

## מיזם עלקת

**פיתוח אמצעים להפחתת בנק הזרעים של העלקת בקרקע ומניעת התבססותו המחודשת בגידולים העוקבים.**

**דוח מסכם מוגש על ידי**

**אברהם גמליאל – מינהל המחקר החקלאי, מרכז וולקני בית דגן**

**חיטוי קרקע-** חיטוי קרקע באמצעות תכשירים כימיים נבחן כבר לפני 50 שנה והוכח כי הוא יעיל בהפחתת בנק הזרעים של צמחים בקרקע. מספר פירסומים מצביעים על שילוב שיטות כדרך אפשרית יחידה להפחתת בנק הזרעים של העלקת בקרקע. שכן אמצעי בודד אינו מספק את התוצאות המקוות. כמו כן יעילות התכשירים משתנה בקרקעות שונות ובתנאים שונים. תכשירים נוספים בעלי פוטנציאל כוללים כלורופיקרין, DMDS ומתיל יודיד. תכשירים אלה נמצאים בתהליכי רישוי בארץ ועל כן חשוב לבחון את יעילותם כנגד עלקת. כמו כן חשוב לשלב תכשירים כגון פורמלין אשר מורשים לשימוש כנגד פגעים אחרים ואשר יעילותם כנגד עלקת לא נבדקה. זאת ועוד, שילוב של תכשירים עשוי לשפר את קטילתם של זרעי עלקת כפי שנמצא במערכות אחרות של פגעים. חיטוי סולרי נבחן בהצלחה בקטילת זרעי עלקת. הטמפרטורות בקרקע במהלך חיטוי סולרי מאפשרות קטילת זרעים, אולם פרק הזמן הנחוץ להשגת הקטילה הוא מספר שבועות. שילוב אמצעים דהיינו תכשירי חיטוי וחיטוי סולרי לא נבחן באופן נרחב ועשוי להוות פתרון בקיצור הזמן הדרוש לחיטוי יעיל. השימוש בתוספים אורגניים (כולל שאריות צמחים ספציפיים) בשילוב חיטוי סולרי (ביופומיגציה) נבחן בהצלחה בהדברת פגעים רבים בקרקע. אמצעי זה לא נבחן עד עתה בהדברת עלקת. שימוש בגישה זו יכול לשמש פתרון יעיל בחקלאות האורגנית והקונבנציונלית כאחד.

## מטרות המחקר

**פיתוח אמצעים להפחתת בנק הזרעים של העלקת בקרקע ומניעת התבססותו המחודשת בגידולים העוקבים.**

- הפחתת בנק הזרעים של עלקת בקרקע באמצעות שימוש באמצעי חיטוי שונים (תכשירים ואמצעים אחרים) בנפרד ובמשולב. ישום יעיל של אמצעי החיטוי בשדה להשגת תוצאות מיטביות
- יישום אמצעים לדיכוי התבססות מחודשת של זרעי עלקת בגידול העוקב לחיטוי
- פיתוח אמצעים לא כימיים המשלבים שאריות חומר צמחי וחיטוי סולרי להפחתת בנק הזרעים של עלקת בקרקע במשטר גידול אורגני.

## תוצאות

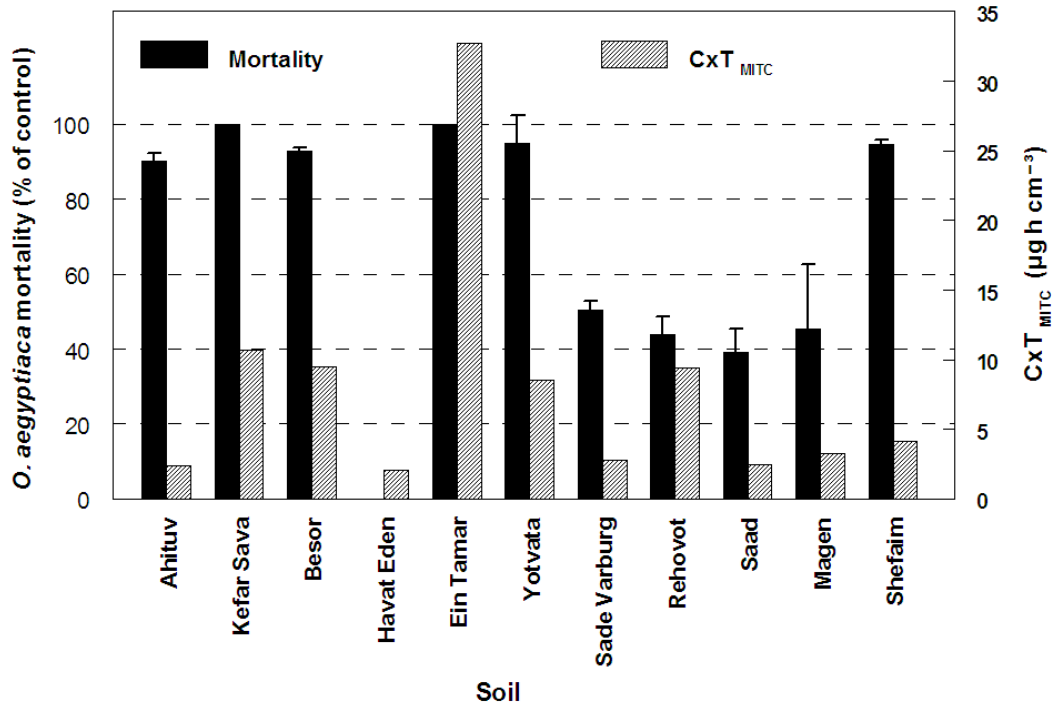
### 1. רעילות תכשירי חיטוי לזרעי עלקת במערכות בדיקה מבוקרות

המערכת המבוקרת בה השתמשנו מאפשרת לבחון את קצב היעלמות החומר הפעיל של תכשירי החיטוי בקרקע תוך בידוד קצב ההיעלמות מגורמים משפיעים אחרים כגון נידוף, חלחול ופיזור לא אחיד של החומר. בנוסף מאפשרת המערכת בקרה על תנאים כגון משטר הטמפרטורה, תכולת רטיבות הקרקע וגודל חלקיקי הקרקע. המערכת מורכבת משני חלקים עיקריים: מיכלי קרקע ומערכת לבקרת הטמפרטורה. מיכל הקרקע הינו מיכל זכוכית בנפח 2 ליטר (Schott, Germany) אליו מוכנסת קרקע נבדקת (1 קילוגרם), יבשה ומנופה. בקרקע במיכל מוטמנות שקיות רשת שמכילות מידבק של פגעי בוחן. תכשירי החיטוי מיושם לתוך המיכל ומיד לאחר מכן נאטם המיכל במכסה שמאפשר דגימה לבדיקת ריכוז החומר הפעיל ללא הפרעה לתנאים ששוררים במיכל. מערכת בקרת הטמפרטורה כוללת אמבט המכיל מים מזוקקים בנפח שמגיע לגובה פני הקרקע במיכלי הזכוכית. האמבט חומם באמצעות מחמם מים (Fried Electric, חיפה, ישראל) בעל מנגנון סחרור להבטחת חימום אחיד בכל נפח האמבט. מיכלי הזכוכית הוכנסו לאמבט רק כאשר הושגה טמפרטורה של 25 מ"צ ולאחר ווידוא יציבות הטמפרטורה למשך יממה אחת לפחות. מדידת הטמפרטורה נעשתה באמצעות טרמומטר כספית, תחום שגיאה:  $\pm 0.5$  מ"צ.

התכשירים מתאם סודיום, טילון, DMDS, מתיל יודיד וכלורופיקרין יושרו בריכוזים על פי המצוין בכל ניסוי (כל תכשיר נבחן בנפרד), הקרקעות הושקו בתמיסת תכשיר מעורבת בכמות מים לקבלת תכולת רטיבות של 80% מקיבול שדה בקרקע הנבדקת (4 חזרות). תכולת רטיבות קבועה של 80% מקיבול שדה מאפשרת פעילות מיטבית לתהליכים הביולוגיים בקרקע. לאחר יישום התכשירים הוכנסו המיכלים לאינקובציה באמבט מחומם בטמפרטורה קבועה של 25 מ"צ, והודגרו תוך כדי בדיקת שיעור החומר הפעיל עד היעלמותו (לפחות שבועיים). בתום הניסוי ולאחר שנקבע עקום היעלמות הוצאו פגעי הבוחן מהמיכלים ונבדק שיעור הקטילה. כל מיכל נאטם במכסה שמורכב מראש זכוכית המאפשר דגימה של החומר הפעיל, מבלי שישתנו התנאים במיכל.

### תוצאות לשנת המחקר הראשונה

בעבודה מקדימה נבחן הקשר בין קצב העלמות של מתאם סודיום במינון המקובל לבין קטילת זרעי עלקת בקרקעות שונות. מצאנו כי קצב הפירוק של התכשיר משפיע על ערך המנה המצטבר CT אשר קובע את שיעור ההדברה. חשוב לציון ערך ה CT הנמוך בקרקע בית שאן (חוות עדן). זה אתר אשר ישמש אותנו בניסויים רבים, שכן הנגיעות בו רבה והוא מייצג מקום שבו קטילה על ידי מתאם סודיום בלבד אינה מספקת.



איור מס' 1: הקשר בין ערכי ה-CxT שמתקבלים עבור MITC לבין קטילת עלקת מצרית *Orobanche aegyptiaca* בקרקעות שונות. עמודות שחורות מייצגות את שיעור הקטילה. שיעורי הקטילה הינם יחסיים לטיפול ההיקש שלא עבר חיטוי. קווים אנכיים מייצגים את סטיות התקן של ממוצעי שיעור הקטילה. עמודות אפורות מייצגות את ערך ה-CxT שהתקבל בכל קרקע (חישוב הערכים אינו מוצג). הקרקעות ללא היסטוריה של יישום תכשירים שמייצרים MITC ב-5 השנים האחרונות.

על בסיס ממצאים אלה נבחנה הרעילות של יתר התכשירים לזרעי עלקת. התוצאות מוצגות בטבלה 1.

טבלה 1. קטילת זרעי עלקת באמצעות תכשירי חיטוי במערכות בדיקה מבוקרות.

הערות	ערך קטילה של 95% (mg/kg)	ערך קטילה של 50% (mg/kg)	תכשיר נבדק
משתנה בקרקעות שונות	20	15-10	1,3 Dichloropropene
משתנה בקרקעות שונות	60-100	40-75	Metham sodum
נבדק רק בקרקע חולית	>80	40	Dimethyl disulfide
נבדק רק בקרקע חולית	10	4	Methyl iodide
נבדק רק בקרקע חולית	50	35	Chloropicrin

ניתן לראות כי רעילותם של התכשירים לזרעי עלקת משתנה. מתיל יודיד נמצא יעיל ביותר בקטילת זרעי עלקת. לעומתם כלורופיקרין ו-DMDS נדרשים למינון גדול יותר כדי להשיג קטילה טובה של הזרעים.

## 2. בחינה בחלקות שדה קטנות.

פעילות של תכשירי החיטוי שצוינו ובנוסף שילוב של תכשירי חיטוי בקרקע נבחנה בקרקע חולית בחוות הניסויים של הפקולטה לחקלאות ברחובות. הקרקע תוחחה והושקתה לקיבול שדה לפני תחילת הניסוי. סומנו חלקות בשטח 3X4 מטר ובשוליהן נחפרו תעלות בעומק 40 ס"מ לצורך הטמנת שולי יריעות הפלסטיק ששימשו לחיפוי החלקות. ישום התכשיר בוצע בשני אופנים: ישום באמצעות השקיה בטפטוף. מתיל ברומיד כתכשיר ייחוס בוצע ביישום בגז חם. זרעי עלקת הוטמנו בקרקע לפני ביצוע החיטוי, ונשלפו בתום החיטוי להערכת חיוניות.

### תוצאות ניסויים בשנת המחקר הראשונה

#### **טבלה 2. קטילת זרעי עלקת באמצעות תכשירי חיטוי בחלקות שדה קטנות.**

הערות	שעור קטילה (%)		מינון (גר' למ"ר)	תכשיר נבדק
	עומק 40 ס"מ	עומק 20 ס"מ		
	0	0	0	היקש
	100	100	60	Metham sodum
	100	100	60	Dimethyl disulfide
	100	100	40	Chloropicrin
	50	70	200	פורמלין
	100	100	60 + 200	DMDS + פורמלין
	100	100	200 + 60	מתאם סודיום + פורמלין
	100	100	40 + 60	+DMDS כלורופיקרין

מרבית התכשירים שנבדקו נמצאו יעילים בקטילת זרעי עלקת עד לעומק 40 ס"מ. התכשיר פורמלין אינו יעיל בקטילת הזרעים במינון המקובל. לעומת זאת בשילוב תכשירים הוא נמצא יעיל. עם זאת במינונים שנבדקו, המינון של התכשיר השני היה גבוה ולכן לא ניתן לקבוע את יעילותו של השילוב. שילוב התכשירים במינונים מוקטנים נבחן בשנת המחקר השנייה.

## תוצאות ניסויים בשנת המחקר השניה

### שילוב תכשירי חיטוי כימיים - חלקות שדה קטנות

בשנת המחקר השנייה בחנו המשכנו לבחון את יעילותם של תכשירי החיטוי בנפרד ובמשולב בחלקות שדה קטנות, במטרה לקבוע את מידת היעילות של תכשירי החיטוי הזמינים כיום. מטרה נוספת היא יישום משולב של תכשירים לחיטוי קרקע כדי לייעל את ההדברה וגם להקטין את מינוני התכשירים כאשר הם ניתנים במשולב. הניסויים בוצעו במתכונת דומה לניסויים שבוצעו בשנת המחקר הראשונה בחוות הניסויים של הפקולטה לחקלאות ברחובות. בוצעו שלושה ניסויים שונים שבהם בחנו את מגוון התכשירים. הממצאים מוצגים בטבלאות

טבלה 3. קטילת זרעי עלקת באמצעות יישום התכשירים מתאם סודיום, פורמלין ושילוב ביניהם בחלקות שדה קטנות

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

טבלה 4. קטילת זרעי עלקת באמצעות יישום התכשירים דימתיל דיסולפיד – DMDS - פורמלין, ושילוב ביניהם בחלקות שדה קטנות

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

טבלה 5. קטילת זרעי עלקת באמצעות יישום תכשירים לחיטוי קרקע בנפרד ובמשולב, בחלקות שדה קטנות.

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

הממצאים מכל הניסויים מצביעים בבירור כי תכשירי החיטוי למעט פורמלין יעילים ביותר בקטילת זרעי עלקת, גם כאשר הם מיושמים ללא שילוב בתכשירים אחרים. ברור על כן, כי שילוב תכשירים במינון מלא מקנה תוצאה דומה. שילוב תכשירים במינונים מוקטנים מקנה גם הוא קטילה יעילה של התכשירים. לממצאים אלה חשיבות שכן הם יכולים לאפשר מרווח רחב יותר של ביטחון ביעילות החיטויים.

#### שילוב תכשירי חיטוי בחיטוי סולרי בחלקות שדה קטנות.

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

טבלה 6. קטילת זרעי עלקת באמצעות יישום תכשירים לחיטוי קרקע ושילוב חיטוי סולרי בחלקות שדה קטנות.

שעור נביטה (%)				תכשיר נבדק ומינון (סמ"ק למ"ר)
חיטוי סולרי		ללא חיטוי סולרי		
עומק 40 ס"מ	עומק 20 ס"מ	עומק 40 ס"מ	עומק 20 ס"מ	
56	7.33	76.7	77.5	היקש
0	0	0	0	60 DMDS
0	0	0	0	40 DMDS
0	0	0	0	כלורופיקרין 40
0	0	0	0	כלורופיקרין 20

0	0	25.4	0	פורדור 250
0	0	0	0	מתאם סודיום 60
0	0	0.11	0.11	מתאם סודיום 30

### **3. הדברת עלקת באמצעות חיטוי קרקע בחלקות שדה וגידולים מייצגים**

#### **תוצאות לשנת המחקר השניה**

פעילות של תכשירי החיטוי שצוינו ובנוסף שילוב של תכשירי חיטוי בקרקע נבחנה בתחנת הניסויים עדן בעמק המעינות (מו"פ בית שאן). חלקות השדה בתחנה מאולחות בעלקת. נבחרו חלקות שידוע כי בעבר גודלו גידולים רגישים ונרשם אילוח משמעותי בעלקת. בוצעו ארבעה ניסויים:

- א. הדברת עלקת בגידול גזר בשדה הפתוח
- ב. הדברת עלקת במנהרות עבירות בגידול עגבניות בהדליה (קבוצת תכשירי חיטוי אחת)
- ג. הדברת עלקת במנהרות עבירות בגידול עגבניות בהדליה (קבוצת תכשירי חיטוי שנייה)
- ד. הדברת עלקת בעגבניות לתעשייה שדה פתוח.
- ה. השפעת חיטוי קרקע על הדברת עלקת בגידול רצוף במשך שנתיים.

הקרקע בכל הניסויים תוחחה והושקתה לקיבול שדה לפני תחילת הניסוי. בניסויים בחממות סומנו חלקות באורך 10 מטר וברוחב ערוגה אחת (שני מטר). בניסויים בשדה הפתוח סומנו חלקות באורך 15 מטר וברוחב שלוש ערוגות (6 מטר). בשולי החלקות נחפרו תעלות בעומק 20 ס"מ לצורך הטמנת שולי יריעות הפלסטיק ששימשו לחיפוי החלקות. בכל החלקות נפרשה רשת צינורות טפטוף (שלוש שלוחות לערוגה, מרווח בין שלוחות 30 ס"מ, מרווח בין טפטפות לאורך השלוחה 30 ס"מ) ישום התכשיר בוצע בשני אופנים: ישום באמצעות השקיה בטפטוף. מתיל יודיד בוצע גם ביישום בגז חס. חודש לאחר החיטוי נשתלו (נזרעו) הגידולים הרלוונטיים. הגידול בכל חלקה

#### **א. הדברת עלקת בגידול גזר בשדה הפתוח**

החיטויים בוצעו בחודש אוקטובר 2011. גזר נזרע במהלך חודש פברואר 2012. במהלך הגידול בוצע מעקב אחר הצצת גבעולי פריחה של עלקת. במשך כל עונת הגידול לא נצפתה הצצה של גבעולי עלקת למעט מספר בודד של עלקת חרוקה. יבול הגזר בחלקות השונות לא היה שונה למעט יבול נמוך בחלקות שחוטאו בכלורופיקרין. בחלקות אלה נצפה עיכוב בגידול הגזר בשלבים הראשוני

#### **ב. הדברת עלקת במנהרות עבירות בגידול עגבניות בהדליה (קבוצת תכשירי חיטוי אחת)**

נבחנו הטיפולים הבאים:

א. היקש

ב. מתיל יודיד במינון 11 גר' למ"ר ביישום בגז חס

ג. מתיל יודיד במינון 11 גר' למ"ר ביישום בטפטוף

ד. כלורופיקרין במינון 40 גר' למ"ר, יישום בטפטוף

החיטויים בוצעו בחודש אוקטובר 2011. עגבניות נשתלו בסוף חודש נובמבר 2011. במהלך הגידול בוצע מעקב אחר הצצת גבעולי פריחה של עלקת. יבול העגבניות הבשלות נאסף בקטיף בררני, מוין ונשקל. במהלך הגידול בחורף נפגעה מנהרה אחת ועל כן התוצאות מסכמות את שלוש החזרות שנתרו. החל מתחילת פברואר נצפו גבעולי עלקת בחלקות ההיקש. בחלקות המחוטאות לא היתה נגיעות בעלקת למעט מספר גבעולי פריחה בודדים בשולי החלקות. בתום העונה היו הצמחים בחלקות ההיקש פגועים באופן קשה עד כדי התנוונות. יבול העגבניות בחלקות ההיקש היה קטן ביותר. לעומת זאת נרשם יבול גדול בחלקות המחוטאות, ללא הבדל מובהק בין טיפולי החיטוי (טבלה 7).

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

תכשיר נבדק ומינון (סמ"ק למ"ר)	מקבצי עלקת למ"ר	יבול (ק"ג למ"ר)
היקש	a 6.8	b 0.47
כלורופיקרין 40	b 0.3	a 1.13
מתיל יודיד גז חם	b 0.6	a 1.53
מתיל יודיד טפטוף	b 1.08	a 1.45

**ג. הדברת עלקת במנהרות עבירות בגידול עגבניות בהדליה (קבוצת תכשירי חיטוי שנייה)**

החיטויים בוצעו בחודש אוקטובר 2011. עגבניות נשתלו בסוף חודש נובמבר 2011. במהלך הגידול בוצע מעקב אחר הצצת גבעולי פריחה של עלקת. יבול העגבניות הבשלות נאסף בקטיף בררני, מוין ונשקל. במהלך הגידול בחורף נפגעה מנהרה אחת ועל כן התוצאות מסכמות את שלוש החזרות שנתרו. החל מתחילת פברואר נצפו גבעולי עלקת בחלקות ההיקש. בחלקות המחוטאות בשילוב התכשירים מתאם סודיום ופורמלין לא היתה נגיעות בעלקת למעט מספר גבעולי פריחה בודדים בשולי החלקות. גם בחלקות שחוטאו בתכשיר זה במינון מופחת נרשם מספר גבעולים קטן של עלקת. החיטוי בפלדין היה יעיל בשלבים הראשונים של גידול הצמחים. חודשיים לאחר הגידול נצפתה עליה משמעותית במספר העלקות בחלקות שחוטאו בפלדין, ככל הנראה מזרעים בעומק רב יותר. בתום העונה היו הצמחים בחלקות ההיקש פגועים באופן קשה עד כדי התנוונות. יבול העגבניות בחלקות ההיקש היה קטן ביותר. לעומת זאת נרשם יבול גדול בחלקות המחוטאות. יבול העגבניות בחלקות שחוטאו בפלדין היה נמוך מעט מזה שבחלקות שחוטאו בשילוב התכשירים מתאם סודיום ופורמלין. (טבלה 8).

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

תכשיר נבדק ומינון (סמ"ק למ"ר)	מקבצי עלקת למ"ר	יבול (ק"ג)
-------------------------------	-----------------	------------



היקש	a 6.3	b 0.73
פלדין 60	b 3.3	ab 1.21
מתאם סודיום 60 פורמלין 250	c 0.3	a 1.80
מתאם סודיום 40 פורמלין 150	c 1.08	a 1.74

#### ד. הדברת עלקת בעגבניות לתעשייה שדה פתוח.

החיטויים בוצעו בחודש דצמבר 2011. עגבניות נשתלו בסוף חודש פברואר 2012. במהלך הגידול בוצע מעקב אחר הצצת גבעולי פריחה של עלקת. יבול העגבניות הבשלות נאסף בקטיף אחד בחודש יוני, מוין ונשקל. חלק מחלקות ההיקש התמוטט כתוצאה מנגיעות רבה בעלקת. בחלקות המחוטאות נרשם מספר מועט של גבעולי פריחה של עלקת. החיטוי בפלדין היה יעיל בשלבים הראשונים של גידול הצמחים. חודשיים לאחר הגידול נצפתה עליה משמעותית במספר העלקות בחלקות שחוטאו בפלדין, ככל הנראה מזרעים בעומק רב יותר. יבול העגבניות בחלקות ההיקש היה קטן ביותר. לעומת זאת נרשם יבול גדול בחלקות המחוטאות. יבול העגבניות בחלקות שחוטאו ללא הבדל מובהק בין טיפולי החיטוי (טבלה 9).

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

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

של הגידול.

#### ה. תצפית בשטח פתוח גידול עגבניות תעשייה.

במהלך קיץ 2011 ביצענו חיטוי קרקע באמצעות התכשיר מתיל יודיד בשתי במנהרות עבירות (סה"כ שש ערוגות). במהלך הגידול בחורף-אביב 2011-2012 גודלו בתוך המנהרות עגבניות מאכל. במהלך שנת הגידול הראשונה היה מספר תפרחות העלקת בחלקות ההיקש כ-10 למ"ר בהשוואה להדברה מלאה בחלקות שחוטאו במתיל יודיד (לא נספרו תפרחות כלל). בתום הגידול נעקרו הצמחים והחלקה נשמרה נקייה ללא כל עיבוד נוסף, כדי למנוע אילוח של החלקות שחוטאו. באביב 2013 נשתלו בחלקה (הפעם כחלקת שדה פתוח) שתילים של עגבניות לתעשייה. במהלך הגידול נספרו מקבצי עלקות, ובסוף הגידול נמדדו ממדי היבול. ניתן לראות בבירור, כי חיטוי הקרקע אכן מקנה ניקיון לקרקע מזרעי עלקת אשר מאפשר גידול שני בחלקה ללא צורך בחיטוי נוסף (טבלה 10). יבול העגבניות בחלקות המחוטאות היה גבוה יותר. אמנם שעור היבול באופן מוחלט הוא קטן, שכן החלקה נשתלה חודש וחצי מאוחר מהמקובל ולכן נאספה מוקדם מהמתוכנן. עם זאת, ברור כי הדברת העלקת אפשרית

למשך שתי עונות כאשר מתבצע חיטוי קרקע בצורה יעילה, ונשמרת סניטציה אשר מונעת אילוח הקרקע מחלקות שכנות

טבלה 10. השפעת חיטוי קרקע במתיל יודיד על הדברת עלקת בעגבניות שדה פתוח במשך שנתיים. חיטוי הקרקע בוצע בשנת 2011 והתוצאות מציגות הדברת עלקת ויבול בעונת הגידול השניה.

טיפול	מקבצי עלקות ל-10 מטר ערוגה	יבול (ק"ג למ"ר)
מתיל יודיד	3.6	0.9
היקש ללא חיטוי	8.9	0.5

### תוצאות לשנת המחקר השלישית

בשנת המחקר השלישית התמקדנו בטיפולים על בסיס הממצאים שהתקבלו בשניים הקודמות. כך לדוגמא, הופסקו הניסויים במתיל יודיד בעקבות הודעת החברה על הוצאת החומר מהמשך התהליך לרישוי. הניסויי בוצע בתחנת הניסויים עדן בעמק המעיינות (מו"פ בית שאן). נבחרה חלקה מאולחת בעלקת. נבחרו חלקות שידוע כי בעבר גודלו גידולים רגישים ונרשם אילוח משמעותי בעלקת. הקרקע תוחחה והושקתה לקיבול שדה לפני תחילת הניסוי. בניסוי סומנו חלקות באורך 11 מטר וברוחב שלוש ערוגות (6 מטר). בשולי החלקות נחפרו תעלות בעומק 20 ס"מ לצורך הטמנת שולי יריעות הפלסטיק ששימשו לחיפוי החלקות. בכל החלקות נפרשה רשת צינורות טפטוף (שלוש שלוחות לערוגה, מרווח בין שלוחות 30 ס"מ, מרווח בין טפטפות לאורך השלוחה 30 ס"מ) ישום כל התכשירים בוצע על ידי אנשי השדה של חברות התכשירים באמצעות השקיה בטפטוף.

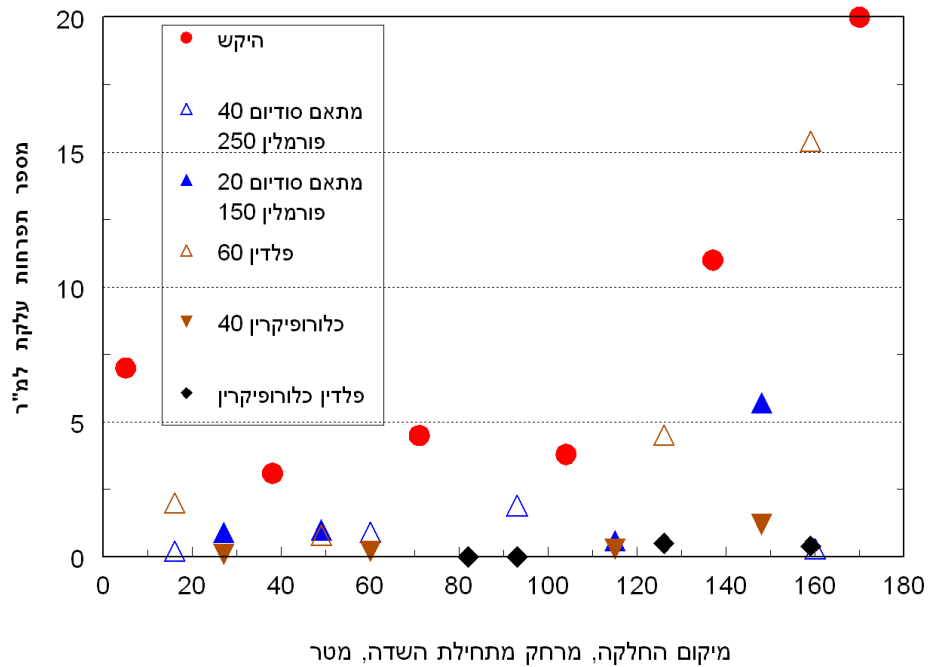
הטיפולים שנבחנו היו :

1. היקש – ללא כל חיטוי.
  2. מתאם סודיום במינון 40 ליטר לדונם בשילוב פורמלין במינון 250 ליטר לדונם (מינון מלא).
  3. מתאם סודיום במינון 20 ליטר לדונם בשילוב פורמלין במינון 150 ליטר לדונם (מינון מופחת).
  4. פלדין במינון 60 ליטר לדונם
  5. כלורופיקרין במינון 40 ליטר לדונם
  6. פלדין במינון 60 ליטר לדונם בשילוב כלורופיקרין במינון 40 ליטר לדונם.
- מבנה הניסוי היה שונה ממבנה ניסוי רגיל, בעקבות הניסיון משנת הניסויים הקודמת, שבה נוכחנו לדעת כי פיזור העלקת בחלקה אינו אחיד. לכן הוצב הניסוי במתכונת של ארבעה בלוקים. אולם, בכל בלוק הוצב מספר כפול של חלקות היקש. בצורה זו היתה חלקת היקש בצמוד לכל חלקת טיפול. נתוני השיבוש בעלקת בחלקות ההיקש בתום הגידול מצביעים כי אכן קיימת שונות רבה בחלקה (איור 2). על כן, גם השוואת ההדברה של העלקת היה על פי חלקת ההיקש הצמודה. איור 2 מציג את השוונות הרבה בחלקות הביקורת וכן את השפעתו על יעילות ההדברה של הטיפולים השונים כפועל יוצא מהשיבוש בעלקת על פי הנגיעות.

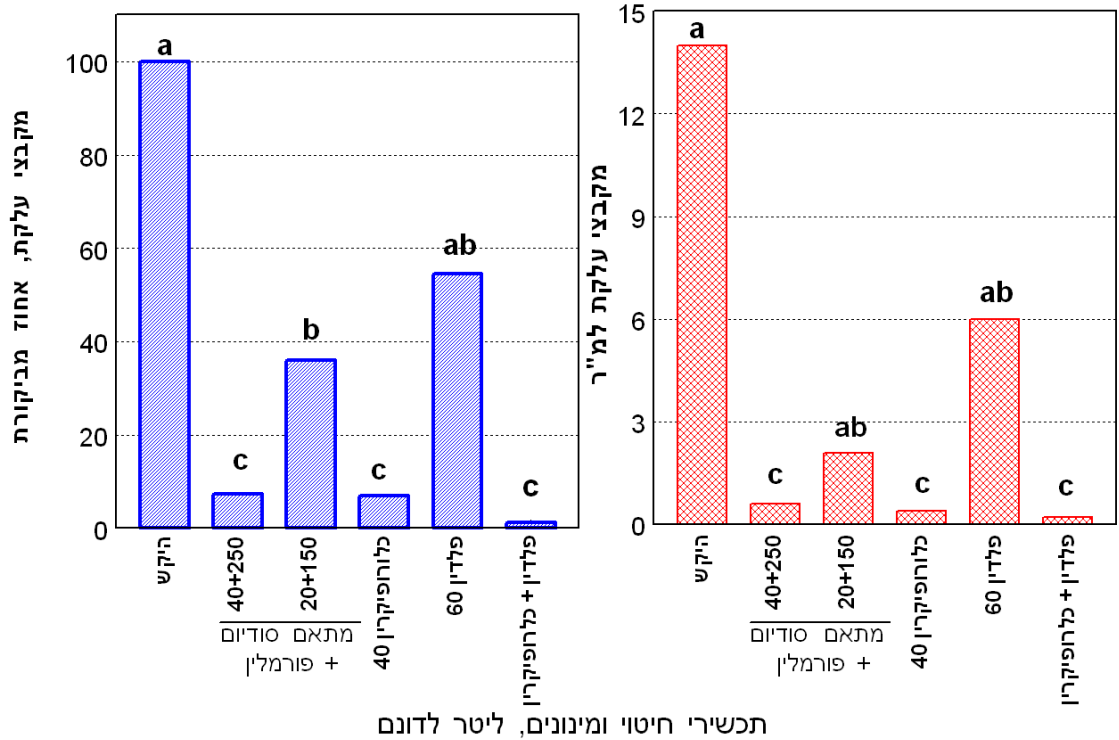
החיטויים בוצעו בחודש אוקטובר 2012. עגבניות נשתלו בסוף חודש פברואר 2013. במהלך הגידול בוצע מעקב אחר הצצת גבעולי פריחה של עלקת. יכול העגבניות הבשלות נאסף בקטיף אחד בחודש יוני, מוין ונשקל.

ניתן לראות בבירור כי מתאם סודיום משולב בפורמלין במינון המלא (ואשר נמצא בתווית הרישוי של החברות) היה יעיל בהדברת העלקת ללא קשר לנגיעות בחלקה בתחילת הגידול. באופן דומה היו יעילים גם התכשירים כלורופיקרין והשילוב של כלורופיקרין ופלדין (איור 3). לעומתם, חיטוי קרקע בפלדין לבדו, לא היה יעיל בהדברת העלקת בחלקות שבהן היה שיבוש רב בעשב הטפיל. גם החיטוי במתאם סודיום משולב בפורמלין במינון מופחת היה יעיל בצורה חלקית בלבד.

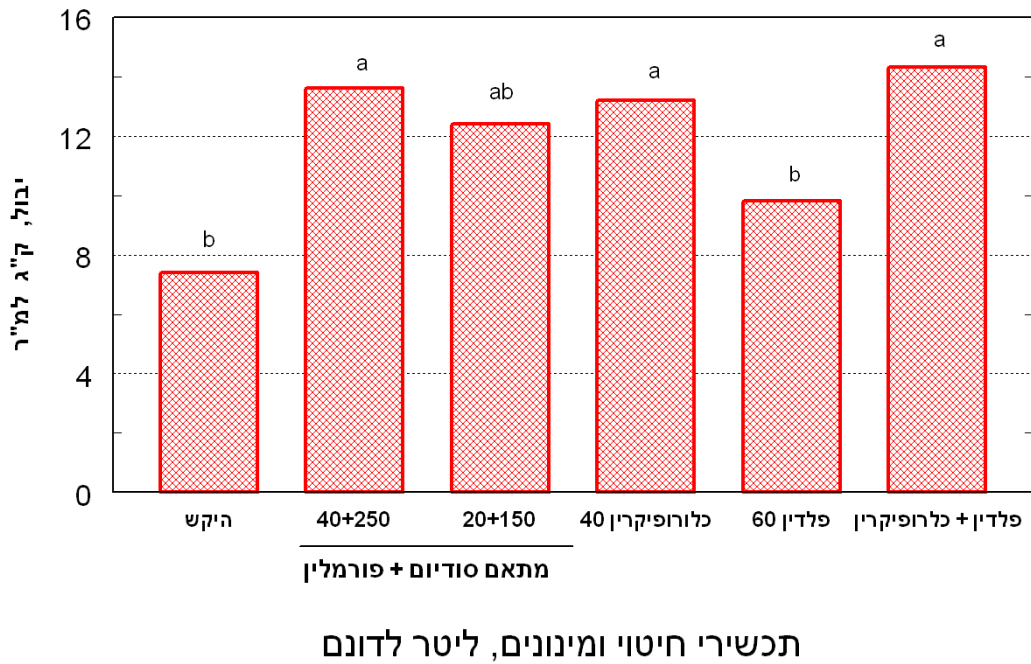
תוצאות ההדברה התבטאו גם ביבול העגבניות. בחלקות שהם היה החיטוי יעיל נתקבל יבול רב של עגבניות. לעומת זאת, בחלקות שגודלו על גבי חיטויים שנתנו מענה חלקי בלבד, התקבל יבול נמוך יותר באופן מובהק (איור 4).



איור 2. השוונות בפיזור עלקת בחלקת הניסויי כפי שהיא מתבטאת בחלקות ההיקש, ויעילותם של טיפולי חיטוי הקרקע בהדברת העלקת בעגבניות לתעשייה.



איור 3. השפעת חיטוי קרקע על הדברת עלקת בעגבניות לתעשייה (חוות עדן 2013).

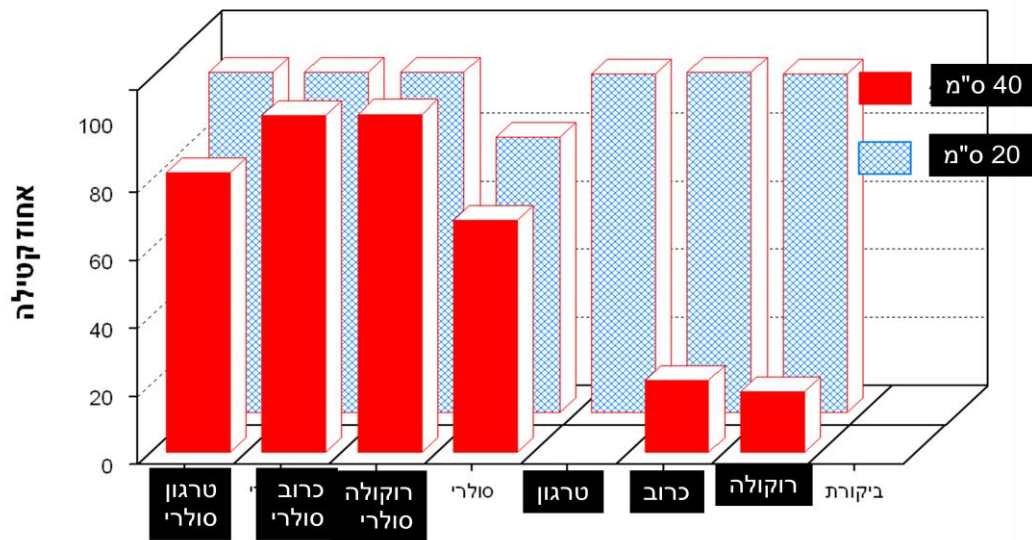


איור 4. השפעת חיטוי קרקע על הדברת עלקת ויבול עגבניות לתעשייה (חוות עדן 2013).

#### 4. שילוב תוספים אורגנים בחיטוי סולרי בחלקות שדה

פעילות של תוספים אורגנים בקרקע נבחנה בקרקע חולית בחוות הניסויים של הפקולטה לחקלאות ברחובות. הקרקע תוחחה והושקתה לקיבול שדה לפני תחילת הניסוי. סומנו חלקות בשטח 3X4 מטר ובשוליהן נחפרו תעלות בעומק 40 ס"מ לצורך הטמנת שולי יריעות הפלסטיק ששימשו לחיפוי החלקות. שיירים יבשים של טרגון רוקולה וכרוב הוצנעו בקרקע לעומק 20 ס"מ. לאחר מכן הוצעו בקרקע זרעי עלקת בעומק 20 ו-40 ס"מ. לאחר מכן חופו החלקות לצורך חיטוי סולרי. חלקות ההקיש חופו ברשתות צל כדי למנוע התחממות של הקרקע. לאחר 4 שבועות הוסרו היריעות וזרעי העלקת נשלפו לבדיקות חיוניות.

ניתן לראות (איור 5) כי הצנעות החומר האורגני תרמה לקטילה יעילה של זרעי העלקת עד לעומק של 40 ס"מ. למרות שהתוספים הוצנו לעומק 20 ס"מ ישנה פעילות נוספת אשר תורמת לקטילה עד לעומק 40 ס"מ. התוספים ללא חיטוי סולרי מפחיתים את חיוניות זרעי העלקת בעומק 20 ס"מ, אך לא מעבר לכך. החיטוי הסולרי יעיל גם הוא, אך לא בצורה מושלמת.



איור מס' 5: קטילת זרעי עלקת בהשפעת תוספים אורגנים ושילוב חיטוי סולרי, בחלקות שדה קטנות בקרקע חולית. הניסוי בוצע בחודש אוגוסט.

#### תוצאות ניסויים בשנת המחקר השניה והשלישית

בשנת המחקר השניה חזרנו על הניסויים בחוות הניסויים של הפקולטה לחקלאות בשני ניסויים. הממצאים מניסויים אלה דומים לאלה שהתקבלו בשנת המחקר הראשונה.

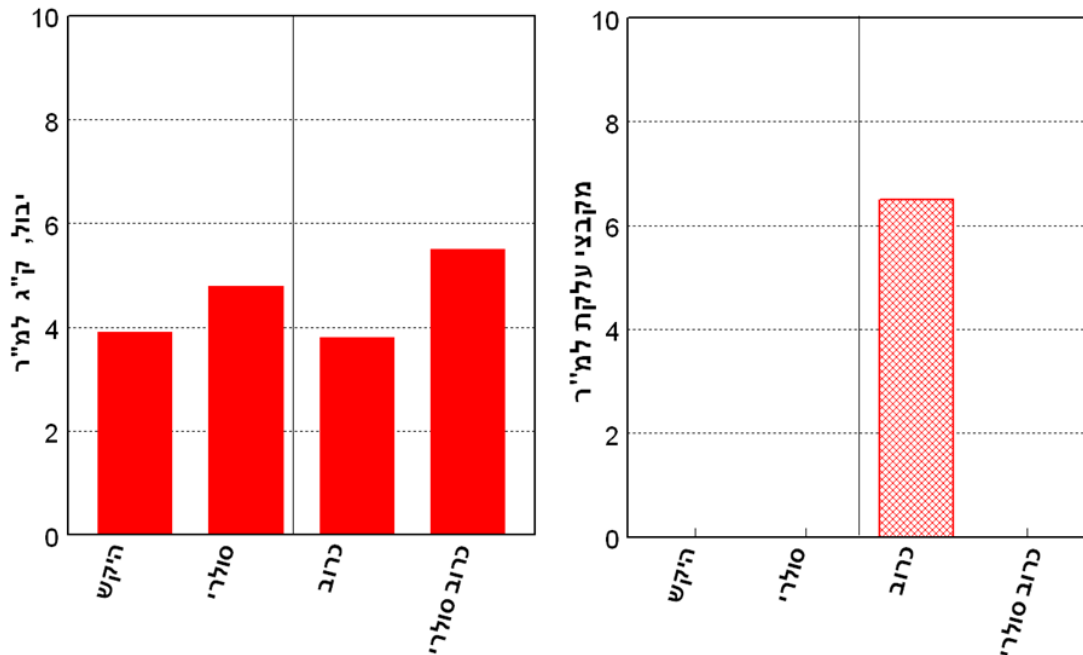
בנוסף הוצב בקיץ 2012 ניסוי בחלקה בחוות הניסויים עדן על רקע של גידול כרוב אשר היה משובש בעלקת. נבחרה חלקה שחציה על גבי גידול כרוב אשר הושאר לגידול עד לסופו. בחציה השני של החלקה (בצמוד) גודלה שעועית. נבחנו הטיפולים הבאים.

1. היקש על רקע של שעועית כגידול קודם (ללא רקע של עלקת בגידול זה)
2. חיטוי סולרי על רקע של שעועית כגידול קודם (ללא רקע של עלקת בגידול זה).
3. הצנעת שיירי כרוב מהגידול קודם (על רקע של שיבוש רב בעלקת)
4. הצנעת שיירי כרוב מהגידול קודם (על רקע של שיבוש רב בעלקת) וחיטוי סולרי

עגבניות נשתלו בחלקה בחודש ספטמבר 2012. במהלך הגידול, נתקפו הצמחים בוירוס צהבון האמיר ועל ככן התפתחותם היתה לא תקינה. עם זאת החלקה גודלה עד ניבה ובמהלך הגידול בוצע מעקב אחר הצצת גבעולי פריחה של עלקת. יכול העגבניות הבשלות נאסף בקטיף אחד בחודש פברואר, מוין ונשקל.

בחלקות על רקע של כרוב נח וגידול שעועית לא היה כלל שיבוש בעלקת ועל לא ניתן לבחון את יעילותו של החיטוי הסולרי לבדו על הדברת העלקת. בחלקה על רקע של גידול כרוב בשנה שקדמה לניסוי, היה שיבוש רב בעלקת. ניתן לראות כי הצנעת כרוב לבד לא היתה יעילה בהפחתת נזקי העלקת (איור 6). לעומת זאת השילוב של חיטוי סולרי וכרוב נתנו הדברה מלאה של העלקת. בניסוי זה לא ניתן להפריד בין השפעת החיטוי הסולרי לבדו, שכן טיפול זה היה בחלקה ללא עלקת. יחד עם זאת, ניתן לקבוע ללא ספק כי השילוב של חיטוי סולרי והצנעת כרוב הוא אמצעי יעיל ביותר להדברת עלקת. טיפול כזה יהיה ישים בחלקות אורגניות.

בניסויים נוספים בחלקות קטנות ובמעבדה ראינו כי הצנעת חומר אורגני ממקורות נוספים נותן מענה בהדברת עלקת.



איור מס' 4: קטילת זרעי עלקת בהשפעת תוספים אורגנים ושילוב חיטוי סולרי, בחלקות שדה קטנות בקרקע חולית. הניסוי בוצע בחודש אוגוסט.

## סיכום

- קיימים תכשירים לחיטוי קרקע אשר נותנים מענה בהדברת עלקת בגידול עגבניות בשדה הפתוח ובבתי צמיחה.
- שילוב של תכשירים כגון מתאם סודיום ופורמלין הינו פתרון מיידי שכן לתכשיר רישוי לחיטוי קרקע בגידולים אלה.
- שימוש בתכשירים יעילים יכול לתת מענה להפחתת שיבוש בעלקת מעבר לעונת גידול אחת. אפשרות נבדקה אמנם בתכשיר שהשימוש בו הופסק (מתיל יודיד), אך העקרון של חיטוי יעיל ושמירה על נקיון החלקה מפני אילוח מאוחר יכול לשמש גם בחיטוי קרקע באמצעים אחרים.
- שילוב של תכשירים כימיים כגון פלדין (שיעילותו חלקית) וכלרופיקרין היה גם הוא יעיל ביותר בהדברת עלקת. עם זאת התכשיר כלרופיקרין אינו מורשה עדיין בשימוש מסחרי ועל כן לא ניתן ליישם באופן מסחרי את הממצאים לגבי שילוב תכשירים אלה.
- שילוב תכשירים כימיים וחיטוי סולרי היה יעיל ביותר בהדברת עלקת. שילוב זה מחייב תזמון של החיטוי כדי להפיק את המירב בהדברת עלקת.
- הצנעת חומר אורגני משיירי צמחים כגון כרוב, טרגון וברוקולי ושילוב בחיטוי סולרי, הם אמצעי יעיל בהדברת עלקת ויכול לשמש אמצעי מעשי בחקלאות אורגנית. חיטוי סולרי לבדו יכול בהחלט יכול להיות יעיל, אולם השילוב מקנה ביטוח רב יותר ליעילות ההדברה.
- בשלב השני בוצע ריסוס באמצעות תמיסת תכשיר ברומוספט בריכוז 1%. לפני הריסוס נתלו

## סניטציה וחיטוי גונדולות

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

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

ביצוע המחקר הועבר לאחריות המעבדה ליישום שיטות הדברה רק בשנת המחקר השניה ועל כן הדווח מתייחס לשנת מחקר אחת.

**תוצאות לשנת המחקר הראשונה (2011-2012)**

בשלב הראשון של המחקר נבנתה מערכת שניתן לבחון בה את המשתנים השונים של שטיפה, ניקוי וחיטוי מכלי אסיף עגבניות (גונדולות) באמצעות ריסוס תכשיר הדברה מתאים. גונדולה מסחרית נתרמה על ידי מפעלי "תבור שאן חרוד" (תש"ח) והוסבה לצרכי הניסוי. הגונדולה הונחה על גבי ארבע כלונסאות מתכת לגובה 100 ס"מ (איור 1). גובה זה דומה לגובה הגונדולה כאשר היא מונחת על גבי משאית השינוע וכן מאפשר הגעה של תרסיס לחלקים התחתונים של הגונדולה.

כדי לבחון את מידת הכיסוי של חלקי הגונדולה השונים בתרסיסים כוסו מקטעים שונים של הגונדולה ברשתות פלסטיק שעליהם הוצבו דוגמים לבחינת יעילות כיסוי, או הוצמדו שקיות ובהם זרעי עלקת לבחינת יעילות הקטילה. דוגמים אלה הוצבו לפני הריסוס ונאספו לאחר גמר הריסוס לצורך בחינת יעילות הריסוס.

מערכת הריסוס כללה שני מוטות ריסוס שעליהן הותקנו פומיות מסוג AYHSS. מוט ריסוס אופקי יועד לכיסוי הדופן האנכי של הגונדולה, ומוט ריסוס נטוי בחלק התחתון של מתקן הריסוס נועד לכסות את חלקה התחתון של הגונדולה (איור 1). מוטות הריסוס הותקנו על גבי מרסס מתנייע אשר שימש אך ורק לצורך הנעה והפעלת משאבת הריסוס.





**איור 1. מערכת ריסוס גונדולות.**

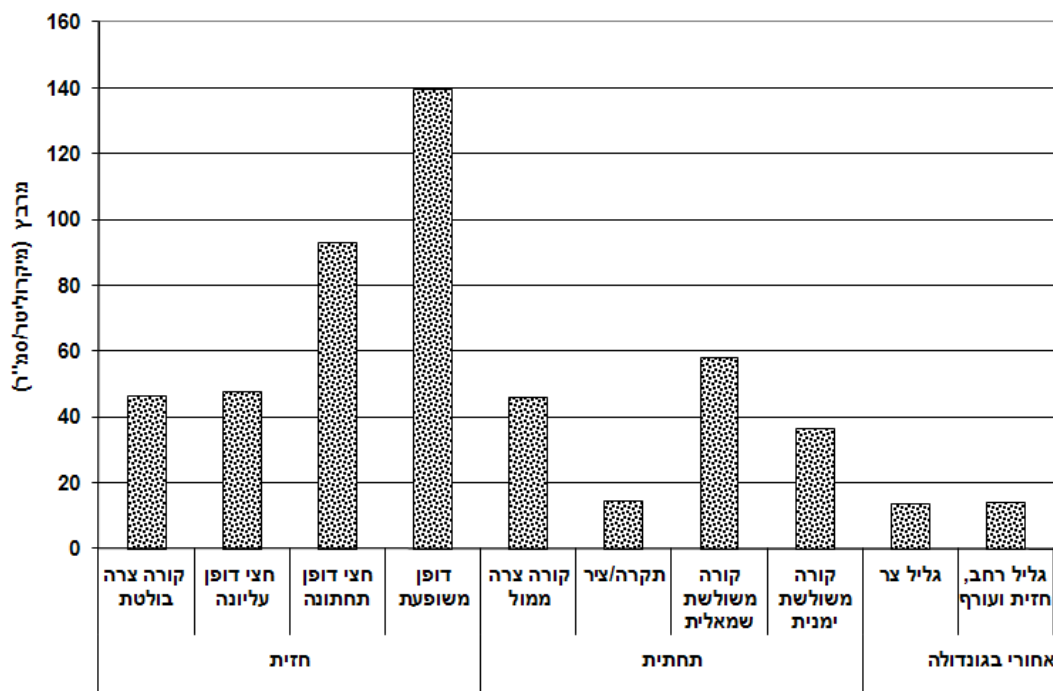
#### 1. בחינת יעילות כיסוי

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

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

בשלב השני בוצע ריסוס באמצעות תמיסת תכשיר ברומוספט בריכוז 1%. לפני הריסוס נתלו שקיות תה ובהם זרעים של עלקת בחלקי הגונדולה השונים. לאחר גמר הריסוס והתייבשות התרסיסים נאספו השקיות ונבחן כושר הנביטה של הזרעים במעבדה.

הממצאים מעידים כי לא הושגה קטילה. ייתכן כי התכשיר אינו יעיל דיו. על כן מבוצע כרגע במעבדה ניסוי לקביעות עקום קטילה של זרעי עלקת באמצעות התכשיר



איור 2. כיסוי חלקי הגודולה השונים בתמיסת תרסיס צבע מעקב.

תוצאות לשנת המחקר השניה 2012-2013

בחינת יעילות תכשירים לקטילת זרעי עלקת

לאחר שלא התקבלה קטילה של זרעי עלקת באמצעות תכשיר ברומוספט, חיפשנו אחרי תכשירים אחרים שיכולים לשמש בחיטוי מיכלי השינוע (גונדולות). בשלב זה נבחר תכשיר בקטרון תוצרת חברת "גן מור" בע"מ. התכשיר מבוסס על אמוניום רביעוני ונחושת ומשמש לחיטוי משטחים.

בשלב ראשון בחנו את יעילותו בקטילת זרעי עלקת בצלחות מורעלות. לצורך כך הוכנסו זרעי עלקת לשקיות תה ונסגרו. השקיות נטבלו בתמיסת בקטרון בריכוזים עולים, למשך 5 דקות. לאחר מכן יובשו השקיות ונבחנה חיוניות הזרעים.

בקטרון היה יעיל בקטילת זרעי עלקת בחשיפה למשך 5 דקות (טבלה 11). בריכוז מעבר ל-1% של התכשיר מתקבלת קטילה יעילה ביותר של התכשיר. לכן, המשכנו את בחינת יעילות התכשיר בקטילת זרעי עלקת על גבי מיכלי השינוע (גונדולות).

טבלה 11. קטילת זרעי עלקת באמצעות טבילה בתכשיר בקטרון בריכוזים שונים .

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

#### בחינת יעילות הקטילה על גבי הגונדולות באזורים חשופים

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

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

#### סיכום

- פותחה מערכת ריסוס אשר מאפשרת כיסוי בכל חלקי הגונדולה בכמויות מרבץ מספיקות. ניתן היום להתקין מערכת ריסוס כזו במפעלי עיבוד העגבניות ולהעביר דרכם את הגונדולות לפני הוצאתם לשדה.
- תכשיר ברומוספט אינו יעיל דיו בקטילת זרעי עלקת על הגונדולות. על כן הופסק השימוש בתכשיר זה.
- התכשיר בקטרון נבדק ונמצא יעיל בקטילת זרעי עלקת בניסויי במעבדה וגם בריסוס על גבי הגונדולות.
- תוצאות המחקר מצביעות על זמינות טכנולוגיה לריסוס גונדולות וכן תכשיר יעיל אשר ישלים את הטכנולוגיה בקטילת זרעי עלקת למניעת הפצה של זרעים בין חלקות באמצעות הגונדולות.