

דוח לתכנית מחקר 132-1704-16

דוח מסכם

פיתוח מערכת תומכת החלטה להדברה מושכלת של עלקת החמנית ועלקת מצרית בחמנית

Development of a decision support system for sunflower broomrape and Egyptian broomrape management in sunflower

מוגש לקרן המדען הראשי של משרד החקלאות

ע"י

חנן איזנברג, מחלות צמחים וחקר עשבים, נווה יער- מרכז מחקר צפון

יהונתן אפרת, המכונים לחקר המדבר, שדה בוקר

Hanan Eizenberg, Phytopathology and Weed Research, ARO, Neve Ya'ar Research Center, P.O. Box, 1021, Ramat Yishay, 30095. Email: Eizenber@agri.gov.il

Jhonathan Ephrath, Ben-Gurion University of the Negev, French Associates Institute for Agriculture and Biotechnology of Drylands Jacob Blaustein Institutes for Desert Research Sede Boqer. Email: yoni@bgu.ac.il

תקציר

הצגת הבעיה: אחת מבעיות הגנת הצומח המאיימות על קיום ענף החמניות בישראל הינה התמודדות עם עלקת. מיני העלקת הגורמים נזק לחמנית בישראל כוללים עלקת מצרית ועלקת החמנית. **מטרת המחקר:** לפתח פרוטוקול הדברת עלקת המבוסס על מודל טפילות, הדברה כימית ושילוב זני חמנית עמידים לעלקת. מטרה נוספת (התווספה במהלך המחקר) כללה שילוב זני חמנית עמידים לקוטלי עשבים ובחינת היעילות בהדברת עלקת. **שיטות העבודה:** העבודה התבצעה בשדה, בחממה, בבתי רשת, במעבדה ובתאי צמיחה מבוקרי טמפרטורה. **תוצאות עיקריות של המחקר:** בשלושת שנות המחקר הוצבו כ- 18 ניסויי שדה ותצפיות סמי-מסחריות בשדות מסחריים בחלקות בשטח עשרות דונמים ועד לתצפית מסחרית בשטח של 2000 דונם. נמצא כי: א) הדינמיקה של טפילות עלקת מצרית על חמנית דומה לזאת של עלקת החמנית; ב) זן החמנית עמק 3 עמיד לעלקת החמנית ורגיש לעלקת מצרית, זן החמנית עמק 5 בעל עמידות גבוהה לשני מיני העלקת; נמצא כי בזנים העמידים קיים מנגנון של אי התאם בשלב חדירת העלקת, כנראה בגלל חסם מכאני כמו תרכובות סוכר או ליגנין; בעבודה מולקולרית נמצאו קבוצות גנים המבקרות את העמידות (ג) פותח פרוטוקול להדברת עלקת. הדברה יעילה מושגת ביישום של 1.5 סמ"ק/ד' אימזפיק (קדירה) ביישום עלווה ולאחר מכן בכמיגציה באמצעות טפטפות בספיקה נמוכה. להצלחת הטיפול דרושים 2-3 טיפולים כתלות בעוצמת השיבוש. ממשק ההדברה נבחן במסגרת ניסויי שדה ותצפיות מסחריות בהם הושגה הדברת עלקת גבוהה. ד) הדברה מוחלטת של עלקת התקבלה: א. בשילוב זני חמנית עמידים לעלקת עם הדברה הכימית; ב. בשילוב זני חמנית עמידים לקוטלי עשבים ויישום קוטלי העשבים. אנו מניחים כי שילוב האמצעים השונים ימנע התפתחות גזעי עלקת עמידים. **מסקנות והמלצות לגבי יישום התוצאות:** במסגרת המחקר הצענו פתרונות להדברת עלקת. ליוונו את החקלאים בהטמעת הידע ויישומו בחלקות מסחריות. נערכו סיורים וימי עיון בחלקות. כיום מיישמים את התוצאות בכללם שימוש בפרוטוקול ההדברה וזריעת זני חמנית עמידים לעלקת על פני אלפי דונמים. בעתיד בקרוב (2017-2019) יכנסו יותר זני חמנית עמידים וימנעו התפתחות גזעי עלקת אלימים.

פברואר 2017

שבט תשע"ה

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

חתימת החוקר

תקציר

הצגת הבעיה: אחת מבעיות הגנת הצומח המאיימות על קיום ענף החמניות בישראל הינה התמודדות עם עלקת. מיני העלקת הגורמים נזק לחמנית בישראל כוללים עלקת מצרית ועלקת החמנית. **מטרת המחקר:** לפתח פרוטוקול הדברת עלקת המבוסס על מודל טפילות, הדברה כימית ושילוב זני חמנית עמידים לעלקת. מטרה נוספת (התווספה במהלך המחקר) כללה שילוב זני חמנית עמידים לקוטלי עשבים ובחינת היעילות בהדברת עלקת. **שיטות העבודה:** העבודה התבצעה בשדה, בחממה, בבתי רשת, במעבדה ובתאי צמיחה מבוקרי טמפרטורה. **תוצאות עיקריות של המחקר:** בשלושת שנות המחקר הוצבו כ-18 ניסויי שדה ותצפיות סמי-מסחריות בשדות מסחריים בחלקות בשטח עשרות דונמים ועד לתצפית מסחרית בשטח של 2000 דונם. נמצא כי: א) הדינמיקה של טפילות עלקת מצרית על חמנית דומה לזאת של עלקת החמנית; ב) זן החמנית עמק 3 עמיד לעלקת החמנית ורגיש לעלקת מצרית, זן החמנית עמק 5 בעל עמידות גבוהה לשני מיני העלקת; נמצא כי בזנים העמידים קיים מנגנון של אי התאם בשלב חדירת העלקת, כנראה בגלל חסם מכאני כמו תרכובות סוכר או ליגנין; בעבודה מולקולרית נמצאו קבוצות גנים המבקרות את העמידות ג) פותח פרוטוקול להדברת עלקת. הדברה יעילה מושגת ביישום של 1.5 סמ"ק/ד' אימזפיק (קדרה) ביישום עלווה ולאחר מכן בכמיגציה באמצעות טפטפות בספיקה נמוכה. להצלחת הטיפול דרושים 2-3 טיפולים כתלות בעוצמת השיבוש. ממשק ההדברה נבחן במסגרת ניסויי שדה ותצפיות מסחריות בהם הושגה הדברת עלקת גבוהה. ד) הדברה מוחלטת של עלקת התקבלה: א. בשילוב זני חמנית עמידים לעלקת עם הדברה הכימית; ב. בשילוב זני חמנית עמידים לקוטלי עשבים ויישום קוטלי העשבים. אנו מניחים כי שילוב האמצעים השונים ימנע התפתחות גזעי עלקת עמידים. **מסקנות והמלצות לגבי יישום התוצאות:** במסגרת המחקר הצענו פתרונות להדברת עלקת. ליוונו את החקלאים בהטמעת הידע ויישומו בחלקות מסחריות. נערכו סיורים וימי עיון בחלקות. כיום מיישמים את התוצאות בכללם שימוש בפרוטוקול ההדברה וזריעת זני חמנית עמידים לעלקת על פני אלפי דונמים. בעתיד בקרוב (2017-2019) יכנסו יותר זני חמנית עמידים וימנעו התפתחות גזעי עלקת אלימים.

מבוא

העלקת (*Orobanche and Phelipanche* spp.) הנה צמח טפיל שורש מוחלט חסר כלורופיל, הנטפל לשורשי צמחים רחבי עלים, בעיקר באזורים חמים ויבשים, ועלול לגרום נזקים כבדים לצמח הפונדקאי, עד כדי מוות ואובדן יבול מוחלט. העלקת מתחברת ישירות לרקמות ההובלה של הצמח הפונדקאי ומושכת אליה מים וחומרי מזון ועל כן נגרם נזק ישיר לבניין הצמח. חלק חשוב מחקלאות השלחין והבעל מבוסס על פונדקאי עלקת כמו עגבניות לתעשייה ולמאכל, גזר, קטניות שונות וחמניות. אחת מבעיות הגנת הצומח המאיימות על המשך קיום ענף החמניות בישראל הינה ההתמודדות עם העלקת. בניסויים הקדמיים נבחנו זני חמניות עמידים לעלקת החמנית ונמצאו זני מכלוא עמידים. כבר בשנת 2013 נזרעו מאות דונמים מהזן העמיד עמק 3 והראו עמידות שדה גבוהה לעלקת חמנית. השימוש בזנים עמידים אפשרי בחמנית אך פתרון זה אינו מיטבי ולרוב זמני, כפי שדווח באירופה. מהדיווחים עולה שבתוך 3-6 שנים בלבד התפתחו גזעי עלקת חדשים המסוגלים לתקוף את הזנים העמידים. לאחרונה תופעה זו דווחה גם בישראל. אחת הדרכים להאט את קצב ההפצה של הגזעים האלימים, ובכך להאריך את אפשרות השימוש בזנים העמידים, היא ליישם קוטלי עשבים בשלבים שונים במהלך הגידול כדי להשמיד את גזעי העלקת החדשים שהצליחו להתגבר על מנגנון העמידות, ולמנוע את הפצת הזרעים שלהם. להצלחת פעולה זו

יש צורך בהבנת השלב הקריטי ביחסי טפיל פונדקאי בו מתקיים שלב אי ההתאם בין הטפיל לפונדקאי. הגדרת שלב זה תאפשר את יישום קוטל העשבים בתזמון המדויק שיתבסס על מודל הדינאמיקה של הטפילות שפותח בתוכנית מחקר אשר מומנה על ידי המדען הראשי והסתיימה בשנת 2011. המודל נבחן ואומת בהצלחה בתנאי שדה. עוד נמצא כי ריסוס בתכשיר אימזפיק על עלוות החמנית ב- 720 ימי מעלה או בגיל פנולוגי של 8 עלים מדביר ביעילות עלקת חמנית לתקופה מוגבלת. כתוצאה מהמשך התפתחות מערכת השורשים וחשיפתה לזרעי עלקת נוספים הממתינים בקרקע, נדרש יישום נוסף של קוטל העשבים. נמצא גם שיישום של קוטל העשבים על העלווה לאחר התחלת השלב הרפרודוקטיבי בחמנית פוגע בתפוחת החמנית וגורם לפחיתה משמעותית ביבול. אחת הגישות שפיתוחה הואץ לאחרונה במסגרת מיזם עלקת הינה העברת קוטלי עשבים דרך מערכת ההשקיה בטפטוף בספיקה נמוכה (ללא בצלי השקיה), בניסויים קודמים שנערכו במסגרת המיזם נמצא כי טפטפות אלו מפזרות את קוטל העשבים בצורה אחידה.

מטרות המחקר (מתוך תכנית המחקר)

המטרה ארוכת הטווח של מחקר זה היא לפתח גישה מושכלת להתמודדות עם עלקת מצרית ועלקת חמנית בחמנית. **המטרות הספציפיות של המחקר הן:** (א) להרחיב את מודל הטפילות שפותח לעלקת החמנית, גם לעלקת מצרית בתנאי שדה באזורים שונים בארץ; (ב) לבצע אופטימיזציה של ההדברה הכימית בשלבי הגידול השונים. בהקשר זה יינתן דגש לרגישות החמנית לטיפול הרביגיזיה בשלבי התפתחות שונים, של זני החמנית העמידים והרגישים; (ג) לאפיין את יחסי הגומלין בין חמנית עמידה לעלקת חמנית ולעלקת מצרית, ולאתר את השלב הספציפי בו יש ליישם את תכשירי ההדברה (בשלב בו נפסקת הטפילות בזני המכלוא העמידים) במסגרת תכנית להדברה משולבת; (ד) לפתח מערכת תומכת החלטה להדברה מושכלת של מיני העלקת בגידולים השונים.

בנוסף למטרות המחקר שצוינו, במסגרת המחקר הוספנו **מטרת מחקר נוספת** בה נבחנו רגישות זני חמנית עמידים לקוטלי עשבים מקבוצת האימידזולינונים אימזפיק (קדרה) ואימזמוקס (פולסאר). בדוח זה נשתמש בשם החומר הפעיל לתכשירי ההדברה.

תודתינו העמוקה ניתנת למר עוז בן דוד מחברת מושבי הנגב ולמר גיא אכדרי ממרכז מחקר נווה יער על תיאום, ביצוע וסיכום ניסויי השדה במהלך המחקר, ולחלקאים שהקצו את אדמותיהם לטובת ביצוע המחקרים, במיוחד לחברת מושבי הנגב אשר בשטחים רבים אשר בבעלותה נערכו תצפיות מסחריות. תודתנו גם לחברת זרעי שער העמקים אגד"ח בע"מ על החומר הצמחי, ולגב' דנה סיסו על ביצוע עבודת המעבדה. כמו כן ברצוננו להביע את תודתינו העמוקה לדר' און רבינוביץ' משה"מ על הסיוע והשותפות בביצוע ניסויי השדה במהלך המחקר.

מטרת מחקר א) להרחיב את מודל הטפילות שפותח לעלקת החמנית, גם לעלקת מצרית בתנאי שדה באזורים שונים בארץ.

תצפיות עם מיניריוזטרון אישרו שמודל הדינמיקה של התפתחות עלקת מצרית על חמנית דומה למודל שהוצע על ידי איזנברג וחובריו (Eizenberg et al., 2012) לדינמיקה של טפילות עלקת החמנית בחמנית. המחקר עד עתה עסק בפיתוח המודל בזני החמנית ד.י. 3. ושמם בהם נמצא מתאם גבוה בין ימי מעלה ומודל החיזוי, לבין שלבי ההתפתחות הפנולוגיים של החמנית. מאחר ובתכנית מחקר זאת גידלנו זני חמנית רבים בעלי תכונות מגוונות, בעלי מופע שונה (למשל מועד פריחה לא אחיד) נדרשנו להתאים את המודל לזני החמנית השונים. התאמה זאת לא בוצעה כי היתה גוזלת משאבי מחקר רבים ומידי שנה מופצים זנים עמידים חדשים. יחד עם זאת, החלטנו להשתמש בסיווג שלבי ההתפתחות של החמנית לקביעת מועדי יישום תכשירי ההדברה (וזאת על פני שימוש במודל ימי המעלה). קביעת מועדי היישום בדרך זאת פשוטה יותר ונוחה יותר לחקלאי. בהמשך הדו"ח ניתן יהיה לראות כי הטיפולים שניתנו לפי שלבי ההתפתחות היו יעילים מאוד בהדברת עלקת מצרית או עלקת החמנית. **שלבי היישום המיטביים ליישום קוטלי עשבים באמצעי יישום שונים לקטילת עלקת שנקבעו: שלב התפתחות- 8 עלים אמיתיים; כפתור פריחה בקוטר מכסימלי של 2 ס"מ; כפתור פריחה בקוטר 5 ס"מ.**

מטרת מחקר ב) אופטימיזציה של ההדברה הכימית בשלבי הגידול השונים.

מטרת המחקר השנייה היתה לבצע אופטימיזציה להדברה הכימית והיא כללה שני נושאים עיקריים: א) אופטימיזציה ליישום תכשירי ההדברה באמצעי יישום שונים (ריסוס עלווה או כמיגציה); ו- ב) אופטימיזציה ליישום הדברה כימית בקו חמנית רגיש או עמיד לקוטלי עשבים מקבוצת האימידזולינונים (אימזפיק (קדרה) ואימזמוקס (פולסאר)). שני הנושאים נבחנו במסגרת ניסויים מבוקרים בבתי צמיחה ולאחר מכן במסגרת ניסויי שדה.

א) אופטימיזציה ליישום תכשירי ההדברה באמצעי יישום שונים (ריסוס עלווה או כמיגציה) בזני חמנית רגישים (או בעלי ברירות נמוכה) לקוטלי עשבים מקבוצת האימידזולינונים (אימזפיק (קדרה) ואימזמוקס (פולסאר)).

במסגרת המחקר בוצעו עקומי כיוול של חמנית לרגישות לעלקת מצרית ועלקת החמנית לריסוס עלווה או כמיגציה. בעבודה נמצא כי סף רגישות החמנית ליישום עלווה של אימזפיק הוא 1.5 סמ"ק/ד', ואילו סף הרגישות של החמנית ליישום אימזפיק בכמיגציה הוא 3 סמ"ק/ד'. את עקומות הכיוול לא נציג בדוח המסכם מפאת הגבלת אורך הדוח ומאחר וחלקן

הוצגו בדוחות קודמים. מינונים אלו בודאות קוטלים עלקת מצרית ועלקת החמנית. מינונים אלו ישמשו בהמשך המחקר לפיתוח פרוטוקול ההדברה בתנאי שדה. אחת השאלות המענייניות ביישום אימזפיק בכמיגציה היא האם קוטל העשבים פוגע בעלקת על ידי כך שהעלקת קולטת אותו מתמיסת הקרקע? או לחילופין, האם הצמח קולט את קוטל העשבים ומעביר אותו לעלקת? לשם כך הצבנו מערכת ניסיונית המורכבת משני עציצים כאשר צמח חמנית עם מערכת שורשים מפוצלת גדל בשני העציצים יחדיו. בכל העציצים עורבבו זרעי עלקת החמנית בקרקע והטיפולים בכמיגציה (3 סמ"ק קדרה/ד') ניתנו לפי הפירוט בטבלה 1.

בטיפול A בו ניתן אימזפיק בהגמעה לעציץ א', לא נראו עלקות חיוניות בעציץ א' וגם לא בעציץ ב', לעומת עלקות מתות שנראו גם בעציץ א' וגם בעציץ ב' (טבלה 1). מהתוצאות ניתן להסיק שהתכשיר אימזפיק נקלט לצמח מהקרקע ועובר דרך הצמח להדבקות עלקת באזורים אחרים, ייתכן במקומות בהם השורשים לא נחשפו ל אימזפיק. ניתן לשייך ממצאים אלו לתוצאות ההדברה הטובות שהתקבלו. כנראה די בקליטת חומר רק מחלק ממערכת השורשים לקבלת הדברת עלקת יעילה.

טבלה 1. מעבר אימזפיק בצמח. המערכת הניסיונית כללה צמח חמנית אחד בו מערכת השורשים מפוצלת וגדלה בעציץ א' ובעציץ ב'. אותיות שונות מציינות הבדל מובהק לפי מבחן Tukey Kramer HSD ($p < 0.05$).

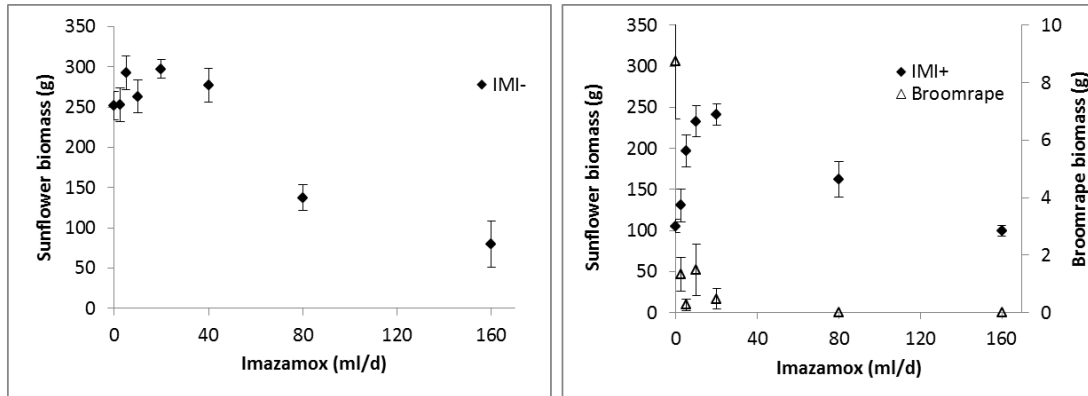
עציץ ב'		עציץ א'		טיפול
% הדברה		% הדברה		
a	86.2	a	100	A
b	0	b	0	B
a	100	a	100	C

(ב) אופטימיזציה ליישום הדברה כימית בזני חמנית עמידים לקוטלי עשבים מקבוצת האימידזולינונים (אימזפיק (קדרה) ואימזמוקס (פולסאר)).

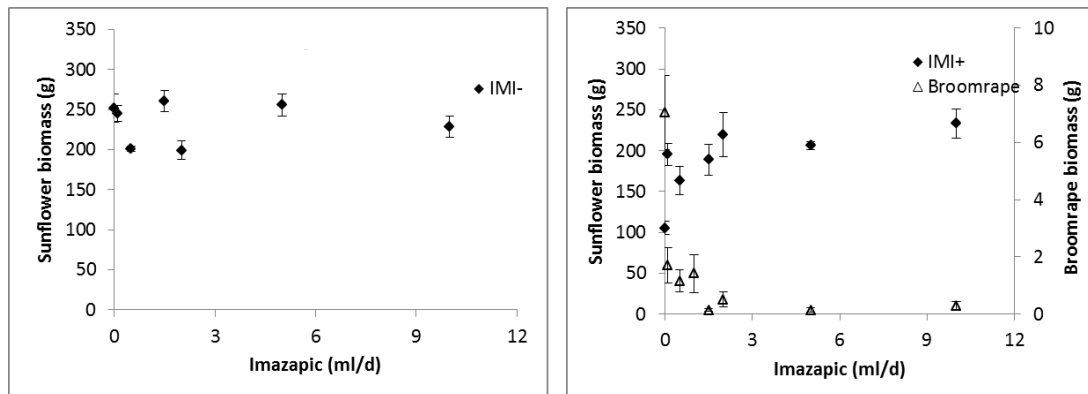
זני מיכלוא של חמנית עמידים לקוטלי עשבים מקבוצת האימידזולינונים אימזפיק (קדרה) ואימזמוקס (פולסאר) טופחו לעמידות וניתנו לנו לביצוע המחקר על ידי חברת זרעי שער העמקים אגש"ח בע"מ.

רגישות זני החמנית לאימזפיק נבחנה בין המינונים 0-10 סמ"ק/ד' (עד כמחצית המינון המומלץ לקטילת עשבים שאינם טפילים) ואילו רגישות זני החמנית לאימזמוקס נבחנה בין המינונים 0-160 סמ"ק/ד' (עד כפול מהמינון המומלץ להדברת עשבים שאינם טפילים).

ניתן לראות כי זני המיכלוא עמידים לאימזמוקס ואימזפיק, עד למינון של 40 סמ"ק/ד' (איור 1) ו- 10 סמ"ק/ד' (איור 2) בהתאמה. ניתן לראות בשני האיוורים הימניים שבמינונים אלו ואף במינונים נמוכים יותר יעילות הדברת העלקת גבוהה מאוד. בהמשך המחקר בוצעו ניסויים לבחינת עמידות זני החמנית לקוטלי העשבים בשדה.



איור 1. תגובת זן חמנית עמיד לקוטלי עשבים מקבוצת האימידזולינונים (IMI) לקוטל העשבים אימזמוקס. הקווים האנכיים מייצגים את שגיאת התקן. שמאל- חמנית ללא טפילות; ימין- חמנית טפולה לעלקת החמנית.



איור 2. תגובת זן חמנית עמיד לקוטלי עשבים מקבוצת האימידזולינונים (IMI) לקוטל העשבים אימזפיק. הקווים האנכיים מייצגים את שגיאת התקן. שמאל- חמנית ללא טפילות. ימין- חמנית טפולה לעלקת החמנית.

ניסויי שדה

במהלך המחקר הוצבו כ- 18 ניסויי שדה בשדות חמנית מסחריים: במושבי הנגב, שדה תימן, טל-אור, נחשולים, חוות גד"ש, יפעת, עין דור ומי עמי. בניסויים אלו נבחנו שילובים שונים של טיפולים כימיים בריסוס עלווה וכמיגציה, וכן השימוש בזנים עמידים. הטיפולים בניסויי השדה, המינונים של קוטלי העשבים, שיטות היישום ומועדן נגזרו ממטרות 1 ו- 2 (החלק שעוסק באופטימיזציה של הטיפולים הכימיים). תוצאות ניסויי השדה היו דומות בכל האתרים. בדוח זה נפרט ארבעה ניסויי שדה באופן מפורט. בניסויים נבחנה יעילות

הדברת עלקת באמצעות שילובים של הדברה כימית בשיטות יישום שונות זנים עמידים לעלקת. המינונים נקבעו לפי עקומי תגובה שפותחו במעבדה בנווה יער. קוטל העשבים אימזפיק (קדרה) יושם על עלוות החמנית לאחר 720 ימי מעלה (שלב התפתחותי של החמנית: 6-8 עלים אמיתיים). ריסוסים על נוף הגידול בוצעו באמצעות מרסס משקי, מצויד במוט לריסוס קרקע ועליו פומיות T.JET 110015, בנפח תריסס של 20 ליטר לדונם. לאחר כשלושה שבועות משלב ייצור כפתור הפריחה, בוצע יישום אימזפיק על ידי הסעת קוטל העשבים דרך מערכות טפטוף בכימיגציה (מרווח 50 ס"מ 1 ל/ש) בשלושה מועדים שונים ובארבעה שילובים שונים של מינונים (קדרה) ושיטות יישום כמפורט בטבלה 2.

טבלה 2. פירוט הטיפולים לבחינת יישום אימזפיק במסגרת ניסויי שדה. בטבלה מופיעים מועדי היישום, מינון התכשיר ואופן היישום (יישום על העלווה או כמיגציה).

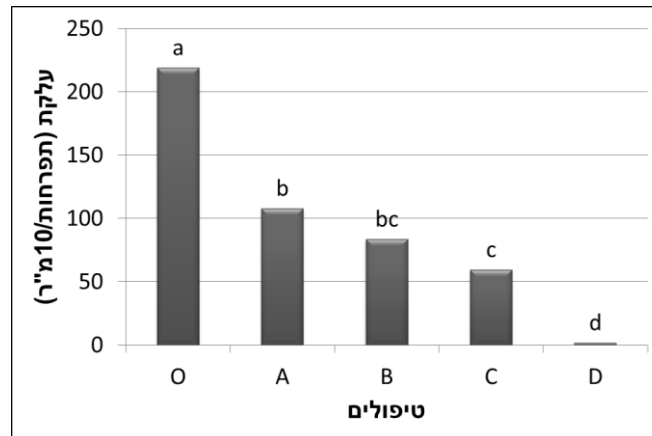
D	C	B	A	O	טיפול	שלב ההתפתחות של החמנית בו ניתן הטיפול
X	X	X	X		1.5 סמ"ק/ד' אימזפיק ביישום עלווה	6-8 עלים
X		X			1.5 סמ"ק/ד' אימזפיק בכימיגציה	כפתור פריחה 2 ס"מ
	X				3 סמ"ק/ד' אימזפיק בכימיגציה	
X					1.5 סמ"ק/ד' אימזפיק בכימיגציה	5% פריחה צהובה

בניסוי זה נבחנה יעילותו בהדברת העלקת של כל שילוב טיפול כימי בנפרד על זנים שונים. בניסוי באזור 'טל-אור' השפעת הטיפולים נבחנה על הזנים ד.י.3 (רגיש), שמש (סביל), ועל שני זני מכלוא: עמק 5 (סביל) ועמק 3 (בעל העמידות הגבוהה ביותר לעלקת). באזור 'שדה תימן' נבחנה השפעת הטיפולים על הזנים שמש (סביל) וד.י.3 (רגיש).

טל-אור - נתוני הניסוי: גורמי הניסוי – זני חמנית וטיפולים כימיים. תאריך זריעה – 3.3.2014; מספר חזרות – 6 (120 מ"ר); מערכת השקיה – טפטפות יוני-רעם נטפים מרווח 50 ס"מ ספיקה 1 ל/ש; מרווח זריעה – 75 ס"מ; מועד טיפול עלווה – 14.4.2014; מועד כימיגציה ראשונה – 1.5.2014; מועד כימיגציה שנייה 13.5.2014. הניסוי הוצב במבנה דו גורמי ונותח להשפעת גורמים ראשיים (זן וטיפול כימי) על היבול, איכות גרעין ויעילות הדברת עלקת. מאחר וחלקת הניסוי באזור טל-אור לא נמצאה כמאולחת בזרעי עלקת ניתן להתייחס לניסוי זה כניסוי פיטוטוקסיות.

מסקנות הניסוי: לא נמצאו השפעות גומלין בין הזנים והטיפולים הכימיים (התוצאות לא מוצגות). טיפולי ההדברה השונים לא השפיעו על היבול, משקל 1000, אחוז הזירעונים מסוג א' ואורך הזירעון. בזן שמש היבול היה הגבוה ביותר, לאחר מכן הזנים עמק 5 וד.י.3, עמק 3, הזן בעל העמידות הגבוהה ביותר לעלקת, הניב את היבול הנמוך ביותר. בזנים עמק 3 ועמק 5 משקל ה- 1000 היה נמוך מהזנים שמש וד.י.3. בזנים ד.י.3 ושמש אחוז הזירעונים מסוג א' היה גבוה יותר מאשר זני המכלוא (עמק 5, עמק 3). משקל ה- 1000 בזן ד.י.3 היה גבוה יותר מיתר הזנים, משקל ה- 1000 בזן שמש היה גבוה יותר מזני המכלוא.

שדה תימן - נתוני הניסוי: גורמי הניסוי – זני חמנית וטיפולים כימיים; תאריך זריעה – 25.3.2014; מספר חזרות – 6 (92 מ"ר); מערכת השקיה - טפטפת נטפים יוני רעם מרווח 50 ס"מ ספיקה 1 ל/ש; מרווח זריעה – 75 ס"מ; מועד טיפול עלווה – 25.4.2014; מועד כימיגציה ראשונה – 8.5.2014; מועד כימיגציה שנייה – 22.5.14.

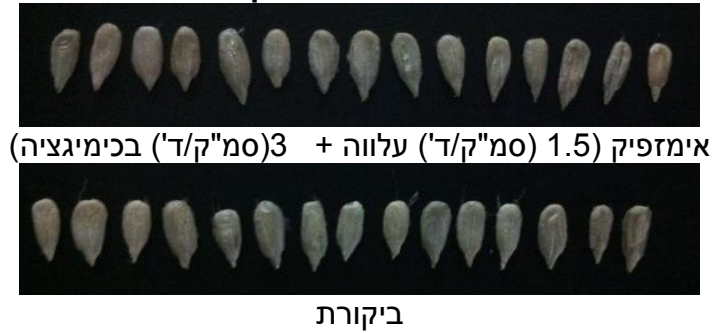


איור 3. מספר תפרחות עלקת כתלות בטיפולי ההדברה. מאחר ולא היה הבדל מובהק ביעילות ההדברה בין זני החמנית העמודות מציינות ממוצעים של שני זני החמנית. אותיות שונות מציינות הבדל מובהק בין הטיפולים לפי מבחן Tukey Kramer HSD ברמת מובהקות 0.05.

בחלקות בהן נספרו מספר רב של תפרחות עלקת, קרי, בביקורת (O) או בטיפול עלווה בלבד (1.5 סמ"ק/ד'; A) העלקת לא הודברה (איור 3) והייתה פגיעה ביבול החמנית. יחד עם זאת טיפול העלווה הינו הכרחי כטיפול מקדים לטיפול כימיגציה. נמצא כי טיפולי הכימיגציה לאחר טיפול העלווה תרמו להדברת העלקת בעוד ששני טיפולי כימיגציה היו יעילים יותר מטיפול אחד (טיפול D לעומת טיפולים B ו-C). טיפול הכימיגציה השני שניתן מאוחר דחה את מועד הצצת העלקת. טיפולי הכימיגציה המופיעים בטבלה לא פגעו בעוברים של זרעי החמנית (איורים 4 ו-5). מופע הזרעונים התקינים בטיפול שהדביר ביעילות עלקת (איור 4 למעלה) היה דומה בצורתו וכמותו לזרעים בביקורת שלא טופלה. תופעה דומה התקבלה גם בזרעונים הפגועים שנפגעו בשיעור זהה בטיפול (איור 5 למעלה) ובביקורת. אורך הזרעון ואחוז הזרעונים מסוג א' בביקורת היה נמוך באופן מובהק מהטיפולים הכימיים שכללו כימיגציה ופחת על לכדי 62.5% (התוצאות לא מוצגות).

בניסויים שנערכו בשנת 2015 בנחשולים (זן שמש), מי עמי (הזן שמש), יפעת (הזן סופרימו) ועין דור (הזן שמש) נבחנו הטיפולים שמופיעים בטבלה 1. רמת המדבק בעלקת היתה נמוכה ולא נגרם נזק לחמנית (התוצאות לא מוצגות).

מופע הזירעונים התקינים



איור 4. השוואה בין מופע הזירעונים שלא נפגעו בין הטיפול המשולב C (עלווה + כימיגציה) לבין הביקורת הלא מטופלת.

מופע הזירעונים הפגועים

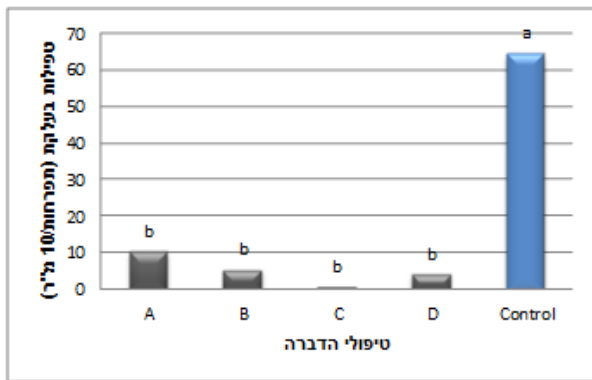


איור 5. השוואה בין מופע הזירעונים שנפגעו בין הטיפול המשולב C (עלווה + כימיגציה) לבין הביקורת הלא מטופלת.

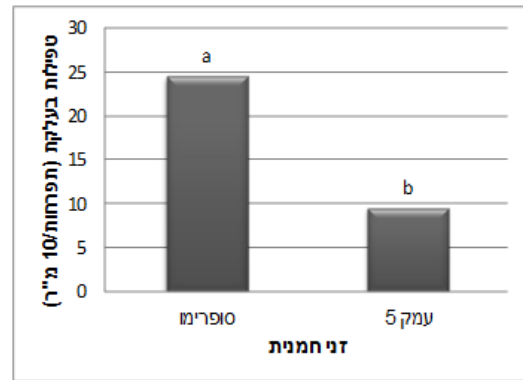
שדה תימן, מושבי הנגב- מבנה הניסוי ואופן הצבתו: בניסוי נבחנו שני זני חמנית 'עמק 5' (בעל עמידות חלקית לעלקת) ו'סופרימו' (רגיש) תוך מתן טיפולים כימיים של אימזפיק בשלבים שונים: טיפול עלווה בשלב פנולוגי 6-8 עלים, טיפול כימיגציה בשלב פנולוגי כפתור פריחה בקוטר 2 ס"מ, טיפול כימיגציה בשלב פנולוגי כפתור פריחה מתקדם בקוטר 4-5 ס"מ, טיפול כימיגציה בשלב פנולוגי של תחילת פריחה, טיפול כימיגציה בשלב פנולוגי (פריחה). על מנת לקבוע את נגיעות החמנית בעלקת נספרו אחת לשבוע מספר צמחי העלקת שהגידו מעל פני הקרקע. בנוסף נמדד פרק הזמן שנדרש להופעת העלקת מיום הצבת החמנית לפי מספר הימים שהעלקת הגיחה לאחר ההצצה. היבול נשקל בסוף הגידול על ידי קציר באמצעות קומביין מסחרי של חברת 'מושבי הנגב'.

טבלה 3. אינדקס הטיפולים הכימיים שהתבצעו באתר הניסוי 'שדה תימן' כפי שיופיעו בהמשך הדוח בגרפים. בטבלה מוצגים מועדי היישומים וצורת היישום. יישום זה ניתן בזן העמיד ובזן הרגיש.

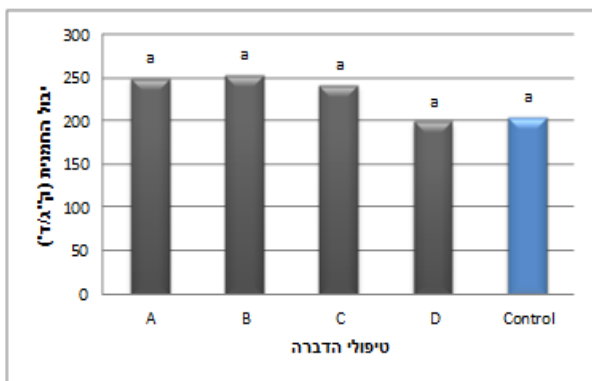
D	C	B	A	O	טיפול	שלב ההתפתחות של החמנית בו ניתן הטיפול
X	X	X	X		1.5 סמ"ק/ד' אימזפיק ביישום עלווה	6-8 עלים
	X				1.5 סמ"ק/ד' אימזפיק בכימיגציה	כפתור פריחה 2 ס"מ
X		X	X		3 סמ"ק/ד' אימזפיק בכימיגציה	
		X			1 סמ"ק/ד' אימזפיק בכימיגציה	כפתור פריחה מתקדם (4-5 ס"מ), 14 ימים מכימיגציה ראשונה
	X				1 סמ"ק/ד' אימזפיק בכימיגציה	פריחה, 21 ימים מכימיגציה ראשונה
X					1 סמ"ק/ד' אימזפיק בכימיגציה	שיא פריחה, 21 ימים מכימיגציה ראשונה



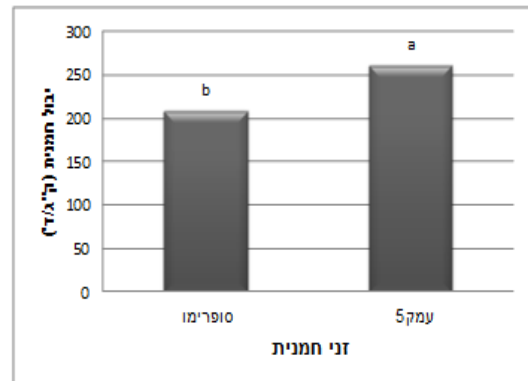
איור 7. טפילות בעלוקת על חמנית מהזן סופרימו כתלות בטיפול הכימי (טבלה 3). אותיות שונות מציינות הבדל מובהק בין הטיפולים לפי מבחן Tukey HSD ברמת מובהקות 0.05.



איור 6. טפילות בעלוקת כתלות בזן החמנית. אותיות שונות מציינות הבדל מובהק בין הטיפולים לפי מבחן Tukey HSD ברמת מובהקות 0.05.



איור 9. יבול החמנית מהזן סופרימו כתלות בטיפול הכימי (טבלה 3). אותיות שונות מציינות הבדל מובהק בין הטיפולים לפי מבחן Tukey HSD ברמת מובהקות 0.05.



איור 8. יבול החמנית מהזן סופרימו כתלות בזן החמנית. אותיות שונות מציינות הבדל מובהק בין הטיפולים לפי מבחן Tukey HSD ברמת מובהקות 0.05.

10 ימים לאחר טיפול עלווה 'קדרה' 1.5 סמ"ק/ד



ביקורת ללא טיפול



טיפול עלווה 'קדרה' 1.5 סמ"ק/ד



תמונה 1. ימין: חלקת ביקורת לא מטופלת מאולחת בעלקת החמנית בשדה המסחרי בשדה תימן. שמאל: שורשי צמחי חמנית ללא טיפול או לאחר טיפול עלווה (אימזפיק 1.5 סמ"ק/ד') (מימין), התמונה צולמה 10 ימים לאחר טיפול העלווה.

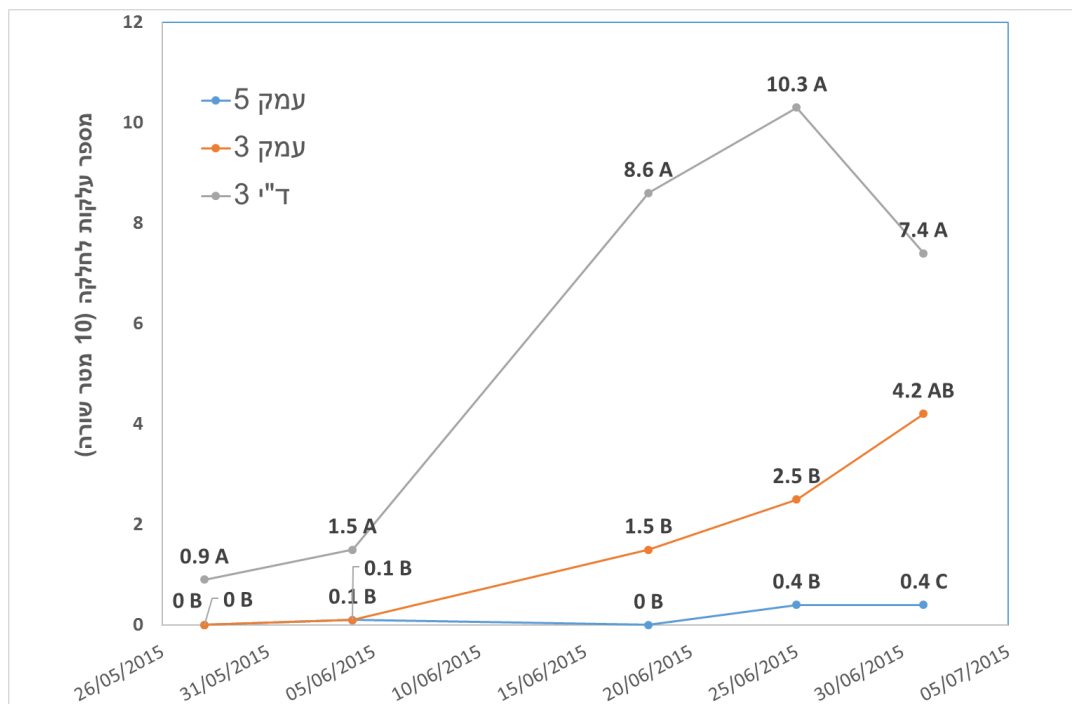
כאמור, בניסוי זה לא נמצאו השפעות גומלין בין הזנים וטיפול ההדברה. הזן העמיד 'עמק 5' נדבק בפחות עלקת בכל טיפולי ההדברה כולל בביקורת הלא מטופלת (איור 6). יתר על כן, יעילות טיפולי ההדברה היתה זהה (וגבוהה) בשני הזנים (איור 7). הזן העמיד 'עמק 5' הניב יבול גבוה יותר מהזן הרגיש 'סופרימו' (איור 8). טיפולי ההדברה לא הפחיתו את יבול החמנית באופן מובהק לעומת חלקות הביקורת הלא מטופלות (איור 9). המשמעות היא שלמרות רמת האילוח הגבוהה בשדה (תמונה 1 ימין) לא נגרם נזק ליבול החמנית. לאחר אסיף יבול החמנית לא נמצאה השפעה של הטיפולים על משקל ה-1000, אורך הזרעון ואחוז הזירעונים מסוג א' של הזנים השונים (הנתונים לא מוצגים בדוח).

חוות גד"ש, גליל עליון- מבנה הניסוי ואופן הצבתו: הניסוי בוצע בחלקה הידועה כמאולחת בעלקת החמנית ועלקת מצרית בחוות גד"ש בגליל עליון בקרקע כבדה בעמק החולה. החלקה נזרעה ב 18.3.15. הניסוי בוצע במתכונת של חלקות מפוצלות בבלוקים באקראי ב- 5 חזרות. גורם ראשי – 5 זנים, וגורם משני - הדברה כימית. הזנים שנבחנו: הזנים עם רגישות נמוכה למיני העלקת - עמק 5, עמק 3 והזן ד.י. 3 כזן ביקורת רגיש. כל זן נזרע ב- 3 שורות לאורך 24 מטר. **טיפולים:** 1. ריסוס אימזפיק 1.5 סמ"ק/ד' בגיל 6 עלים ב- 21.04. בהמשך בוצעה הגמעה בכימיגציה של אימזפיק בשיעור 5 סמ"ק/ד' עם הופעת כפתורי פריחה; 2. ללא טיפול (ביקורת). כל טיפול בוצע בחלקות באורך 12 מטר וברוחב 6 שורות. במהלך הגידול בוצעו אחת לשבועיים הערכות לנגיעות בעלקת ובסיום הניסוי החמניות נקצרו עם קומביין מותאם לניסיונות. הקומביין קצר את כל חלקות הניסוי, 3 שורות לאורך של כ- 12 מטר (ברוטו). בסוף כל חלקה נשקל היבול ונלקחה דגימה של כ- 250 גרם לקביעת הפחת, התפלגות גודל הגרעינים, אורך הגרעינים ומשקל האלף.

תוצאות: לטיפול באימזפיק לא היתה השפעה על מידת ההדבקה בשני מיני העלקת (התוצאות לא מוצגות). מידת ההדבקה הושפעה מרגישות הזנים לטיפול. הופעת עלקת

בניסוי בחלקות שטופלו באימזפיק מעידה אולי על מינון נמוך של החומר בתנאי ניסוי זה בקרקע כבדה. התגובה המוגבלת לחומר נובעת כנראה מספיחה חזקה, שמגבילה את תנועת החומר בקרקע וגם מהעלמות מהירה. התנהגות זאת של החומר בקרקע חוות גד"ש הוכחה כבר בעבר בעבודות שבוצעו בהדברת עלקת מצרית בגידול עגבניות לתעשייה.

על פי ספירת תפרחות עלקת מצרית שבוצעה לאורך העונה נראה בבירור שהזן עמק 5 מגלה עמידות גבוהה לטפיל בהשוואה לזן עמק 3, בעיקר בסוף העונה ב- 1/07 ובאופן מאד בולט בהשוואה לזן ד.י.3 (איור 10). יש לציין שהאילוח היה נמוך גם בזן ד.י.3: כצמח אחד של עלקת למטר. המשמעות היא פחות מצמח עלקת לצמח חמנית ולכן הנזק שנגרם לגידול מהטפיל אם בכלל היה מזערי (תוצאות לא מוצגות).

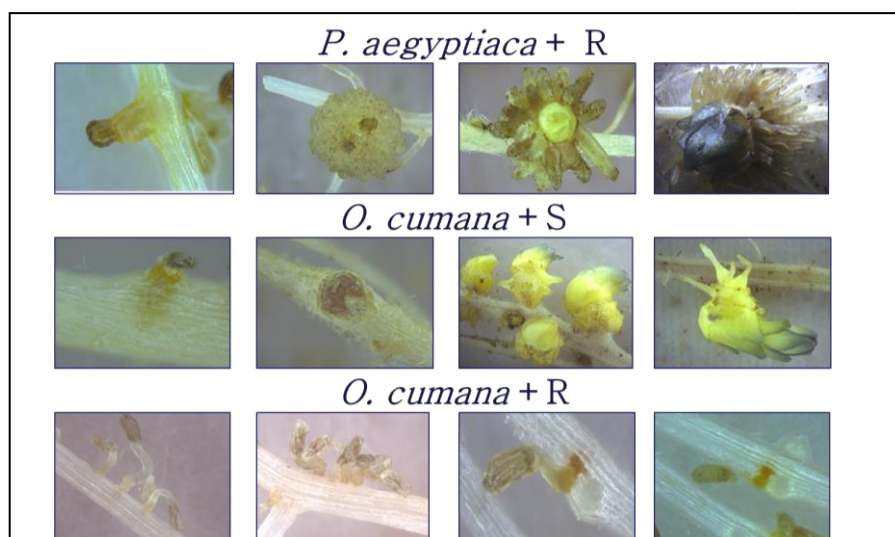


איור 10. הדבקת עלקת בזנים עמק 5, עמק 3 וד.י.3 בעלקת מצרית לאורך העונה. אותיות שונות מציינות הבדל מובהק (מבחן t) באילוח בין זנים בכל מועד.

מטרה ג) לאפיין את יחסי הגומלין בין חמנית עמידה לעלקת חמנית ולעלקת מצרית, ולאתר את השלב הספציפי בו יש ליישם את תכשירי ההדברה (בשלב בו נפסקת הטפילות בזני המכלוא העמידים) במסגרת תכנית להדברה משולבת.

בסדרת ניסיונות בה גידלנו בתנאים הידרופוניים (בשיטת השקיות (PEB) שפותחה בנווה יער), חמנית עמידה ורגישה לעלקת, בנוכחות זרעי עלקת מצרית או עלקת החמנית נמצא כי חמנית מהזן ד.י.3. או שמש רגישות לעלקת החמנית ולעלקת מצרית ללא הבדל בין הזנים. לעומת זאת, הזן העמיד עמק 3 עמיד לחלוטין לעלקת החמנית ורגיש לחלוטין לעלקת

מצרית. תופעת האי-התאם אותה ביקשנו לברר מתרחשת לאחר הצמדות עלקת החמנית לשורש החמנית (איור 11). לאחר שנבט העלקת מתחיל לפתח ההוסטוריום ברקמות הפונדקאי, הפונדקאי חוסם את חדירתו לגליל המרכזי. ממצא זה מעניין מאוד כי שני מיני העלקת מונבטים על ידי הפונדקאי אולם הזן העמיד חוסם רק עלקת מצרית. תצפיות בשדה מאשרות את הממצאים שהתקבלו במעבדה.

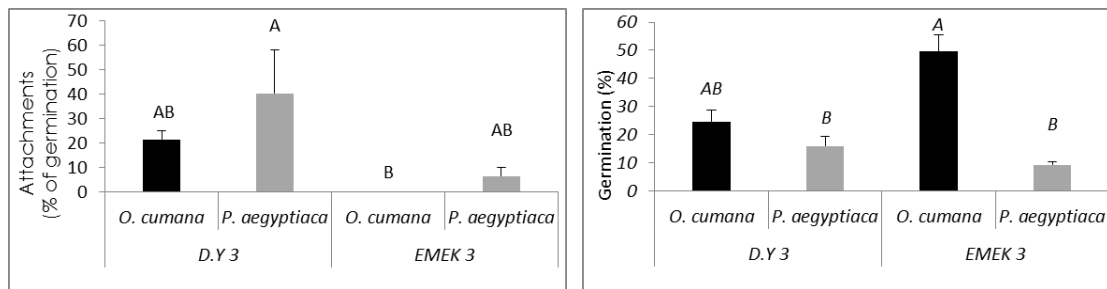


איור 11. שלב האי-התאם בין עלקת החמנית, עלקת מצרית לחמנית עמידה מהזן עמק 3. ניתן לראות כי אין עיכוב בהתפתחות עלקת מצרית על הזן העמיד כמו גם עלקת החמנית על הזן העמיד (שתי השורות העליונות), לעומת זאת בין הזן העמיד לעלקת החמנית יש אי התאם שלא מאפשר את המשך התפתחותה התקינה של העלקת (שורה תחתונה).

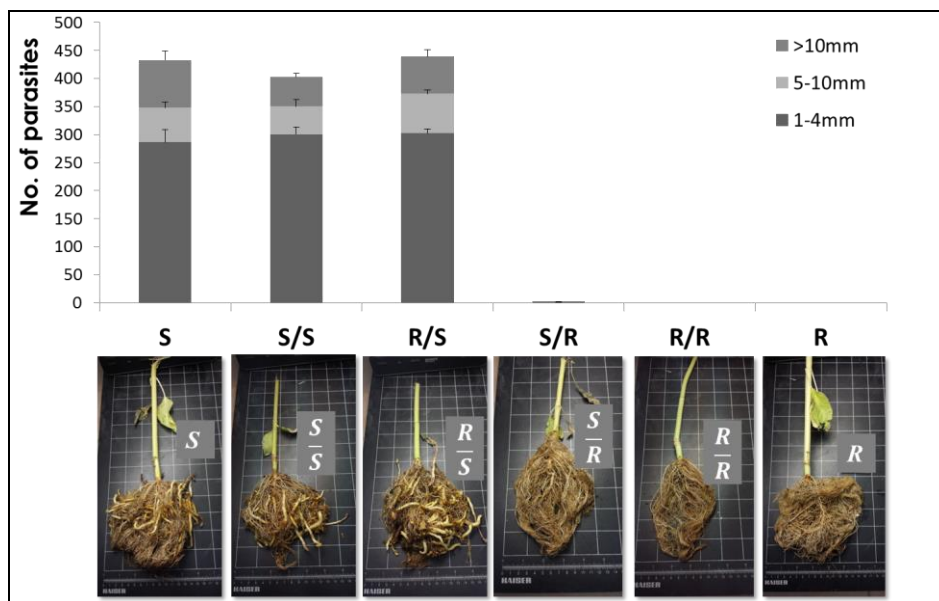
באיור 12 ניתן לראות את שיעור הנביטה וההדבקה של שני מיני העלקת לזן החמנית העמיד והרגיש. נראה כי לשני הזנים יכולת הנבטה לשני מיני העלקת שנבדקו (איור 12 ימין) מה שמעיד על הפרשת סטימולנטים מעוררי נביטת זרעי עלקת (סטריגולקטונים וססקוויטרפן-לקטונים) משורשי הזן עמק 3. כאשר נבדקה יכולת ההיטפלות של שני מיני העלקות נמצא כי הזן ד.י.3 מראה רגישות גבוהה לשני מיני העלקות בעוד הזן עמק 3 מראה עמידות גבוהה לעלקת החמנית אך רגיש לעלקת מצרית (איור 12 שמאל).

בכדי לקבוע באיזה איבר (שורש או נצר) נוצרת ומתקיימת תגובת העמידות, נעשו ניסויי הרכבות בהם הורכבו נצרי צמחים רגישים על שורשי צמחים עמידים ולהיפך. הרכבות עצמיות וצמחים לא מורכבים שימשו כביקורת. הצמחים נשתלו בעציצים שהכילו קרקע מעורבת בזרעי עלקת החמנית (10 ppm). על צמחי חמניות בהן מערכת השורשים שייכת לזן הרגיש נמצאו פקעיות בגדלים שונים ועמודי תפרחת של עלקת (איור 13). מנגד, היכן ששורשי החמניות השתייכו לזן העמיד לא חלה טפילות ולא נמצאו פקעיות עלקת (איור 13).

מניסוי זה ניתן להסיק כי מקור העמידות הינו בשורש בלבד ולנצר אין שום תפקיד בתגובת עמידות החמנית לעלקת.



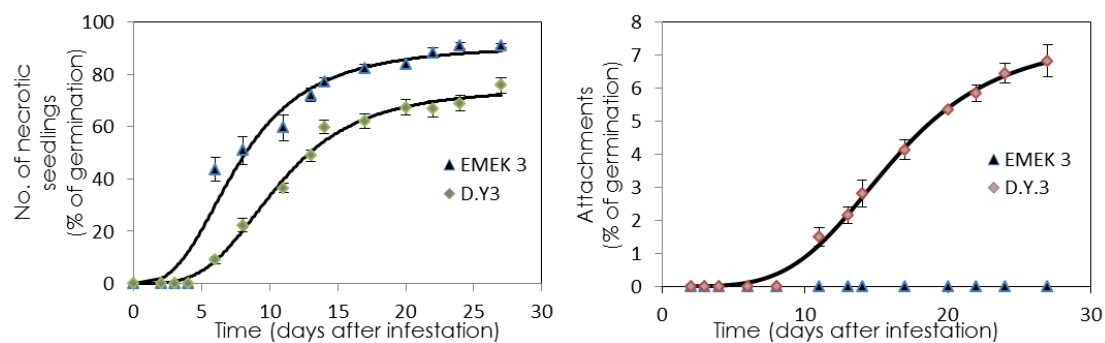
איור 12. ימין - יכולת נביטת זרעי עלקת החמנית ועלקת מצרית על גבי שורשי חמניות מהזנים עמק 3 וד.י.3, 35 ימים לאחר ההדבקה. ממוצעים המסומנים באות זהה אינם נבדלים באופן מובהק על פי מבחן Tukey-Kramer ($p < 0.05$). הקווים האנכיים מייצגים את שגיאת התקן. שמאל - יכולת היטפלות נבטי עלקת החמנית ועלקת מצרית על גבי שורשי חמניות מהזנים עמק 3 וד.י.3, 35 ימים לאחר ההדבקה. ממוצעים המסומנים באות זהה אינם נבדלים באופן מובהק על פי מבחן Tukey-Kramer ($p < 0.05$).



איור 13. למעלה - מספר הפקעיות הטפולות על שורשי חמניות מורכבות. ההרכבות הן של נצרי הזן ד.י.3 (רגיש; S) על גבי שורשי הזן עמק 3 (עמיד; R) ולהיפך. כמו כן בוצעו הרכבות עצמיות וצמחים לא מורכבים לביקורת. הקווים האנכיים מייצגים את שגיאת התקן. למטה - שורשי חמניות מורכבות ולא מורכבות טפולות בעלקת החמנית לאחר שורשיהם נשטפו.

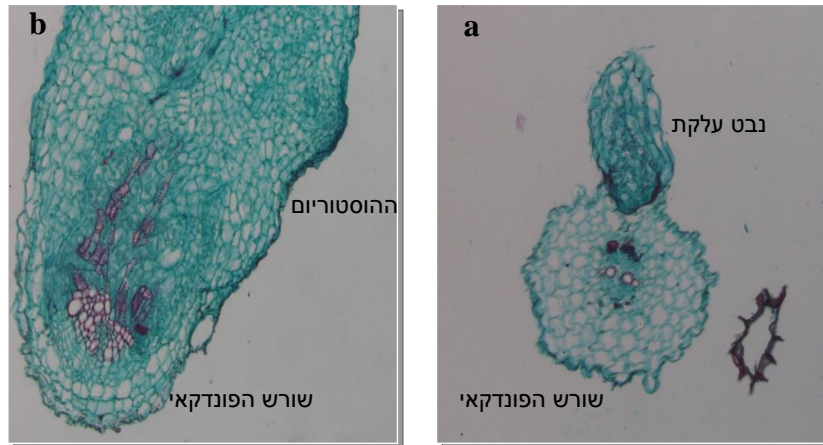
לאחר שנקבע כי הרקמה האחראית על העמידות הינה רקמת השורש, עלה הצורך בביורר מועד התגובה האופטימלי. לשם כך נערכו תצפיות על שורשי חמניות עמידות ורגישות מוטפלות בעלקת בעזרת מיקרוסקופ בינוקולר כל יומיים שלושה. הפרמטרים שנבדקו: יכולת

התבססות העלוקת בשורשים ותמותת נבטי העלוקת בנוכחות השורשים (אחוזים מנביטה). בניסוי זה נבדקו הפרמטרים באופן רציף לאורך 27 ימים. התצפיות המיקרוסקופיות מראות כי בזן העמיד התפתחות העלוקת נעצרת בשלב הראשון במחזור החיים הטפילי. התנוונות נבט העלוקת מלווה בנקרזה הן של הנבט והן של רקמת השורש הבאה במגע עמו בעוד בזן הרגיש נצפתה תפיחה של רקמת השורש במקום חדירת הנבט (ראה איור 11). לאחר 11 ימים מיום האילוח כבר נצפתה התבססות של העלוקת בשורשי הזן הרגיש בעוד בשורשי הזן העמיד לא נצפתה התבססות במהלך כל הניסוי (איור 14 ימין). נקרזה ותמותה של נבטי העלוקת נצפתה ביום השישי הזנים (איור 14 שמאל). ביום זה, בזן העמיד כ- 44% מכלל הזרעים שנבטו נראו נקרוטים בעוד בזן הרגיש 9% נראו נקרוטים. תופעה זו מעידה על ביטוי גבוה של תגובת העמידות. לכן נבחר מועד זה לדיגום שורשי החמניות להפקת RNA.



איור 14. ימין - מספר הפקעיות הטפולות על שורשי חמניות מהזנים עמק 3 וד.י.3. שמאל - תמותת זרעי עלוקת החמנית שהוצמדו לשורשי חמניות מהזנים עמק 3 וד.י.3.

כחלק ממערך התצפיות על דינמיקת התפתחות הטפילות והפעלת מנגנון העמידות, נעשו חתכים היסטולוגיים של רקמות השורש של זני החמניות ד.י.3 ועמק 3 מוטפלים בעלוקת החמנית. ניתן לראות כי בזן העמיד תאיו הפולשניים של נבט העלוקת נעצר בקורטקס טרם הגעתו אל האנדודרמיס (תמונה 2a). מנגד, על שורשי הזן הרגיש ההיטפלות מתרחשת באופן מלא והתאי העלוקת הפולשניים מגיעים אל הגליל המרכזי וחוברים לרקמות הווסקולריות (תמונה 2b). תאי האנדודרמיס של שורשי הפונדקאי העמיד ותאי שורשון נבט העלוקת נצבעו בחוזקה בספרנין (תמונה 2a). ספרנין הוא צבע בסיס הצובע באדום גרעין, ליגנין, קוטיין, סוברין וכיטין בעוד fastgreen צובע בירוק ציטופלסמה וצלולוז. אי לכך צביעת הספרנין מעידה כי חומרים אלו מופרשים על ידי הזן עמק 3 לשם מניעת חדירת העלוקת בעוד בזן ד.י.3 אין עדות להפרשת חומרים אלו.



תמונה 2. חתכי רוחב של שורשי חמנית עמידה מהזן עמק 3 (a), ומהזן ד.י. 3 (b).

אפיון גנטי של העמידות

לשם ביצוע ניתוח גנטי השוואתי לעמידות זן החמנית עמק 3, היה צורך בזני חמניות בעלי רקע גנטי דומה לזה של הזן עמק 3 ולפיכך בניסוי זה לא ניתן היה לעשות שימוש בזן הרגיש ד.י. 3. לשם ביצוע הניסוי נתקבלו קווי חמניות בהם נעשה שימוש בתוכנית הטיפוח של הזן עמק 3 מחברת שער העמקים. לשם אימות עמידותם או רגישותם של קווי הטיפוח הנ"ל, הוצב ניסוי לבדיקת עמידותם או רגישותם של קווי הטיפוח. שבעה קוים הראו רגישות לעלקת החמנית ואילו חמישה הראו עמידות מלאה. בכדי לשמור על מספר זהה של קווים בכל צבר, נבחרו חמשת הקווים שהראו עמידות מלאה וחמישה קוים רגישים וגודלו בשקיות PEB. מקווים אלו נבנו הצברים שהושאו בניתוח הגנטי. בחרנו להשתמש בשיטת ה-RNA Sequencing לשם ריצוף של כלל הגנים המתבטאים בשורשי חמניות מאוכלוסיות עמידות ורגישות לעלקת החמנית וכמו כן בשורשי הזן עמק 3 בזמן תגובה לטפילות. עשרים ושבע ספריות cDNA רוצפו. מקטעי הריצוף שהתקבלו היו באורך 61bp עם ממוצע של 8,648,866.3 קריאות. אנליזה ביואינפורמטית של תוצאות הריצוף נעשתה בסביבת העבודה בשפת R (גרסה 3.3.2 i386) וסביבת הפיתוח המשולבת RStudio. פיענוח הנתונים הגולמיים והאנליזה הביואינפורמטית נעשתה בעזרתו האדיבה של דר' שריאל הנובר ממכון המחקר מיג"ל. נתוני הריצוף נערכו (alignment) אל מול גנום החמנית (נתונים פנימיים שעדיין לא פורסמו השייכים לדר' שריאל הנובר וחובירו) אשר רוצף בעזרת תוכנת RSEM. הניתוח כלל בחינת שינויים ברמות הביטוי והשוואת רצפים דיפרנציאלית. שינויים מובהקים ברמת הביטוי של גנים בין הקווים או בין הטיפולים זוהו בעזרת Bioconductor DESeq package.

הניתוח הביואינפורמטי טרם הושלם, אך מתוצאות ראשוניות נמצאו בזן עמק 3 מספר גנים שביטויים עולה באופן מובהק ואקסקלוסיבי בעקבות ההדבקה בעלקת החמנית, ביניהם גנים

הקשורים למסלול הפנילפרופנואידים ולאנזים PAL (Phenylalanine ammonia-lyase), שהוא אחד האנזימים הראשונים במסלול לייצור מטאבוליטים משניים חשובים במנגנוני הגנה של צמחים. עוד נמצאו שינויים בביטוי של גנים המקודדים לפקטורי שעתוק שונים ולחלבונים הקשורים במבנה דופן התא באפידרמיס.

מטרה (ד) לפתח פרוטוקול להדברה מושכלת של עלקת החמנית.

פרוטוקול הדברת עלקת

יישום הפרוטוקול מומלץ בכל החלקות גם במידה וקיימת השערה שאין בחלקה עלקת. מאחר וההתפתחות שונה בין זני החמנית יש להשתמש בשלבי ההתפתחות החמנית לקביעת מועד יישום קוטלי העשבים על פני מודל ימי המעלה.

כימיגציה
קדרה 1 ס"מ"ק"ד



כפתור פריחה מתקדם
(קוטר 4-5 ס"מ או עד 5% צהוב בתפרחת החמנית)

כימיגציה
קדרה 3 ס"מ"ק"ד



כפתור פריחה
(קוטר 2 ס"מ)

ריסוס עלווה
קדרה 1.5 ס"מ"ק"ד



6-8 עלים אמיתיים
(ללא פסיגים)

** בחלקות מאולחות ברמה גבוהה מאוד

← 14 ימים מיישום קודם

← 21-25 ימים מזריעה

התכשיר קדרה
מכיל 240 ד/ל חומר

דגשים ליישום בכימיגציה:

- החדרת החומר נעשית בשליש האחרון של ההשקיה: השקיה עד לסגירת חתך ההרטבה (בד"כ כ- 20 מ"ק/ד"). לאחר מכן מבצעים את הכימיגציה ולאחר מכן דוחקים את החומר באמצעות 10 (מ"ק/ד) נוספים.
- על מנת להחדיר את החומר בצורה אחידה ומדוייקת יש להשתמש במערכת השקיה בעלת מרווח טפטפות מצומצם (מינימום מרווח של 50 ס"מ).
- רצוי לבצע את הכימיגציה בקרקע מתוחחת.
- מרווח זריעה: רצוי 75 ס"מ.
- חובה להתייעץ עם מתכנן חברת ההשקיה וליישם בהתאם לתכנון הידראולי לגבי חלוקת הדונמים של הכימיגציות ומשך החדרת החומר.

טיפול זה לבדו איננו מספיק על מנת להגיע לפוטנציאל יבול מלא אך חשוב כטיפול מקדים לטיפול הכימיגציה

דגשים לריסוס עלווה:

- מינון החומר צריך להיות מדוייק ולכן יש להשתמש בכלי מדידה מתאים
- נפח תרסיס: מינימום 20 ליטר/דונם
- דיזה: t-jet 11015
- אין להוסיף משטח
- יש לוודא שאין כלל שאריות סבון במיכל הריסוס מחשש לפעולתו כמשטח (עשוי להגביר את הפיטוטוקסיות של החומר)
- במצב של חוסר אחידות בשדה יש לקבל את ההחלטה על פי הצמחים הבוגרים בחלקה.

איור 15. פרוטוקול להדברת עלקת החמנית ועלקת מצרית בחמנית עם דגשים להצלחת

היישום.

דין

במסגרת ניסויי השדה נמצא כי מגוון הטיפולים הכימיים זזני החמנית משפיעים על עוצמת הנגיעות בעלקת. הטיפול המשולב (עלווה+כימיגציה) הדביר עלקת ביעילות גבוהה לעומת הביקורת הלא מטופלת בה נצפו תפרחות עלקת בזנים ד.י.3.3 ושמש. הזן העמיד עמק 3 הראה עמידות גבוהה לעלקת החמנית בתנאי שדה.

בהשוואה בין שתי מערכות השקיה בספיקות שונות ליישום כימיגציה לא נמצא הבדל מובהק ביעילות ההדברה בין מערכות ההשקיה השונות ובמרווחי הזריעה השונים. בניסויים שנערכו בשנת המחקר הראשונה (בשדות עם רמת אילוח נמוכה מאוד), יישום תכשירי ההדברה באמצעות מערכת ההשקיה בספיקה נמוכה (מרווח 30 ס"מ 0.6 ל/ש) העלה באופן מובהק את יכולת החמניות בכל שלושת הזנים בממוצע של כ- 20%. מרווח הזריעה הצפוף יותר, (75 ס"מ) העלה באופן מובהק את היבול בממוצע של כ- 10%. לטיפולים הכימיים לא הייתה השפעה על אחוז הזירעונים מסוג א', אורך הזירעון ומשקל 1000. בנוסף לא נמצא הבדל בין טיפול הביקורת לטיפול המשולב באחוז הזירעונים הפגועים. בהמשך המחקר (בשנה השנייה והשלישית) בוצעו ניסויים בקרקעות מאולחות בעלקת וניתן לומר כי הושגו המטרות שהוצבו והושגה התקדמות משמעותית בהדברת עלקת בחמנית. **במושבי הנגב גידלו לפי הממשק שפותח שטח מסחרי בגודל 2000 דונם בו הושגה הדברת עלקת מכסימלית והגדלת היבול בכ- 30%.**

שילוב של הדברה כימית זזני חמניות עמידים לעלקת הכרחי כדי למנוע התבססות של גזעי עלקת שביכולתם לשבור את עמידות מכלואי החמניות החדשים. בניסוי שנערך בחוות גד"ש בשנת 2015 השפעת הטיפול באימזפיק הייתה מזערית. ההשפעה הקטנה נבעה מאילוח לא גבוה בצד של מינון נמוך של החומר בתנאי הניסוי, ספיחה חזקה, תנועה מוגבלת, ופירוק מואץ של קוטל העשבים. יש להמשיך לבחון את המינונים המתאימים להדברת עלקת בקרקעות כבדות בגידול חמניות, על מנת למזער את נזקי העלקת מבלי לפגוע בצמחי החמניות.

הזן עמק 3 עמיד לעלקת אך אורך הגרעין קצר ולכן אינו אטרקטיבי מבחינה שיווקית ואינו מתאים לדרישות השוק. הזן ד.י.3.3 רגיש לשני מיני העלקת ובקרקעות מאולחות ברמה גבוהה בעלקת מצרית ו/או חמנית אין לגדלו! (למרות בקשות הסוחרים). יש לציין שאין הרבה חלקות בישראל אשר חפות מנוכחות של אחד ממיני העלקת חמנית או מצרית המסכנות את גידול זה. הזן עמק 5, למרות אורך ורוחב הגרעין הקטנים, יכול סוג א' שלו היה גבוה, ואיכותו אינה נופלת מזנים נוספים שנכנסו לגידול (כאן לא המקום להזכירם). יש להיעזר ביתרון הגדול בעמידותו ל- 2 מיני העלקת.

פרוטוקול הדברת העלקת שפותח במסגרת תכנית מחקר זאת ונבחן בהצלחה בניסוי שדה ותצפיות מסחריות כולל טיפול עלווה ב בשלב 6-8 עלים, ושני טיפולי כימיגציה בשלב של כפתור פריחה עד קוטר של 2 ס"מ ו- 5 ס"מ. להתחלת היישום יש לשים לב לדגשים

שמופיעים באיור 15. בהצעת המחקר הצענו ליישם את קוטלי העשבים לפי מודל ימי מעלה. לאחר בחינת זני חמנית רבים נוכחנו לדעת כי מופע הזנים שונה ולכן מודל אחד לא תקף לכל הזנים ויש להתאימו לכל זן. ההתאמה לא נעשתה בתכנית מחקר זאת אך נמצא כי השלבים הפנולוגים של החמנית מהווים סימן אמין למועד יישום קוטלי העשבים ואכן הושגה הדברת עלקת יעילה מאוד במסגרת ניסויי השדה והתצפיות.

זני החמנית שעמידים לקוטלי עשבים מקבוצת האימידזולינונים הראו עמידות גבוהה בתנאי שדה. למעשה זנים אלו עמידים למינונים הרביצידיים של תכשירים אלו: 20 סמ"ק/ד' אימזפיק ו-80 סמ"ק/ד' אימזמוקס. לשימוש בזנים אלו יתרון משמעותי מאחר והם גם יעילים בהדברת עשבים שאינם טפילים. יש להמשיך לבחון זני חמנית חדשים ולהמשיך את הטיפול של זני חמנית עמידים לעלקת ולקוטלי עשבים על מנת לשמור על ענף החמניות בישראל.

סיכום עם שאלות מנחות

<p>מטרות המחקר תוך התייחסות לתוכנית העבודה.</p>
<p>המטרה ארוכת הטווח של מחקר זה היא לפתח גישה מושכלת להתמודדות עם עלקת מצרית ועלקת חמנית בחמנית. המטרות הספציפיות של המחקר הן: (א) להרחיב את מודל הטפילות שפותח לעלקת החמנית, גם לעלקת מצרית בתנאי שדה באזורים שונים בארץ; (ב) לבצע אופטימיזציה של ההדברה הכימית בשלבי הגידול השונים. בהקשר זה ינתן דגש לרגישות החמנית לטיפול הרביגיזיה בשלבי התפתחות שונים, של זני החמנית העמידים והרגישים; (ג) לאפיין את יחסי הגומלין בין חמנית עמידה לעלקת חמנית ולעלקת מצרית, ולאתר את השלב הספציפי בו יש ליישם את תכשירי ההדברה (בשלב בו נפסקת הטפילות בזני המכלוא העמידים) במסגרת תכנית להדברה משולבת; (ד) לפתח מערכת תומכת החלטה להדברה מושכלת של מיני העלקת בגידולים השונים.</p>
<p>עיקרי הניסויים והתוצאות.</p>
<p>בשלושת שנות המחקר הוצבו כ- 18 ניסויי שדה ותצפיות סמי-מסחריות בשדות מסחריים בחלקות בשטח עשרות דונמים ועד לתצפית מסחרית בשטח של 2000 דונם. נמצא כי: (א) הדינמיקה של טפילות עלקת מצרית על חמנית דומה לזאת של עלקת החמנית; (ב) זן החמנית עמק 3 עמיד לעלקת החמנית ורגיש לעלקת מצרית, זן החמנית עמק 5 בעל עמידות גבוהה לשני מיני העלקת; נמצא כי בזנים העמידים קיים מנגנון של אי התאם בשלב חדירת העלקת, כנראה בגלל חסם מכאני כמו תרכובות סוכריות או ליגנין, בעבודה מולקולרית נמצאו קבוצות גנים המבקרות את העמידות (ג) פותח פרוטוקול להדברת עלקת. הדברה יעילה מושגת ביישום של 1.5 סמ"ק/ד' אימזפיק (קדרה) ביישום עלווה ולאחר מכן בכימיגיזיה באמצעות טפטפות בספיקה נמוכה. להצלחת הטיפול דרושים 2-3 טיפולים כתלות בעוצמת השיבוש. ממשק ההדברה נבחן במסגרת ניסויי שדה ותצפיות מסחריות בהם הושגה הדברת עלקת גבוהה. (ד) הדברה מוחלטת של עלקת התקבלה: א. בשילוב זני חמנית עמידים לעלקת עם הדברה הכימית; ב. בשילוב זני חמנית עמידים לקוטלי עשבים ויישום קוטלי העשבים. אנו מניחים כי שילוב האמצעים השונים ימנע התפתחות גזעי עלקת עמידים.</p>
<p>מסקנות מדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו. האם הושגו מטרות המחקר לתקופת הדוח?</p>
<p>במסגרת המחקר הצענו פתרונות להדברת עלקת שכוללים פרוטוקול הדברה מבוסס על יישום תכשירי הדברה באמצעי יישום שונים בשלבים פנולוגיים מוגדרים, שימוש בזנים עמידים לעלקת ולקוטלי עשבים. ליווינו את החקלאים בהטמעת הידע ויישומו בחלקות מסחריות. נערכו סיורים וימי עיון בחלקות. כיום מיישמים את התוצאות בכללם שימוש בפרוטוקול ההדברה וזריעת זני חמנית עמידים לעלקת על פני אלפי דונמים. בעתיד בקרוב (2017-2019) יכנסו יותר זני חמנית עמידים וימנעו התפתחות גזעי עלקת אלימים.</p>
<p>בעיות שנתרו לפתרון ו/או שינויים (טכנולוגיים, שיווקיים ואחרים) שחלו במהלך העבודה; התייחסות המשך המחקר לגביהן, האם יושגו מטרות המחקר בתקופה שנתורה לביצוע תוכנית המחקר?</p>
<p>לא קיימות בעיות מיוחדות</p>
<p>הידע הופץ במסגרת הרצאות בכנסים מדעיים בארץ ובעולם.</p>

פרסום הדוח: אני ממליץ לפרסם את הדוח: (סמן אחת מהאופציות)
רק בספריות <
ללא הגבלה (בספריות ובאינטרנט) <
חסוי – לא לפרסם, רק בסיום המחקר <
האם בכוונתך להגיש תוכנית המשך בתום תקופת המחקר הנוכחי? לא