוצאות ריכוז האימזאפיק בעלוות הצמח משני הניסויים ישלימו את תמונת מאזן הקדחה בצמח ובקרקע בעקבות הגמעת ההרבציד.

ניסוי שדה

ניסוי שדה נערך בשדה עגבניות בחוות גד"ש גליל עליון בסמוך לחלקה של השנה הקודמת והיה חלק מניסוי גדול יותר שהוצב על ידי "נטפים" וכלל טיפולים שהוכתבו על ידי הצוות מנוה יער. הטיפול המפוצל שלנו כלל גם מתן מוקדם של מוניטור בהרביגציה. ההרביגציה של כל החומרים בוצעה דרך מערכת טפטוף "נטפים" במרווחי טפטפות של 30 ס"מ ובספיקת טפטפות של 0.6 ל"ש'. לפני ההרביגציה הושקה השדה במשך 20 שעות (20 מ"מ) והיישום בוצע מיד לאחר

מכן על ידי משאבה חשמלית במשך חצי שעה מתוך מיכל שבו נמהלו מנות ההרבצידים ב- 20 ליטר מים על פי המינונים והמועדים הבאים: מינון 5 ג'ד' מוניטור ב-24 יל"ש, 2 ג'ד' קדרה ב-35 ו-48 יל"ש, ו-3 ג'ד' קדרה ב-58 ו-75 יל"ש. לאחר כל הזרקה ניתנה שעה השקיה במים דרך כל המערכת ולאחר מכן השקיה של עוד 10 שעות (10 מ"מ). הניסוי נערך ב- 4 חזרות על ערוגה באורך 10 מטר בהם נשתלו 2 שורות עגבניות וביניהם שלוחת טפטוף, וביקורת צמודה לכל חלקה של ערוגה ללא כל טיפול.

בדיקת ריכוז אימזאפיק במי ההשקיה ובקרקע. דגמנו ובדקנו את ריכוז האימזאפיק במים, כ-900 מ"ל מים, שיצאו בטפטפת לאורך ההרביגציה (חצי שעה) ועד סיום ההשקיה (שעה נוספת) בנקודת המתן ובטפטפת אחת בכל חזרה. יום לאחר הטיפול הראשון לקחנו דוגמאות קרקע בעומק 0-25 ס"מ על ידי מקדח הולנדי בקוטר 2", 10, 20, ו-30 ס"מ בניצב לטפטפת משני צדדיה, חזרה אחת מכל טיפול. שתי הדגימות משני צדי השלוחה בכל מרחק אוחדו לדוגמא אחת. 2 דוגמאות נלקחו באותה מתכונת מ-2 חלקות ביקורת צמודות לחלקות הניסוי.

דוגמאות קרקע באותה צורה נלקחו 13 יל"ש, יום לפני המתן השני של הקדרה. דוגמאות הקרקע הוקפאו לטמפרטורה של 20°C והועברו לבדיקה לד"ר אחמד נאסר במרכז וולקני. לדוגמת קרקע במשקל של 3-5 גרם הוספו 10 מ"ל של

תמיסת מים ומתנול (30:70 בהתאמה) למיצוי החומר. ריכוז החומר בתמיסה נקבע במכשיר LC/MSMS.

בבדיקת מי ההשקיה בזמן יישום החומר נמצא שהריכוז בפועל במי הטפטפת היה נמוך במקצת בהשוואה לריכוז הצפוי (ppb 353 ו- ppb 463 בהתאמה, טבלה 17). על פי סה"כ כמות החומר שנמצאה בדיגום הקרקע עד מרחק של 30 ס"מ משלוחת הטפטוף ועד לעומק של כ-25 ס"מ נראה שהריכוז בפועל בקרקע היה דומה לריכוז הצפוי (ppb 4.1 ו- ppb 3.9 בהתאמה). מכאן יתכן שמשך הזמן שהחומר יצא מהטפטפות היה ארוך מ-1.5 שעה. זמן זה חושב על פי מרחק הטפטפת הנדגמת מנקודת ההזרקה, מהירות זרימת המים בשלוחה ומשך ההזרקה. זמן מחצית החיים של החומר שחושב על פי הריכוז הממוצע של החומר בדיגום השני (ppb 0.8) היה 5.6 ימים. הריכוז הצפוי של החומר לאחר 13 ימים על פי ממצאי 2011 ו-2012 היה אמור להיות קצת ארוך יותר, כ-7 ימים, לכן הריכוז הצפוי המחושב בניסוי זה היה גבוה במקצת (ppb 1.13) (טבלה 17).

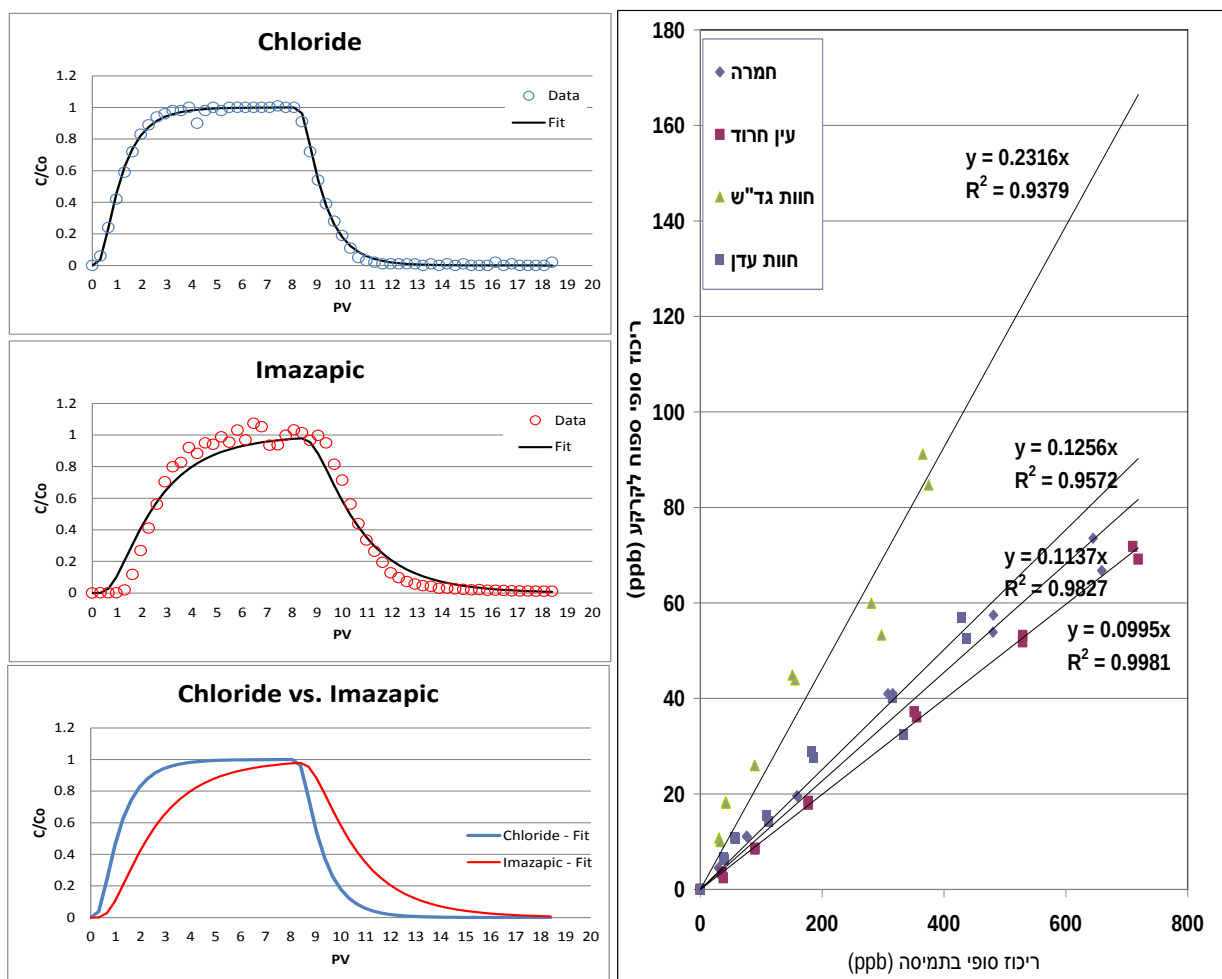
תנועת החומר כצפוי היה מוגבלת. עיקר החומר התרכז במרחק של 10 ס"מ משלוחת הטיפול. ריכוז החומר בקרקע במרחק של 20 ס"מ ו-30 ס"מ היה נמוך מהריכוז הלטאלי המינימלי הנדרש, כ-ppb 4. עובדה זאת מסבירה את ההיטלות של עלקת שנמצאה על שורשים הרחוקים משלוחת הטיפול. היעלמות החומר בקרקע הייתה מהירה ואחרי 13 ימים ריכוז החומר בקרקע בכל המרחקים היה נמוך מהריכוז הלטאלי (איור 43 ימין). עובדה זאת מסבירה את הצורך לטיפולים חוזרים בחומר. יתכן ויש לצופף את הטיפולים אף לכל 7 ימים תוך הורדת המינון בטיפולים העוקבים. את המינון המיטבי יהיה ניתן לחשב לאחר חישוב כללי של מאזן החומר בקרקע ובצמח כתלות בזמן.

תצפיות ומדידות של צמחי העגבנייה והעלקת. לאורך כל מהלך הגידול והטיפולים נערכו תצפיות של התפתחות העגבניות וספירת תפרחות העלקת מגיחות. בסוף הניסוי נקבע היבול על ידי שקילת הפרי. הטיפול הפחית את הנגיעות בעלקת לכל אורך הניסוי ולקראת האסיף ההדברה הפחיתה פי חמש את תפרחות ע"מ לעומת הביקורת הלא מטופלת (איור 43 שמאל, 44 ימין), הדברה שגרמה ליבול גבוה פי ארבע לעומת הביקורת הבלתי מטופלת (איור 44 שמאל).

ממצאים חשובים ומסקנות בעקבות תכנית המחקר

1. אימזאפיק פיטוטוקסי לעגבנייה כל עוד יש יצור חנטיים שיגיעו ליבול- עד GDD 400. 2. ריכוז אימזאפיק בקרקע הגבוה מ- ppb 5 פיטוטוקסי לעגבנייה. 3. ריכוז האימזאפיק המיטבי והסלקטיבי להדברת עלקת מצרית הוא ppb

4-5 המתקבל אחר הרביגציה של 2-5 ג'ד'. 4. אימזאפיק מדביר ע"מ רק לאחר התחברותה לשורשי העגבנייה. 5. תנועת האימזאפיק בקרקע חוות גד"ש היא כנראה מוגבלת עקב ספיחה לקרקע. 6. זמן מחצית החיים של אימזאפיק בתנאי חוות גד"ש הוא 5-8 ימים. 7. עקב הספיחה ומשך הפעילות הקצרים יש לתת מנות קטנות חוזרות של אימזאפיק בכדי לשמור על ריכוז של 4-5 ppb. 8. יש לערבב היטב את תמיסה האימזאפיק במיכל היישום. 9. יש לקחת בחשבון את קוטר ואורכי הצינורות ומרחקי היישום בכדי להבטיח שתמיסת האימזאפיק תגיע לכל הטפפות במהלך היישום. 10. כנראה שתנועת האימזאפיק בין שורשי העגבנייה מוגבלת. 11. יש הצטברות והתייצבות בריכוזי האימזאפיק בשורשי העגבניה החל מ- 24 שעות לאחר ההרביגציה ועד 7 ימים לאחר היישום. 12. ה- Kd בקרקעות שנבדקו הוא 0.09 עד 0.23, ועם העלייה בערכי ה- Kd ריכוז האימזאפיק המגיע לעלקת יורד. 13. עקב המגבלות שהוזכרו יש לדאוג למתן ריכוז לטאלי של אימזאפיק בזמן ובמרחב וזאת על ידי מתן מדוד, מדויק ומפוצל של ההרביציה.



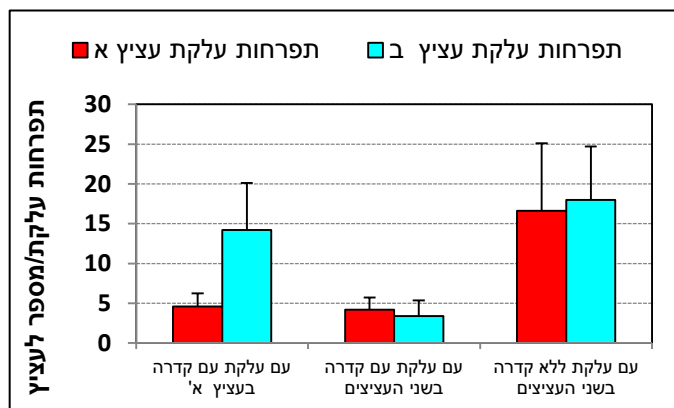
41. איור תנועת אימזאפיק בקרקע: ימין - עקומי הספיחה של 4 קרקעות, ריכוז ספוח לקרקע (ppb) בהשוואה לריכוז בתמיסה (ppb) בשיווי משקל (Kd). שמאל - עקום פריצה של אימזאפיק וכלור בעמודה עם קרקע חוות גד"ש. PV - נפח עמודה, Data - תוצאות מדודות, Fit - התאמת המודל הקינטי של תנועת החומר.

טבלה 16. ריכוז אימזאפיק בשורשי עגבנייה 1, 3, ו-7 ימים לאחר הגמעת 10 ppb קדרה בניסוי עציצים.

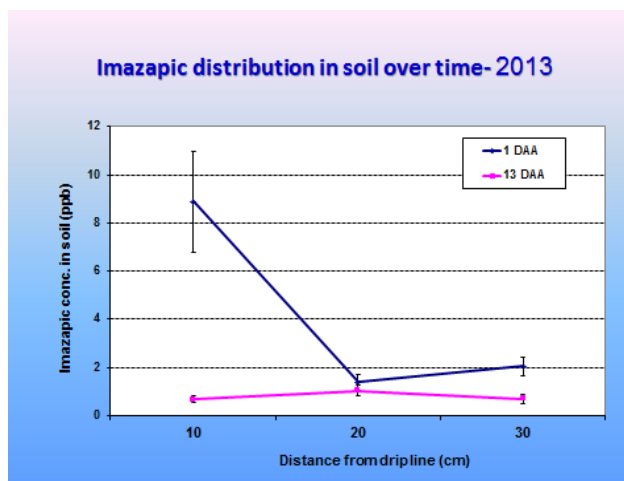
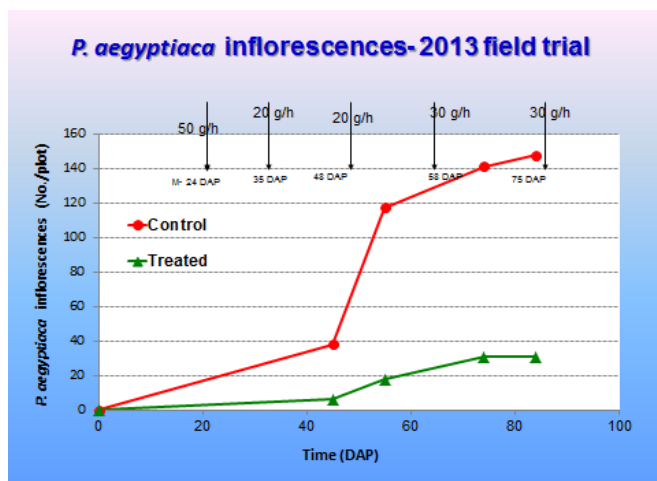
DAT	Imazapic in soil (ppb)	Imazapic in root (ppb)
1	13.6	32.7
3	8.7	57.8
7	0.7	30.6

טבלה 17. ריכוזים צפויים בהשוואה לריכוזים בפועל של אימזאפיק במי ההשקיה, ובקרקע יום אחד ו- 13 ימים לאחר מתן החומר-ניסוי שדה חוות גד"ש 2013.

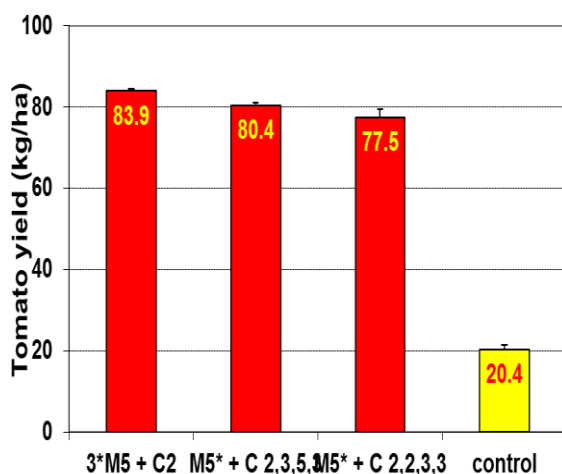
No.	Sample description	Expected Imazapic concentration (ppb)	Observed Imazapic concentration (ppb)
1	Imazapic final conc. collected from dripper after 1.5 h	463	352.9
2	Imazapic mean soil conc. around the dripper (1 DAA)	3.9	4.1
3	Imazapic mean soil conc. around the dripper (13 DAA)	1.13	0.8



איור 42. ימין - ניסוי העציצים בשורשים מפוצלים. שמאל - מספר תפרחות ע"מ בניסוי השורשים המפוצלים. הקווים מעל העמודות מייצגים את ערכי שגיאת התקן של ממוצעי הטיפולים.



איור 43. ניסוי שדה חוות גז"ש 2013: ימין - השתנות ריכוז אימזאפיק כתלות במרחק משלוחת הטפטוף 24 שעות ו- 13 ימים לאחר היישום הקווים מעל העמודות מייצגים את ערכי שגיאת התקן של ממוצעי הטיפול. שמאל - הגחת תפירות ע"מ במהלך הניסוי בטיפול לעומת הביקורת.



איור 44. ניסוי שדה חוות גז"ש 2013: ימין - תמונת המצב בין חלקת טיפול (מימין) לחלקת ביקורת (משמאל) ב- 17 ליוני. שמאל - יבול הטיפולים השונים בניסוי לעומת הביקורת- העמודה השנייה מימין היא העמודה של הטיפול שלנו בניסוי. הקווים מעל העמודות מייצגים את ערכי שגיאת התקן של ממוצעי הטיפול.

סיכום

המטרה- "מודל שיתאר את פיזור החומר אימזאפיק (קדרה) על ידי השקיה בטפטוף ולאמת את המודל במעבדה ובשדה" לא הושגה עקב מגבלות של זמן וכסף. המטרה של "בניסוי השדה תיבחן השפעת שילובים של משטרי השקיה, מנות מים, ריכוז החומר, ומועד יישום החומר בהריגציה על פיזור החומר בקרקע, כדי לקבוע את הממשק המיטבי להדברת עלקת מצרית לכל אורך תקופת גידול עגבניות לתעשייה" הושגה במלואה- כל הפרמטרים המוזכרים נבדקו בבדיקות מבוקרות ומפורטות במעבדה ובחממה וכן ב- 3 עונות בשדה. כבר במשך הניסויים שיפרנו את הדברת העלקת לאחר הבנה והגדרה של הריכוזים הדרושים במים ובקרקע, של ספיחת החומר, תנועתו, הפיטוטוקסיות שלו לצמח העגבנייה ולעלקת בזמן ובמרחב ובכל שלב התפתחות של הטפיל. לפי מיטב ידיעתנו זוהי הפעם הראשונה בה נבדק ריכוז אימזאפיק בצמח ונערכו עקומות ספיחה ופריצה שלו בקרקעות ישראל. הנתונים החדשים הרבים

שהתקבלו בתוכנית מחקר זו, תרמו להבנה עמוקה יותר של סוגיית הדברת עלקת בטפטוף על ידי אימזאפיק (הנכון גם להרביגציה של קוטלי עשבים אחרים) - חלק ממידע זה מיושם כבר היום בשדה. מניסויים אלו ועל סמך ניסויי השדה שבוצעו בחוות גד"ש ובאתרים אחרים, ברור שכדי לשפר את יעילות ההדברה של עלקת בהרביגציה צריך לשלב את הידע הרב שנצבר עם כלי חיזוי מתקדמים. הכלי העומד לרשותנו כדי לשפר את התוצאות הוא המודל - HYDRUS 2D\3D בו צריך להתרכז בהמשך המחקר.

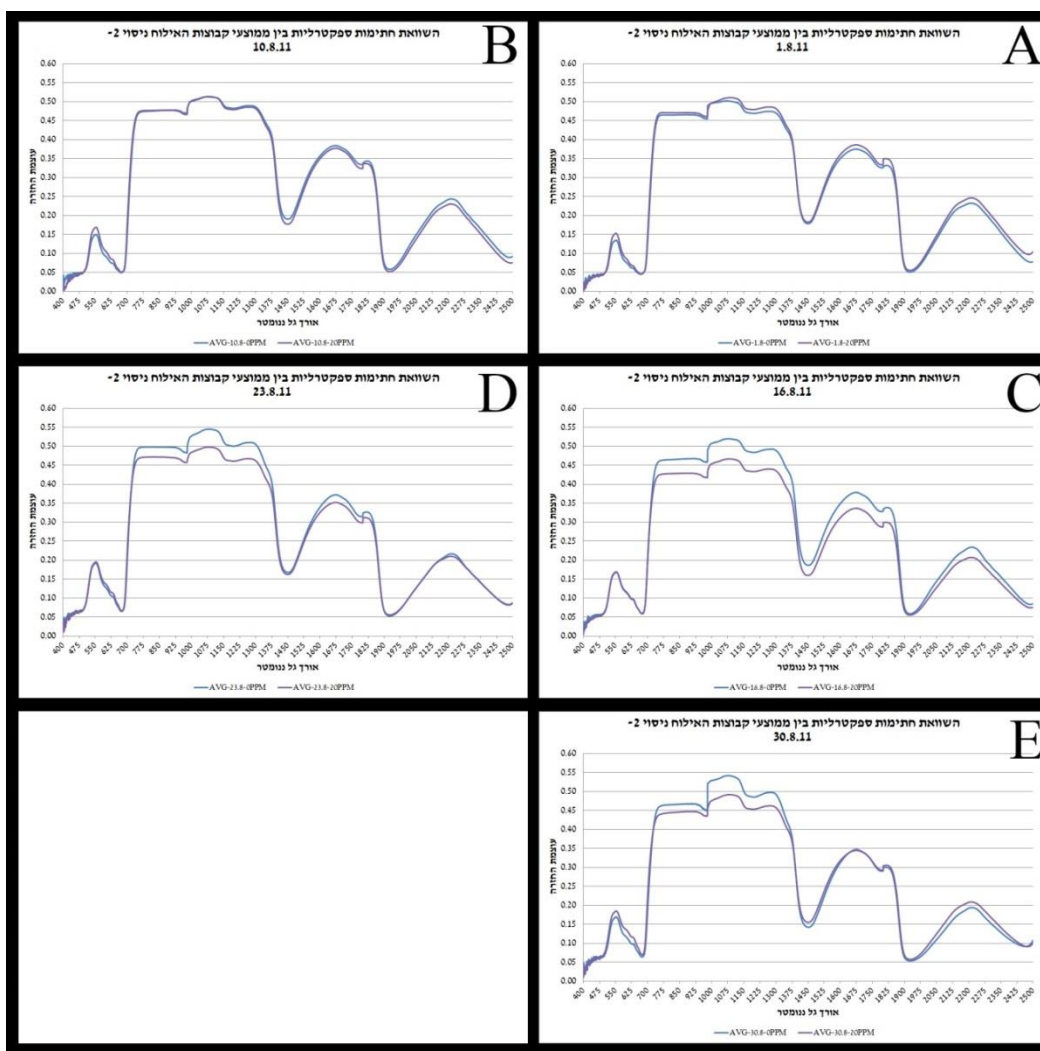
5.5 השפעת עלקת על היבטים פיסיוולוגיים והתפתחות צמח העגבנייה, ויכולת החישה בשלבי טפילות מוקדמות.

יהונתן אפרת, שמעון רחמילביץ', שדה בוקר. דן בלומברג, זיו רוטנברג, אוניברסיטת בן גוריון.

מטרת חלק זה של מיזם העלאת היא לבחון את היכולת להבחין בהשפעת הופעת העלקת על צמחי עגבנייה בשלב מוקדם של הופעת העלקת ולפני הצתה. ליכולת האבחון בהדבקה ובתחילת ההתפתחות של העלקת עוד בטרם הצתה חשיבות רבה ביכולת ההדברה תוך מזעור הנזקים ליבול. על מנת לענות על מטרות המחקר נעשו מספר ניסויי שדה, חממה ותאי גידול. בדוחות המחקר הקודמים ביצענו מדידות פיסיוולוגיות לקביעת הטפילות על ממשק המים ובפוטוסינתזה בצמח כתגובה לטפילות. בשנה השלישית העבודה התמקדה באפיון הספקטרום ויכולת החישה של צמח נגוע בעלקת.

תוצאות משנת המחקר השלישית

בבחינת החתימות הספקטרליות ניתן לראות כי בשני תאריכי מדידה הראשונים (1.8 ו-10.8) עוצמות ההחזרה כמעט זהות למעט שינויים מינוריים לאורך הספקטרום. לאחר מכן מתקבלת תמונה שונה שבה עוצמת ההחזר אשר מתקבלת מקבוצת צמחי הביקורת גובה מזו של הצמחים המאולחים עיקר ההבדל ניתן לראות באזור האינפרא אדום הקרוב בין אורכי הגל 750-1350 ננומטר (איור 45).



איור 45. דוגמא לחתימות הספקטרליות אשר נמדדו בניסויי החממה. החתימות מציגות את עוצמת ההחזר כתלות באורך הגל. כחול- קבוצת הביקורת 0ppm, סגול קבוצת הצמחים המאולחים 20ppm. A-E. תאריכי המדידה השונים החל מתאריך המדידה הראשון ב-1.8.11 ועד לתאריך ה-30.8.11, תאריך המדידה האחרון.

ניסויי שדה

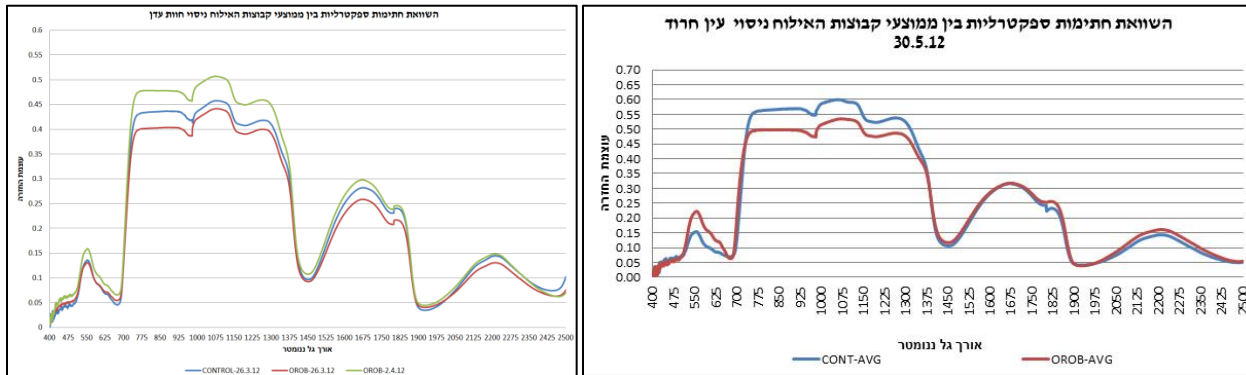
נעשו מדידות בשני אתרים: ב"חוות עדן" בעמק בית ובשדה מסחרי בקיבוץ עין חרוד. תוצאות ניסוי חוות עדן מוצגות באיור 46 שמאל ובטבלה 18.

טבלה 18. אינדקסים לאיתור עקה אשר חושבו בניסוי ב"חוות עדן".

INDEX	CONTROL-26.3.12	OROB-26.3.12	OROB-2.4.12	OROB-16.4.12
NDVI	0.8056	0.7575	0.7553	0.8195
LWI	4.2441	4.2329	4.1782	4.7114

באיור 46 מוצגות החתימות הספקטרליות אשר נאספו במסגרת הניסוי מקבוצת הביקורת ומקבוצת הצמחים המאולחים. בהשוואה בין החתימות אשר התקבלו בתאריך המדידה הראשון ניתן לראות כי עוצמת ההחזרה אשר מתקבלת מתחום האינפרא אדום הקרוב והבינוני של קבוצת הביקורת גבוה מזו של קבוצת הצמחים המאולחים. בטבלה 18 מוצג חישוב

אינדקס NDVI. ניתן לראות בתאריך המדידה הראשון ערכי קבוצת הביקורת גבוהים מאלו של הצמחים המאולחים. בנוסף ניתן לראות כי בתאריך המדידה השני ישנה ירידה בערכי האינדקס של הצמחים המאולחים.



איור 46. שמאל - חתימות ספקטרליות אשר נמדדו במהלך הניסוי ב"חות עדן". עוצמת ההחזרה של הצמח כתלות באורך הגל. כחול - החתימה הספקטרלית של צמחי הביקורת. אדום - החתימה הספקטרלית של הצמחים הטפולים, ירוק - החתימה הספקטרלית עבור הצמחים הטפולים שבוע אחרי המדידות הראשונות. ימין - חתימות ספקטרליות אשר נמדדו בשטח הגידול עין חרוד. מציג את עוצמת ההחזרה כתלות באורך הגל. CONT - ממוצע קבוצת הביקורת, מוצגת בכחול. OROB - ממוצע העציצים הטפולים, מוצג באדום.

בבחינת החתימות הספקטרליות אשר נאספו, ניתן לראות כי ישנם שני הבדלים בין החתימות, ההבדל הראשון הוא עוצמת ההחזרה הגבוהה אשר מתקבלת בין אורכי הגל 500-700 ננומטר (אזור הצבע הירוק והאדום) מתקבלת מקבוצת הצמחים המאולחים אך מנגד בין אורכי הגל 750-1300 ננומטר (תחום האינפרא אדום קרוב) עוצמת ההחזרה הגבוהה מתקבלת מצמחי הביקורת. בטבלה 19 מופיע פירוט חישוב אינדקסי עקב NDVI ו- LWI ניתן להבין בשני האינדקסים כי ערכי קבוצת הביקורת גבוהים מאלו של הצמחים המאולחים. בנוסף מופיע חישוב SAM שנעשה עבור המידע שהתקבל ובו מתקבל ערך של 1.29899 אשר מצביע על שוני בין החתימות.

טבלה 19. אינדקסים לאיתור עקה אשר חושבו בשטח גידול עין חרוד

INDEX	CONT-AVG-30.5.12	OROB-AVG-30.5.12
NDVI	0.7768	0.7715
LWI	4.9326	4.0595
SAM		1.2989

סיכום

בסיכום הנתונים שנמדדו ונבדקו ניתן לראות כי על פי התוצאות שהתקבלו ישנו שוני ברור בהתנהגות הפיזיולוגית ובחתימות הספקטרליות בין שתי הקבוצות, עוד בטרם ביצע חישוב של אינדקסים לאיתור עקה. גם אינדקס השונים ניתן לקבל אימות על כך כי ישנו שוני בין צמחי הביקורת לצמחים הטפולים. מידע זה מראה על הבדל ברור בין קבוצות הניסוי אך הוא איננו מספק מכיוון שבוצעה רק מדידה אחת מהשטח לאחר התפרצות העלקת בתת הקרקע ומעל לפני השטח, לכן המידע שמתקבל רק מאפשר אימות לכך שישנם הבדלים בין הצמחים ולא ניתן להסיק על פיו מידע לגבי סממן מקדים כלשהו. ייתכן ומידע זה יאפשר מדידות עתידיות לצורך מעקב אחר מצב הצמחים.

להלן עיקר ההישגים שהושגו במהלך המיזם: **אבחון** - פותח פרוטוקול לזיהוי DNA של עלקת מהקרע לעלקת מצרית, חמנית חרוקה ונטויה. פותחה שיטה לזיהוי בנפחי קרקע משמעותיים יותר של מאות גרמים (על פני גרמים בודדים); **מיפוי** - נערך מיפוי לעשרות שדות ונסקרו קרוב למאה שדות עגבניה. נמצא קשר בין פיזור העלקת לפעילות חקלאית. הכנסת החלקות למאגרי מידע סייעה רבות למציאת הקשרים בין מאפייני חלקות לדגמי הפיזור השונים. ניתן לאפיין את דגם הפיזור המרחבי של נגיעות עלקת באמצעות צפיפות דיגום נמוכה באופן ניכר מצפיפות הדגימות המקורית בחלקות הממופות בקנה מידה של החלקה. פותח עץ קבלת החלטות לתכנון דיגום לצורך מיפוי. **חיטוי קרקע** - הושגה קטילה מוחלטת של עלקת עם מחטאי קרקע מורשים לשימוש בבתי צמחיה ובשדה. הושגה קטילת עלקת כתגובה לשימוש בשיירים אורגניים בשילוב עם חיטוי סולארי. **סניטציה** - הוגדרו התנאים בהם ניתן להשיג קומפוסט נקי מעלקת. הפרוטוקול שפותח נבחן באתרי קומפוסט. נבנה מתקן לחיטוי גונדולות המכסה את כל חלקי הגונדולה. נמצאו תכשירים מתעשיית המזון יעילים בהדברת עלקת אשר ייושמו על מתקן החיטוי. **הדברה** - **גזר** - פותחה מערכת תומכת החלטה להדברה מושכלת של עלקת בגזר. המודל אומת בשדות מסחריים ונמצא אמין. הוגדרו תנאים אופטימליים ליישום גלייפוסט. להדברה יעילה יש לרסס גלייפוסט במינון 15 סמ"ק / ד' במועדים 600, 850, 1100 ו 1350 ימי מעלה לפי נוסחת בתה. **עגבניות מאכל** - פותח פרוטוקול הדברת עלקת בחממה בשילוב של ריסוסים וכמיגציה. בשלב זה הדברת עלקת מושלמת תתקבל רק כהשלמה לחיטוי קרקע. **עגבניות לתעשייה** - הורחבה מערכת קבלת החלטות פקעית לשילוב טיפולי ריסוס עם כמיגציה דרך מערכת הטפטוף. נבחנו יישומים שאינם דורשים מהחקלאי שתי מערכות השקיה. בשיטות זו הושגה הדברה מוחלטת. **עמידות** - אופיין מוטנט עגבניה עמיד לקוטלי עשבי מקבוצת האימידזולינון. **יחסי טפיל פונדקאי** - אופיין מועד תחילת הטפילות ויחסי טפיל פונדקאי בין עלקת מצרית ועגבניה כתגובה ליישום גלייפוסט. **חיסה ופיסילוגיה של יחסי טפיל פונדקאי** - נמצא כי מייד לאחר ההדבקה בעלקת חלה עלייה מובהקת בצפיפות הפיוניות בעלים יחד עם ירידה במוליכות הפיוניות. שינויים אלה ניתנו לאבחון על ידי מדד ה NDII המצביע על תכולת המים ובכך פיתוח יכולת חיסה והפרדה בין צמח מודבק ללא מודבק. **תנועת אימזפיק בקרקע** - ביישום של 2.5 עד 5 גרם לדונם הריכוז בקרקע של אימזאפיק הוא כ- 2 ppb. ריכוז זה אפקטיבי בקטילת עלקת. הקדירה נע בצורה מוגבלת בקרקע ומחצית החיים שלו היא כשבוע עד 10 ימים. בכדי לשמור על ריכוז לטאלי לעלקת במשך הגידול לכן יש לחדש את החומר בקרקע בין שבועיים לשלושה שבועות לאחר יישומו.

כל נושאי המחקר שהיו אמורים להיחקר במסגרת המיזם נחקרו וצוותי המחקר השיגו התקדמות משמעותית בהתאם לתכנית המחקר. במחקרים אחדים בוצעו שינויים, בד"כ בשיטות המחקר וזאת כתגובה לקשיים או בעיות בביצוע שהתגלו במהלך המחקר.

מערכת הבקרה על ביצוע התכניות בראשותו של שאול גרף, יחד חנן איזנברג אפשרו לבצע מעקב אחר התקדמות הצוותים, ולבצע שינויים במידה ונדרש.

אנו רואים ביסודו של המיזם שיתוף פעולה רב תחומי בין קבוצות המחקר כפי שהצענו בתכנית המחקר. בחוות עדן הוקצו לטובת המיזם במהלך שנות המחקר כ 15 דונם עגבניה, גזר וכ- 4 חממות לביצוע ניסיונות. בנוסף, פעילות חוקרי המיזם בשדות מסחריים ושיתוף הפעולה והידע עם החקלאים גרם ליישום מיידי של תוצאות המיזם. מרבית קבוצות המיזם העוסקות בפיתוח מודלים יישומיים להפחתת נזקי עלקת היו שותפות למחקר. בשנת המחקר השנייה והשלישית פעלו בשיתוף פעולה צוותי מחקר העוסקים בתחומים משיקים בכללם: (א) הדברת עלקת בעגבניות חממה.

נושא זה נחקר על ידי הקבוצה העוסקת בפיתוח שיטות לחיטוי קרקע, ועל ידי הקבוצה העוסקת בפיתוח מערכת תומכת החלטה להדברה מושכלת של עלקת בחממה. (ב) שיפור מערכת פקעית להדברה מושכלת של עלקת בעגבניות בשדה. לאחר ההבנה כי החוליה החלשה במערכת פקעית היא המידע לגבי עוצמת אילוח השטח בעלקת, לקבוצה העוסקת בשיפור מערכת פקעית הצטרפה הקבוצה העוסקת במערכות מידע. כבר לאחר שנת מחקר אחת חלה התקדמות ניכרת בתחום זה. היבט נוסף בשיפור מערכת פקעית נמצא בתנועת קוטל העשבים קדרה בקרקע. בהקשר זה תרומת תוצאות המחקר של הקבוצה העוסקת בתחום זה משמעותית לשיפור ההדברה. (ג) בנושא אבחון ומיפוי קיים שיתוף פעולה בין שתי קבוצות המחקר. שיתוף הפעולה מתבטא למשל בהגדרת נפחי הקרקע הדרושים לאבחון מחד, או מספר הדוגמאות מאידך. בשנה זאת נשלחו בדיקות קרקע עלי ידי צוותי המיפוי לצוותי האבחון לצורך אימות הנתונים ובחינת יכולת האבחון. כמו כן חלק נכבד מהמחקר בנושא חישה בוצע בשדה הניסויים בעין חרוד. הניסוי בחוות גד"ש כלל צוותים מהתחומים: הדברה, אבחון, מיפוי, חישה, ותנועת קדרה בקרקע.

הדגש בשנת המחקר השלישית היה עבודה משותפת של צוותי המחקר ויישום תוצאות שנים א' ו ב' במיזם.

בתיאום עם המדען הראשי ולבקשת ענף ירקות במועצת הצמחים התקבלה תוספת תקציבית לבחינת הטכנולוגיה שפותחה במסגרת ניסויי שדה בחלקות משקיות.

לסיכום

מטרות המחקר של מיזם זה הוגדרו כדלהלן:

המטרה הכללית של המיזם היא הפחתת נזקי עלקת בגידולים חקלאיים. מטרה זו תושג ע"י מטרות המשנה הבאות ושילוב הפתרונות שיושגו לממשק אינטגרטיבי כולל: א) מיפוי ואבחון זרעי עלקת בקרקע; ב) פיתוח אמצעים להפחתת בנק הזרעים של העלקת בקרקע ומניעת התבססות המחודשת בגידולים העוקבים; ג) פיתוח שיטות לסניטציה ובמקביל עידוד תקינה ואכיפה; ד) הבנת מנגנונים הקשורים בעמידות פונדקאים לעלקת ובקטילת העלקת ע"י קוטלי עלקת; ה) פיתוח ממשק הדברה באמצעות מערכות תומכות החלטה.

לאחר שלוש שנות מחקר ניתן לקבוע כי מטרות מחקר אלו הושגו במלואן. כיום ניתן לגדל עגבניות וגזר בשדות מאולחים בעלקת. בנוסף, המחקרים שבחנו לעומק מנגנונים הקשורים לטפילות או לעמידות גידולים לעלקת שפכו אור על תהליכים הקשורים להדברה ואנו מעריכים כי יתרמו בעתיד הקרוב והרחוק לפיתוח ממשקי הדברה נוספים (למשל שילוב גידולים עמידים לממשק ההדברה). ברצוננו לציין כי עדיין לא תמה המלאכה ואולי לא תסתיים לעולם. לא נצליח לנקות את השטחים מעלקת לכן ללא ברירה נתמודד עמה בפיתוח ממשקי הדברה. לכן, יש לשפר את משקי ההדברה שפותחו, ולהמשיך לפתח ממשקי הדברה נוספים משולבים בכללם צמחים עמידים בגזר ועגבניה וכן בגידולים אחרים.

בנושא הרגולציה אנו עומדים היום מוכנים עם פתרונות שימנעו הפצת זרעי עלקת. פתרונות אלו נמצאים כעת בתהליכי חקיקה. ללא חקיקה שתמנע הפצת זרעים והמשך אילוח שטחים, לצערנו קיים חשש כבד כי הממשקים שפותחו "ישברו" והפתרונות שיעילים כיום לא יהיו יעילים בעתיד.

הרצוננו להביע הצרכה רבה מאוד לחקלאים, למדריכים, לסטודנטים שפעלו במסגרת המיזם, ולאנשי מועצת הצמחים והמדען הראשי שתרומתם להצלחת המיזם היתה עצומה.

סיכום עם שאלות מנחות

מטרות המחקר תוך התייחסות לתוכנית העבודה.
(א) מיפוי ואבחון זרעי עלקת בקרקע; (ב) פיתוח אמצעים להפחתת בנק הזרעים של העלקת בקרקע ומניעת התבססות התבססותו המחודשת בגידולים העוקבים; (ג) פיתוח שיטות לסניטציה ובמקביל עידוד תקינה ואכיפה; (ד) הבנת מנגנונים הקשורים בעמידות פונדקאים לעלקת ובקטילת העלקת ע"י קוטלי עלקת; (ה) פיתוח ממשק הדברה באמצעות באמצעות מערכות תומכות החלטה.
עיקרי התוצאות.
אבחון- פותח פרוטוקול לזיהוי מיני עלקת באמצעות מיצוי DNA של עלקת מהקרקע; מיפוי- נמצא קשר בין פיזור העלקת לפעילות חקלאית, פותח פרוטוקול לאופטימיזציה של הדיגום; חיטוי קרקע- הושגה קטילה של עלקת עם מחטאי קרקע מורשים לשימוש בתנאי שדה; סניטציה- הוגדרו התנאים בהם ניתן להשיג קומפוסט נקי מעלקת; הדברה- נבחן מודל לטפילות העלקת בגזר ופותרתה מערכת קבלת החלטות להדברה מושכלת של עלקת בגזר; עודכנה מערכת קבלת החלטות 'פקעית' והוספו בה אלמנטים של יישום קוטלי עשבים בחורף ללא הצורך בהפעלת המטרה. נחקרו התנאים והגורמים ונאספו המדדים לבנית מודל "Hydros 2D/3D" להדברת עלקת מצרית בעגבניה על ידי כמיגציה של אימזאפיק. נמצא מנגנון העמידות של מוטנט עגבניה עמיד לקוטלי עשבים מקבוצת האימידזולינן ופותרת ממשק הדברה. כמו כן חלה התקדמות במחקר בסיסי אשר עונה על שאלות הקשורות במנגנונים ויחסי גומלין בין הטפיל לפונדקאי
מסקנות מדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו. האם הושגו מטרות המחקר לתקופת הדו"ח?
הושגו מרבית מטרות המחקר. מסקנות צוותי המחקר מופיעות במלואן בדוח.
בעיות שנתרו לפתרון ו/או שינויים (טכנולוגיים, שיווקיים ואחרים) שחלו במהלך העבודה; התייחסות
יערכו ניסויים משקיים בחלקות מסחריות לבחינת הטכנולוגיה שפותחה.
יש לקדם ברשויות את חקיקת החוקים בהקשר לסניטציה
הפצת הידע שנוצר בתקופת הדו"ח: פרסומים בכתב - <u>ציטט</u> ביבליוגרפי כמקובל בפרסום מאמר מדעי; רשימת פרסומים מפורטת (כשלושים תקצירים מכנסים ומאמרים מדעיים) כתובים בדוח
פרסום הדו"ח: אני ממליץ לפרסם את הדו"ח: (סמן אחת מהאופציות)
☐ ללא הגבלה (בספריות ובאינטרנט) ממליץ בחום
☐
האם בכוונתך להגיש תוכנית המשך בתום תקופת המחקר הנוכחי?
☐

*יש לענות על שאלה זו רק בדו"ח שנה ראשונה במחקר שאושר לשנתיים, או בדו"ח שנה שניה במחקר שאושר לשלוש שנים