

דוח מסכם לתכנית מחקר מספר 10-1363-132

## שימוש מיניריזוטרון לפיתוח ממשק הדברת עלקת החמנית בחמנית

Using minirhizotron for developing an *Orobanche cumana* management strategy in sunflower

מוגש לקרן המדען הראשי במשרד החקלאות

ע"י

חנן איזנברג מחלות צמחים וחקר עשבים, מינהל המחקר החקלאי, נוה יער  
יוסי הרשנהורן מחלות צמחים וחקר עשבים, מינהל המחקר החקלאי, נוה יער  
יהונתן אפרת המחלקה לחקלאות מדברית, המכונים לחקר המדבר, שדה בוקר

Hanan Eizenberg, Weed Research, ARO, Newe Ya'ar Research Center, P.O.B. 1021 Ramat Yishay 30095. E-mail: [eizenber@volcani.agri.gov.il](mailto:eizenber@volcani.agri.gov.il)

Joseph Hershenhorn, Weed Research, ARO, Newe Ya'ar Research Center, P.O.B. 1021 Ramat Yishay 30095. E-mail: [josephhe@volcani.agri.gov.il](mailto:josephhe@volcani.agri.gov.il)

Jhonathan Ephrath, Wyler Department of Dryland Agriculture, Jacob Blaustein Institute for Desert Research, BGU, Sede Boqer Campus, Midreshet Ben-Gurion 84990, Israel. E-mail: [yoni@bgu.ac.il](mailto:yoni@bgu.ac.il)

### תקציר

**הצגת הבעיה:** העשב טפיל השורש עלקת מהווה את אחד העשבים קשי ההדברה בחקלאות ישראל. תפוצת עלקת החמנית התרחבה והיא מאיימת על המשך גידול החמנית בארץ. **מטרות המחקר:** מטרת העל של תכנית מחקר זו הינה לפתח מערכת קבלת החלטות להדברת מושכלת עלקת מצרית ועלקת החמנית בחמנית. מערכת קבלת החלטות זו מבוססת על מודל התפתחות תלוי ימי מעלה לחיזוי הדינמיקה של הטפילות בין הטפיל לפונדקאי. המטרה העיקרית בשנת המחקר השלישית הייתה לאמת את המודל שפותח בתנאים מבוקרים בשנת במחקר הראשונה, ונבחן בשנת המחקר השנייה בתנאי שדה. **שיטות ומהלך העבודה:** בשנת מחקר זו הוצבו ארבעה ניסויי שדה, וסה"כ בתכנית המחקר כ- 12 ניסויי שדה, לכיול ובחינת מודל ההדברה. תצפיות על התפתחות העלקת ובחינת יעילות ההדברה בוצעה באמצעות מצלמת מיניריזוטרון. קוטל העשבים קדרה רוסס על עלוות החמנית לאחר כ- 695-732 ימי מעלה בכל הניסויים (טמפרטורת הבסיס לחישוב ימי מעלה היא 4 מ"צ) בשלב בו החמנית בררנית לתכשיר והעלקת רגישה. מועד זה נקבע בהתאם למודל לחיזוי ההתפתחות. בשנות המחקר השנייה והשלישית בחנו את התרומה של זן החמנית העמיד 'שמש' לשיפור בהדברה כימית של עלקת. מאחר ודרוש יישום נוסף של קוטל עשבים למניעת טפילות עלקת בשלב בו החמנית מייצרת עמוד תפרחת, שלב בו החמנית רגישה לקדרה ביישום עלוותי, נבחנו שתי שיטות חלופיות ליישום תכשיר ההדברה. שיטות היישום כללו הרביגציה (יישום דרך מערכת הטפטוף) וריסוס עלווה מתחת לתפרחת החמנית. **תוצאות עיקריות משלושת שנות המחקר:** פותחה מערכת תומכת החלטה להדברה מושכלת של עלקת החמנית ועלקת מצרית בחמנית. המערכת מורכבת משלושה חלקים עיקריים: (א) מודל ימי מעלה לחיזוי הטפילות- מבוסס על נוסחת Weibull עם תוספת לחיזוי שלב ה lag בטפילות. זהו השלב הקריטי בהדברה. (ב) יישום הדברה כימית בקוטל העשבים קדרה על עלוות החמנית במועד המבוסס על חיזוי הטפילות בשלבים התת קרקעיים. (ג) טיפול מאוחר בקוטל העשבים קדרה דרך מערכת הטפטוף או על העלווה מתחת לתפרחת החמנית. **סיכום.** המודל שפותח בתנאים מבוקרים נבחן במסגרת 12 ניסויי שדה וחזה בהצלחה טפילות עלקת מצרית ועלקת חמנית על חמנית. במרבית המקרים העלקת הודברה בהצלחה ואף אם הציצו תפרחות עלקת בשלהי העונה לא נגרם נזק לחמנית ולא נפגע היבול. אנו ממליצים לקבוע את מועד היישום הראשון לאחר 750 ימי מעלה. במרבית ניסויי השדה טיפול מאוחר, לאחר הופעת תפרחת החמנית, דרך מערכת הטפטוף מנע נזקי עלקת ופגיעה ביבול. להערכתנו נושא הגמעת קדרה דרך הטפטוף ביישומים מאוחרים דורש מחקר נוסף. במרבית הניסויים זני חמנית שהיו עמידים בעבר לא היו עמידים כלומר אנו מניחים כי עמידות החמנית לעלקת בארץ פחתה באופן משמעותי ולכן בשלב זה אינה יכולה להיכלל במודל ההדברה.

הממצאים בדו"ח זה הינם תוצאות ניסויים.

\* הניסויים מהווים המלצות לחקלאים: לא

\*

חץ סולנביץ חתימת החוקר

רשימת פרסומים שנבעו מהמחקר:

H. Eizenberg, J. Hershenhorn, G. Achdari, and J. E. Ephrath. 2012. A time thermal model for predicting the parasitism of *Orobanche cumana* in sunflower - five years of field validation. Field Crop Research (submitted).

## תוכן העניינים

4	מבוא
4	מטרות המחקר
4	פירוט הניסויים העיקריים ותוצאות
18	דיון מסכם
19	פרסומים מדעיים

## 1. מבוא

העשב טפיל השורש עלקת מהווה את אחד העשבים קשי ההדברה בחקלאות ישראל. תפוצת עלקת החמנית ועלקת מצרית התרחבה והיא מאיימת על המשך גידול החמנית בארץ. מטרת העל של תכנית מחקר זו הינה לפתח מערכת קבלת החלטות להדברת מושכלת עלקת מצרית ועלקת החמנית בחמנית. מערכת קבלת החלטות זו מבוססת על מודל התפתחות תלוי ימי מעלה לחיזוי הדינמיקה בין הטפיל לפונדקאי והדברה כימית (2).

קצב טפילות העלקת הוא תלוי טמפרטורה (4,5,6,7,10,12,13). ממצא זה דווח בגידולים חשובים המהווים פונדקאי עלקת ובכללם גזר שנטפל על ידי עלקת מצרית או עלקת חרוקה (*O. crenata*) ועגבניה וחציל שנטפלים על ידי עלקת מצרית, חמנית שנטפלת על ידי עלקת החמנית, תלתן שנטפל על ידי עלקת קטנה (*O. minor*), ועגבניה שנטפלת על ידי עלקת מצרית. מערכת מיניריזוטרון (8) בה ניתן לעקוב אחר התפתחות העלקת הצורה לא הרסנית אפשרה לאחרונה לפתח מערכת קבלת החלטות 'פקעית' להדברה מושכלת של עלקת מצרית בעגבנייה (11).

## 2. מטרת המחקר

מטרת העל של תכנית מחקר זאת היא לפתח מערכת תומכת החלטה להדברה מושכלת של עלקת בחמנית. המטרות הספציפיות כוללות:

1. פיתוח מודל ימי מעלה לחיזוי שלבי ההתפתחות והטפילות של עלקת בחמנית. המודל יבחן גם בזנים עמידים.
2. לבצע אופטימיזציה ליעילות ההדברה הכימית של עלקת בחמנית, המבוססת על מודל ימי המעלה.
3. שילוב ההדברה הכימית עם מודל ההתפתחות לפיתוח מערכת תומכת החלטה להדברה מושכלת של עלקת בחמנית.

## 3. פירוט הניסויים העיקריים ומהלך המחקר

תכנית מחקר זאת אשר בסיומה אנו אמורים לפתח מערכת תומכת החלטה מורכבת מארבעה חלקים עיקריים:

א. פיתוח מודל ימי מעלה לחיזוי הדינמיקה של הטפילות בתנאי טמפרטורה מבוקרים ובתנאי שדה.

ב. פיתוח מודל לאופטימיזציה של יישום קוטלי העשבים.

ג. שילוב זני חמנית עמידים לעלקת.

ד. שילוב כל המרכיבים למערכת תומכת החלטה להדברה מושכלת של עלקת החמנית בחמנית.

**פיתוח המערכת בוצע במסגרת עבודה בתנאים מבוקרים בפיטוטרון ובמסגרת 12 ניסויי שדה.**

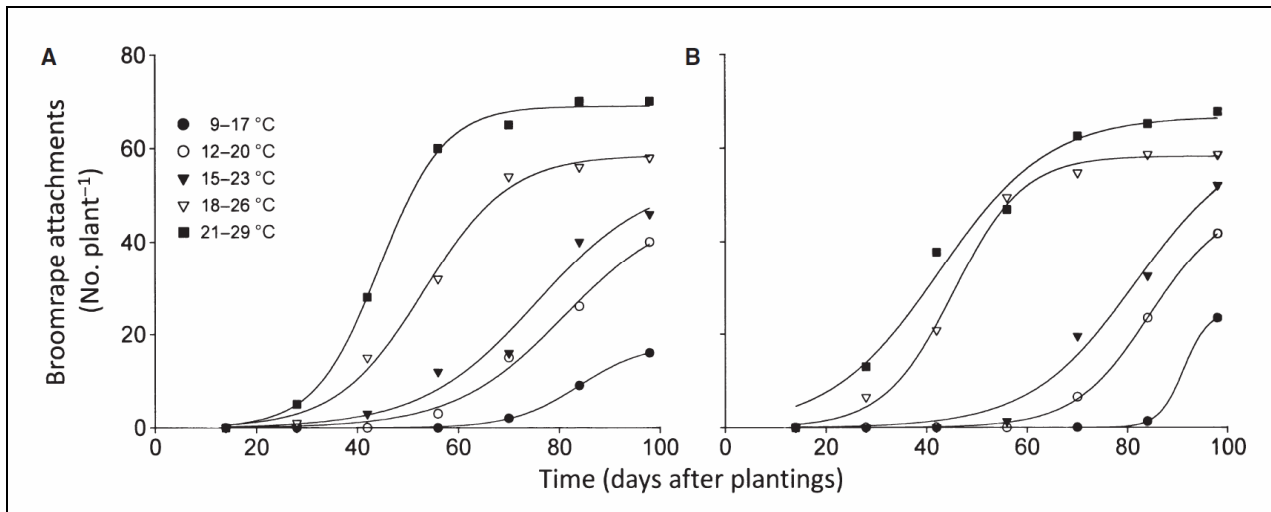
**א. פיתוח מודל ימי מעלה לחיזוי הדינמיקה של הטפילות בתנאי טמפרטורה מבוקרים ובתנאי שדה.**

חלק זה של המחקר הינו החשוב ביותר ועליו מתבססת עבודת המחקר. טיפולי ההדברה הכימית מבוססים על מודל הדינמיקה של טפילות עלקת החמנית על חמנית.

## תנאים מבוקרים

במערכת ניסויים זו השתמשנו בזן החמנית ד.י.3 הרגיש לעלקת. העבודה נערכה בתנאים מבוקרים בפיטוטרון בפקולטה לחקלאות ברחובות. העבודה מתבססת על העובדה שקיים מתאם גבוה בין טמפרטורה לטפילות עלקת כפי שפורסם בספרות ותואר במפורט בתכנית המחקר. יחידות הטמפרטורה הומרו ליחידות חום (ימי מעלה) והמודל ההתפתחותי ניבנה כתלות ביחידות חום כפי שפותח לטפילות עלקת קטנה בתלתן. טמפרטורת הבסיס לחישוב ימי מעלה היא 4 מ"צ, הניסויים נערכו בטווח טמפרטורות של 9-29 מ"צ יום-לילה, בחמישה משטרי טמפרטורות, בחמש חזרות באקראיות גמורה, בתוך כל משטר טמפרטורה. העציצים נשטפו בארבעה מועדים שונים כך שנתקבלו סה"כ 20 צירופים של משטר טמפרטורה ומשך הגידול. העלקת נשקלה לאחר כל שטיפה, וסווגה לפי שלבי התפתחות. כל עציץ (בנפח 2 לי') שימש כחזרה. נתוני הטמפרטורה נאגרו ע"י אוגר טמפרטורה. כפי שדווח בגידולים אחרים, המרת נתוני הטמפרטורה לימי מעלה מאפשרים לחזות את הדינמיקה של הטפילות. הפרמטרים המתקבלים מהנוסחה מאפשרים לחזות אירועים המתרחשים במהלך מחזור החיים של העלקת, כמו תחילת הדבקה או הצצה.

בשנת המחקר הראשונה קיבלנו בתנאים מבוקרים עקום חיזוי להתפתחות עלקת בשלב התת קרקעי והצצה מעל פני הקרקע. עקום זה מתאר קשר סיגמואידי בין התפתחות הטפילות (בימים) לטמפרטורה (איור 1, טבלה 1). כאשר יחידות הטמפרטורה הומרו ליחידות של ימי מעלה התקבל קשר סיגמואידי מובהק המתאר את הדינמיקה של הטפילות בעלקת מצרית ועלקת החמנית (ללא הבדל מובהק בין המינים) כתלות בימי מעלה (איור 2, טבלה 2).

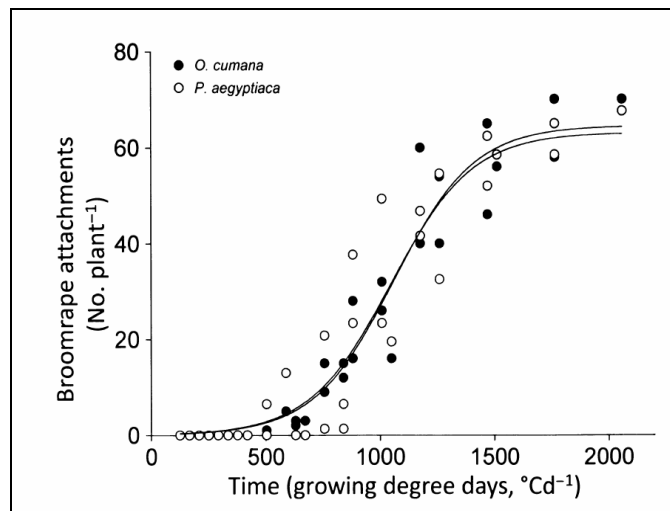


**איור 1.** נוסחה סיגמואידית ( $Y = a / (1 + (x/x_{50})^b)$ ) (3,14) המתארת את הקשר בין מספר פקעיות העלקת וימים לאחר זריעה במשטרי טמפרטורות שונים. שמאל- עלקת חמנית, ימין- עלקת מצרית. נתוני הרגרסיה מופיעים בטבלה 1.

**טבלה 1.** נתוני משוואות הרגרסיה מאיור 1.

	Temperature (day/night, °C)	Coefficient parameters									Regression	
		a*	SE(a)	Ha	σj	SE(σj)	r <sup>2</sup>	X <sub>50</sub> [	SE(X <sub>50</sub> )	M <sub>X<sub>50</sub></sub>	R <sup>2</sup>	F
<i>O. cumana</i>	17/9	17.8	0.3	0.0001	6.5	0.3	0.0001	83.9	0.1	0.0001	0.98	0.0001
	20/12	17.9	5.9	0.0012	10.9	1.9	0.0016	80.1	3.5	0.0001	0.99	0.0001
	23/15	53.8	9.1	0.0004	11.4	3.3	0.0009	75.4	5.6	0.0002	0.97	0.0005
	26/18	58.6	1.9	0.0001	8.5	1.1	0.0018	53.0	1.4	0.0001	0.99	0.0001
<i>P. aegyptiaca</i>	29/21	89.0	1.0	0.0001	6.4	0.6	0.0003	44.4	0.8	0.0001	0.99	0.0001
	17/9	34.7	0.6	0.0001	2.1	0.2	0.0001	91.0	0.8	0.0001	0.99	0.0001
	20/12	48.1	1.7	0.0001	7.4	0.5	0.0001	64.3	0.8	0.0001	0.99	0.0001
	23/15	52.0	11.0	0.0019	10.5	2.7	0.0200	81.5	5.1	0.0001	0.98	0.0002
	26/18	58.2	1.2	0.0001	6.9	0.8	0.0006	45.1	0.9	0.0001	0.99	0.0001
	29/21	66.6	3.3	0.0001	10.9	2.2	0.0073	42.4	2.5	0.0001	0.98	0.0003

\* מייצג מכסימום הדבקות, † מייצג את השיפוע בנקודת הפיתול, ‡ מייצג את נקודת הפיתול.



**איור 2.** נוסחה סיגמואידית  $(Y = a / (1 + (x/x_{50})^b))$  המתארת את הקשר בין מספר הדבקות עלקת החמנית ועלקת מצרית וימי מעלה. נתוני הרגרסיה מופיעים בטבלה 2.

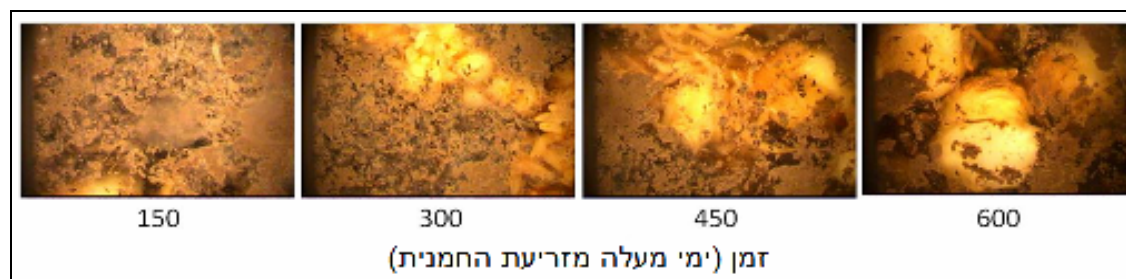
**טבלה 2.** נתוני משוואות הרגרסיה מאיור 2.

	Coefficient parameters									Regression	
	a*	SE(a)	Ha	σj	SE(σj)	r <sup>2</sup>	X <sub>50</sub>	SE(X <sub>50</sub> )	M <sub>X<sub>50</sub></sub>	R <sup>2</sup>	F
<i>O. cumana</i>	64.5	3.4	0.0001	175.9	24.8	0.0001	1060.2	95.0	0.0001	0.94	0.0001
<i>P. aegyptiaca</i>	63.1	4.5	0.0001	178.8	34.1	0.0001	1047.2	48.0	0.0001	0.89	0.0001
Combined <sup>§</sup>	63.8	2.7	0.0001	177.0	20.4	0.0001	1053.0	28.8	0.0001	0.92	0.0001

\* מייצג מכסימום הדבקות, † מייצג את השיפוע בנקודת הפיתול, ‡ מייצג את נקודת הפיתול ו § מייצג נתוני רגרסיה מאיחוד העקומות של עלקת מצרית ועלקת החמנית.

## ניסויי שדה

לפיתוח המודל בתנאי שדה הוצבו במסגרת תכנית המחקר 12 ניסויי שדה. פירוט הניסויים ואופן הביצוע מופיע בטבלה 3. ביצוע התצפיות בשלב ההתפתחות התת קרקעי בוצע באמצעות מצלמת מינירייזטרום (8) (איור 3).



**איור 3.** התפתחות עלקת החמנית על שורשי חמנית מהזן ד.י.3. התמונות נתקבלו באמצעות מצלמת מינירייזטרום במועדים שונים של ימי מעלה.

**טבלה 3.** נתוני ביצוע מניסויי שדה שבוצעו במסגרת תכנית המחקר.

שנה	איזור	תאריך זריעה	מועד ריסוס	מועד ריסוס (ימי מעלה)	גיל החמנית במועד הריסוס (עלים)
2006	נתיבות <sup>†</sup>	04.03.2006	16.04.2006	720	6-10
2007	נתיבות <sup>†</sup>	01.03.2007	18.04.2007	710	8-10
2008	בית השיטה <sup>†</sup>	12.03.2010	20.04.2008	732	8-10
2009	גדות <sup>†</sup>	18.03.2009	23.04.2009	708	6-10
2009	עין המפרץ <sup>‡</sup>	22.03.2009	23.04.2009	726	6-10
2009	שער העמקים <sup>‡</sup>	18.03.2009	23.04.2009	700	6-10
2009	מולדת <sup>‡</sup>	19.03.2009	23.04.2009	695	8-10
2010	בית אלפה <sup>‡</sup>	15.03.2010	22.04.2010	710	6-10
2010	גליל עליון <sup>‡</sup>	22.03.2010	25.04.2010	702	6-10
2011	נתיבות <sup>‡</sup>	06.04.2011	25.05.2011	710	8-10
2011	ע. חרוד מאוחד <sup>‡</sup>	02.03.2011	10.04.2011	718	6-10
2011	גליל עליון <sup>‡</sup>	13.04.2011	16.05.2011	702	6-10

\*ניסויים אלו בוצעו לפני הפעלת תכנית המחקר אך הנתונים מניסויים אלו צורפו למודל (כנתונים בלתי תלויים).  
<sup>†</sup>ניסויים שבוצעו בשדה לפיתוח המודל וכיולו. <sup>‡</sup>ניסויים שבוצעו בשדה לאימות המודל.

הקשר בין מספר פקעיות העלקת לימי מעלה ניתן לתיאור ע"י עקום בעל אופי סיגמואיד. קשר זה נמצא בכל אתרי הניסוי. ארבעה ניסויי שדה שימשו לכיול המודל ופיתוח נוסחת החיזוי. התאמה מיטבית של נוסחת החיזוי לנתונים התקבלה באמצעות הערך AICc (ככל שהערך נמוך כך התיאום טוב יותר) שמחושב לפי הנוסחה (1):

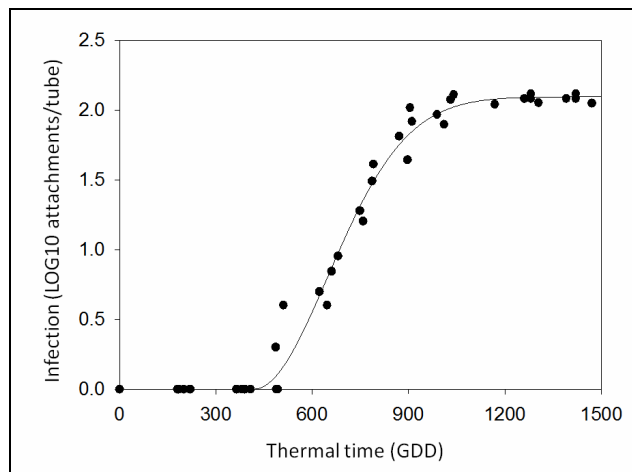
$$AICc = 2 \cdot m + n \cdot \ln\left(\frac{RSS}{n}\right) + \frac{2 \cdot m(m+1)}{n-m-1}$$

כאשר  $m$  הוא מספר המקדמים במודל,  $n$  הוא מספר התצפיות,  $RSS$  הוא סכום ריבועי הסטיות (סר"ס).

הנוסחה שנמצאה מתאימה לחיזוי נבחרה מבין כמה נוסחאות סיגמואידיות שכללו: (א) נוסחה סיגמואידית (Sigmoid), (ב) לוגיסטית (log-logistic), (ג) גומפרז (Gompertz) ו (ד) ויבול (Weibull) (3,14). מבין הנוסחאות שנבחנו, נמצאה נוסחת Weibull עם ארבעה פרמטרים כמתאימה ביותר. נוסחה זאת כוללת פרמטר החוזה את שלב ה  $lag$  בדינמיקה של הטפילות השלב בו נצפתה ההדבקה הראשונה, ולכן חשיבותו לקביעת מועד ההדברה:

$$f(x) = a \times \left[ 1 - \exp\left(-\left(\frac{GDD - lag}{b}\right)^c\right)\right]$$

$a$  - מייצג את מכסימום ההדבקות;  $lag$  - מייצג את ההדבקה הראשונה;  $lag+b$  - מייצג את המועד בימי מעלה בו נספרו 63% ממקסימום ההדבקות; ו- $c$  - מייצג את פרמטר הצורה של העקום.



**איור 4.** נוסחת Weibull המתארת את הקשר בין ימי מעלה לטפילות בעלוקת החמנית. מקדמי הנוסחה מופיעים בטבלה 4.

**טבלה 4.** פרמטרים של נוסחת Weibull המתוארת באיור 4.

Parameters estimated for Weibull Equation				
Parameters	Estimate	SE	DF	Alpha

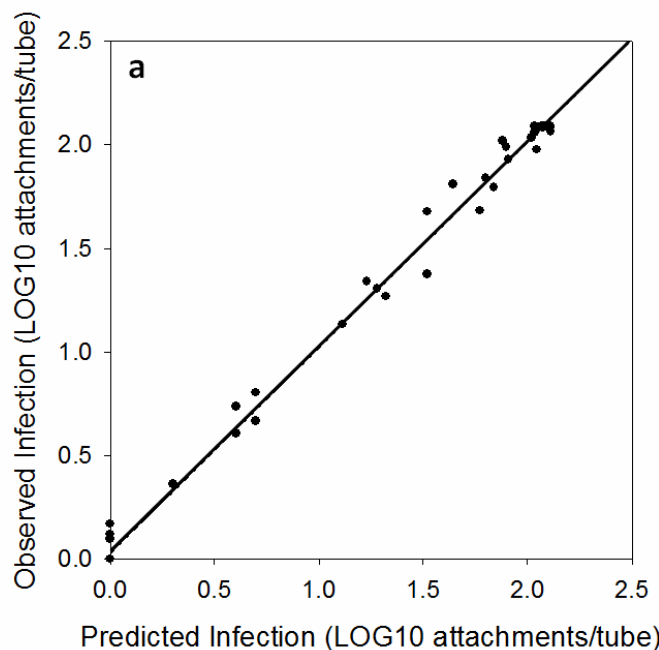


a <sup>1</sup>	2.01	0.04	42	0.05
b <sup>2</sup>	331.73	51.05	42	0.05
c <sup>3</sup>	1.93	0.39	42	0.05
lag <sup>4</sup>	420.00	48.46	42	0.05
RMSE	0.09	0.04	42	0.05

<sup>1</sup> מספר הדבקות מכסימלי; <sup>2</sup> ימי מעלה כאשר נספרו 63% ממכסימום ההדבקות; <sup>3</sup> פרמטר הקובע את צורת העקום; <sup>4</sup> שלב ה lag, בו נצפתה ההדבקה הראשונה.

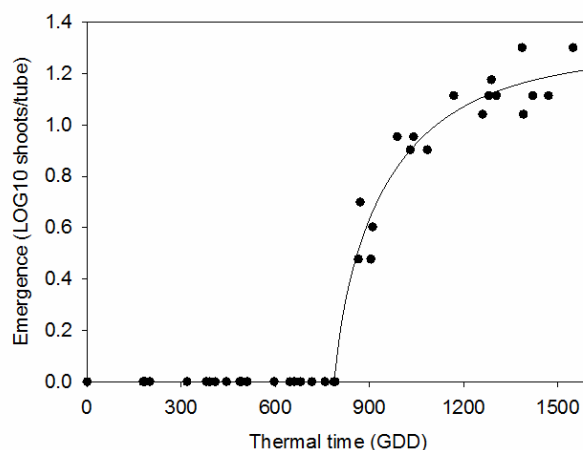
המודל חוזה הדבקה ראשונה של עלקת לאחר 420 ימי מעלה. מספר ההדבקות יהיה 63% ממכסימום ההדבקות לאחר 751 ימי מעלה ממכסימום הדבקות (331 ימי מעלה לאחר שלה ה lag). מאחר ואנו משתמשים בקוטלי עשבים מקבוצת האימידזולינונים המדבירים הדבקות קיימות אנו מציעים כי פרמטר זה (c) הניתן לחיזוי יקבע את מועד ההדברה.

המודל נבחן במסגרת שמונה ניסויי שדה בין השנים 2008-2011 ונמצא הדיר, כלומר חוזה נכונה את טפילות העלקת בשלבים התת קרקעיים. איור 5 מתאר את הקשר בין הערכים החזויים לאלו שנצפו בפועל.



**איור 5.** הקשר בין מספרי הדבקות העלקת החזויים כפי שפותחו בכיול המודל לאלו שנצפו בפועל  $(Y=0.98+0.05X; R^2 = 0.99)$ . האימות בוצע בשמונה ניסויי שדה.

המודל שפותח חוזה בהצלחה גם הצצת עלקת מעל פני כפי שניתן לראות באיורים מס' 6 ובאימות באיור 7.



**איור 6.** נוסחת Weibull המתארת את הקשר בין ימי מעלה להצצת עלקת החמנית. מקדמי הנוסחה מופיעים בטבלה 5.

**טבלה 5.** פרמטרים של נוסחת Weibull המתוארת באיור 6.

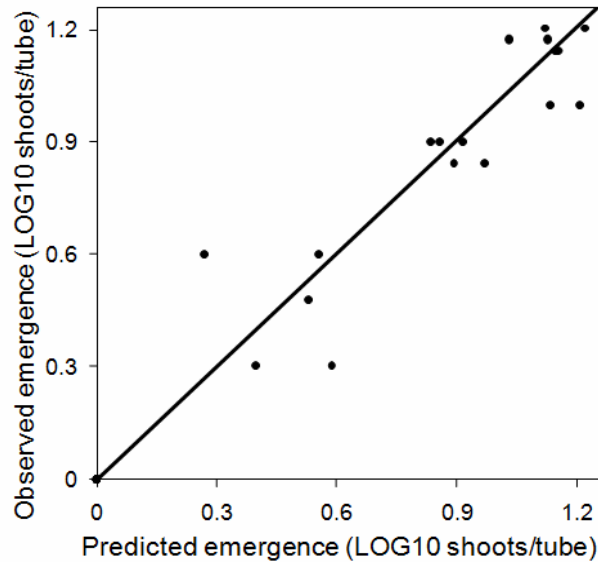
Parameters estimated for Weibull Equation					
Parameters	Estimate	SE	DF	Pr>  t	Alpha
a <sup>1</sup>	1.27	0.10	42	<0.0001	0.05
b <sup>2</sup>	182.63	42.65	42	<0.0001	0.05
c <sup>3</sup>	0.74	0.13	42	<0.0001	0.05
Lag <sup>4</sup>	789.99	0.66	42	<0.0001	0.05
RMSE	1.27	0.11	42	<0.0001	0.05

<sup>1</sup> מספר הדבקות מכסימלי; <sup>2</sup> ימי מעלה כאשר נספרו 63% ממכסימום ההדבקות; <sup>3</sup> פרמטר הקובע את צורת העקום; <sup>4</sup> שלב ה lag, בו נצפתה ההדבקה הראשונה.

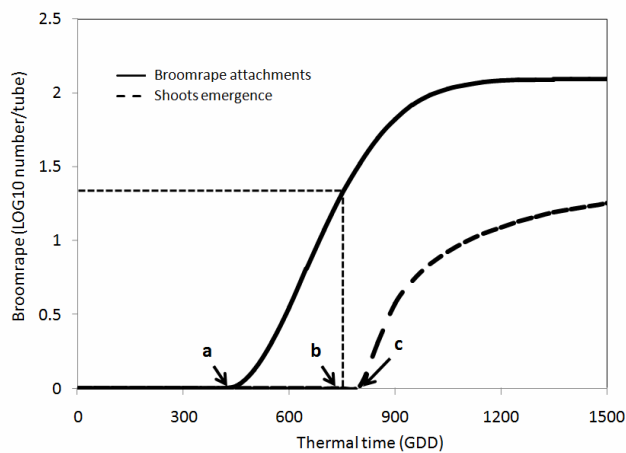
מודל ימי המעלה שפותח במסגרת תכנית המחקר חוזה בדיוק רב שלבים חשובים בטפילות עלקת חמנית ועלקת מצרית בחמנית. בניסיונות השדה שהוצבו השדות היו מאולחים בעיקר בעלקת החמנית ועל כן המודל מבוסס על מין זה למרות שהתנאים מבוקרים לא ניכר היה הבדל בין שני מיני העלקת ולכן ניתן להניח כי יהיה תקף גם לעלקת מצרית.

פיתוח המודל מותאם לצמחים רגישים לעלקת החמנית (ד.י.3), ומאפשר קבלת החלטות בהקשר למועד מיטבי ליישום קוטלי עשבים. דוגמה לשימוש במודל ימי המעלה ליישום קוטלי עשבים ניתן לראות באיור 8. קוטל העשבים קדרה (1 סמ"ק/ד) מדביר ביעילות עלקת החמנית בחמנית, כפי שדווח בדוחות קודמים. תכשיר זה מדביר הדבקות עלקת טפולות לשורשי חמנית ולכן ישנה חשיבות ליישמו לאחר תחילת הטפילות ואיתור הדבקות עלקת. יחד עם זאת, ריסוס מאוחר מידי יפחית משמעותית את יעילות ההדברה כפי שדווח בגידולים אחרים כמו תלתן או עגבניה. אם כך, בהתבסס על מקדמי המודל, היישום ניתן לאחר תחילת שלב ההדבקה של העלקת (a) ב 420 ימי

מעלה; בשלב בו 63% ממכסימום ההדבקות נצפו (b) ב 750 ימי מעלה, ולפני הצצת תפרחות העלקת (c) ב 790 ימי מעלה בקירוב.



**איור 7.** הקשר בין מספרי תפרחות העלקת שהציצו מעל פני הקרקע החזויים כפי שפותחו בכיול המודל לאלו שנצפו בפועל ( $Y=1.0088x + 0.0006$ ;  $R^2 = 0.97$ ). האימות בוצע במסגרת שמונה ניסויי שדה.

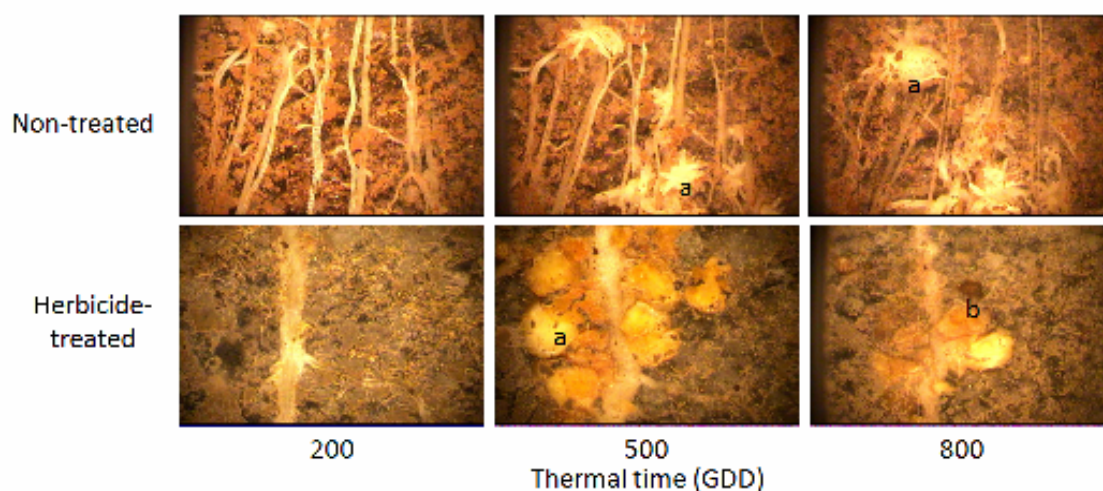


**איור 8.** שילוב שתי עקומות החיזוי על ציר ימי מעלה כשלב ביניים בפיתוח המערכת תומכת ההחלטה. ניתן לחזות את השלבים הפנוולוגיים הבאים: (a) תחילת שלב ההדבקה של העלקת ב 420 ימי מעלה; (b) בשלב בו 63% ממכסימום ההדבקות נצפו ב 750 ימי מעלה; (c) הצצת תפרחות העלקת ב 790 ימי מעלה.

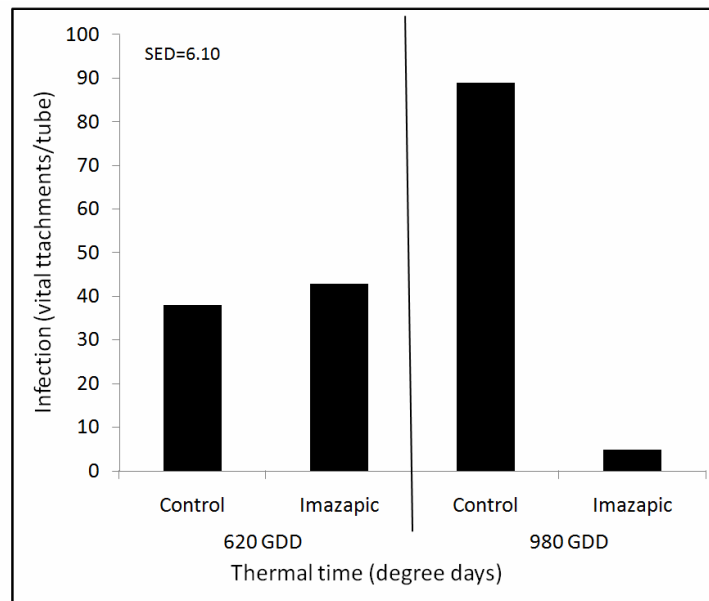
**ב. פיתוח מודל לאופטימיזציה של יישום קוטלי העשבים.**

בעבודות קודמות הראנו בתנאים מבוקרים כי קוטל העשבים קדרה במינון 1 סמ"ק/ד יעיל בהדברת עלקת החמנית (12) בשלב בו הדבקות העלקת צעירות. שלב זה נצפה בתנאי טמפרטורה מבוקרים בתנאים הידרופוניים. שילוב

מידע זה במודל ימי המעלה (9) מאפשר חיזוי מדוייק של שלב זה ויישום התכשיר קדרה בתנאי שדה במועד המיטבי. במסגרת תכנית המחקר, קוטל העשבים קדרה ניתן בתנאי שדה לאחר כ  $710 \pm 20$  ימי מעלה (טבלה 3). בקרה על היישום בוצעה באמצעות מיניריזוטרון וכן הוערכה יעילות ההדברה (איור 9). יעילות הדברת עלקת החמנית בחמנית היתה גבוהה מאוד (איור 10). כפי שנצפה בניסוי השדה שהוצב בבית אלפא, מספר הדבקות העלקת בחלקות הביקורת שלא טופלו עלה משישים למאה בעוד שבחלקות שטופלו מרבית הדבקות העלקת הודברו או לא המשיכו להתפתח (איור 10).



**איור 9.** תמונות שהתקבלו מסדרת צילומים שבוצעה באמצעות מיניריזוטרון מעומק 10 ס"מ לאחר 200, 500 ו 800 ימי מעלה מזריעת החמנית. התמונות העליונות צולמו מחלקות לא מטופלות (ביקורת) והתמונות התחתונות צולמו מחלקות שטופלו ב 1 סמ"ק/ דונם קדרה לאחר 720 ימי מעלה מזריעת החמנית. (a) - הדבקות עלקת; (b) הדבקות עלקת שהודברו.



**איור 10.** יעילות הדברת עלקת החמנית באמצעות קדרה (1 סמ"ק/ד). הריסוס ניתן על נוף החמנית 710 ימי מעלה לאחר זריעת החמנית. בית אלפא 2010.

לאחר הטיפול הראשון, ויהיה טיפול זה יעיל ככל שיהיה קיים צורך בטיפול אחד נוסף לפחות. טיפול עלוותי בקדרה בשלב זה, שלב בו החמנית מפתחת תפרחת, פוגע בייצור הזרעים וביבול. לכן קיים צורך ביישום תכשיר ההדברה בדרך אחרת שלא יפגע בתפרחת החמנית. במסגרת מחקר זה בחנו את הפיטוטוקסיות של קדרה לחמנית ואת יעילות ההדברה בעת יישום בהרביגציה דרך צינורות הטפטוף, או בריסוס עלווה על עלים נמוכים הקרובים לקרקע ורחוקים מתפרחת החמנית. יעילות טיפולים אלו היתה מוגבלת אך טיפולי ההרביגציה הראו פוטנציאל רב ביעילותם בהדברת עלקת החמנית. טיפולים אלו לא פגעו בצמחי החמנית.

**ג. ניסויים בהדברה משולבת של עלקת: שילוב בין הדברה כימית לזני חמנית עמידים לעלקת.**

על מנת לבחון את ההיפוטזה האם שימוש בזני חמנית עמידים לעלקת יאפשר את הפחתת מינון קוטלי העשבים, בוצעו במסגרת ניסויי שדה שילובים בין זנים עמידים לטיפולים במינון מופחת של קדרה. יישום קוטל העשבים 'קדרה' וזריעת זני החמניות שנכללו בניסויים בוצעו במתכונת של 'חלקות מפוצלות' כאשר הגורם הראשי היה קוטל העשבים והגורם המשני זן החמנית (עמיד או רגיש). חלקות הניסוי כללו 16 חלקות בגודל 20 מ"ר בהן נזרע זריעה מסחרית הזן המסחרי.

יישום קוטל העשבים 'קדרה' בוצע ב- 8 חזרות על מחצית מחלקות הניסוי. זרעי החמנית שנזרעו באופן מסחרי הוצאו ממרכזן של 16 חלקות ניסוי ובמקום הוטמנו צינורות מיניריזוטון מאולחים בעלקת חמנית. לאחר הטמנת הצינורות נזרעו מעליהם ידנית זרעי הזן המתאים באורך שורה של 1 מ'. כל טיפול שכלל זן חמנית מסוים עם או ללא יישום קוטל עשבים בוצעו ב- 3 חזרות של שורת צמחים אחת באורך 1 מ'. ספירת מספר העלקות שהופיעו

בחלקות הניסוי בוצעה על אותן 3 חזרות באורך 1 מ'. משקל היבול המופיע בטבלאות התוצאות הוא ממוצע של 8 חזרות הכוללת את הזן המסחרי שנזרע בשטח הניסוי עם או ללא ריסוס ב'קדרה'. ריסוסים על נוף הגידול בוצעו בעזרת מרסס גב מוטורי, מצויד במוט לריסוס קרקע ועליו פומיות T.JET 110015, בנפח תריסס של 20 ל"ד'. על מנת לאמת את התוצאות שהושגו בשנת הניסויים הראשונה, בחלקות הביקורת שלא טופלו, בוצעו תצפיות תת-קרקעיות באמצעות מיניריזוטרון למעקב אחר התפתחות העלקת על שורשי החמנית. קבלת ההחלטות לגבי מועד יישום התכשיר 'קדרה' בניסוי, בוצעה בהתאם לתצפיות השורשים (המועד מצויין בטבלה 3). כמו כן, יעילות ההדברה של הטיפול שבוצע נקבעה על פי תצפיות שבוצעו במיניריזוטרון. בנוסף, נספרו תפרחות העלקת שהופיעו מעל פני הקרקע בטיפולים השונים. מספר העלקות המופיע בטבלאות הוא מספר העלקות שהגוחו מהקרקע מעל צינורות המיניריזוטרון או אברי עלקת טפולים לשורשי החמנית כפי שנצפו בצינור. עלקות אלה הגוחו כתוצאה מהטפלות לצמחי החמנית מהזן שנזרע מעל צינורות המיניריזוטרון המאולחים.

בטבלה 6 ניתן לראות כי טיפול בקדרה הן על חמנית עמידה או רגישה הפחית באופן מובהק את הטפילות בעלקת. לעומת זאת, כאשר לא ניתן ריסוס בקדרה על חמנית עמידה, לא נצפתה פחיתה בכמות תפרחות העלקת לעומת חמנית רגישה. לפיכך, ניתן להסיק כי זן החמנית העמיד שמש, אינו עמיד לעלקת למרות שבעבר דווח על עמידות יחד עם זאת, ניתן לראות שיישום התכשיר קדרה במינון 1 סמ"ק/ד', פגע בעלקת ולא פגע ביבול.

**טבלה 6.** תוצאות ניסוי הדברה משולבת של עלקת בחמנית, גד"ש שמש, עמיר, 2009

זן חמנית <sup>1</sup>	קדרה <sup>2</sup>	עלקות למטר <sup>3</sup>	יבול חמנית י.ד.ג. ל-10 מ"ר ק"ג <sup>4</sup>
שמש	+	2ב	3.38 א
שמש	-	16א	3.50 א
ד.ג.3	+	7ב	-
ד.ג.3	-	16א	-

<sup>1</sup>השטח המסחרי ושטח חלקות הניסוי נזרע מסחרית ב- 10.3.09 בזן 'שמש'. ב- 19.3.09 בוצעה בחלק מחלקות הניסוי זריעה ידנית של 1 מ' מהזנים 'שמש' או 'ד.ג.3', בהתאם לתכנית הניסוי. <sup>2</sup>ריסוס 'קדרה' 1 סמ"ק/ד': הריסוס בוצע באמצעות מרסס גב מוטורי על נוף צמחי החמניות. בזמן הריסוס היו החמניות בעלות 6-8 עלים בגובה 10-15 ס"מ (ללא כפתורי תפרחת). <sup>3</sup>מספר העלקות שהגוחו מהקרקע והיו טפולות ל- 1 מ' צמחי חמנית שנזרעו ידנית. <sup>4</sup>ב- 31.8.09 בוצע קטיף ידני של שתי שורות באורך 5 מ' (10 מ"ר) מכל חלקת ניסוי. לאחר הקטיף בוצע דישי ידני של הקרקפות ונשקל משקל הגרעינים. תוצאות יבול החמנית נותחו לפי מבחן תחום מרובה Tukey- Kramer HSD ( $P \leq 0.05$ ).

בניסוי שנערך בגד"ש י.ע.ן בעמק זבולון (עין המפרץ) ניתן לראות כי טיפול בקדרה הן על חמנית עמידה או רגישה הפחית באופן מובהק את הטפילות בעלקת (טבלה 7). לעומת זאת, כאשר לא ניתן ריסוס בקדרה על חמנית עמידה, לא נצפתה פחיתה בכמות תפרחות העלקת לעומת חמנית רגישה. לפיכך, ניתן להסיק כי גם בניסוי זה, זן החמנית העמיד שמש, אינו עמיד לעלקת למרות שבעבר דווח על עמידות. יישום התכשיר קדרה במינון 1 סמ"ק/ד', לא פגע ביבול. בניסוי זה ההדבקה בעלקת גרמה לפגיעה ליבול החמניות.

בניסוי שנערך בגדי"ש מולדת ניתן לראות כי טיפול בקדרה על חמנית עמידה הפחית באופן מובהק את הטפילות בעלקת רק כאשר הריסוס ניתן על חמנית עמידה (טבלה 8). כאשר ניתן הריסוס על חמנית רגישה, לא היתה פעילות הדברה משביעת רצון. לעומת זאת, כאשר לא ניתן ריסוס בקדרה על חמנית עמידה, לא נצפתה פחיתה בכמות תפרחות העלקת לעומת חמנית רגישה. לפיכך, ניתן להסיק כי גם בניסוי זה, זן החמנית העמיד שמש, אינו עמיד לעלקת למרות שבעבר דווח על עמידות. יישום התכשיר קדרה במינון 1 סמ"ק/ד', לא פגע ביבול. בניסוי זה ההדבקה בעלקת לא גרמה לפגיעה ליבול החמניות, כנראה בגלל רמת אילוח בינונית ופיזור לא אחיד בשדה של העלקת.

**טבלה 7.** הדברה משולבת של עלקת בחמנית, גדש י.ע.ן, עין המפרץ 2009

זן חמנית <sup>1</sup>	קדרה <sup>2</sup> 1 סמ"ק/ד'	מס' עלקות בצינור <sup>3</sup>	יבול חמנית <sup>4</sup> ד.י.ג' ל- 10 מ"ר ק"ג
שמש	+	ב 6	א 373
שמש	-	א 46	ב 316
ד.י.ג' 3	+	ב 11	אב 350
ד.י.ג' 3	-	א 46	ב 315

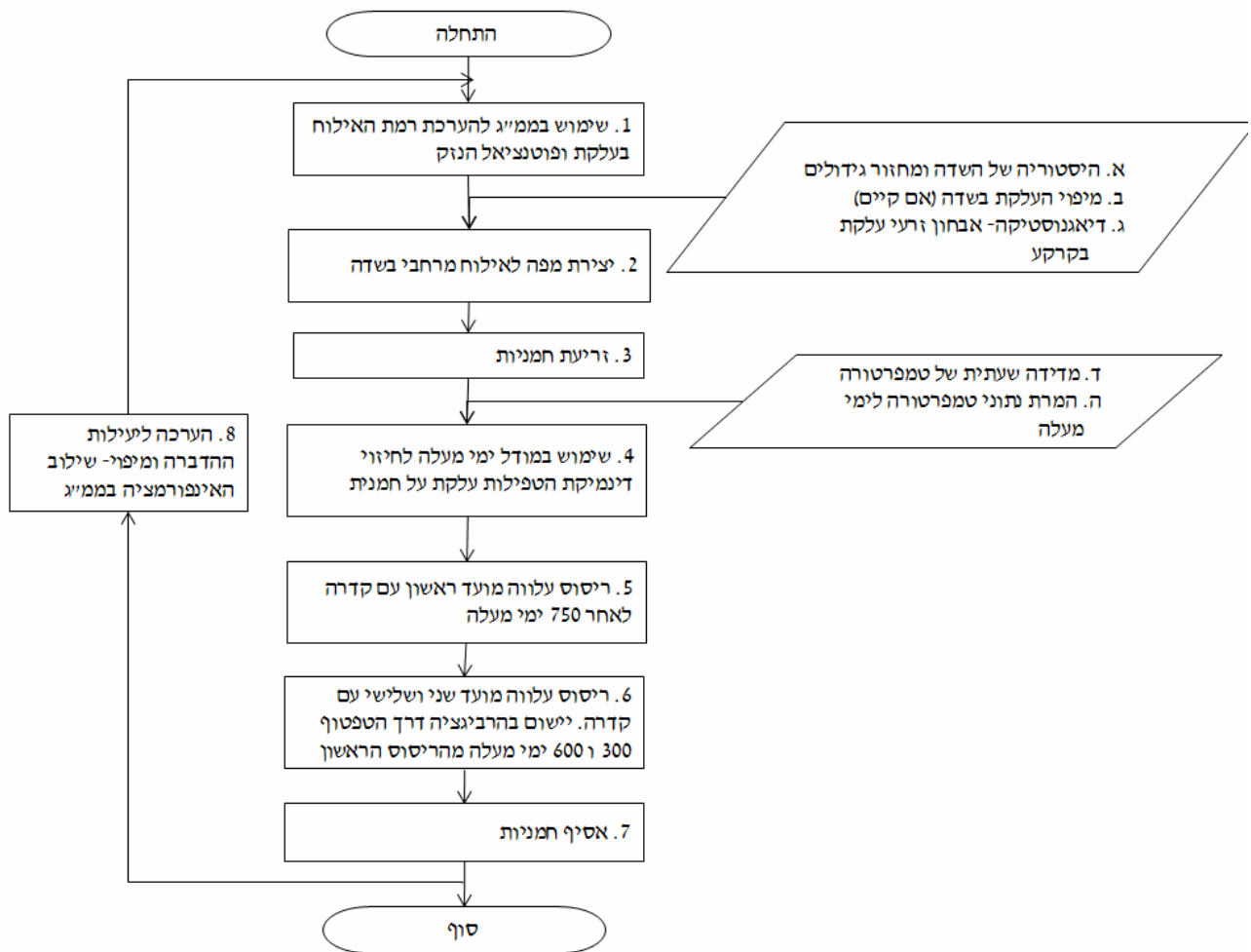
<sup>1</sup>השטח המסחרי ושטח חלקות הניסוי נזרע מסחרית. זריעה ידנית של 1 מ' מהזנים 'שמש' או 'ד.י.ג', בהתאם לתכנית הניסוי. <sup>2</sup>ריסוס 'קדרה' 1 סמ"ק/ד' בוצע באמצעות מרסס גב מוטורי על נוף צמחי החמניות. בזמן הריסוס היו החמניות בעלות 6-8 עלים בגובה 10-15 ס"מ (ללא כפתורי תפרחת). <sup>3</sup>מספר העלקות שנספרו בצינור מינירייזוטרון והיו טפולות ל- 1 מ' צמחי חמנית שנזרעו ידנית. <sup>4</sup>ב- 31.08.09 בוצע קטיף ידני של שתי שורות באורך 5 מ' (10 מ"ר) מכל חלקת ניסוי. לאחר הקטיף בוצע דיש ידני של הקרקפות ונשקל משקל הגרעינים. תוצאות יבול החמנית נותחו לפי מבחן תחום מרובה Tukey-Kramer HSD ( $P \leq 0.05$ ).

**טבלה 8.** הדברה משולבת של עלקת בחמנית, מולדת 2009

זן חמנית <sup>1</sup>	קדרה <sup>2</sup> 1 סמ"ק/ד'	מס' עלקות בצינור <sup>3</sup>	יבול חמניות ד.י.ג' ל- 10 מ"ר ק"ג <sup>4</sup>
שמש	+	ב 5	א 270
שמש	-	א 17	א 299
ד.י.ג' 3	+	אב 11	א 260
ד.י.ג' 3	-	א 44	א 283

<sup>1</sup>השטח המסחרי ושטח חלקות הניסוי נזרע מסחרית בזן 'שמש'. בחלק מחלקות הניסוי זריעה ידנית של 1 מ' מהזנים 'שמש' או 'ד.י.ג', בהתאם לתכנית הניסוי. <sup>2</sup>ריסוס 'קדרה' 1 סמ"ק/ד' הריסוס בוצע באמצעות מרסס גב מוטורי על נוף צמחי החמניות. בזמן הריסוס היו החמניות בעלות 6-8 עלים בגובה 10-15 ס"מ (ללא כפתורי תפרחת). <sup>3</sup>מספר העלקות שנספרו בצינור מינירייזוטרון והיו טפולות ל- 1 מ' צמחי חמנית שנזרעו ידנית. <sup>4</sup>ב- 24.8.09 בוצע קטיף ידני של שתי שורות באורך 5 מ' (10 מ"ר) מכל חלקת ניסוי. לאחר הקטיף בוצע דיש ידני של הקרקפות ונשקל משקל הגרעינים. תוצאות יבול החמנית נותחו לפי מבחן תחום מרובה Tukey-Kramer HSD ( $P \leq 0.05$ ).

ד. שילוב מודל ימי מעלה והדברה כימית למערכת תומכת החלטה להדברה מושכלת של עלקת החמנית בחמנית.



**איור 11.** תרשים זרימה של מערכת קבלת ההחלטות להדברה מושכלת של עלקת החמנית בחמנית המבוססת על מודל של דינאמיקת הטפילות.

ניתן להציג את זרימת המידע בהקשר להדברה מושכלת של עלקת החמנית בחמנית באמצעות תרשים זרימה היכול לשמש כבסיס לקבלת החלטות (איור 11). התרשים כולל שלושה חלקים עיקריים: (א) הערכת פוטנציאל האילוח בעלקת והנזק הפוטנציאלי; (ב) חיזוי הטפילות באמצעות מודל ימי מעלה ו (ג) ביצוע הדברה כימית. החלק הראשון העוסק בהערכת פוטנציאל האילוח בעלקת לא נחקר במסגרת תכנית מחקר זאת והוא מופיע כתוספת. יחד עם זאת הרעיון מפותח בימים אלו בהקשר לטפילות עלקת מצרית בעגבניה, במסגרת "מיזם להפחתת נזקי עלקת בחקלאות" שממומן על ידי המדען הראשי ומועצת הצמחים. להערכתנו ניתן יהיה לבצע התאמה למודל שיפותח עבור עגבניה במסגרת המיזם, להדברת עלקת בחמנית. הרעיון הכללי מוצג באיור 11 וכולל (בהתאמה למספרים באיור): (1) שימוש במערכות מידע גיאוגרפיות להערכת רמת האילוח בעלקת והגדרת פוטנציאל הנזק. בשלב זה יקבעו מספר הטיפולים שיבוצעו. בנוסף יערך מיפוי לשדה במידת האפשר ושמירת נתונים היסטוריים של השדה בכללם טיפולים כימיים ומחזורי גידולים פונדקאים לעלקת. מידע נוסף שיוזן בשלב זה, נמצא בהליך פיתוח



במסגרת המיזם, יתקבל מפעילות לאבחון זרעי עלקת בקרקע (ג). לאחר איסוף המידע ניתן יהיה לקבוע מפה לאילוח המרחבי של זרעי עלקת בקרקע (2). לאחר זריעת החמניות (3), תתבצע מדידה שעתית של טמפרטורת קרקע (ד) והנתונים יומרו לימי מעלה (ה). התפתחות עלקת החמנית תיקבע לפי המודל שפותח במסגרת תכנית מחקר זאת (4). בשלב זה נתייחס לכל זני החמנית כאל זנים רגישים לעלקת. בהמשך, ובמידה ויוגדרו זנים עמידים או סבילים ניתן יהיה להוסיף למערכת תומכת ההחלטה. בהמשך, בהתאם למודל ימי המעלה יתבצע טיפול כימי באמצעות קדרה (5). בשלב ראשון הריסוס יתבצע על עלוות החמנית לאחר כ 750 ימי מעלה בשלב בו החמנית התפתחה ל 6-8 עלים. הטיפול הבא (6) יתבצע בכמיגציה דרך מערכת הטפטוף כ 300 או 600 ימי מעלה לאחר הטיפול הראשון. יעילות טיפול זה גבוהה אך מושפעת מגורמים שונים אשר אינם ברורים ולכן לדעתנו נדרש מו"פ להגדיר גורמים אלו. לאחר אסיף החמניות (7) תתבצע הערכה ליעילות ההדברה והדירות המודל, וכן יתבצע מיפוי בשטח והזנת הנתונים בהיזון חוזר למערכות ממ"ג (8).

בחינת יעילות ההדברה (שלבים 3-7 באיור 11) בוצעה בשנת 2011 במסגרת ניסויי שדה במושבי הנגב, עין חרוד מאוחד ובחוות גד"ש בגליל העליון. טיפולי ההדברה בוצעו לפי תרשים הזרימה באיור 11.

בניסוי שהוצב במושבי הנגב רמת האילוח היתה בינונית, קרי, פוטנציאל של 217 תפרחות עלקת ל 20 מ"ר. טיפול באמצעות תרשים הזרימה (איור 11) הפחית באופן מובהק עד ל 11 תפרחות עלקת ל 20 מ"ר (טבלה 9). בניסוי זה לא נגרם נזק לחמנית מהטיפולים הכימיים ואף לא מהעלקת. לעומת רמת האילוח הבינונית במושבי הנגב, רמת האילוח שנצפתה בחוות גד"ש בגליל העליון היתה גבוהה מאוד (עד קיצונית), כ 1996 תפרחות ל 20 מ"ר. טיפול באמצעות תרשים הזרימה (איור 11) הפחית במידה מובהקת את מספר תפרחות העלקת ל 396, וכן העלה את היבול מ 158 ל 185 ק"ג לדונם (טבלה 10). בעין חרוד איחוד, השדה לא היה מאולח בזרעי עלקת לכן ניתן להתייחס לניסוי כבררנות החמנית לטיפולים הכימיים (טבלה 11). כפי שניתן לראות לא היה הבדל מובהק בין צמחי החמנית שטופלו ואלו שלא טופלו.

**טבלה 9.** הדברת<sup>1</sup> עלקת החמנית בחמנית לפי שימוש בפרוטוקול ההדברה (איור 11), מושבי הנגב 2011.

יבול (ק"ג/ד')	משקל ממוצע לראש חמנית (גרם)	מס' עלקות		התפתחות חמנית %		קדרה 1 סמ"ק/ד'	זן חמנית
		63	36	63	36		
158	89	11b	25b	90	89	לפי מודל ימי מעלה	שמש
185	99	217a	179a	90	89	ללא טיפול	שמש

טבלה 10. הדברת<sup>1</sup> עלקת החמנית בחמנית לפי שימוש בפרוטוקול ההדברה (איור 11), חוות גד"ש 2011.

יבול (ק"ג/ד')	משקל ממוצע לראש חמנית (גרם)	מס' עלקות		התפתחות חמנית %		קדרה 1 סמ"ק/ד'	זן חמנית
		ימים מריסוס					
		65	30	65	30		
158b	89	394b	174b	85	91	לפי מודל ימי מעלה	שמש
185a	99	1996a	1294a	48	76	ללא טיפול	שמש

טבלה 11. הדברת<sup>1</sup> עלקת החמנית בחמנית לפי שימוש בפרוטוקול ההדברה (איור 11), עין חרוד מאוחד 2011.

יבול (ק"ג/ד')	משקל ממוצע לראש חמנית (גרם)	מס' עלקות		התפתחות חמנית %		קדרה 1 סמ"ק/ד'	זן חמנית
		ימים מריסוס					
		32	11	32	11		
418	162	0		100		לפי מודל ימי מעלה	שמש
388	160	0		100		ללא טיפול	שמש

<sup>1</sup>השטח המסחרי ושטח חלקות הניסוי נזרע מסחרית וטופל בריסוס בהתאם לכתוב בטבלה 3 בהתאם לתכנית הניסוי. ריסוס 'קדרה' 1 סמ"ק/ד' בוצע באמצעות מרסס גב מוטורי על נון צמחי החמניות. בזמן הריסוס היו החמניות בעלות 6-8 עלים בגובה 10-15 ס"מ (ללא כפתורי תפרחת).<sup>3</sup> מספר העלקות שהגידו מהקרקה והיו טפולות ל-1 מ' צמחי חמנית שנזרעו ידנית. טיפול שני בוצע בהרביגציה לאחר הופעת כפתור הפריחה של החמנית.<sup>4</sup> בוצע קטיף ידני של שתי שורות באורך 5 מ' (10 מ"ר) מכל חלקת ניסוי. לאחר הקטיף בוצע דיש ידני של הקרקפות ונשקל משקל הגרעינים. תוצאות יבול החמנית נותחו לפי מבחן תחום מרובה (P≤0.05) Tukey-Kramer HSD.

#### 4. סיכום

בתכנית מחקר זאת פיתחנו בסיס למערכת תומכת החלטה להדברה מושכלת של עלקת בחמנית ועלקת מצרית בחמנית. מערכת זאת מבוססת על מודל ימי מעלה לחיזוי הדינאמיקה של הטפילות. מודל זה פותח בתנאים מבוקרים ובתנאי שדה, ואומת בהצלחה במסגרת של שמונה ניסויי שדה במהלך תכנית המחקר. קוטל העשבים קדרה נמצא יעיל בהדברת עלקת בחמנית ויישומו בהתאם למודל הביא לתוצאות הדברה טובות. מאחר ותכשיר זה קוטל הדבקות עלקת לאחר שנצמדו לעלקת, פעולת החיזוי חיונית ליעול ההדברה.

בהצעת המחקר הצענו לשלב בתכנית זני חמניות עמידים לעלקת על מנת שניתן יהיה להפחית את מינון קוטלי העשבים. לפי תוצאות הניסויים לא נמצאו זני חמנית אשר ניתן לקבוע בבירור שהם עמידים לעלקת ולכן לא ניתן היה לבחון גישה זאת.

בתרשים הזרימה שמתאר את קבלת ההחלטות בהקשר להדברה מושכלת של עלקת בחמנית, הוספנו חלק העוסק בחיזוי ומיפוי זרעי עלקת בשדה. מידע זה לא התקבל ישירות במסגרת תכנית המחקר אך אנו מציעים להכלילו לאחר שיפותח עבור עלקת מצרית בעגבניה ויותאם לחמנית.

לסיכום, במסגרת תכנית המחקר פיתחנו תרשים זרימה לקבלת החלטות להדברה מושכלת של עלקת בחמנית. מאחר ותנאי הסביבה עליהם מבוסס מודל ההדברה משתנים בין אזורים ושנים, אנו מעריכים כי קיים צורך בעוד 2-3 שנות ניסויים על מנת לעדכן את המערכת ולהטמיעה במעשה החקלאי. במידה והתכנית תמשיך לפעול, ההתמקדות תהיה בעדכון מודל ימי המעלה וטיפולי ההדברה הכימית דרך צינורות הטפטוף. להערכתנו המידע בהקשר למודל הטפילות ומועד ההדברה הראשון ב 750 ימי מעלה מספק ומביא להדברה יעילה.

#### **5. פרסומים מדעיים**

H. Eizenberg, J. Hershenhorn, G. Achdari, And J. E. Ephrat. 2012. A time thermal model for predicting the parasitism of *Orobanche cumana* in sunflower - five years of field validation. Field Crop Research (submitted).

1. Akaike H (1974) A new look at statistical model identification. IEEE Transactions on Automatic Control. AU-19, 716–722.
2. Aly, R., Y. Goldwasser, H. Eizenberg, J. Hershenhorn, S. Golan, and Y. Kleifeld. 2001. Broomrape (*Orobanche cumana*) control in sunflower (*Helianthus annuus*) in fields. Weed Technol. 15:306–309.
3. Brown, R. F. and D. G. Mayer. 1988. Representing cumulative germination. The use of the Weibull function and other empirically derived curves. Ann. Bot. 61:127–138.
4. Eizenberg, H., Z. Tanaami, R. Jacobsohn, and B. Rubin, 2001. Effect of temperature on the relationship between *Orobanche* spp. and carrot (*Daucus carota* L.). Crop Protection 20: 415-420.
5. Eizenberg, H., D. Plakhine, J. Hershenhorn, Y. Kleifeld, and B. Rubin. 2003. Resistance to broomrape (*Orobanche* spp.) in sunflower (*Helianthus annuus* L.) is temperature dependent. J. Exp. Bot. 54:1305–1311.
6. Eizenberg H, Colquhoun JB & Mallory-Smith CA (2004) The relationship between temperature and small broomrape (*Orobanche minor*) parasitism in red clover. *Weed Science* 52, 735-741.
7. Eizenberg H, Colquhoun JB & Mallory-Smith CA (2005a) A predictive degree-days model for small broomrape (*Orobanche minor*) parasitism in red clover in Oregon. *Weed Science* 53, 37-40.
8. Eizenberg H, Shtienberg D, Silberbush M & Ephrath JE (2005b) A new method for monitoring early stages of *Orobanche cumana* development in sunflower (*Helianthus annuus*) with minirhizotron. *Annals of Botany* 96, 137-140.
9. Eizenberg H., J. B. Colquhoun, and C. A. Mallory-Smith. 2006. Imazamox application timing for small broomrape (*Orobanche minor*) control in red clover. *Weed Sci.* 54:923–927.
10. Eizenberg H, Lande T, Achdari G, Roichman A & Hershenhorn J (2007) Effect of Egyptian broomrape (*Orobanche aegyptiaca*) seed-burial depth on parasitism dynamics and chemical control in tomato. *Weed Science* 55, 152-156.
11. Eizenberg, H., Lande, T., Achdari, G., Smirnov, E. and Hershenhorn, J. (2009a). PICKIT- a decision support system for rational control of *Phelipanche aegyptiaca* in tomato. The 10<sup>th</sup> Congress 11th World Congress on Parasitic Plants, June 2009, Kusadasi, Turkey. Pp. 79.
12. Eizenberg, H., J. Hershenhorn, and J. E. Ephrath. 2009b. Factors affecting the efficacy of *Orobanche cumana* chemical control in sunflower. *Weed Res.* 49:308–315.
13. Ephrath, J. E. and H. Eizenberg. 2010. Quantification of the dynamics of *Orobanche cumana* and *Phelipanche aegyptiaca* parasitism in confectionery sunflower. *Weed Res.* 50:140–152.
14. Knezevic, S. Z., Evans, S.P., Blankenship, E. E., Van Acker, R. C., Lindquist, J. L. 2002. Critical period for weed control: the concept and data analysis. *Weed Science*, 50:773–786.

## סיכום עם שאלות מנחות

<b>מטרות המחקר תוך התייחסות לתוכנית העבודה.</b>
מטרת העל של תכנית מחקר זאת היא לפתח מערכת תומכת החלטה להדברה מושכלת של עלקת בחמנית.
<p>המטרות הספציפיות כוללות:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. פיתוח מודל תלוי ימי מעלה לחיזוי שלבי ההתפתחות והטפילות של עלקת בחמנית.</li> <li>2. לבצע אופטימיזציה ליעילות ההדברה הכימית של עלקת בחמנית, המבוססת על מודל ימי המעלה.</li> <li>3. שילוב ההדברה הכימית עם מודל ההתפתחות לפיתוח מערכת תומכת החלטה להדברה מושכלת של עלקת בחמנית.</li> </ol>
<b>עיקרי הניסויים והתוצאות.</b>
<p>תכנית מחקר זאת אשר בסיומה אנו אמורים לפתח מערכת תומכת החלטה מורכבת מארבעה חלקים עיקריים:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>א. פיתוח מודל ימי מעלה לחיזוי הדינמיקה של הטפילות בתנאי טמפרטורה מבוקרים ובתנאי שדה.</li> <li>ב. פיתוח מודל לאופטימיזציה של יישום קוטלי העשבים.</li> <li>ג. שילוב זני חמנית עמידים לעלקת.</li> <li>ד. שילוב כל המרכיבים למערכת תומכת החלטה להדברה מושכלת של עלקת החמנית בחמנית.</li> </ol> <p>פיתוח המערכת בוצע במסגרת עבודה בתנאים מבוקרים בפיטוטרון ובמסגרת 12 ניסויי שדה</p>
<b>מסקנות מדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו. האם הושגו מטרות המחקר לתקופת הדוח?</b>
<p>מטרות המחקר הושגו. פותחה מערכת תומכת החלטה להדברה מושכלת של עלקת החמנית ועלקת מצרית בחמנית המורכבת משלושה חלקים עיקריים: (א) מודל ימי מעלה לחיזוי הטפילות- מבוסס על נוסחת Weibull עם תוספת לחיזוי שלב ה lag בטפילות. זהו השלב הקריטי בהדברה וחיזוי בנושא החיזוי. (ב) יישום הדברה כימית בקוטל העשבים קדרה על עלוות החמנית במועד המבוסס על חיזוי הטפילות בשלבים התת קרקעיים. (ג) טיפול מאוחר בקוטל העשבים קדרה דרך מערכת הטפטוף או על העלווה מתחת לתפרחת החמנית. <b>סיכום</b>. המודל שפותח בתנאים מבוקרים נבחן במסגרת 12 ניסויי שדה וחזה בהצלחה טפילות עלקת מצרית ועלקת חמנית על חמנית. במרבית המקרים העלקת הודברה בהצלחה ואף אם הציצו תפרחות עלקת בשלהי העונה לא נגרם נזק לחמנית ולא נפגע היבול. אנו ממליצים לקבוע את מועד היישום הראשון לאחר 750 ימי מעלה. במרבית ניסויי השדה טיפול מאוחר, לאחר הופעת תפרחת החמנית, דרך מערכת הטפטוף מנע נזקי עלקת ופגיעה ביבול. להערכתנו נושא הגמעת קדרה דרך הטפטוף ביישומים מאוחרים דורש מחקר נוסף. זני חמנית שהיו עמידים בעבר לא היו עמידים אנו מניחים כי עמידות החמנית לעלקת פחתה באופן משמעותי ולכן בשלב זה אינה יכולה להיכלל במודל ההדברה.</p>
<b>בעיות שנתרו לפתרון /או שינויים (טכנולוגיים, שיווקיים ואחרים) שחלו במהלך העבודה; התייחסות המשך המחקר לגביהן, האם יושגו מטרות המחקר בתקופה שנתורה לביצוע תוכנית המחקר?</b>
<p>מטרות המחקר הושגו. על מנת לחזק את מודל ההדברה ולהטמיעו במעשה החקלאי אנו מציעים לבצע מחקר משלים בו נתמקד ביישום מיטבי של קוטלי העשבים דרך מערכת הטפטוף בטיפולים מאוחרים. כמו כן נעדכן את מודל ההדברה מנתוני אקלים רב שנתיים.</p>
<p>הפצת הידע שנוצר בתקופת הדו"ח: <b>פרסומים בכתב</b> - ציטט ביבליוגרפי כמקובל בפרסום מאמר מדעי; <b>פנטטים</b> - יש לציין שם ומס' פטנט; <b>הרצאות וימי עיון</b> - יש לפרט מקום, תאריך, ציטוט ביבליוגרפי של התקציר כמקובל בפרסום מאמר מדעי.</p>
עדיין לא פורסם או הופץ הידע. בימים אלו נשלח מאמר.
פרסום הדוח: אני ממליץ לפרסם את הדוח: (סמן אחת מהאופציות)
< רק בספריות
< <b>ללא הגבלה (בספריות ובאינטרנט)</b>
< חסוי – לא לפרסם
האם בכוונתך להגיש תוכנית המשך בתום תקופת המחקר הנוכחי?
כן- תכנית להטמעת הידע במעשה החקלאי

\*יש לענות על שאלה זו רק בדוח שנה ראשונה במחקר שאושר לשנתיים, או בדוח שנה שניה במחקר שאושר לשלוש שנים