

## בחינת יעילות הריסוס ברחפן לעומת ריסוס אווירי וקרקעי להדברת המזיקים

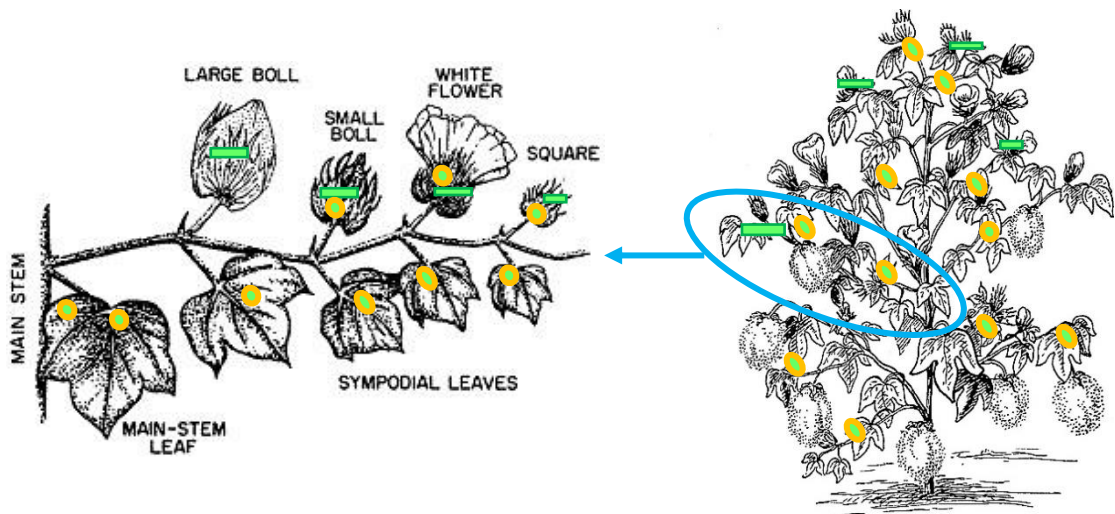
### הליותיס וכנימות עלה ולשילוך בכותנה

רוחי רבינוביץ<sup>1</sup>, מיכל אקסלרוד<sup>2</sup>, ניצן כהן<sup>3</sup> עידו סבן<sup>4</sup>, גיא הלוי<sup>5</sup>, אור רס<sup>3</sup>, יואב גולץ<sup>3</sup>, אלונה ריבלין<sup>2</sup>. 1. מרכז חקלאי העמק 2. מועצת הכותנה, 3. שה"מ, 4. פקח פרטי, 5. סמרט שירותי רחפנים

### מבוא ותיאור הבעיה, מטרת המחקר והתועלת הצפויה מביצועו:

מקובל ליישם תכשירי הדברה בריסוס קרקעי על ידי מרססים נישאים על אדם או טרקטור, או בריסוס אווירי. הנפחים המקובלים לריסוס קרקעי בשטחי גד"ש נעים בין 10 ועד 35 ליטר לדונם. נפחי הריסוס האווירי נעים בין 3 ועד 8 ליטר לדונם (קיצוני- עד 10 ליטר לדונם). לנפח התריסוס השפעה רבה על יעילות ההדברה. גורמים נוספים המשפיעים על ההדברה הם גודל חריר הריסוס, צורת הפומית, מהירות הנסיעה/טיסה, זווית הריסוס ואמצעי החדרה שונים – לחץ הידראולי, מפוח, כנפונים, מועד הריסוס ותנאי מזג האוויר. בשנים האחרונות נוסף אמצעי ריסוס נוסף- רחפנים. לרחפן יתרונות רבים שישנם למטוס- כניסה לשטחים עם עבירות מוגבלת, חוסר הידוק של הקרקע, חוסר פגיעה פיזית בצמח. מעבר לכך יש לרחפן מספר יתרונות נוספים שהחשובים ביניהם הם טיסה במסלולים לא סדירים, טיסת לילה, יישום על פי מיפוי של כתמים לא רציפים. לא ניתן לכמת כלכלית את התועלות הללו כי יש יותר מדי משתנים, רובם לא ידועים. הבחירה ברחפן כאמצעי חלופי לריסוס באמצעות מטוס או מרסס קרקעי מתבצעת כבר כיום על ידי חקלאים רבים, בהיקפים שעולים עם הזמן, במטעים ובגד"ש בדרום וצפון הארץ. בשנים 21-22 בחנו בתצפיות את השפעת נפח התריסוס - 5 ליטר/ד' לעומת 8 ליטר/ד' על יעילות הדברה של זיפית בכותנה, ועל יעילות החדירה של התריסוס לתוך נוף כותנה מפותחת. לא נמצא הבדל בין שיטות הריסוס. כמו כן בחנו השוואה בין יעילות ההדברה של גודדנית ונובר הקנה בתריס מתוק בריסוס אווירי לעומת ריסוס ברחפן בנפח 5 ל'/' והדברת אקריות קורים בעגבניות בריסוס קרקעי בהשוואה לרחפן בנפח 5 ל'/' בשני המקרים לא מצאנו הבדלים ביעילות ההדברה. מארבע תצפיות אלו נראה לנו שהשימוש ברחפן לכל הפחות לא פוגע ביעילות ההדברה. לכן רצינו לבחון את השימוש ברחפנים בצורה מסודרת ובחזרות כנדרש כדי לראות האם ניתן לנצל את היתרונות הרבים שיש לשיטת ריסוס זו להציע.

מקום הפעילות של המזיק בצמח משפיעה על היכולת של תכשירי ההדברה להגיע אליו. בהשוואה בין רחפן ובין אמצעי היישום מקובלים – מטוס, מרסס קרקע יש להתייחס לנושא זה בקצרה.



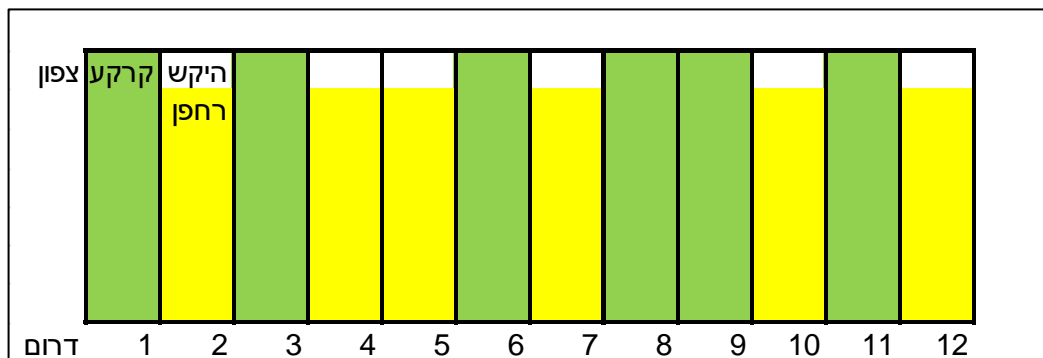
איור 1: מיקום פגעים שונים על פני צמח הכותנה = זחלי הליותיס = כנימות עלה

זחלי הליותיס (וויפית) מצויים בכפתורים, בהלקטים ובאמירי הצימוח, בעיקר בחלק העליון והחיצוני של הצמח. כנימות עלה מצויות על עלים צעירים ובוגרים בכל חלקי הצמח, גם כאלו החבויים קרוב למרכז הצמח ואף לעיתים בחלקו התחתון. בנוסף הן חבויות בתוך חפי הכפתורים, הפרחים וההלקטים (איור 1). על מנת להדביר פגעים אלו על טיפות התרסיס להגיע אליהם בשנה זו באנו לבחון באופן ראשוני השוואה בין ריסוס רחפן וריסוס קרקע ביחס להדברת זחלים וכנימות עלה ויעילות ריסוס ברחפן לעומת ריסוס אווירי לשילוך בכותנה.

## שיטות וחומרים

### 1. השוואת יעילות ההדברה ברחפן ובמרסס קרקע

הניסוי הוצב בחלקת כותנה מזן פימה של קיבוץ אפק. במרכז החלקה הוגדר קטע ברוחב 108 ערוגות שנחלק לשש חזרות ברוחב 9 ערוגות שרוססו במרסס קרקע בום עם שרוול של דגניה בנפח 15 ל"ד' ושש חזרות ברוחב 9 ערוגות שרוססו על ידי רחפן בשני יעפים בנפח של 5 ל"ד'. אורך ערוגות היה כאורך השדה (איור 1). ב-15 עד 20 המטרים הראשונים של טיפולי הרחפן (בתלות בעומד ובתחילת השורות) לא נעשה ריסוס. קטעים אלו שימשו היקש (איור 2). השדה נוטר באופן סדיר על ידי עידו סבן, פקח מזיקים ולשעבר מדריך הגנת הצומח של מועצת הכותנה, עד להופעת נגיעות לטיפול של הליותיס בסוף מאי. ספירת אפס נעשתה בתאריך 5.6. בספירה זו נספרו כלל זחלי וביצי ההליותיס בכל איברי הצמח בשני קטעים בני 9 צמחים רצופים בשורה בכל טיפול. תחילת כל קטע סומנה במוט עם סרט על מנת לחזור לאותו קטע להערכת יעילות לאחר ריסוס. ביום הריסוס נעשה תחילה הריסוס במרסס קרקע ומייד לאחריו הריסוס ברחפן. ריסוס נעשה ב-7.6, בדורנים במינון 100 סמ"ק/ד' ובנפח 15 ל"ד' עם מרסס שרוול דגניה ועם רחפן בנפח 5 ל"ד' ומהירות טיסה של 11 קמ"ש בתאריך 16.6, לאחר שלא התקבלה הדברה מספקת (איור 7), נעשה ריסוס שני, בצורה דומה, עם בתכשיר טאקומי במינון 20 גר"ד'. הערכת יעילות נעשתה בתאריך 20.6.2023 ריסוס זה הוריד את הנגיעות אל מתחת לסף הנזק (איור 7). במקביל, נגיעות המזיק באזור פחתה ולא נוצר צורך בריסוס נוסף נגד הליותיס. בהמשך נמצאה עליה ברמת כנימת עלה הכותנה, תחילה במרכז הצמח ובהמשך גם בחלקו העליון ובאמיר. בתחילת אוגוסט נקבע צורך בהורדת רמת המזיק. נעשה ריסוס שלישי בתאריך, על פי מתאר הניסוי, בתכשיר טיפיקי, במינון 15 גר"ד' בנפחים והשיטות המתוארות למעלה. ריסוס זה הוריד את רמת הפגע אל מתחת לסף הנזק (שם).



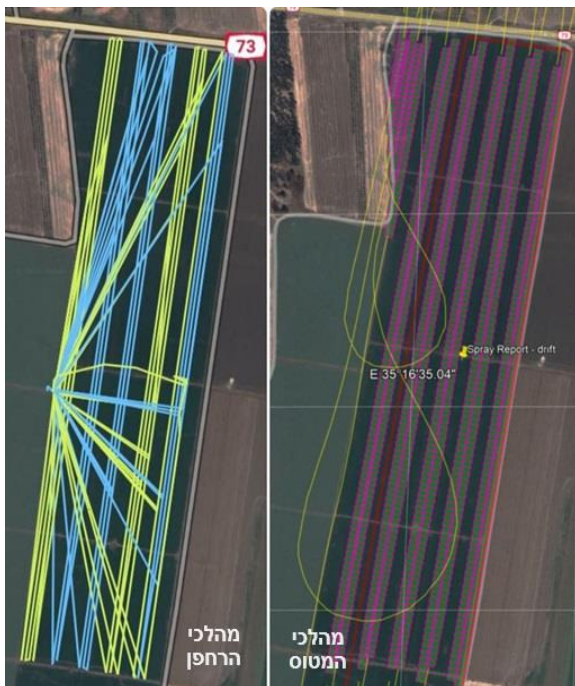
איור 2: תכנית הניסויים בקיבוץ אפק



איור 3 : ריסוס רחפן ומרסס קרקע, רחפני סטרט וקיבוץ אפק.

## 2. השוואת יעילות השילוך ברחפן ובמטוס

הניסוי נערך בחלקה בת 390 ד' של קיבוץ מזרע שטופלה בשילוך ראשון בתאריך 2.10.23 ושילוך שני ב-10.10. החלקה חולקה ל-10 קטעי אורך שווים, מחציתם טופלו ברחפן ומחציתם במטוס



א



ב



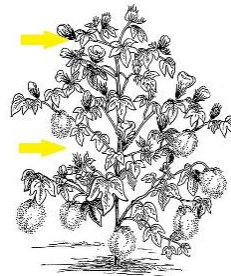
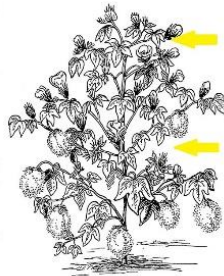
ג

איור 4 : ריסוס שילוך חלקת מזרע. חברת רחפני סטרט וחברת תלם

**טבלה 1 : טיפולי השילוך בחלקת מזרע**

שילוך ראשון	קוויק 200 סמ"ק/ד' + תשליך 70 סמ"ק/ד'
ממדי חזרה אורך X רוחב (מטר)	30 מ' X 1300 מ' (39 ד')
סה"כ שטח רחפן	195 דונם
סה"כ שטח מטוס	195 דונם
נפח לדונם רחפן (ליטר)	5
נפח לדונם מטוס (ליטר)	8
מהירות טיסת המטוס	180-190 קמ"ש
מהירות טיסת הרחפן	17 קמ"ש
גובה מעל הנוף של המטוס	1-1.5 מטר
גובה מעל הנוף של הרחפן	4 מטר
רוחב מוט ריסוס המטוס	15 מטר
רוחב פס ריסוס הרחפן	8 מטר

בבוקר השילוך לפני הריסוס הוצבו ניירות מים (ניירות בהם טיפות מים משנות את הצבע הנייר במקום המגע מצהוב לכחול – איור 5) . הניירות הוצמדו לעלה עליון (בצידו העליון של העלה) ולעלה בגובה 70 ס"מ מהקרקע (בצידו העליון של העלה) בצד ימין ובצד שמאל של הצמח (איור 5). מייד לאחר יישום הניירות אירע אירוע גשם חלש וקצר (כ- 5 דקות). לאחר מכן נעשה הריסוס, תחילה של המטוס ואחריו רחפן.



**איור 5 : מיקום ניירות מים על צמחי הכותנה מימין ומשמאל לצמח**

בסיום הריסוסים הניירות נאספו, צולמו בנייד (סמסונג A34), ופוענח אחוז הכיסוי של הטיפות עליהם באמצעות אפליקציית Smart Spray. האפליקציה מפרידה בין טיפות קטנות ובין טיפות גדולות וסוכמת את הכיסוי של כל סוג טיפות. בתום הריסוסים הונחו ארגזים שווי גודל מתחת לנוף הצמחים לאיסוף כל העלים שנשרו. עלים אלו נספרו ונשקלו לאחר ייבוש בתנאי החדר.

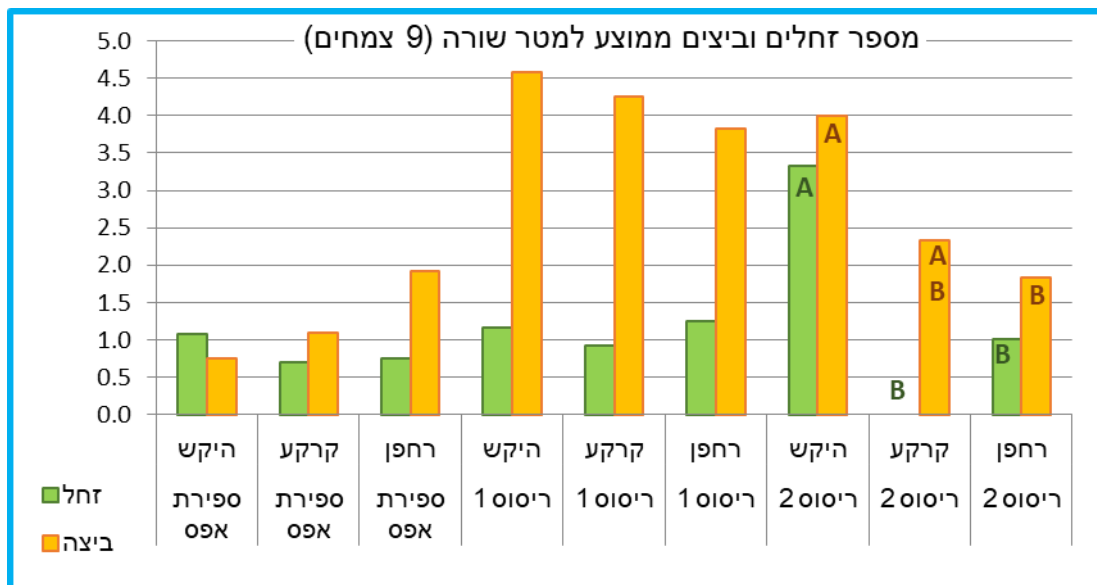
לאחר השילוך הראשון הביע המגדל חוסר שביעות רצון מתוצאות השילוך (איור 6) וריסוס השילוך השני נעשה במטוס בלבד. ניסוי נקטע באמצעו ובעקבות זאת לא בוצע מעקב אחר איכות הכותן בשני הטיפולים.



איור 6: צילום רחפן של חלקת מזרע לאחר שילוך ראשון, 9.10.2023 לצילום הוסף סרגל לאיתור 5 צמדי פסים שבכל אחד מחצית ימנית היא מטוס ושמאלית- רחפן. בשניים מבין 5 צמדים כאלו ריבועים 1, 2, מימין) נראה שאיכות השילוך מחצית שמאלית נמוכה מזו שבימנית. נראה גם שיש בעייה בחפיפות.

### תוצאות

#### 1. השוואת יעילות הדברת מזיקים ברחפן לעומת מרסס קרקע עם שרוול אוויר



איור 7: השפעת ריסוסי הדברה ברחפן ומרסס קרקע על אוכלוסיות זחלי וביצי הליותיס בחלקת

אפק בחודש יוני, בין 5.6 עד 20.6 2023

בספירת אפס היה מספר הזחלים נמוך מהסך שנקבע לריסוס (זחל למטר). נגיעות זו התקיימה לאורך מעל שבוע. בעקבות הצטברות אבדן של כפתורים, ובעקבות נגיעות אף גבוהה מכך בשאר החלקה הוחלט לקיים את הריסוס. בבדיקת יעילות הריסוס נמצא שהריסוס לא היה יעיל דיו גם ברחפן וגם במרסס הקרקעי, ואוכלוסיית המזיק אף עלתה. לכן הוחלט על טיפול מידי נוסף. ריסוס זה היה יעיל, והוריד בממוצע את אוכלוסיית המזיק אל מתחת לסף הנזק. בניטור נוסף (תוצאות ניטור מסחרי) נמצא שאוכלוסייה המשיכו לרדת. הוחלט שאין צורך בריסוס נוסף. החלטה זו בוססה אף על אוכלוסיית הביצים בשדה. זו עלתה בצורה חדה בין ספירת אפס לספירה אחר הריסוס הראשון, וירדה בחדות בטיפול הריסוס (רחפן, קרקע) לאחר ריסוס שני. עמודות באותו תאריך מלוות באות שונה באותו צבע (ביצה, זחל) נבדלות סטטיסטית זו מזו, בפרוצדורת fit Y by X לפי סטודנט ב-JMP7.

טבלה 2 : הערכת נגיעות כנימות עלה לפני ואחרי טיפול ברחפן ובמרסס קרקע

טיפול	רמת נגיעות, דירוג 0-5 (ס"ת)	
	S+4	ספירת אפס
היקט	1.89(0.62)	1.58(0.49)
קרקע	<b>0.33(0.21)</b>	1.37(0.33)
רחפן	<b>0.72(0.80)</b>	1.5(0.59)
מובהקות	P<0.0092	NS

הערכת נגיעות נעשתה בסולם 0 (ללא כנימות) עד 5 (מעל 100 כנימות /עלה ולא ניתן להבחין בצברים בודדים של כנימות). בכל חזרה נבדקו 2 קטעים של מטר בהם דורגו באקראי 5 צמחים. ניתוח נעשה בפרוצדורת Wilcoxon / Kruskal-Wallis Tests (Rank Sums), במבחן ChiSquare בתכנת JMP 7. מספרים מודגשים באותו טור שונים במובהק מאלו שאינם מודגשים. ההבדל בין הנגיעות בטיפול הרחפן לנגיעות בטיפול ריסוס הקרקע אינו מובהק.

## 2. השוואת יעילות רחפן לעומת מטוס בשילוך כותנה

טבלה 3 : אחוז הכיסוי שנוצר על ידי טיפות גדולות וטיפות קטנות במרכז הצמח ובחלקו העליון

ריסוס	% כיסוי טיפות גדולות		% כיסוי טיפות קטנות		% כיסוי כולל	
	למעלה	מרכז	למעלה	מרכז	למעלה	מרכז
רחפן	11.5	14.3	13.1 A	5.3 B	24.6	19.5
מטוס	16.5	25.1	12.1 AB	8.7 AB	28.6	33.8
מובהקות	NS		P<0.05		NS	

אחוז הכיסוי נבדק בפרוצדורת ניתוח שונות דו-גורמי על פי סטודנט,  $P=0.05$ . נתונים באותה משבצת ראשית המלווים באות שונה נבדלים זה מזה באופן מובהק. ברחפן ובמטוס טיפות גדולות מייצרות אחוז כיסוי גבוה יותר במרכז הצמח לעומת חלקו העליון. המטוס יוצר אחוז כיסוי גבוה מזה של הרחפן. ההבדלים אינם מובהקים. הכיסוי שנוצר על ידי טיפות קטנות ברחפן ובמטוס גבוה יותר בחלק הצמח העליון בהשוואה למרכז וההבדל מובהק. גם במטוס הכיסוי שנוצר על ידי טיפות קטנות בחלק הצמח העליון גבוה מזה שנוצר במרכז הצמח אך ההבדל אינו מובהק ונמצא בערכי ביניים בהשוואה לרחפן. ברחפן מושג אחוז כיסוי מרבי בחלק הצמח העליון. במטוס מושג אחוז הכיסוי המרבי במרכז הצמח. הבדל זה אינו מובהק. באופן כללי, אחוז הכיסוי המושג על ידי מטוס גבוה מאחוז הכיסוי המושג על ידי רחפן. ההבדל בין מטוס לרחפן אינו מובהק.

**משקל עלים :** כמויות העלים שנאספו בארגזים תחת הצמחים היו נמוכות מכדי להיות מייצגות, אך שוות -25 גר ברחפן ו-22 גר' במטוס

## דיון ומסקנות

הדברת מזיקים :

בניסוי נבחנה הדברה של הליותיס וכנימות עלה, מזיקי מפתח בגידול. לשניהם מקור אילוח בבר ובחלקות וגידולים סמוכים והדברתם תלויה בין השאר בלחץ ההדבקה מבחוץ. פיזור ומיקום המזיקים על גבי הצמח משמעותי לגבי אפשרות הדברתם. כנימות עלה מצויות יותר בעומק נוף הצמח אך לא חודרות אל תוך הכפתורים. הליותיס נמצא יותר בחלק החיצוני של הצמח אך חבוי גם בתוך הכפתורים (איור 1). הדברתם תלויה בין השאר ביכולת אמצעי הריסוס להחדיר את תכשיר הדברה אל החללים הפנימיים בנוף הצמחי. השוני ביכולות הרחפן ומרסס הקרקע לייצר כיסוי ע"ג עלי הצמח בחלקו העליון ובמרכזו אינו גדול, ואם קיים- אינו מובהק (טבלה 3). כך גם השוני ביעילות ההדברה של זחלי וביצי הליותיס (איור 7).

**הליותיס :** במהלך מחצית שנייה של חודש מאי חלה פלישה גוברת של הליותיס לחלקה (עידו סבן, תיעוד אישי). לאחר פרק זמן של כעשרה ימים הוחלט על ריסוס החלקה ונעשתה ספירת אפס.

החלקה טופלה באמצעות מרסס מפור משקי ובטיפול שולבו חזרות טיפולי הרחפן וההיקש. בבדיקה נמצא שהנגיעות נמשכה ואף עלתה והוחלט על ריסוס נוסף. בעקבות הריסוס הנוסף חלה ירידה בנגיעות המזיק אל מתחת לסף הנזק (1-0.5 זחל למטר). לא נמצא הבדל מובהק ביעילות ההדברה של טיפולי הרחפן והמרסס. לא נדרש טיפול נוסף נגד הליותיס.

**כנימות עלה:** 5 עלים ב-2 עד 3 צמחי כותנה בשני קטעים של 1 מ' (סה"כ 20-30 עלים) נבדקו בהערכה חזותית להמצאות כנימות עלה וצוינה עבור כל עלה רמת נגיעות בדירוג של 0- נקי: 1- כנימה מכונפת: 2- מכונפת/בוגרת משריצה עם מספר נימפות לידה. 3- עלה עם עד 3 צברי נימפות. 4-עלה עם מעל 3 צברי נימפות: 5-עלה בו לא ניתן להבחין בין צברי נימפות שונים. הדירוגים סוכמו ומוצעו עבור כל חלקה. ממוצעים אלו נותחו במבחן א-פרמטרי Wilcoxon / Kruskal-Wallis Tests (Rank Sums). נמצא שהטיפול הפחית את נגיעות הפגע במידה של 83% (מרסס) עד 61% (רחפן). ההבדל בין הטיפולים לא מובהק. (טבלה 2). ההדברה היתה מספקת בשתי שיטות היישום ולא נדרש טיפול נוסף.

שילוך:

בתוכנית הניסוי נכללו 3 אמצעים להערכת יעילות הריסוס כדי שתתאפשר השוואה בין שני אמצעי הריסוס- א. הערכת אחוז כיסוי בעזרת ניירות מים. ב. הערכה חזותית של יעילות הריסוס ג. ניפוט מדגמי של הכותן בשני הטיפולים והערכת איכות. בנוסף אספנו עלים לתוך ארגזים על מנת לשקול עלים אלו לאחר השילוך.

מאחר והניסוי לא התנהל כמתוכנן לא יכולנו לבחון את ההבדל בין שתי שיטות היישום בצורה כמותית ומאלצנו להסתפק בהערכה חזותית שהתקבלה מצילום רחפן. בהערכה זו, שבעקבותיה גם הוחלט לעצור (לבקשת המגדל) את הניסוי, התקבל הרושם שאיכות השילוך ברחפן בחלק מפסי הריסוס נופלת מזו של איכות השילוך במטוס ובשאר טיפולי הרחפן. נמצא גם כי אזורי החפיפה בין הטיפולי הריסוס לא טופלו בצורה מיטבית (איור 6). לא ברור אם בעיית החפיפה נובעת מסגירת דיזות בקצות המטוס (איור 4-א) או טיסה לא מסודרת של הרחפן (איור 4-א). כמויות העלים שנאספו בארגזים תחת הצמחים היו נמוכות מכדי להיות מייצגות, אך כמעט שוות: כ-25 גר' ברחפן ו-22 גר' במטוס. כאן לא נמצא הבדל. לא ברור עד כמה מדד זה מייצג. סיכום:

נראה שיעילות ההדברה והשילוך ברחפן בנפח 5 ל'ד' נופלת במעט בהשוואה לזו של ריסוס קרקע במרסס שרוול (הדף אוויר) בנפח 15 ל'ד' ומטוס בנפח ריסוס של 8 ל'ד'. עם זאת, ההבדל אינו מובהק ולרוב- קטן. במקרה של הדברת הפגעים הליותיס וכנימות עלה לא נדרשו ריסוסי תיקון. במקרה של השילוך היתה התוצאה מעורבת- בחלק מהשדה נראה שאין הבדל ובחלק- היעילות של הרחפן היתה נמוכה מזו של המטוס. לכן לא נעשה שילוך שני ברחפן

**אנו מתרשמים שבטוח ויעיל מספיק להשתמש ברחפנים כאמצעי ליישום תכשירים בכותנה, ויש לקדם ולהמשיך במקביל בחינת שיטות לשיפור הביצועים של אמצעי מוצלח זה.**

**תודות לרוב! לסמרט רחפנים, לגד"ש אפק- על עזרתם ותמיכתם הכספית.**

**למועצת הכותנה- על המימון!**

**לגיא הלוי (אפק) ומתן (מזרע) על הצילומים**