

## פיתוח מודל תחרות כותנה-עשב לצורך הפחתת השימוש בקוטלי עשבים

Developing a crop weed competition model for reducing herbicide rates in cotton

מוגש לקרן המדען הראשי במשרד החקלאות

ע"י

חנן איזנברג מחלות צמחים וחקר עשבים, מינהל המחקר החקלאי, נווה 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)

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

נובמבר 2011

**הממצאים בדו"ח זה הינם תוצאות ניסויים.**

**הניסויים מהווים המלצות לחקלאים: לא** מחק את המיותר \*

חתימת החוקר חנן איזנברג \*

## תקציר לדוח מסכם לתכנית מחקר 11-1405-132- פיתוח מודל תחרות כותנה-עשב לצורך הפחתת השימוש בקוטלי עשבים

**הצגת הבעיה:** חלבלוב קעור מהווה את אחד העשבים קשי ההדברה בכותנה. העשב נובט ומציץ במהלך כל העונה ולכן נדרשים מספר יישומים להדבירו. תפוצת העשב התרחבה ויעילות הדברתו באמצעים כימיים אינה מספקת ולכן קיים צורך בעישוב ידני שעלותו גבוהה. **מטרות המחקר:** המטרה הכללית של מחקר זה הינה הפחתת השימוש בקוטלי עשבים בכותנה. לצורך השגת מטרה זו הוגדרו מטרות המשנה הבאות: (1) הגדרת גורמים סביבתיים המשפיעים על ההתפתחות העל קרקעית והתת קרקעית של החלבלוב. במחקר זה התמקדנו בגורמים הקשורים ליכולת התחרות של החלבלוב (תכולת מים בקרקע, עומק זרעים, טמפרטורה ואור). במטרה זו פיתחנו מודל התפתחות לחלבלוב ששולב במודל הכותנה הקיים (COTTON2K). (2) מציאת השלב בו העשב רגיש למינונים נמוכים של ק"ע ללא פגיעה ביעילות ההדברה. השערת המחקר היא כי בעת תחרות העשב יחלש ולכן ניתן יהיה להדבירו במינון מופחת של ק"ע. (3) שילוב התוצאות שיתקבלו ממטרות המשנה בתוך מודל תחרות והכללתו במודל הכותנה כאמצעי להפחתת השימוש בחומרי הדברה. **שיטות ומהלך העבודה:** המודל פותח תחילה בבתי צמיחה בעציצים ולאחר מכן נבחן בשדה. כהדמייה לתחרות על מקורות אור השתמשנו ברשתות צל עם חמש דרגות קרינה שונות. נערכו ניסויים בהם נמדדו מדדים פיסולוגיים והתפתחותיים של צמחי החלבלוב כתגובה לתנאי הגידול ולריסוס במינון מופחת של ק"ע. **תוצאות עיקריות:** (1) ניתן לכמת את צימוח החלבלוב כתגובה לתנאי תחרות (קרינה ותכולת מים בקרקע). (2) בתנאי הצללה, מעל 45%, ניתן להדביר חלבלוב ביעילות במינון מופחת של 0.25 ג'/ד'. מינון זה הינו מחצית מהמינון הנמוך המצויין, המומלץ כיום. אנוק יעיל מאוד בהדברת צמחי חלבלוב בגיל של 3-4 עלים. במידה והריסוס ניתן בשלב מאוחר יותר, נדרש מינון כפול ומשולש להדברה יעילה. (3) שיעור הפוטוסינתזה ומוליכות פיוניות עולה כתגובה להעלאת עוצמות הקרינה. (4) הזנת פרמטרים אלו למודל הכותנה הקיים (COTTON2K), מאפשר לחזות את הנזק הצפוי לכותנה כתגובה לתנאי תחרות, ובכך לקבל החלטה האם יש צורך בריסוס. פותח תרשים זרימה המתאר את קבלת ההחלטות בנוגע לריסוס. המודל המוצע נבחן במסגרת ארבעה ניסויי שדה בו הוכח, כי שימוש בו מפחית במחצית את כמות קוטלי העשבים הדרושים להדברה יעילה של עשבים בכותנה.

### 1. מבוא ותיאור הבעיה

גידול כותנה מהווה את אחד הענפים החשובים במחזור השלחין בחקלאות ישראל. הכותנה מהווה צרכן מי קולחין עיקרי במחזור גידולי השלחין, ולכן חשיבותה במחזור רבה.

חלבלוב קעור (*Euphorbia geniculata*) הוא עשב חד שנתי המתחרה בגידולי אביב וקיץ כמו כותנה, עגבניות, תירס, חמניות, תבלינים ועוד. עבודה רבת שנים בתחום הדברת עשבים קשי הדברה, מציעה היום לחקלאים מערכת המלצות הכוללת פתרונות הדברה כימית, כמעט לכל שלב בגידול, החל מהכנת השטחים וכלה בריסוסים על נוף הגידול, או ריסוסים מכוונים, שנועדו להגיע לקטיף בשדה נקי מעשבים. למרות מגוון הפתרונות הקיים, חלבלוב חומק מהטיפולים הכימיים והמכאניים, מאלח שדות רבים, מתחרה בהצלחה בגידולים השונים ובכך גורם נזק כבד לגידול. הקושי בהדברה, כפי שתואר בשנים האחרונות, ויחד עם זאת החשש מאילוח עתידי והעשרת בנק הזרעים בקרקע, גורם לחקלאים לרסס מינונים גבוהים של קוטלי עשבים (ק"ע) בררניים לכותנה. במקרים בהם הדברה במינונים גבוהים לא יעילה, מעדיפים החקלאים לחזור על הריסוס לפני שיחליטו על עישוב ידני.

קוטל העשבים אנוק (trifloxysulfuron) מורשה להדברת עשבים בכותנה. ריסוס במועד מוקדם, בו נבטו מעט עשבים, יגרום רק להדברתם של עשבים שכבר נבטו, אך לא ימנע הצצתם של אלו שינבטו לאחר יישום הק"ע.

לעומת זאת, ריסוס במועד מאוחר בו החלבלוב בוגר, מחייב מינון גבוה יותר של ק"ע ואף תיתכן ירידה ביעילות ההדברה. בניסויים מקדימים מצאנו, כי אנווק יעיל בקטילת חלבלוב בריסוס עלוותי. היעילות גוברת כאשר התכשיר מרוסס על צמח צעיר בשלב התפתחותי שלפני התפצלות החלבלוב.

החלבלוב נובט באופן רציף במהלך כל העונה ולכן קשה להדבירו. במועד נתון, ימצא העשב בשדה במגוון שלבים התפתחותיים. בעבודות מקדימות שנערכו להדברת העשב נמצא, כי החלבלוב נובט כ-3-4 ימים לאחר פעולת הדברה כימית או מכאנית. מסיבות אלו איתור מועד אופטימאלי בו מרבית צמחי החלבלוב הציצו, אך עדיין ניתנים להדברה, חשוב ביותר. יתר על כן, הגדרת יחסי התחרות בין החלבלוב והכותנה ויצירת "יתרון" לכותנה בתחרות יגרום בהכרח להפחתת ק"ע אנווק ביחס לכמות המקובלת כיום. חשובה לציון העובדה כי מינון ק"ע אנווק יופחת רק במידה ולא תיפגע יעילות ההדברה, וזאת על מנת לא להסתכן בהתפתחות עמידויות. עוד נמצא, כי חיוניות צמחי החלבלוב מוגבלת לטווח של 3-1-שנים. מרבית זרעי החלבלוב בקרקע ינבטו בטווח של שנה מיצירת הזרעים, בהתקיים תנאי סביבה מתאימים. חלק קטן מהזרעים ינבט גם בשנתיים הבאות (Kigel et al., 1992). לכן, הצלחת ההדברה ומניעת ייצור הזרעים בשדה נתון, תפחית את בנק זרעי החלבלוב במידה ניכרת.

*על מנת לפתח מודל תחרות בין כותנה לחלבלוב קיים צורך לפתח תחילה את מודל החלבלוב- מודל לחיזוי התפתחות חלבלוב כתלות בגורמי סביבה.*

הקשר בין תנאים סביבתיים להתפתחות עשבים שונים מתואר בספרות, לרוב כקשר נסיבתי. גורמי הסביבה המשתנים (הבלתי תלויים) המשמעותיים ביותר בהתפתחות הצמח כוללים טמפרטורה, רטיבות קרקע וקרינה. גורמי סביבה קבועים כמו חומציות הקרקע, הרכב הקרקע, מבנה מכאני ועוד, לא יילקחו בחשבון בתכנית זו מאחר ואנו מניחים כי כותנה לא תיזרע בשטחים שמגבילים את הגידול.

## **השערת המחקר**

המחקר מתבסס על שתי הנחות עבודה עיקריות:

1. ניתן להשפיע על יחסי תחרות כותנה חלבלוב ע"י ריסוס מינון נמוך של ק"ע בררני לכותנה.
2. ניתן יהיה להפחית את כמות ק"ע בהתקיים שני התנאים הבאים: א. החלבלוב לא יהווה גורם מתחרה לכותנה וב. החלבלוב לא ייצר זרעים להעשרת בנק הזרעים בקרקע.

## **2. מטרת המחקר**

המטרה הכללית של מחקר זה הינה הפחתת השימוש בקוטלי עשבים בכותנה.

לצורך השגת מטרה זו יוגדרו מטרת המשנה הבאות:

1. הגדרת גורמים סביבתיים המשפיעים על ההתפתחות העל קרקעית והתת קרקעית של החלבלוב. במחקר זה נתמקד בגורמים הקשורים ליכולת התחרות של החלבלוב (תכולת מים בקרקע, עומק זרעים, טמפרטורה וקרינה). במטרה זו ניצור מודל התפתחות לצמחי חלבלוב ונשלבו במודל הכותנה הקיים (COTTON2K).
2. מציאת השלב ההתפתחותי בו העשב רגיש ביותר למינונים נמוכים של ק"ע, ללא פגיעה ביעילות ההדברה. שלב זה יוגדר תוך התייחסות להתפתחות אברי ריבוי של העשב בתחרות עם הכותנה וללא

תחרות. השערת המחקר היא, שבשלב תחרות יחלש העשב ולכן ניתן יהיה להדבירו במינון מופחת של ק"ע.

3. שילוב התוצאות שיתקבלו ממטרות המשנה בתוך מודל תחרות והכללתו במודל הכותנה כאמצעי להפחתת השימוש בחומרי הדברה.

### **3. תוצאות ודין**

בשנות הניסויים הראשונה והשנייה נערכו ניסויים בבתי צמיחה בנווה יער. כל הניסויים נערכו לפי תכנית המחקר והניבו תוצאות בהתאם להנחות העבודה, פרט לניסוי מדידת השורשים באמצעות מיניריזוטרום, שמטרתו היתה לתאר את התחרות בין כותנה לחלבול ולכמת את תרומת התחרות התת קרקעית בין מערכות השורשים להפחתת השימוש בקוטלי עשבים. בהקשר זה, לא הצלחנו להבדיל בין שורשי החלבול לשורשי הכותנה לכן המחקר בנושא לא התפתח. בדוח מסכם זה נסקור תמצית של עיקרי התוצאות משנות המחקר הראשונה והשנייה, וביתר פירוט את עיקרי התוצאות משנת המחקר השלישית. הסקירה תיערך לפי נושאים.

1. כימות הקשר בין גיל הח"ק ורגישותו למינונים שונים של ק"ע (בהתבסס על תוצאות שנה א') בתנאי הצללה המדמים תחרות.

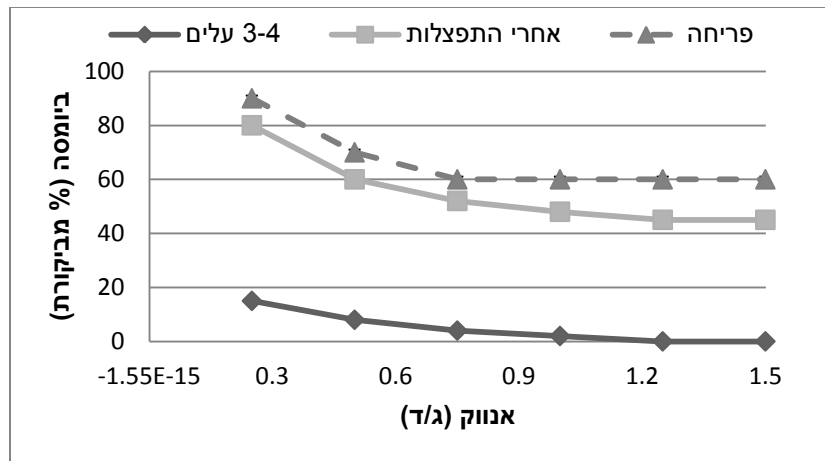
#### **תנאי הארה מלאים**

קוטל העשבים אנוק הורשה לקטילת עשבים בכותנה לא מכבר. תכשיר זה, כאשר ניתן במינון מלא, קרי, עד 1.5 ג/ד קוטל ביעילות עשבים קשי הדברה כמו גומא הפקעים וגם חלבול. מתצפיות בשדה נראה היה כי חלבול קעור מתחדש בחלק מהמקרים. נמצא כי הדברה בשלב של 3-4 עלים אמיתיים, כלומר חלבול צעיר מאוד, יעילה ומביאה הדברה מוחלטת של העשב במינונים של 1.0 ג/ד אנוק (איור 1). במינונים נמוכים יותר הושגה הדברה חלקית של כ- 10-18% יחסית לביקורת. אנו משערים כי "עזרה" כדוגמת תחרות תאפשר להדביר את העשב גם במינון נמוך זה של 0.25 ג/ד.

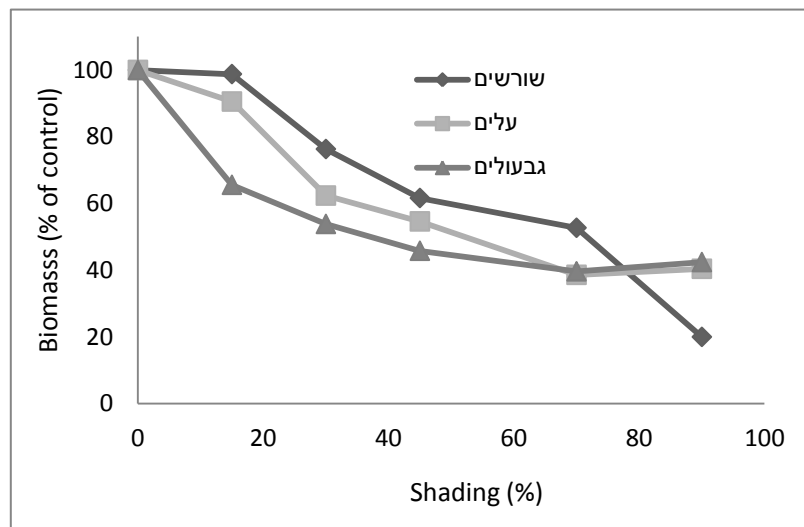
כאשר ההדברה ניתנה בשלב התפתחותי בו מתפצלים ענפים צדדיים מגבעול החלבול, קיימת פגיעה משמעותית בקודקוד הצמיחה, סימפטום האופייני לקוטל עשבים כמו אנוק מקבוצת הסולפונילאוריאה. אולם, לאחר תקופה קצרה, גדלים ענפים צדדיים ללא פגיעה. במקרה זה כמובן, ההדברה נכשלה. גם כאשר הריסוס ניתן בשלב הפריחה, פעולת ההדברה נכשלה כפי שניתן לראות באיור 1.

#### **דרגות הצללה משתנות**

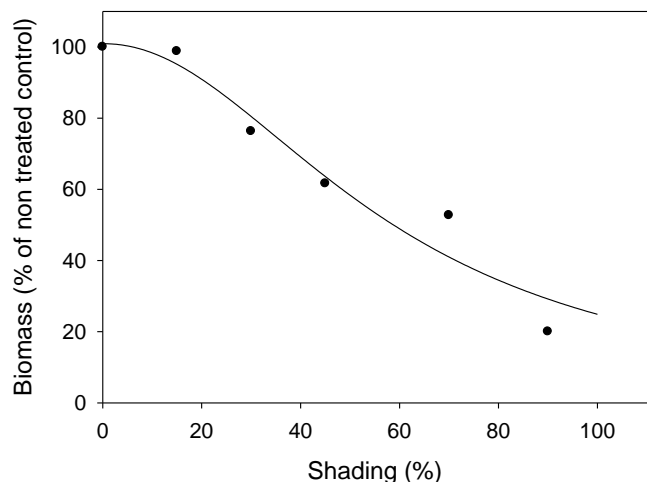
בוצעו שלושה ניסויים בבתי צמיחה בנווה יער. צמחי חלבול גודלו בכלי גידול תחת רשתות צל בדרגות סינון שונות. נמדדו פרמטרים שונים להתפתחות החלבול בכללם ביומסה של העלווה, שורשים וגבעול בנפרד (איור 2), וכן מדדים פיסיולוגיים כגון קצב פוטוסינתזה, טרנספירציה ועוד.



**איור 1.** השפעת השלב הפנולוגי של החלבוב בעת ריסוס צמחי חלבוב באנווק על יעילות ההדברה.



**איור 2.** יעילות הדברת חלבוב באמצעות קוטל העשבים אנווק (במינון 0.25 ג' לדונם) בתנאי הצללה משתנים. המדידות נערכו עבור עלים (LSD=5.6), גבעולים (LSD=7.4) ושורשים (LSD=6.1) בנפרד ( $\alpha=0.05$ ).



**איור 3.** יעילות הדברת חבלוב באמצעות קוטל העשבים אנוק (במינון 0.25 ג' לדונם) בתנאי הצללה משתנים. האיור מתייחס לביומסה הכוללת של החבלוב. נוסחה סיגמואידית מתארת את הקשר בין רמות ההצללה לביומסה ( $P=0.013$ ).

קוטל העשבים אנוק רוסס על צמחי חבלוב בגילאים שונים. נמצא כי ריסוס 0.25 ג' לדונם יעיל בהדברת החבלוב (איורים 2-3). מינון זה הינו מחצית מהמינון המופיע על התווית ("הגבול התחתון" בטווח המינונים המופיע על התווית). משמעות תוצאות אלו היא, שבתנאי הצללה בנוכחות כותנה, ניתן להפחית את מינון קוטל העשבים במחצית על מנת להפחית באופן משמעותי את הביומסה של החבלוב. ראוי לציין כי ביומסת החבלוב הינה נתון חשוב ומוכח המאפשר לחזות תנאי תחרות בין עשב לגידול.

### **כימות הקשר בין גיל הח"ק ורגישותו למינונים שונים של ק"ע בתנאי עקת מים המדמים תחרות.**

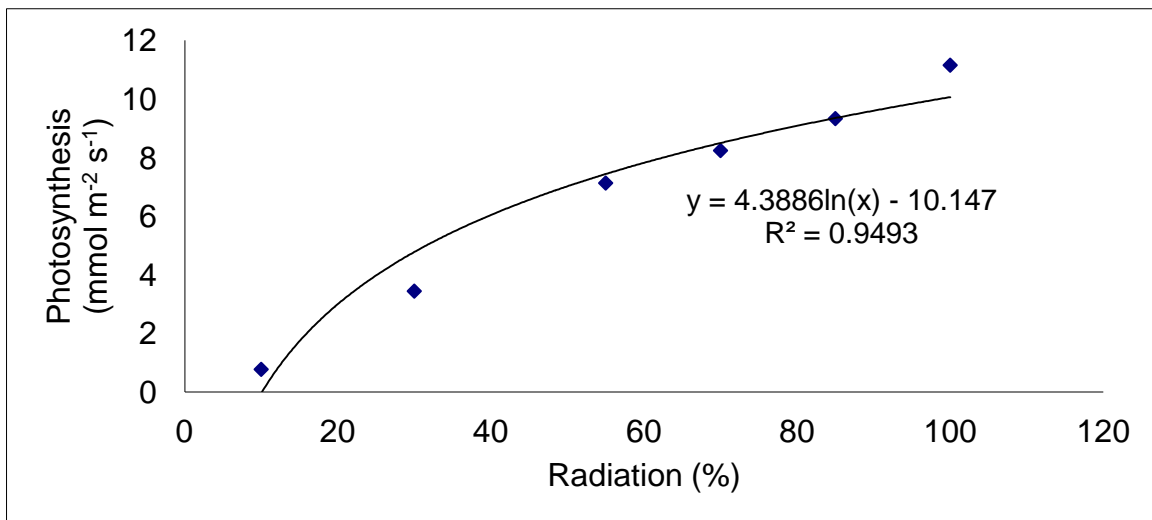
נערכו ניסויים בהם צמחי החבלוב נחשפו למשטרי השקייה שונים המדמים עקת מים. קוטל העשבים אנוק במינון 0.25 ג' לדונם, רוסס בשלב 4-6 עלים לפני התפצלות החבלוב על צמחים, שנחשפו לעקת מים ועל צמחים שלא נחשפו לעקה זו (בקרינה מלאה ללא הצללה). נמצא כי לא היה הבדל מובהק בין הטיפולים השונים. מכך אנו מסיקים כי קרינה משמעותית יותר ממים זמינים בתחרות עשב-גידול בהקשר הפחתת מינון קוטלי עשבים.

### **2. מדידות פרמטרים פיסיולוגיים של חבלוב ברמות קרינה שונות**

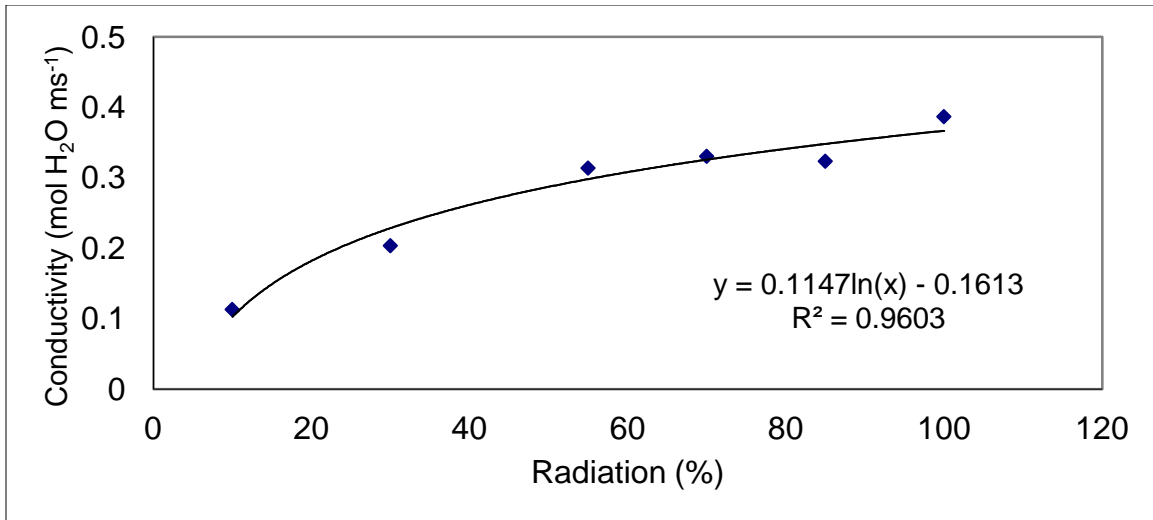
על מנת להעמיק את הידע לגבי העקה בה נמצא החבלוב בתנאי הצללה וכן על מנת לקבל פרמטרים בהם נוכל להשתמש במודל הכללי שיפותח, בשילוב עם מודל הכותנה, נערכו מדידות של פרמטרים פיסיולוגיים לצמחי החבלוב. צמחי חבלוב נמדדו במהלך חודש ימים אחת לשבוע. כאמור הצמחים גדלו ברמות קרינה שונות שהושגו באמצעות רשתות צל: 100% אור (ביקורת), 85%, 70%, 55%, 30% ו-10% מסך קרינת השמש. החל משלושה עלים, וכאשר העלה הצעיר הפרוש ביותר היה בגודל של 2.2 סמ"ר, החלה מדידה של הפעילות הפיסיולוגית של צמחי החבלוב. היות ותא למדידת העלים מודד עלים בשטח מינימלי של 2 סמ"ר, נערכו המדידות מגודל זה ואילך. קרינת השמש נמדדה באמצעות תא המדידה. לתא מקור אור פנימי והוא כוון

לעוצמת השמש במדידה של 100% קרינה (טיפול הביקורת). עוצמה זו שונתה בהתאם לעוצמת האור בכל אחד מטיפולי הקרינה.

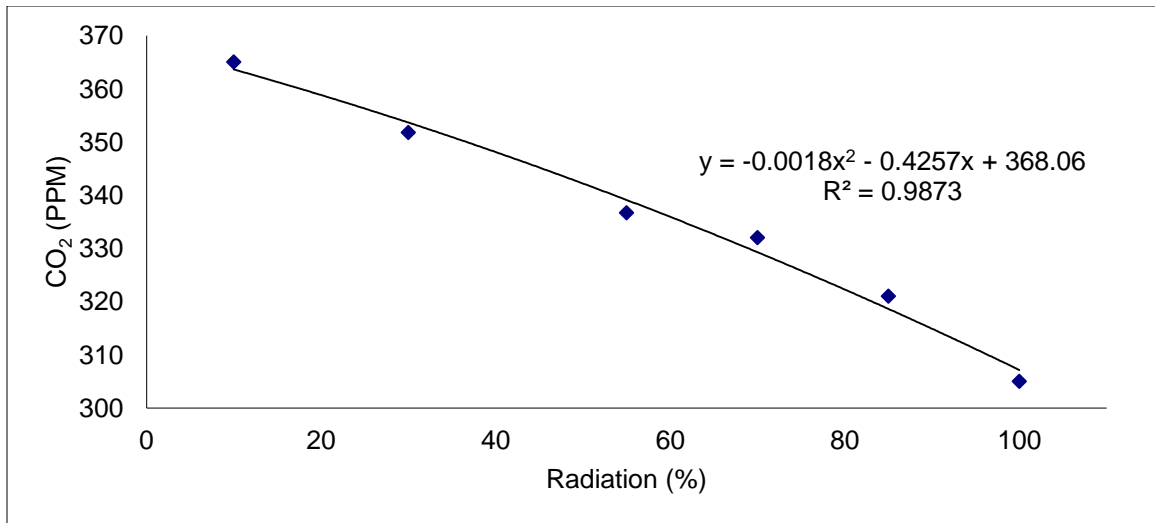
המדידות הפיסיולוגיות, השונות שבוצעו על הצמחים נעשו באמצעות מכשיר נייד למדידת חילוף גאזים של חברת LiCor, דגם LI-6400, המאפשר מדידות של מספר תהליכים המתרחשים בצמח בעת ובעונה אחת. מדידת הפוטוסינתזה נעשתה על ידי מדידת ההפרש בריכוז ה- $\text{CO}_2$  בין תא המדידה (עם העלה) לבין תא התייחסות בו ריכוז ה- $\text{CO}_2$  נשאר קבוע. היות והעלה מקבע  $\text{CO}_2$ , הרי ככל שההפרש בין תא המדידה לבין תא ההתייחסות גדול יותר, קצב קיבוע ה- $\text{CO}_2$  גבוה, כלומר קצב הפוטוסינתזה גבוה יותר. על מנת להפחית את השונות בין הבדיקות, נקבע כי ריכוז ה- $\text{CO}_2$  יהיה אחיד ויעמוד על ערך של 400 ח"מ. ערך זה היה קבוע בתא ההתייחסות, והיה הערך הראשוני בתא המדידה. ריכוז של 400 ח"מ קרוב ביותר לריכוז ה- $\text{CO}_2$  האטמוספרי. מדידת עוצמת הקרינה של השמש היתה כ-1800 מיקרוואינשטיין למ"ר לשניה וערך זה שימש בכל המדידות כערך עוצמת הקרינה בטיפול הביקורת. מערך זה הופחתו ערכי עוצמת האור בהתאם לרמות הצל השונות. בנוסף למדידת הפוטוסינתזה, נערכה מדידה של הטרינספירציה, מוליכות הפיוניות, טמפרטורת העלים וריכוז ה- $\text{CO}_2$  התוך תאי, כמדד לרמת העקה המזופילית של העלים והיחס שבין האפקט הפיוניתי והלא-פיוניתי על קצב קיבוע הפחמן הצמחים.



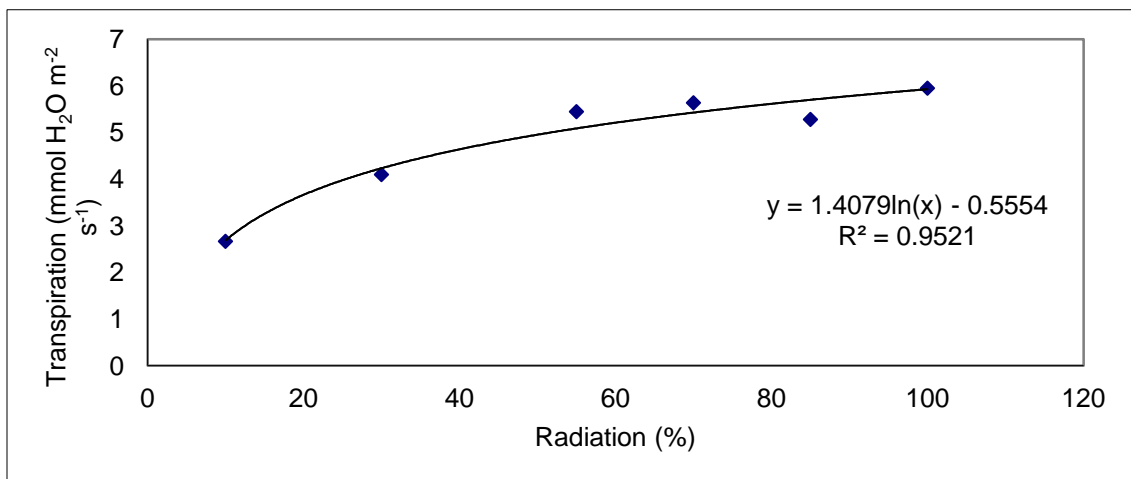
**איור 4.** השפעת רמות קרינה שונות (שמקורן מטיפולי הצללה) על הפוטוסינתזה של החלבוב.



**איור 5.** השפעת רמות קרינה שונות (שמקורן מטיפולי הצללה) על מוליכות פיוניות של החלבוב.



**איור 6.** השפעת רמות קרינה שונות (שמקורן מטיפולי הצללה) על ריכוז הפחמן הדו חמצני התוך תאי של החלבוב.



**איור 7.** השפעת רמות קרינה שונות (שמקורן מטיפולי הצללה) על Trns של החלבוב.



באיורים 4-7 ניתן לראות כי קיים קשר מאד ברור בין רמות הקרינה לבין התהליכים הפיסיולוגיים השונים שנבחנו בצמחי החלבוב. בעוד שקצב הפוטוסינתזה וריכוז ה- $CO_2$  התוך תאי הושפע מירידה בעוצמות הקרינה באופן מהיר כבר בעוצמות קרינה גבוהות, מוליכות הפיוניות והטרנספירציה הושפעו מהירידה בעוצמת הקרינה רק ברמות קרינה נמוכות יותר. עובדה זו מצביעה על כך, שקצב הוצאת מים מן הקרקע בתהליך הטרנספירציה הוא גבוה, גם כאשר החלבוב מתפתח תחת צמחי הכותנה, ברמות קרינה נמוכות יחסית. ממצאים אלו יושמו בהרצות פרלימינאריות לצרכי כיוול של מודל הכותנה COTTON2K, שפותח על ידי פרופ' מראני וד"ר יהונתן אפרת (פוטוסינתזה ועקת מים), על ידי הגברת שטח העלים המאדה בנוכחות של צמחי כותנה וחלבוב.

### 3. שימוש בנתונים כקלט במודל הכותנה.

כאמור, בחלק זה של המחקר נבחנו השפעת החלבוב על התפתחות הכותנה באמצעות מודל הכותנה COTTON2K APU.

על מנת לחשב את השפעת אוכלוסיית החלבוב הורץ המודל מספר רב של פעמים, כאשר בכל אחת מן ההרצות הוגדלה אוכלוסיית צמחי החלבוב החל מביקורת בה היו 0 צמחי חלבוב ועד לאוכלוסייה שכללה 10 צמחי חלבוב למ"ר. מספר צמחי הכותנה נשאר קבוע ועמד על העומד המקובל של 10 צמחים למ"ר.

על מנת להריץ את המודל בצורה נכונה, נמדדו הפרמטרים הקרקעיים השונים (קיבול שדה, נקודת כמישה כמות החנקן בקרקע, כמות החומר האורגני בקרקע) והוזנו למחשב. הקבצים האגרוטכניים כללו את מועד הזריעה וההצצה, מועדי ההשקיות, כמויות המים בהשקיות אלו וכן כמויות ועיתויי מתן הדשן.

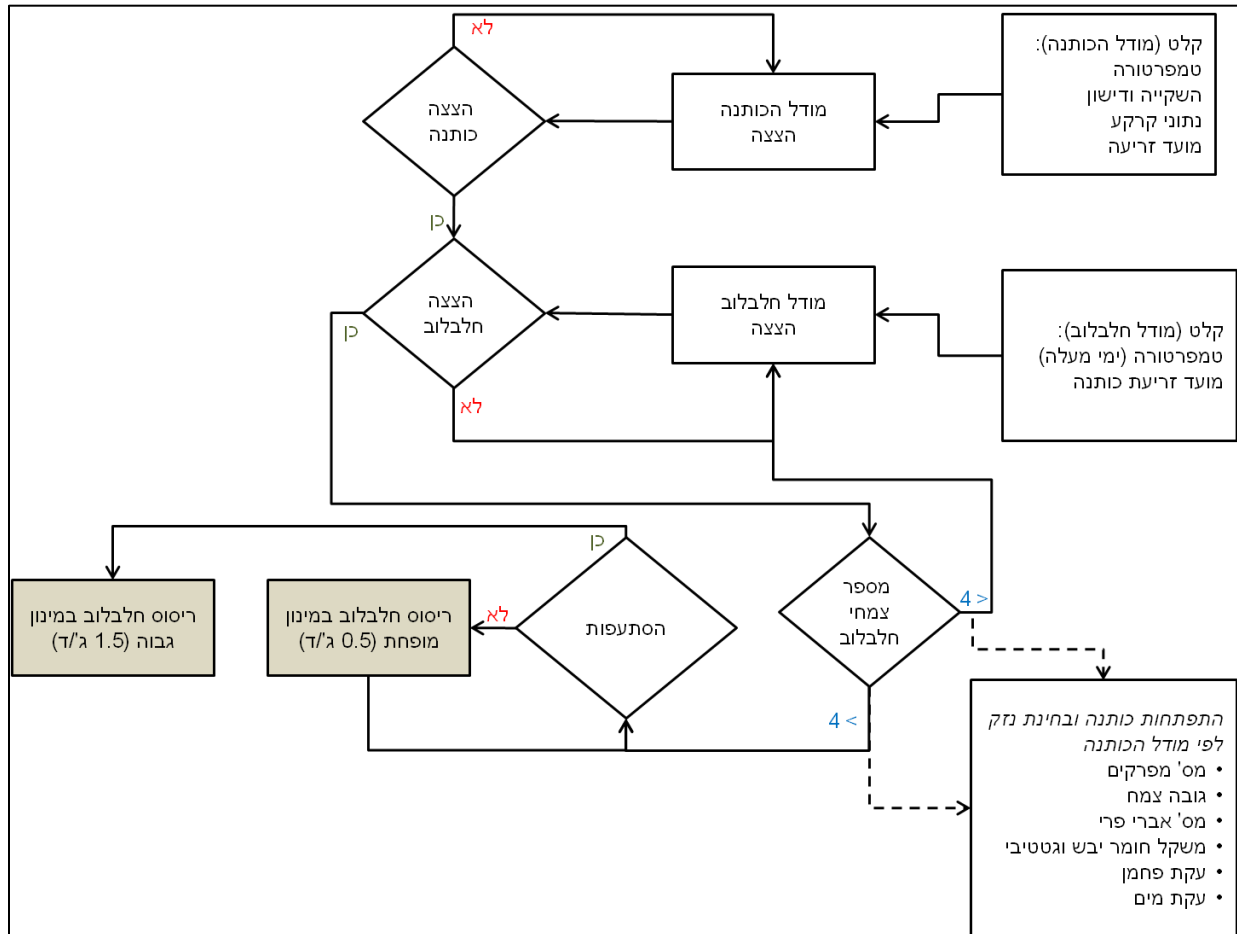
קבצי האקלים כללו את הטמפ' השעתית, כמות הקרינה היומית (ממנה חושבה הקרינה השעתית), התאיידות מגיגית (יומית), מהירות הרוח והלחות היחסית.

תרשים זרימה (איור 8) מתאר את מהלך קבלת ההחלטות במודל הכותנה ובמודל המתאר את התפתחות החלבוב בהתאם לתצפיות שנעשו בשטח.

בשלב הראשון, מוזנים למערכת נתוני סביבה כקלט למודל הצצה של החלבוב או של הכותנה. כפי שמצאנו במודל הכותנה, מספר של ארבעה צמחי חלבוב למטר יפגע בכותנה, לכן במידה ונצפו לפחות ארבעה צמחי חלבוב, המערכת תנחה לרסס כתלות במצב ההתפתחותי של החלבוב. במידה והחלבוב מפותח, קרי בשלב של לאחר ההתפצלות, המערכת תנחה לרסס אנוק במינון גבוה (1.5 ג/ד'), אפשרות נוספת היא שהחלבוב נמצא במצב התפתחותי של לפני ההסתעפות, במקרה זה המערכת תנחה לרסס מינון מופחת בשליש מהמינון הגבוה, קרי, 0.5 ג/ד'.

במקרה בו נספרו פחות מארבעה צמחי חלבוב, המערכת תבחן האם קיים חשש לנזק לכותנה מעשבים אלו באמצעות מודל הכותנה. המודל יבחן את הנזק לפי פרמטרים גידולים של הכותנה בכללם מספר מפרקים, גובה הצמח, מספר אברי פרי, משקל חומר יבש ווגטטיבי, עקת פחמן ועקת מים. במידה ופלט המערכת יראה

כי לא ייגרם נזק לכותנה, לא תתבצע פעולת הדברה. בכך ניתן יהיה לחסוך ריסוסים בקוטלי עשבים בשעה שאין הם נדרשים.

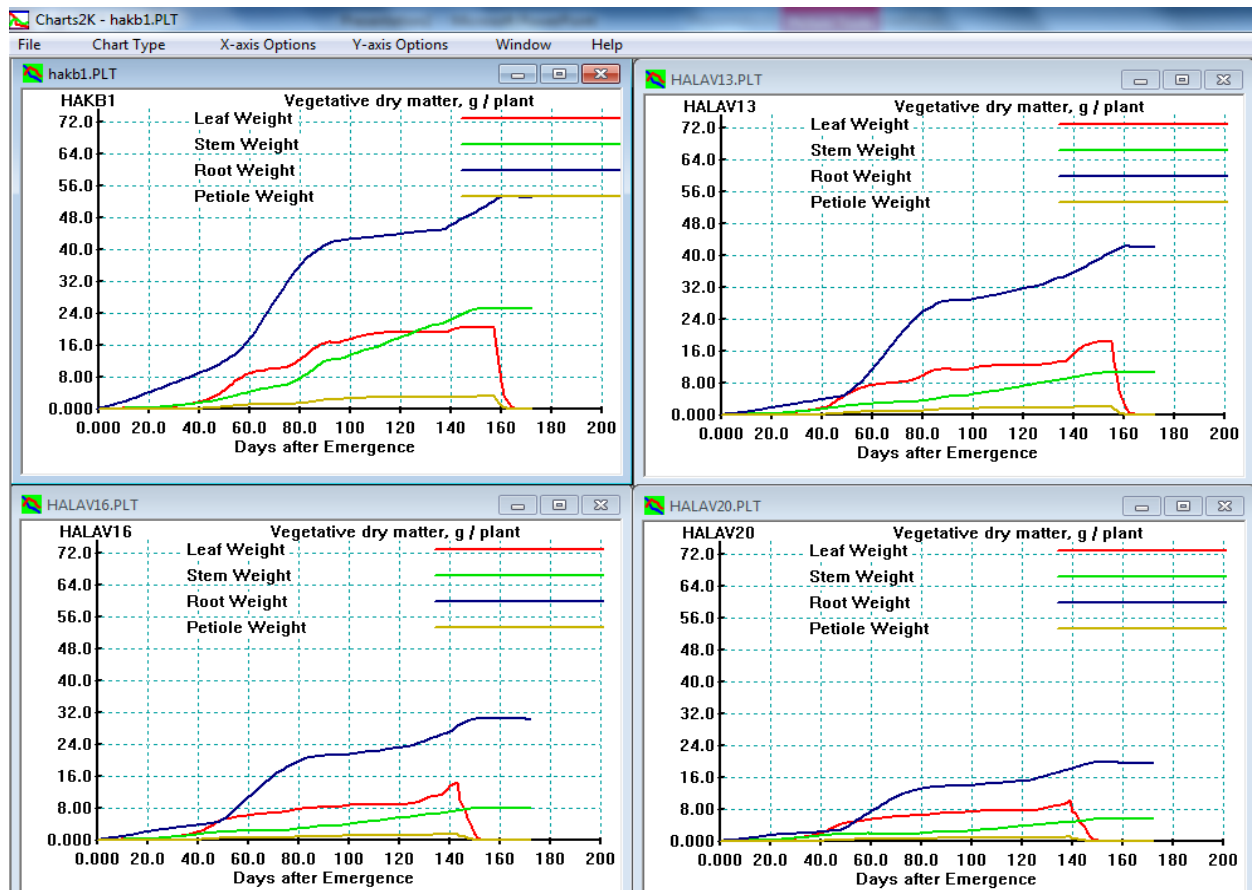


**איור 8.** תרשים זרימה המתאר את מערכת קבלת ההחלטות להדברת חלבוב במינון מופחת. המערכת עובדת בשילוב עם מודל הכותנה, קרי, מעבירה נתוני קלט למודל וניזונה מנתוני פלט בהתאם לחישובי המודל.

כאמור, בתרשים הזרימה שמופיע באיור 8, נבחנו מספר פרמטרים מרכזיים, שמדגימים את ההשפעה של המספר השונה של צמחי חלבוב על הנזק הנגרם לצמחי הכותנה ועל מרכיבי היבול. הפרמטרים נחלקו לפרמטרים וגוטיביים (החומר היבש באברים אלו) ולפרמטרים רפרודוקטיביים (יבול הכותן ומשקלי החלקים הרפרודוקטיביים).

### פרמטרים וגוטיביים

משקל החומר היבש (ח.י.) באברים הוגוטיביים היה הגבוה ביותר בטיפול הביקורת. משקלים אלו הלכו ופחתו החל מהשלב בו נמדדו שלושה צמחי חלבוב ויותר. עליה נוספת של מספר צמחי החלבוב היתה מלווה בירידה משמעותית ביותר במשקל הח.י. של אברים אלו (איור 9).



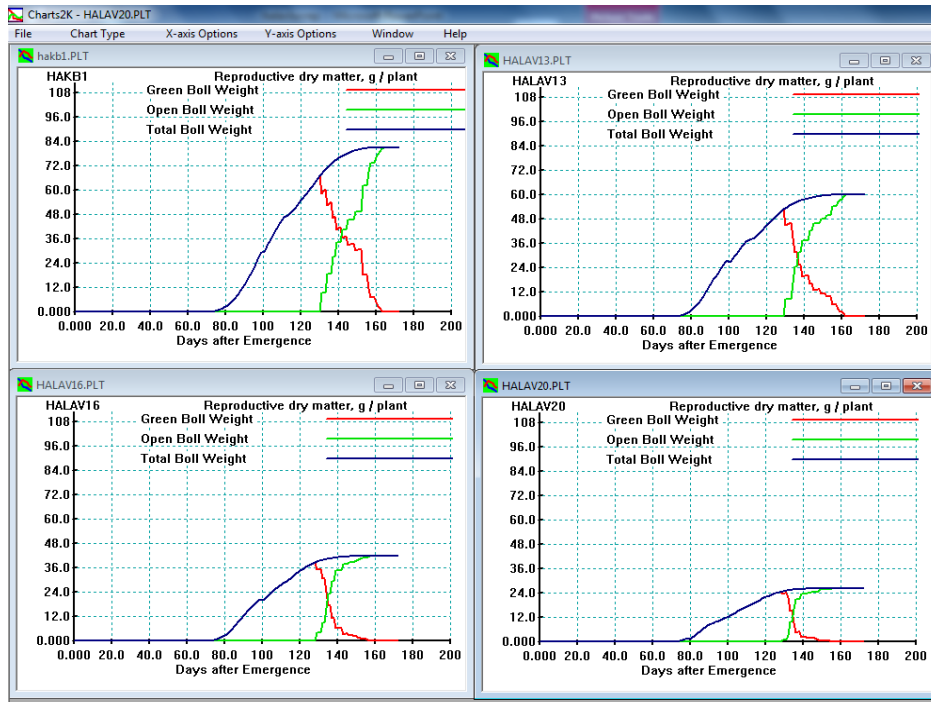
**איור 9.** השפעת השינוי בצמחי חלבולב הגדלים בשילוב עם צמחי כותנה על משקלי החומר היבש של האברים הוגטיביים של צמחי הכותנה.

ניתן לראות כי בעוד שבצמחי הביקורת הגיע משקל הח.י. בעלים לכדי 55 גרם לצמח, בטיפול בו היו 3 צמחי חלבולב היה משקל הח.י. של עלי הכותנה כ- 42 גר', במצב של 6 צמחי חלבולב היה משקל הח.י. של עלי הכותנה כ- 31 גר' לצמח ובמצב קיצוני של 10 צמחי חלבולב, היה משקל הח.י. של עלי הכותנה כ- 20 גרם לצמח בלבד.

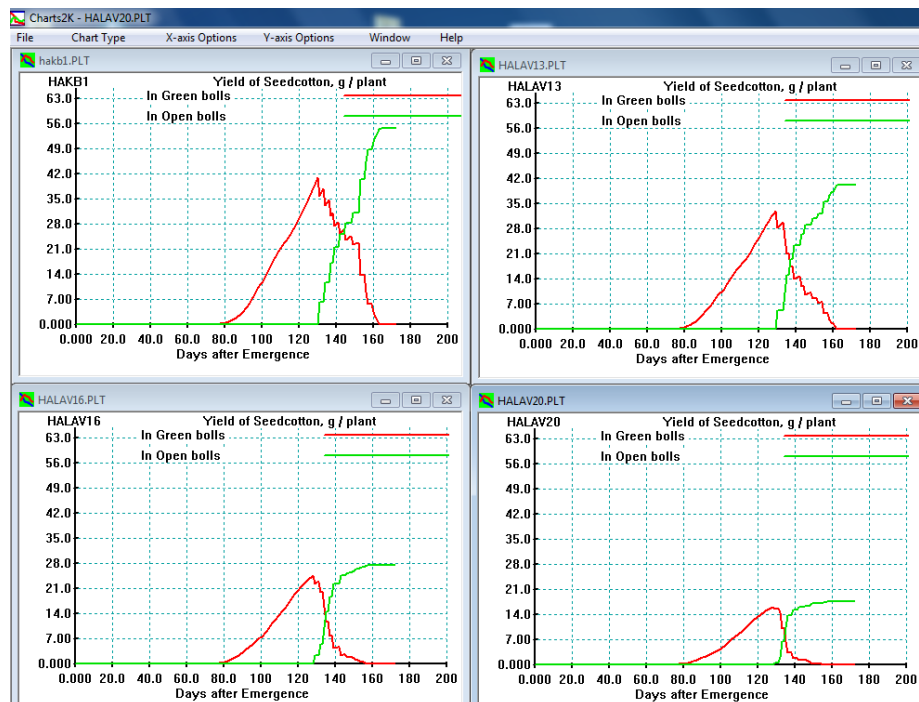
### פרמטרים רפרודוקטיביים

מועד הופעת האיברים הרפרודוקטיביים (הלקטים ירוקים) לא הושפע מהמצאות צמחי החלבולב. איברים אלו הופיעו בכל הרצות המודל כ- 60 ימים ממועד הזריעה.

הגורם שהושפע באופן בולט ביותר היה משקל החומר היבש בהלקטים הקטנים, הגדולים והפתוחים (איור 10). משקל החומר היבש פחת בהלקטים הירוקים מ 84 ג' בטיפול הביקורת ללא צמחי חלבולב, ל 60 גר' עם המצאותם של 3 צמחי חלבולב, 40 גר' בטיפול בו היו 6 צמחים ו 24 גר' בטיפול של 10 צמחי חלבולב.

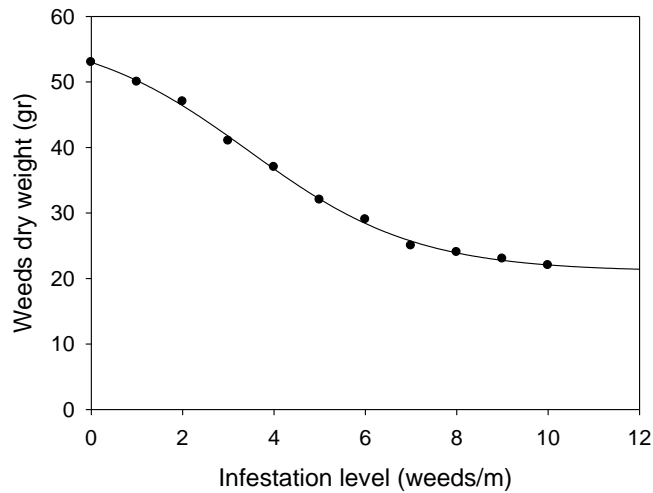


**איור 10.** השפעת השינוי בצמחי חלבולב הגדלים בשילוב עם צמחי כותנה על משקלי החומר היבש של האברים הרפרודוקטיביים (הלקטים קטנים וסגורים) של צמחי הכותנה.



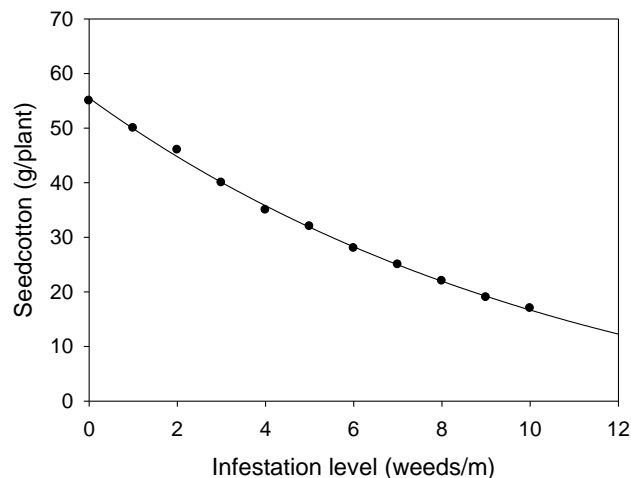
**איור 11.** השפעת השינוי בצמחי חלבולב הגדלים בשילוב עם צמחי כותנה על משקלי החומר היבש של האברים הרפרודוקטיביים (הלקטים גדולים ופתוחים) של צמחי הכותנה.

ירידה זו באה לידי ביטוי גם במשקלם של שאר ההלקטים (הגדולים והפתוחים) וכמובן שהשפיעה על היבול הסופי כפי שבאה לידי ביטוי ביבול הכותן (איור 11).



**איור 12.** תחרות בין צמחי כותנה לחלבוב. השפעת הקשר על הביומסה של העשבים. הקשר מתואר במשוואה סיגמואידית עם ארבעה משתנים ברמת מובהקות של הרגרסיה ( $P < 0.0001$ ).

התחרות בין צמחי הכותנה לבין צמחי החלבוב גרמה לכך, שעליה במספר צמחי החלבוב גרמה לירידה במשקל החומר היבש שלהם, כפי שמתואר באיור 12. ירידה זו מתוארת על ידי משוואה סיגמואידית וניתן לראות כי מעל 6 צמחי חלבוב לא היתה יותר השפעה מובהקת של צמחי החלבוב על הירידה במשקלם. עד 6 צמחי חלבוב הירידה היתה מובהקת ומהירה.



**איור 13.** תחרות בין צמחי כותנה לחלבוב והשפעת העשב על יבול הכותנה. הקשר מתואר במשוואת רגרסיה לא ליניארית בצורת דעיכה אקספוננציאלית ברמת מובהקות של הרגרסיה ( $P < 0.0001$ ).

גם ההשפעה של מספר צמחי החלבולב על היבול ניתנת לתיאור על ידי משוואת דעיכה לא לינארית (איור 13). ירידה קבועה ביבול (משקל כותן לצמח) נצפתה עם העליה במספר צמחי החלבולב שגדלו בין צמחי הכותנה. לתופעה זו משמעות כלכלית גדולה ביותר, שכן 50% ירידה ביבול נגרמו על ידי 6 צמחי חלבולב ו 80% ירידה נצפו במודל כאשר היו 10 צמחי חלבולב.

## ניסויי שדה

על מנת לבחון את האפשרות של דחיית יישום התכשיר אנווק ובטיחות השימוש בו בכותנה, נערכו סדרת ניסויי שדה, שכללו יישום אנווק 1 ג'י/ד' במועדי יישום שונים. בשדה הניסויים המוצג בטבלה 1 בו נבחנה בטיחות השימוש באנווק, לא היו עשבים. ניתן לראות כי בריסוסים מאוחרים אין סכנה לכותנה במהלך הגידול ואף לא ליבול. בטיפולים אלו נצפתה הדברת עשבים מושלמת.

טבלה 1. השפעת יישום אנווק במועדי יישום שונים על כותנה, ג'י"ש חפר, 2011

יבול כאחוז מביקורת	התפתחות כותנה כאחוז מביקורת ימים מזריעה				מועד יישום	טיפול גרם לדונם
	112	89	70	56		
104	98	98 אב	93 אב	91 אב	א'	אנווק 1 + 0.1% DX
105	93	96 אב	96 אב	100 א	ב'	
100	98	99 אב	100 א	103 א	ג'	

מועד א': ריסוס ב- 1.6.11 (41 ימים מזריעה), כותנה בשלב של 7-4 מפרקים בגובה של 20-10 ס"מ. מועד ב': ריסוס ב- 7.7.11 (77 ימים מזריעה), כותנה מפותחת בתחילת פריחה בגובה של 90-50 ס"מ. מועד ג': ריסוס ב- 24.8.11 (125 ימים מזריעה), כותנה מפותחת בגובה של עד 150 ס"מ. במהלך הניסוי הוערך התפתחות הגידול באופן חזותי וניתנו ציונים באחוזים מ-0 = תמותה מלאה של הגידול, עד 100 = התפתחות יפה של הגידול ללא נזק פיטוטוקסי

## סיכום ודיון

במסגרת המחקר בוצעו ארבעה ניסויי שדה לאימות המודל. משטר הריסוסים להדברת עשבים נקבע לפי המערכת שתוארה באיור 8. למרות מידע מקדים לגבי נגיעות משמעותית של חלבולב בחלקות, לא נצפו עשבים ממין זה במהלך הניסויים. יחד עם זאת נצפו עשבים ממינים אחרים בכללם מיני ירבוז, לפופית, סולנום, דטורה, דורת ארס צובא ועוד. לשם פיתוח השלב הראשון במודל ולהעמיק את הידע בתהליכים הקשורים לתחרות בין עשב לגידול, דרוש מין אחד של עשב. בתכנית זו בחנו את המין חלבולב קעור. מאחר והמערכת פותחה בתנאים מבוקרים עבור צמחי חלבולב, בחינתה בתנאי שדה בהיעדר מין זה היתה מוגבלת. יחד עם זאת, הגישה אותה פיתחנו במסגרת תכנית מחקר זו, המציעה לקבוע את הטיפול לפי תנאי התחרות, נבחנה על מגוון מיני עשבים אחרים, מחוסר ברירה. הנחנו כי כל אחד ממיני העשבים בחלקה (כל פרט) מייצג חלבולב, ונתון זה הוזן למודל הכותנה ולמערכת קבלת ההחלטות המוצגת באיור 8. אין ספק כי סימולציה זו אינה בוחנת את המודל באופן אמיתי, אך יחד עם זאת, בהיעדר צמח המודל ברירה זו היתה, להערכתנו, סבירה.

אחת המסקנות ממחקר זה, שהוא קצר טווח בפיתוח מודלים, היא כי את המודל יש לפתח על מגוון עשבים ולא על עשב אחד ולבחון את השפעתם על תנאי התחרות בין עשב לכותנה.

הראינו כי שילוב ידע המתאר תהליכים פיסיולוגיים תורם למודל ההדברה כקלט למודל הכותנה, אך בנוסף ו חשוב לא פחות, לחיזוי הצימוח תחת קמת הכותנה ומידת הנזק אשר הוא עלול לגרום בתנאי תחרות. הסימולציה של יצירת תנאי הצללה, סייעה בחלק זה של המחקר ואכן נמצא, כי בתנאי הצללה של כ 45% ניתן להפחית את מינון האנווק עד לכ 0.25 ג'ד'י ולקבל הדברה יעילה.

יחד עם זאת, בתכנית מחקר זאת הראינו כי שילוב מודלים התפתחותיים של חלבוב, המתארים את שלבי הצימוח של העשב, אלו הרגישים ואלו שאינם רגישים, עם שילוב מודלים גידוליים של הכותנה, מאפשר לקבל החלטות לשימוש מושכל של קוטל העשבים אנווק בכותנה. אימוץ גישה זאת יוביל להפחתת השימוש בקוטלי עשבים. בהמשך אנו מציעים להמשיך לפתח גישה זאת עבור מגוון עשבים ולבחון את ההשפעה של תערובת מינים על הכותנה וכיצד ניתן יהיה להשתמש בנתונים אלו כקלט במודל הכותנה על מנת להביא להפחתה נוספת של קוטלי עשבים. בהקשר זה, יש לבחון את תרומת תערובת החומרים אנווק וסטייפל, שידוע כי שילובם קוטל טווח רחב של עשבים.

בתכנית מחקר זאת הצגנו גישה הבוחנת את הצורך ביישום פעילות חקלאית (הדברה) כתלות בהתפתחות הכותנה, או העשב, בהנחה שפיזור העשבים אחיד במרחב השדה. אין ספק כי בהמשך יש לבחון את המודל המוצא בשילוב מודלים מרחביים, המאפשרים ליישם את קוטלי העשבים, במסגרת התפיסה הכללית של חקלאות מדייקת, במקומות בהם העשבים גדלים במרחב, ביישום דיפרנציאלי ולא ביישום אחיד. גישה זאת תגרום בהכרח להפחתה נוספת בכמות קוטלי העשבים הדרושה להדברה יעילה של עשבים בכותנה.

## סיכום עם שאלות מנחות

<b>מטרות המחקר תוך התייחסות לתוכנית העבודה.</b>
<p>1. כימות הקשר בין גיל הח"ק ורגישותו למינונים שונים של ק"י (בהתבסס על תוצאות שנה א' ) בתנאי הצללה המדמים תחרות. במטרה זאת נבחנה תגובת החלבולב לתנאי הצללה גם ללא קוטלי עשבים.</p> <p>2. בחינת תוצאות ניסוי 1 (סעיף 1) בתנאי עקת מים המדמים תחרות.</p> <p>3. כימות השפעות הגומלין בין כותנה וח"ק בחלק התת קרקעי.</p> <p>4. בחינת האפשרות לשימוש הנתונים כקלט המודל הכותנה.</p>
<b>עיקרי הניסויים והתוצאות.</b>
<p>העבודה התבצעה בבתי צמיחה בעציצים ובשדה. כהדמייה לתחרות על מקורות אור השתמשנו ברשתות צל עם חמש דרגות קרינה שונות. נערכו ניסויים בהם נמדדו מדדים פיסיולוגיים והתפתחותיים של צמחי החלבולב כתגובה לתנאי הגידול ולריסוס במינון מופחת של קוטלי עשבים. על סמך התוצאות פותחה מערכת תומכת החלטה להדברה מושכלת של חלבולב. המערכת נבחנה בשדה. <b>להלן עיקר התוצאות:</b></p> <p>1. ניתן לכמת את פגיעת צימוח החלבולב כתגובה לקרינה ולתכולת מים בקרקע.</p> <p>2. בתנאי הצללה מעל 45% ניתן להדביר חלבולב ביעילות במינון מופחת של 0.25 ג' לדונם. מינון זה הינו מחצית מהמינון המינימלי בתווית החומר.</p> <p>3. אנווק יעיל מאוד בהדברת צמחי חלבולב בגיל של 3-4 עלים אמיתיים. במידה והריסוס ניתן בשלב מאוחר יותר, נדרש מינון כפול ומשולש להדברה יעילה.</p> <p>4. רמת הפוטוסינתזה ומוליכות פיוניות עולה כתגובה להעלאת עוצמות הקרינה.</p> <p>5. שילוב הפרמטרים במודל הכותנה ובמערכת תומכת החלטה מנחה את הצורך בריסוס לפי הנזק הצפוי .</p>
<b>מסקנות מדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו. האם הושגו מטרות המחקר לתקופת הדוח?</b>
מטרות המחקר לתקופת הדוח הושגו.
<p>במסגרת תכנית מחקר זאת הוכחנו כי בתנאי תחרות חלבולב-כותנה ניתן ליישם מינון מופחת (כמחצית מהמינון המומלץ) של קוטלי עשבים בררניים לכותנה. נערכו ניסיונות להרצת מודל הכותנה עם נתוני הגידול ונמצא כי ניתן לשלב את העשבים במודל כגורם המשפיע על מאזן המים, קרינה ובהמשך והיווצרות תנאי תחרות. באמצעות המודל ניתן לחזות את הנזק הפוטנציאלי לגידול כתגובה לתחרות ובכך להשתמש להחליט את מידת הצורך בתכשירי ההדברה והדברה יעילה של עשבים. תוצאות המחקר ישימות מרגע פרסומם.</p>
<b>בעיות שנתרו לפתרון ו/או שינויים (טכנולוגיים, שיווקיים ואחרים) שחלו במהלך העבודה; התייחסות המשך המחקר לגביהן, האם יושגו מטרות המחקר בתקופה שנתרה לביצוע תוכנית המחקר?</b>
מטרות המחקר הושגו במסגרת הזמן שהוקצב בהתאם לתכנון
עדיין לא פורסם או הופץ הידע. בימים אלו נכתב מאמר.
<b>ללא הגבלה (בספריות ובאינטרנט) &lt;</b>

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