

## **הדברת פגעים וחסכון בידיים עובדות בגידול צמחי תבלין בבתי צמיחה ובשדה הפתוח**

Pest control and labour saving in herb production in greenhouses and open field

דוח מסכם לתוכנית מחקר מס': 459-4274-09

מוגש לקרן המדען הראשי  
ע"י

מרים אוסטרוביץ, אברהם גמליאל, ריבן יהודית, הנדסת חקלאית, מנהל המחקר החקלאי  
דני שטיינברג, פתולוגיה של צמחים, מנהל המחקר החקלאי  
רחל רבינוביץ, מו"פ בקעת בית שאן

Miriam Austerweil, Abraham Gamliel, Yehudit Riben, Agricultural Engineering, ARO  
Volcani Center,

Dani Shteinberg, Institute of Crop Protection ARO volcani Center,

Rachel Rabinowich, R&D Bet Shean

הממצאים בדו"ח זה הנם תוצאות ניסויים

הניסויים ואינם מהווים המלצות לחקלאים

..... חתימת החוקר

## תקציר

גידול צמחי תבלין ליצוא, בעיקר בבתי צמיחה ובבתי רשת, הינו ענף אשר מתרחב בהתמדה בישראל. העובדה שהחלק הנאכל בצמחי התבלין הינו העלים, מחייבת הקפדה על ניקיונם ממחלות ומזיקים לשם קבלת איכות יבול גבוהה. מאידך יישום תכשירי הדברה הינו בעייתי משום שהחומרים מרוססים על החלק הנאכל ורמת השאריות של חומרי הדברה המותרת כיום היא אפס. קיצור משך החיים של תכשירי הדברה על הצמח אפשרי באמצעות שיפור היישום של התכשירים. ריסוס במערפל קר מאפשר רמות מרבץ גבוהים מחד, ודעיכה מהירה מאידך. עם זאת, מערפל מתאים למבנים גדולים וסגורים ואינו יעיל בבתי רשת ובמגוון בתי צמיחה אחרים. אמצעי היישום הקיימים כיום מוגבלים למרססים נישאי גב אשר מחייבים כוח אדם וימי עבודה רבים לביצוע משימות הריסוס. הריסוס בצורה זו אינו יעיל ביותר ופוגם הן באיכות ההדברה ובכמות שאריות הרעלים בתוצרת.

מטרות המחקר הן לפתח אמצעים ממוכנים ליישום תכשירי הדברה בגידולי תבלין בשטחים גדולים ובהספקים מתאימים לצורך השגת יעילות הדברת פגעים מיטבית וללא שאריות רעלים בתוצרת המשווקת.

פותח מרסס אב טיפוס אשר מתאים לכיסוי שטח של 6 מטר משני צדדיו. המרסס נבנה כדי לענות על הצורך לכסות שטח של מפתח ביעף ריסוס אחד. המרסס מבוסס על כלי צר שמוצאי האוויר צמודים למרסס ולכן מאפשרים תנועה ותמרון טובים במבנה. המרסס מבוסס על מפוח אויר ותעלת אויר בשטח חתך משתנה אשר מאפשרת פיזור נפחים קטנים של תרסיס באחידות מרבית על השטח המיושם לכל אורך פס הריסוס. הפעלת המרסס במגוון צמחי תבלין מצביעה על תוצאות טובות ועל נפחי התרסיס וגודל הטיפות הדרוש לקבלת כיסוי טוב של נוף הצמחים. התקבלו גם תוצאות הדברה טובות.

### א. מבוא ותאור הבעיה

יישום תכשירים להדברת פגעים בגידולים חקלאיים נועד לאפשר חלוקת כמות קטנה ביותר של תכשיר הדברה על שטח גדול. במרבית המקרים, מיושמים תכשירי ההדברה בנפחי תרסיס גדולים, אך ביעילות כיסוי נמוכה. טכנולוגיה זו מחייבת יישומים תכופים של התכשירים על מנת להבטיח את הגנת הגידול מתקיפת הפגעים. היישומים התכופים מגדילים את התשומות, את הצורך בימי עבודה, וגורמים למראה מוכתם ולשאריות רעלים בתוצרת המשווקת. בגידולים בהם החלק המרוסס הוא החלק הנאכל, כמו בתבלינים, גורם זה מהווה מגבלה בגידול. יישום תכשירים כימיים סינטטיים מאופיינת ביעילות קטילה גבוהה המחפה במקרים רבים על יישום לקוי (אי אחידות בכיסוי על המטרות). דוגמה מצוינת לכך הם תכשירי ההדברה הסיסטמיים שמתפזרים באופן משני ברקמות הצמח ושיעילותם אינה תלויה כמעט ביישמו של התכשירים. בשנים האחרונות מצטמצם מגוון תכשירי הדברה המותרים לשימוש בעיקר בגידולים המיועדים ליצוא. מאידך גובר השימוש בתכשירים פרוטקטנטיים, דוגמת תכשירי נחושת, גופרית, ותכשירים ידידותיים לסביבה כמו מיצויים צמחיים שונים.

בבתי צמיחה רבים מבוצע יישום התכשירים בריסוס ידני על ידי מפעיל אשר נושא את מיכל הריסוס על הגב או גורר צינור ארוך המחובר למרסס שמוצב מחוץ למבנה. הריסוס בשיטה זו מאופיין

באחידות כיסוי והספקים נמוכים. כיום מגבלות כוח אדם הם גורם מגביל בגידול צמחי תבלין בכלל ובישום אמצעי הדברה בפרט.

יישום חומרי הדברה בסיוע תנועת אויר ידועה כשיטה המשפרת את חדירת התרסיס והרבצתו על חלקי צמח נסתרים. שיטה זו מאפשרת שימוש בכמויות מופחתות של חומרי הדברה תוך שמירה על יעילות גבוהה של ההדברה. בעבר פותחו מכשירי ריסוס משופרים נישאים על הגב שמאפשרים הדברה יעילה בצמחי תבלין והפחתת מינונים. המגבלות העיקריות אשר מובנות במרססים נישאי גב הם ההספקים הנמוכים. ואי אחידות ביישום. המגבלה האחרונה נובעת מאיכות הפעלה שונה על ידי עובדים שונים וירידה בתשומת הלב ואיכות הריסוס בעקבות עייפות המפעיל.

כלי ריסוס ממונעים מופעלים כיום בצורה מסחרית בחממות לגידול ירקות בהדלייה. עיקרון הפעולה של מרססים כאלה הוא מסך ריסוס אנכי בניצב לשורת הגידול. כלי הריסוס הממונעים מאופיינים בריסוס בנפחים גבוהים בעיקר בגלל מבנה המרסס והמרחק המשתנה שבין המרסס למטרה. מרססים כאלה אינם מתאימים לגידול תבלינים שרועים בגלל מספר סיבות: דרישה חד משמעית לריסוס בטיפות זעירות ובנפחי תרסיס מוקטנים, (המרססים המתנייעים הקיימים מרססים בדרך כלל בנפחים גדולים); אין כלי ריסוס ממונע מסחרי לריסוס גידולים שרועים וצורך במרסס אשר יכסה במעבר נסיעה אחד מפתח שלם של חממה. על כן, ישנו צורך בטכנולוגית ריסוס משופרת אשר מבוססת על כלי ממונע עצמית וכושר פיזור והחדרת תרסיס יעילים במגוון סוגים של בתי גידול לתבלינים. טכנולוגיה זו תאפשר יישום רב תכליתי באמצעות כלי ריסוס אחד והדברה יעילה, תוך הפחתת רמת השאריות חומרי ריסוס בתוצרת המשווקת.

## **ב. מטרת המחקר**

המטרת ארוכת הטווח של המחקר היא לפתח טכנולוגיה משופרת ליישום תכשירי הדברה בבתי צמיחה לתבלינים, אשר תתבסס על מרססים מתנייעים, ויישום תכשירים במינונים קטנים להשגת הדברה יעילה, הפחתת כמות תכשירי ההדברה המיושמת, וחיסכון בתשומות כוח אדם הנדרשות לביצוע הריסוס. מטרת המחקר המפורטות שנגזרות ממטרה זו הם:

1. פיתוח מערכת ליישום יעיל של תכשירי הדברה בתבלינים.
2. אופטימיזציה של היישום של תרסיסים באמצעי הריסוס הנ"ל שתאפשר השגת הדברה יעילה של פגעים תוך הקטנת נפחי התרסיס, כמות תכשירי ההדברה, והבטחת תוצרת ללא שאריות רעלים.

## **ג. ניסויים ותוצאות בשנה הראשונה**

### **1. פיתוח טכנולוגית הריסוס**

#### **מרסס אב טיפוס**

תוכנית המחקר ממוקדת בפיתוח טכנולוגית הריסוס שמבוססת על כל העקרונות של הסעת תרסיסים באמצעות זרמי אויר ממוקדים במהירות המתאימה ובזוויות התקיפה היעילות לצורך החדרת הטיפות לתוך העלווה ולהרבצתם ביעילות מרבית ובצפיפות חלקיקים גבוהה על מטרות שונות לפי סוגי התבלינים. מרכיבים מובנים בטכנולוגיה החדשה הם צמצום מרבי של נפחי התרסיס וכמות תכשירי ההדברה ויישום בטיפות קטנות. על כן, המרכיב הבסיסי במחקר הוא מרסס אב טיפוס שבאמצעותו ניתן יהיה לבחון את המשתנים הרצויים ולפתח את גישת יישום התרסיסים

הרצויה. לכן נרכש, לצורך המחקר, מרסס מתנייע מסחרי צר אשר מתאים לתנועה בבתי צמיחה. ואשר ישמש פלטפורמה לנשיאת אמצעי הריסוס השונים. על הכלי הותקן מפוח היקפי (רדיאלי) ייחודי אשר פותח במיוחד לצרכי המחקר ואשר אינו קיים כיום בשום מרסס אחר. המפוח תוכנן ונבנה באופן שיהיה מסוגל להפיק זרמי אויר במהירות 40 מ'שנ משישה מוצאים שקוטרו של כל אחד 90 מ"מ. תכנון המפוח ליצור זרמי אויר במהירות כזו נעשה כדי להפיק מהירות אויר שתתאים להרביץ את התרסיס על המטרות במהירות אפקטיבית גם על מטרות במרחק שלושה מטר מהמרסס. תיכנון המפוח הנוכחי נועד לאפשר מצד אחד תנועה בשביל המרכזי וכיסוי מפתח שלם של המבנה ובעונה אחת גם תנועה של כלי ריסוס צר ללא מוט ריסוס אופקי אשר אינו מאפשר כניסה ויציאה ומעבר בין מפתחים. בנוסף למפוח החדש, התקנו על המרסס גם מדחס אויר אשר יכול להפעיל 6 פומיות מערפל (פוגר). הסיבה להתקנת המדחס היא הרצון לגמישות ולאפשרות לייצר תרסיסים בנפחים שונים ובגודל טיפות שונה. באמצעות המרסס הקונבציונלי ניתן ליצר טיפות בלחץ הידראולי רגיל ובאמצעות פומיות רגילות. עם זאת פומיות מערפל מסוגלות ליצר טיפות בטווח טיפות קטן יותר. לכן נשמרה גם האפשרות הזו בתכנון ובנית המרסס..

#### **נתוני המרסס הפעלתו ופיתוח כיווני הריסוס**

בשלב הראשון נבדקו ביצועי המרסס. נבדקה מהירות האויר בכל ששת המוצאים וזאת במהירות מרבית של סיבובי המפוח. מהירות האויר המרבית בכל המוצאים היתה בשיעור 44-40 מ'שנ ללא הבדל בולט בין המוצאים. עקום דעיכת האויר הוא אקספוננציאלי. מכאן שמהירות האויר המחושבת לרוחב פס ריסוס ברוחב של 3 מטר מהמטרה תהיה 30-10 מ'שנ. דעיכת המהירות המרבית תהיה במרחק 3 מטר ושם תהיה המהירות בשיעור 10 מ'שנ. זוהי מהירות מספקת כדי לנענע את הנוף ולהחדיר את התרסיס גם לחלקים נסתרים של הצמח. המוצאים מותקנים בגבהים שונים ובזוויות תקיפה שונות ולכן בכל נקודה במטרה / צמח / פרי, יפגעו תרסיסים מזוויות שונות ובמהירות אויר שונה

בשלב השני הוצב המרסס על גבי מתקן כדי לחשב את זוויות ההטיה של כל מוצא כדי ליצור מסך אויר רצוף שיכסה את כל פס הריסוס המיועד. על פי החישוב נבנו והוצבו יחידות הפיזור על המרסס. במרכזה של כל יחידת פיזור הותקן בית פומית ליצירת התרסיס (איור מס' 1). כדי לבחון האם הצבת המוצאים בתצורה הנוכחית אכן עונים למטרה הוצב למרסס פס מטרות – קלפי ניר רגישים למים – ברוחב שלושה מטר. המרסס נסע כשהמפוח מופעל במהירות מרבית ופומיות הריסוס מופעלות, וחצה את פסי הריסוס במהירות 2 קמ"ש. בדיקת שיעור הכיסוי על גבי קלפי הניר הראתה כי נוצר פס ריסוס אחיד לרוחב של 3 מטר, כלומר הצבת המוצאים וכיוונם הראשוני אכן תואם את הצרכים וניתן לבחון כעת האת יעילות הכיסוי על מטרות צמחיות.



**איור מס' 1.** פיתוח של מרסס מפוח היקפי לגידולים שרועים. המוצאים בצד שמאל של המרסס נבחנו והותאמו לכיסוי פס ריסוס ברוחב 3 מטר. לאחר גמר ההתאמות והכיוונים יותקנו גם בצד הימני מוצאים על פי הממצאים. בכל מוצא מותקנת פומית נוזל אחת על מנת להבטיח נפחים קטנים של תרסיס.

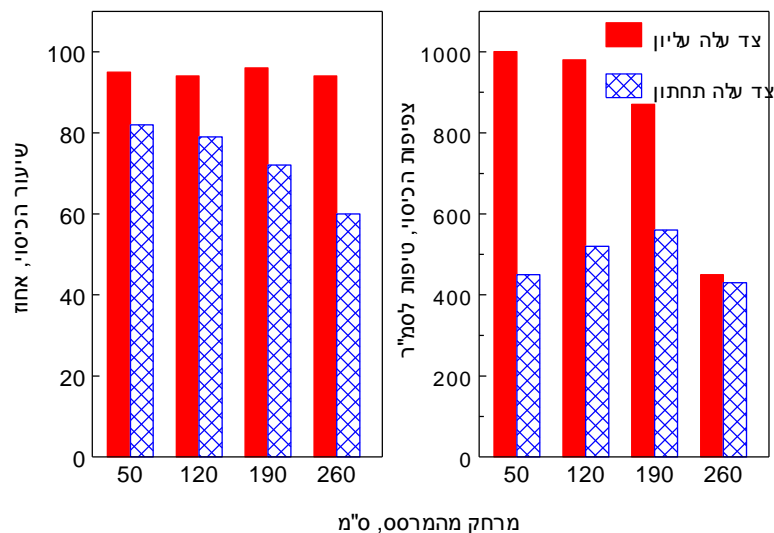
## **2. בדיקת איכות הפיזור של תרסיסים על נוף צמחי**

לקביעת כיסוי נוף צמחי בתרסיסים נבחן בשלב הראשון מודל של ריסוס שתילי עגבניות במגשי שתילה (חישתיל). מערכת זו נוחה לבדיקה בשלבים הראשונים של כיול וכיוון שכן היא מאפשרת גמישות בכל הקשור להצבת המטרות וסידורן. ניתן באופן זה לכוון את רוחב פס הריסוס, למקם את המטרות בצורה ובאופן הרצויים. לצורך כל נרכשו לכל ניסוי מגשים של שתילי עגבניות מבוגרים והם הוצבו כפסי ריסוס באורך 3 מטר בניצב לכיוון תנועת המרסס. במקביל לשתילי העגבניות הוצאו גם קלפי נייר רגיש למים שמאפשרת לקבוע את כמות התרסיס הנקלטת בכל נקודה על פס הריסוס בכל ניסוי ריסוס הוצבו שלוש שורות של מגשי שתילים (חזרות) במרווחים של 1 מטר בין שורת מטרות אחת לשנייה.

הריסוס בוצע באמצעות תמיסת ריסוס של צבע מעקב זוהר Lunar Yellow אשר מאפשר קביעת של כיסוי המטרה וצפיפות הטיפות עליה. בגמר הריסוס והתייבשות התרסיס על גבי המטרות, נדגמו ממרכז כל מגש 20 צמחים והועברו לבדיקה במעבדה.

### **פיזור התרסיס לרוחב פס ריסוס**

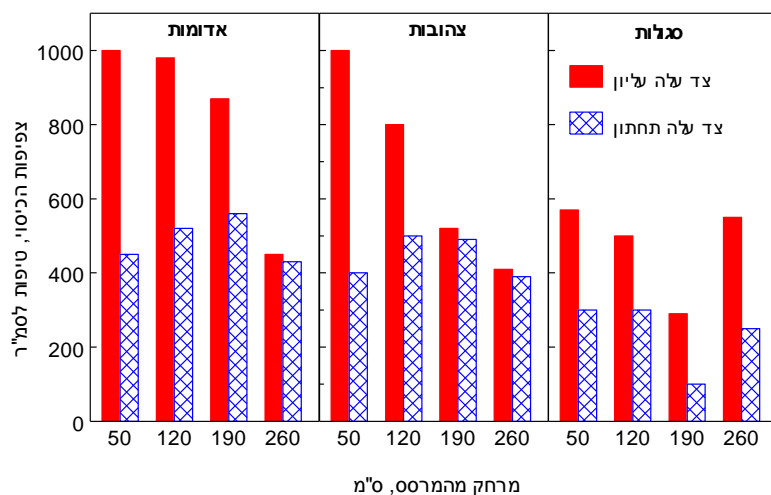
על מוצאי האויר הותקנו פומיות קוניות אדומות שהופעלו בלחץ 5 באר (ספיקה 1.2 ליטר לדקה, קוטר חציון נפחי 120 מיקרון). המרסס נסע בניצב לפס המטרות במהירות 2 קמ"ש. לאחר התייבשות הטיפות על הצמחים נבדקו שיעור כיסוי העלים בתרסיס וצפיפות הטיפות. ניתן לראות כי הצבת המוצאים גרמה לכיסוי מרבי על פני צידם העליון של העלים בכל פס הריסוס (איור 2). בצד התחתון הושג כיסוי נמוך יותר אך גם בו הושג כיסוי טוב. צפיפות רבה של טיפות הושגה בצד העליון של העלים לעומת צפיפות נמוכה יותר בצד התחתון. עם זאת יש צורך בשיפור הכיסוי במרחק שלושה מטר מהמרסס.



איור מס' 2. כיסוי שתילי עגבניות בתרסיס צבע מעקב שהוצבו במרחקים שונים ממרסס. הריסוס בוצע בפומיות אדומות.

**כיסוי המטרות על ידי פומיות שונות**

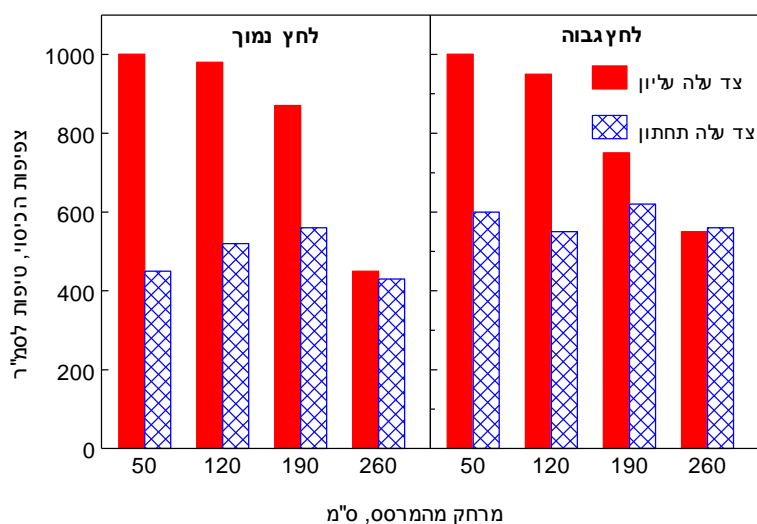
על מוצאי האויר הותקנו פומיות קוניות אדומות, צהובות, או סגולות שהופעלו בלחץ 5 באר. בחינת הפומיות השונות נעשתה כדי לברר האם הפחתת גודל הטיפות ונפח התרסיס תשפיע על איכות הכיסוי. פומית אדומה (קוטר חציון נפחי 120 מיקרון, ספיקה 1.2 ליטר לדקה), צהובה (קוטר חציון נפחי 90 מיקרון, ספיקה 0.7 ליטר לדקה), או סגולה (קוטר חציון נפחי 80 מיקרון, ספיקה 0.3 ליטר לדקה), הותקנו בשלושה יעפי ריסוס נפרדים. המרסס נסע בניצב לפס המטרות במהירות 2 קמ"ש. לאחר התיבשות הטיפות על הצמחים נבדקו שיעור כיסוי העלים בתרסיס וצפיפות הטיפות. ניתן לראות כי הכיסוי הטוב ביותר הושג על ידי הפומיות האדומות בניגוד לפחיתה משמעותית בשיעור הכיסוי באמצעות הפומיות הסגולות (איור 3). הריסוס בפומיות צהובות השיג תוצאות דומות לזה שבפומיות האדומות. כלומר הפחתה של נפח הריסוס והקטנת גודל הטיפות עד לסף מסוים לא השפיעו על יעילות הכיסוי. המסקנה היא כי ישנו נפח תרסיס קריטי שלא ניתן כרגע לרדת ממנו.



איור מס' 3. כיסוי שתילי עגבניות בתרסיס צבע מעקב שהוצבו במרחקים שונים ממחס. הריסוס בוצע בפומיות אדומות צהובות או סגולות.

#### הגדלת מס הטיפות בפומיות נתונה.

על מוצאי האויר הותקנו פומיות קוניות אדומות, שהופעלו בלחץ 5 באר או בלחץ 15 באר וזאת כדי להגדיל מעט את נפח התרסיס (ספיקה 1.2 ליטר לדקה בלחץ 5 באר וספיקה 1.4 ליטר בלחץ 15 באר) אך בעיקר להגדיל את מספר הטיפות ולהקטין את גודלן. בחינת הלחץ נעשתה כדי לברר האם הגדלת מספר הטיפול ללא שינוי בולט בנפח התרסיס תשפיע על איכות הכיסוי. בוצעו שני יעפי ריסוס נפרדים. המרסס נסע בניצב לפס המטרות במהירות 2 קמ"ש. לאחר התייבשות הטיפות על הצמחים נבדקו שיעור כיסוי העלים בתרסיס וצפיפות הטיפות.



איור מס' 4. כיסוי שתילי עגבניות בתרסיס צבע מעקב שהוצבו במרחקים שונים ממחס. הריסוס בוצע בפומיות אדומות בשני לחצי הפעלה, 5 ו-15 באר.

ניתן לראות כי הכיסוי הטוב ביותר הושג על ידי הפומיות האדומות בלחץ הגבוה, אולם ההבדל בהשוואה ללחץ הנמוך לא היה רב (איור 4). כלומר הגדלת מספר הטיפות אכן תורמת.

#### **ד. ניסויים ותוצאות בשנה השנייה**

בשנה המחקר השנייה הוקדשה מרבית העבודה לבחינת ביצועי של המרסס שפתחנו, להרחבת הפעלתו למגוון גידולים אשר מאפיינים את הבעייתיות של ריסוס בתחום גידולים זה. לצורך כך בוצעו מספר ריסוסים לבחינת יעילות הכיסוי של תרסיסים בצמחי תבליים מייצגים. הצמחים שבחנו היו עירית, מרווה, צתרה ורוקולה. על מנת לייעל את אפשרויות העבודה בוצעו כל הניסויים במגשים של שתלים. שיטה זו מאפשרת בחינה על גידול אחיד ביותר וכן מאפשרת להציב את הצמחים המרוססים במרחקים הרצויים מהמרסס, וכל לשנות את נתוני הצמחים על פי צרכי הריסוס. בשנה זו בחנו גם יישום באמצעות שרוול אויר אופקי כפי שמקובל בריסוס גידולי שדה. תוצאות הניסויים מובאים להלן.

#### **1. בדיקת איכות הפיזור של תרסיסים על נוף צמחי**

לקביעת כיסוי נוף צמחי בתרסיסים נבחן ריסוס שתילי רוקולה, צתרה, עירית, ומרווה במגשי שתילה (חישתיל). מערכת זו נוחה לבדיקה בשלבים הראשונים של כיול וכיוון שכן היא מאפשרת גמישות בכל הקשור להצבת המטרות וסידורן. ניתן באופן זה לכוון את רוחב פס הריסוס, למקם את המטרות בצורה ובאופן הרצויים. לצורך כל נרכשו לכל ניסוי מגשים של שתילים מבוגרים. גובה הצמחים היה כ-20 ס"מ וצפיפות הנוף היתה רבה ביותר. המגשים הוצבו כפסי ריסוס באורך 3 מטר בניצב לכיוון תנועת המרסס. במקביל לשתילי העגבניות הוצאו גם קלפי נייר רגיש למים שמאפשרת לקבוע את כמות התרסיס הנקלטת בכל נקודה על פס הריסוס בכל ניסוי ריסוס הוצבו שלוש שורות של מגשי שתילים (חזרות) במרווחים של 1 מטר בין שורת מטרות אחת לשנייה.

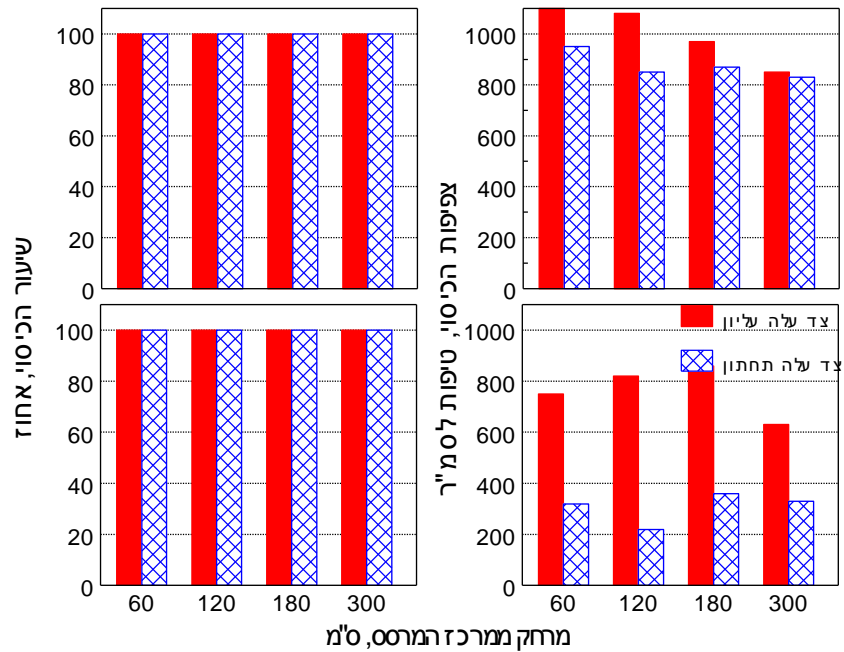
הריסוסים בוצעו באמצעות תמיסת ריסוס של צבע מעקב זוהר Lunar Yellow אשר מאפשר קביעת של כיסוי המטרה וצפיפות הטיפות עליה. על מוצאי האויר של המרסס התקנו פומיות לבנות אך בכמות כפולה מזו שהותקנה בשנה הראשונה (8 פומיות לכל צד). הפומיות הופעלו בלחץ 5 באר (ספיקה 0.3 ליטר לדקה, קוטר חציון נפחי 80 מיקרון). המרסס נסע בניצב לפס המטרות במהירות 2 קמ"ש. לאחר התיבשות הטיפות על הצמחים נבדקו שיעור כיסוי העלים בתרסיס וצפיפות הטיפות בגמר הריסוס והתייבשות התרסיס על גבי המטרות, נדגמו ממרכז כל מגש 20 צמחים והועברו לבדיקה במעבדה.

#### **פיזור התרסיס לרוחב פס ריסוס בצמחי תבלין שונים**

##### **רוקולה:**

ניתן לראות כי הריסוס במרסס גרם לכיסוי מרבי על פני צידם העליון של העלים בכל פס הריסוס באמירי הצמחים וגם בפנים הצמח בתחתיתו (איור 5). בקומת העלים העליונה הושגה צפיפות רבה של טיפות בשני הצדדים של העלים. לעומת זאת בקומת הצמחים התחתונה הושגה צפיפות גבוהה של טיפות בצד העליון של העלים לעומת צפיפות נמוכה יותר בצד התחתון.

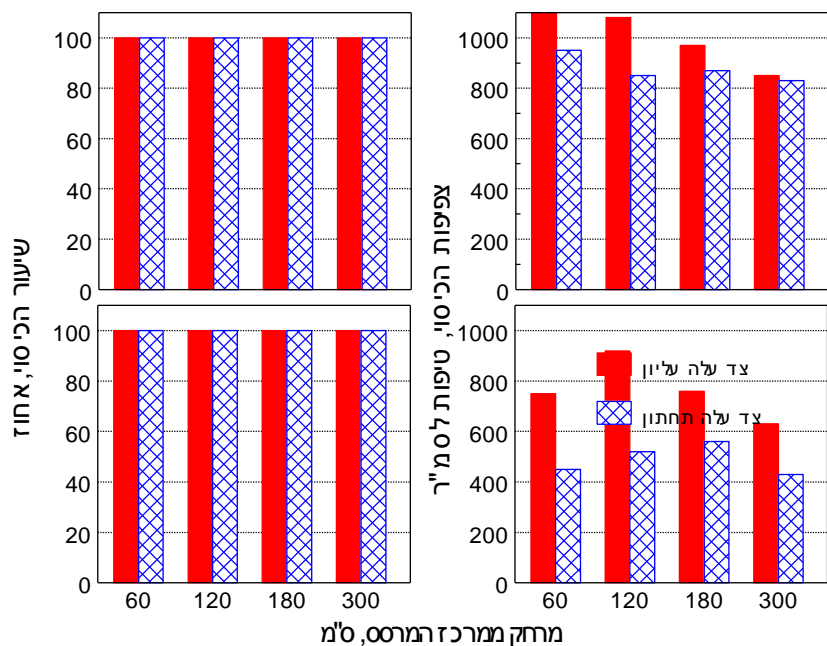




מרחק ממרכז המרסס, ס"מ  
 איור מס' 5. כיסוי צמחי רוקולה בתרסיס צבע מעקב שהוצבו במרחקים שונים ממרסס. איורים עליונים – החלק העליון של הצמחים. איורים תחתונים – החלק התחתון של הצמחים

**מרווה**

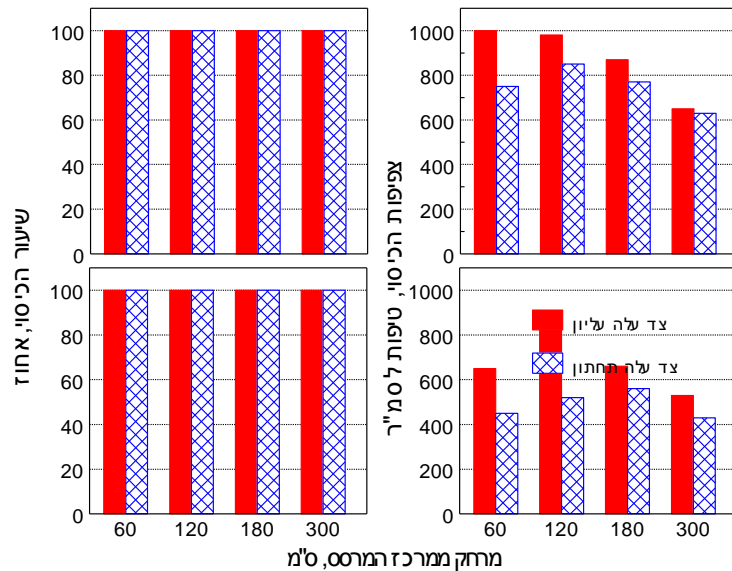
בדומה לכיסוי התרסיס בצמחי רוקולה גם במרווה הושג כיסוי מרבי על פני צידם העליון של העלים בכל פס הריסוס באמירי הצמחים וגם בפנים הצמח בתחתיתו (איור 6). בקומת העלים העליונה הושגה צפיפות רבה של טיפות בשני הצדדים של העלים. בקומת הצמחים התחתונה הושגה צפיפות גבוהה של טיפות בצד העליון של העלים וגם בצד התחתון. צמחים אלה שעירים יותר וקליטת התרסיסים בהם טובה יותר.



מרחק ממרכז המרסס, ס"מ  
 איור מס' 6. כיסוי צמחי מרווה בתרסיס צבע מעקב שהוצבו במרחקים שונים ממרסס. איורים עליונים – החלק העליון של הצמחים. איורים תחתונים – החלק התחתון של הצמחים

## צתרה

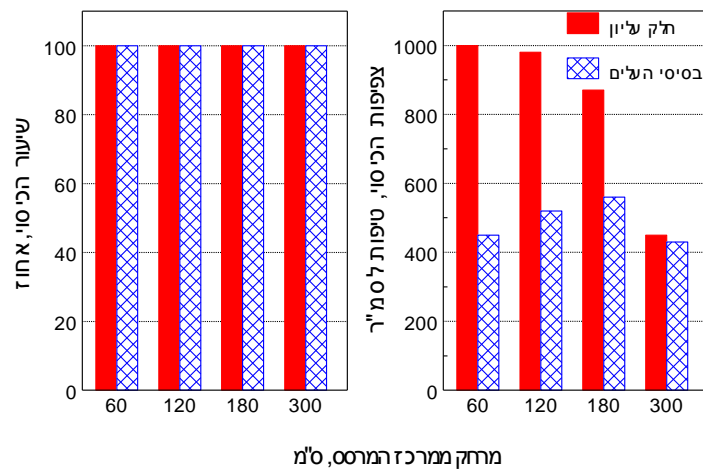
בצתרה הושג כיסוי מרבי על פני צידם העליון של העלים בכל פס הריסוס באמירי הצמחים וגם בפנים הצמח בתחתיתו (איור 7). בקומת העלים העליונה הושגה צפיפות רבה של טיפות בשני הצדדים של העלים. בקומת הצמחים התחתונה הושגה צפיפות גבוהה של טיפות בצד העליון של העלים וגם בצד התחתון.



איור מס' 7. כיסוי צמחי צתרה בתרסיס צבע מעקב שהוצבו במרחקים שונים ממרסס. איורים עליונים – החלק העליון של הצמחים. איורים תחתונים – החלק התחתון של הצמחים

## עירית

עירית מאופיינת בעלים צרים וארוכים. הושג כיסוי מרבי העלים לכל אורכם (איור 8). צפיפות התרסיס היתה לעומת זאת גבוהה בחלק העליון של העלים. לעומת זאת בבסיסי העלים הושגה צפיפות נמוכה יותר. כלומר יש צורך להשקיע בכיסוי טוב יותר בבסיסי הצמחים אשר מהווים את מקום המסתור העיקרי של תריפסים שהם המזיק העיקרי בגידול זה.

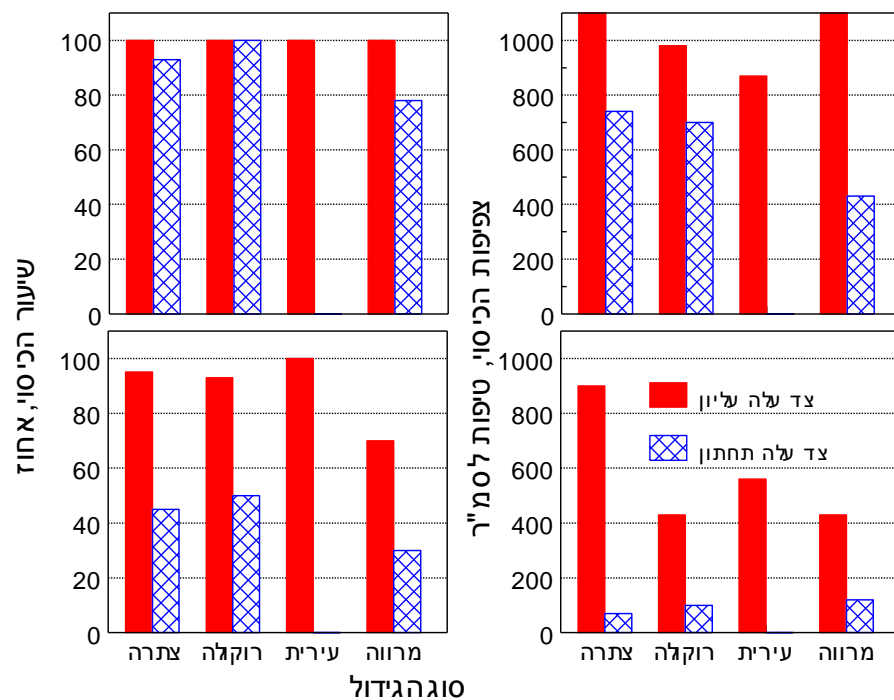


איור מס' 8. כיסוי צמחי צתרה בתרסיס צבע מעקב שהוצבו במרחקים שונים ממרסס. איורים עליונים – החלק העליון של הצמחים. איורים תחתונים – החלק התחתון של הצמחים

### השוואת ריסוס במוט ריסוס אופקי עם שרוול אוויר

בחנו אמצעי נוסף לריסוס והוא מוט אופקי מצויד בשרוול אוויר בדומה למרססים המקובלים בגידולי שדה. בחינה זו נעשתה על מנת להשוות את הממצאים וכן לבחון האם ניתן לשפר את הכיסוי בחלקים התחתונים של הצמחים. על המפוח במרסס האב טיפוס הותקן שרוול אוויר אופקי באורך 2 מטר. קוטר מוצאי האוויר היה 15 מ"מ ומהירות האוויר במוצא 40 מאשנ על מוצאי האוויר הותקנו פומיות קוניות לבנות, שהופעלו בלחץ 5 באר. המרסס נסע בניצב לפס המטרות במהירות 2 קמ"ש כשמוט הריסוס בגובה 50 ס"מ מאמירי הצמחים. לאחר התייבשות הטיפות על הצמחים נבדקו שיעור כיסוי העלים בתרסיס וצפיפות הטיפות.

במרבית הצמחים הושג כיסוי טוב בכל קומות הצמחים. עם זאת נראה בברור כי הכיסוי בצידם התחתון של העלים הוא נחות. ממצאים אלה בולטים בעיקר בתחתית הצמחים שבהם הכיסוי בצידם התחתון של העלים לקוי ביותר. ברור מניסוי זה כי שרוול אוויר אינו מהווה פתרון.



איור מס' 9. כיסוי צמחי תבלין שונים בתרסיס צבע מעקב. איורים עליונים – החלק העליון של הצמחים. איורים תחתונים – החלק התחתון של הצמחים

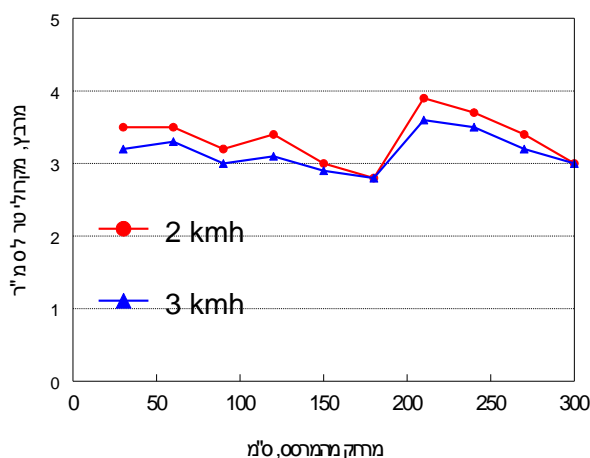
#### ד. ניסויים ותוצאות בשנה השלישית

ממצאי הניסויים בשנה השנייה הצביעו ישנו צורך בשיפור פיזור התרסיס וכיסוי המטרות. המפוח כפי שתוכנן אשר מבוסס על שישה מוצאים (שלושה מכל צד) אשר ניתן לכוונם למרחקים השונים, לא נתן את התוצאות המקוות. ניתוח של התוצאות הצביע כל חלוקת זרמי האויר לאורך מרחק של 3 מטר לכל צד אינו אחיד מצד אחד ואינו מספק את האנרגיה הדרושה לכיסוי החלקים התחתונים של הצמחים.

על כן תוכן ונבנה בשנה השלישית מוצא חדש אשר מבוסס על תעלת אויר רציפה באורך 40 ס"מ. רוחבה של תעלת האויר הוא 90 מ"מ בקצה העליון ו-40 מ"מ בקצה התחתון. באופן זה נוצרה תעלה בצורת טרפז הפוך. מכיוון שדעיכת מהירות האויר תלויה בקשר אקפוננציאלי בקוטר המוצא, מאפשר מוצא מסוג זה לשמור על מהירות גבוהה למרחקים הגדולים בעוד שהחלק התחתון של התעלה אשר מכוון למרחק הקצר הוא קטן יותר. אכן, בדיקות מקדימות הצביעו כי מהירות האויר בכל הפס באורך 3 מטר היה דומה. תעלה האויר נחצתה על ידי חוצצים לצורך ישור זרמי האויר. כמו כן הוטתה התעלה בזווית 20 מעלות כלפי מטה על מנת ליצר זרמי אויר אלכסוניים.

#### 1. בדיקת פיזור כמותי של תרסיס צבע מעקב.

בדיקת מרבצים כמותית בוצעה בחצר המכון להנדסה חקלאית. לקביעת אחידות הפיזור של המרבץ וצפיפות הטיפות, נקלט התרסיס על גבי קלפי נייר מסוג "קרומקוט" (110X11 מ"מ). לריסוס שימשה תמיסה מימית בתוספת צבע מסוג (Rodamine B) בריכוז 0.4%. הקלפים הונחו בניצב להתקדמות המרסס לאורך 3 מטר. המרסס נסע במהירות 2 או 3 קמ"ש וחצה את קו המטרות תוך ריסוס. בגמר הריסוס והתייבשות התרסיס על גבי המטרות, הדוגמים נאספו והועברו לבדיקה במעבדה. קלפי הניר הכפולים הופרדו ומרבצי הצבע שעל הקלפים נשטפו במים מזוקקים בנפחים ידועים. ריכוז הצבע בתשטוף נבדק בשיטה פלואורימטרית במכשיר פלואורימטר מסוג Turner Turner 111 (Associates, USA), באורך גל 545 ננומטר (ערור) ובאורך גל 590 ננומטר (בליעה). בדיקת אחידות הפיזור מצביעה כי בית המפוח החדש מפזר את התרסיס באחידות טובה לאורך כל פס הריסוס (איור מס' 10). יתר על כן הגברת המהירות אינה מפחיתה את אחידות הפיזור.



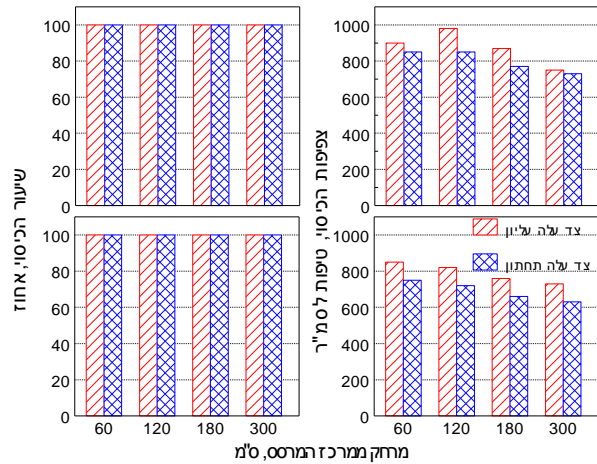
איור מס' 10. פיזור תרסיס צבע מעקב שהוצבו במרחקים שונים ממרסס עם מוצא בצורת תעלת אויר טרפזית.

## 2. בדיקת איכות הפיזור של תרסיסים על נוף צמחי

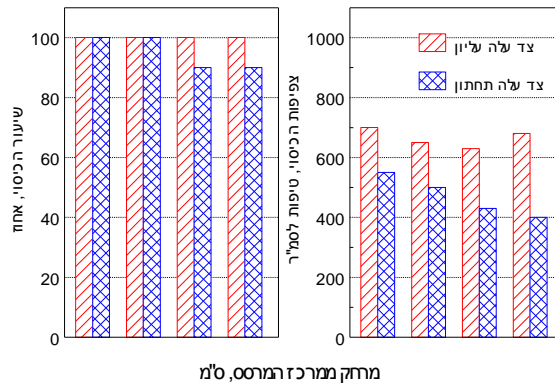
לקביעת כיסוי נוף צמחי בתרסיסים נבחרו חממות של בזיל רוקולה וטרגון. הניסויים בוצעו במנהרות עבירות ברוחב של 6 מטר. בכל הניסויים המרסס נסע במרכז המבנה וביצע ריסוס לשני הצדדים. הריסוסים בוצעו באמצעות תמיסת ריסוס של צבע מעקב זוהר Lunar Yellow אשר מאפשר קביעת של כיסוי המטרה וצפיפות הטיפות עליה. על תעלות האויר של המרסס התקנו פומיות לבנות (8 פומיות לכל צד). שהופעלו בלחץ 5 באר (ספיקה 0.3 ליטר לדקה, קוטר חציון נפחי 80 מיקרון). המרסס נסע במהירות 2 קמ"ש. לאחר התייבשות הטיפות על הצמחים נבדקו שיעור כיסוי העלים בתרסיס וצפיפות הטיפות בגמר הריסוס והתייבשות התרסיס.

### בזיל:

צמחי הבזיל היו מפותחים ביותר (גובה השיחים 50 ס"מ) נדגמו עלים בתום הריסוס בגובה 10 ס"מ (תחתית הצמחים) ובגובה 40 ס"מ (מעט נמוך מהאמירים) הריסוס במרסס במוצא החדש גרם לכיסוי מרבי לאורך כל פס הריסוס ובכל חלקי הצמח. גם חלקו העליון של הצמח וגם תחתיתו היו מכוסים היטב. בולט הכיסוי הטוב בצד התחתון (איור 11)



איור מס' 11. כיסוי צמחי בזיל בתרסיס צבע מעקב במרחקים שונים ממרסס. איורים עליונים – החלק העליון של הצמחים (גובה 40 ס"מ). איורים תחתונים – החלק התחתון של הצמחים (גובה 10 ס"מ)



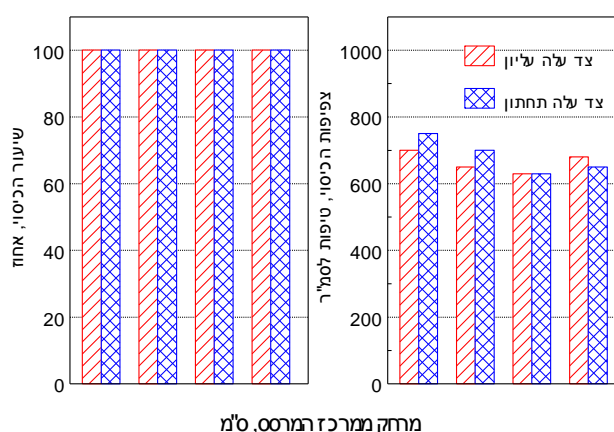
איור מס' 12. כיסוי צמחי מרוזה בתרסיס צבע מעקב שהוצבו במרחקים שונים ממרסס. איורים עליונים – החלק העליון של הצמחים. איורים תחתונים – החלק התחתון של הצמחים

## רוקולה

צמחי הרוקולה מאופיינים בגידול נמוך וצפוף ועל כן חשובה החדירה מתחת לשישנת העלים הנמוכה ביותר. גם ברוקולה הושג כיסוי מרבי לאורך כל פס הריסוס איור 12). ניתן לראות כי ישנה פחיתה מסוימת בהחדרת התרסיסים לצד התחתון של העלים, אשר נובעת מאופיו של הגידול. עם זאת הכיסוי הוא עדיין בצפיפות גבוהה למדי.

## טרגון

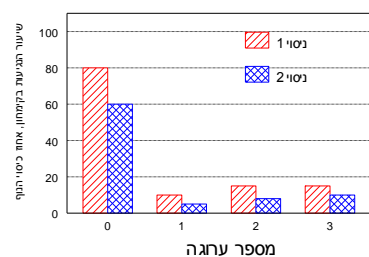
צמחי הטרגון מאופיינים בגידול נמוך ודליל יחסית. בגידול זה הושגה יעילות כיסוי מרבית לאורך כל פס הריסוס איור 13).



איור מס' 13. כיסוי צמחי מרווה בתרסיס צבע מעקב שהוצבו במרחקים שונים ממרסס. איורים עליונים – החלק העליון של הצמחים. איורים תחתונים – החלק התחתון של הצמחים

### 3. יעילות הדברת פגעים

בוצעו שני ניסויים להדברת קימחון בחממת טרגון. הניסויים בוצעו תוך שימוש בתכשיר גופרית כאשר אובחנה נגיעות בוצע ריסוס ולאחריו נבדק שיעור הנגיעות בצמחים. שיעור הנגיעות נבדק בשלושת הערוגות בנפרד על מנת לקבוע את יעילות ההדברה במרחקים שונים מהמרסס. ניתן לראות כי בדומה לכיסוי בצבעי מעקב, יעילות ההדברה של הקימחון באמצעות המרסס המשופר היא בהחלט טובה.



איור מס' 14. הדברת קימחון בטרגון באמצעות מרסס חדש. הנגיעות נבדקה בשלוש הערוגות. ערוגה 1 קרובה למרסס וערוגה 3 מרוחקת ממנו. ערוגה 0 – ללא ריסוס

## סיכום:

- נבנה מרסס אב טיפוס אשר מתאים לכיסוי שטח של 6 מטר משני צדדיו. המרסס נבנה כדי לענות על הצורך לכסות שטח של מפתח ביעף ריסוס אחד. המרסס מבוסס על כלי צר שמוצאי האויר צמודים למרסס ולכן מאפשרים תנועה ותמרון טובים במבנה. בשנת העבודה השלישית פותח מוצא אשר עונה על דרישות הסף.
- המרסס מבוסס על מפוח אויר ותעלת אויר בשטח חתך משתנה אשר מאפשרת פיזור נפחים קטנים של תרסיס באחידות מרבית על השטח המיושם לכל אורך פס הריסוס.
- הפעלת המרסס במגוון צמחי תבלין מצביעה על תוצאות טובות ועל נפחי התרסיס וגודל הטיפות הדרוש לקבלת כיסוי טוב של נוף הצמחים. גם תוצאות ההדברה מצביעות על הכיוון החיובי.
- המשך המחקר יתמקד בניסויים בחלקות חקלאים לבחינת יעילות הכיסוי בצמחים שונים ובשלב מתקדם בהדברת פגעים בגידולים אלה.

## סיכום עם שאלות מנחות

### מטרות המחקר לתקופת הדו"ח:

מטרות המחקר הן לפתח אמצעים ממוכנים ליישום תכשירי הדברה בגידולי תבלין בשטחים גדולים ובהספקים מתאימים לצורך השגת יעילות הדברת פגעים מיטבית וללא שאריות רעלים בתוצרת המשווקת.

### עיקרי הניסויים והתוצאות שהושגו:

נבנה מרסס אב טיפוס אשר מתאים לכיסוי שטח של 6 מטר משני צדדיו. המרסס נבנה כדי לענות על הצורך לכסות שטח של מפתח ביעף ריסוס אחד. המרסס מבוסס על כלי צר שמוצאי האויר צמודים למרסס ולכן מאפשרים תנועה ותמרון טובים במבנה. בשנת העבודה השלישית פותח מוצא אשר עונה על דרישות הסף. המרסס מבוסס על מפוח אויר ותעלת אויר בשטח חתך משתנה אשר מאפשרת פיזור נפחים קטנים של תרסיס באחידות מרבית על השטח המיושם לכל אורך פס הריסוס. הפעלת המרסס במגוון צמחי תבלין מצביעה על תוצאות טובות ועל נפחי התרסיס וגודל הטיפות הדרוש לקבלת כיסוי טוב של נוף הצמחים. גם תוצאות ההדברה מצביעות על הכיוון החיובי.

### המסקנות המדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו:

הושג פיזור נפחים קטנים של תרסיס באחידות מרבית על השטח המיושם הפעלת המרסס במגוון צמחי תבלין מצביעה על תוצאות טובות ועל נפחי התרסיס וגודל הטיפות הדרוש לקבלת כיסוי טוב של נוף הצמחים. גם תוצאות ההדברה מצביעות על הכיוון החיובי. המשך המחקר יתמקד בהרחבה לגידולים נוספים בחלקות חקלאים

### הבעיות שנתרו לפיתרון:

המשך המחקר מתמקד בהרחבת התפיסה למבנים רחבים יותר.

### האם הוחל בהפצת הידע:

טרם הוחל בהפצת הידע.