

אופטימיזציה של יישום תכשירים לא רעילים להדברה יעילה של פגעים

Optimization of application of soft pesticide in vegetable crops

דוח מסכם לתוכנית מחקר מס' 07-4218-459

מוגש לקרן המדען הראשי
ע"י

אברהם גמליאל, מרים אוסטרוביץ, ברכה שטיינר, ריבן יהודית, הנדסת חקלאית, מנהל המחקר החקלאי
דני שטיינברג, פתולוגיה של צמחים, מנהל המחקר החקלאי
אליאנה רבינוביץ, הגנת הצומח, שה"ם

Abraham Gamliel, Miriam Austerweil, Yehudit Riben, Bracha Shtainer Agricultural
Engineering, ARO volcani Center,

Dani Shteinberg, Institute of Crop Protection ARO volcani Center,

Eliana Rabinowich, Extensio Service

הממצאים בדו"ח זה הנם תוצאות ניסויים

הניסויים אינם מהווים המלצות לחקלאים

..... **חתימת החוקר**

תקציר

בשנים האחרונות מצטמצם מגוון תכשירי הדברה בעיקר בגידולים המיועדים לייצוא. מאידך גובר השימוש בתכשירים ידידותיים לסביבה, דוגמת תכשירי נחושת, גופרית, ומיצויים מצמחים (דוגמת מיצויים מעץ ה-Neem ומעץ התה האוסטרלי). תכשירים אלה מקובלים בחקלאות בחקלאות האורגנית אך חשיבותם תגבר גם בחקלאות הקונבנציונלית. עקב אכילס בריסוס תכשירים לא רעילים הוא ההכרח להשגת כיסוי מירבי של אתר המטרה בצורה מקסימלית לצורך הדברה יעילה. שיטות הריסוס הקיימות אינן מתאימות לרוב ליישום תכשירים כאלה.

מטרת המחקר היא לפתח טכנולוגיה ליישום תכשירים לא רעילים בחקלאות אינטנסיבית בבתי צמיחה. בשנה הראשונה בחנו את הקשר בין כיסוי המטרה לבין הדברת פגעים על רקמה צמחית. לצורך כך נבחנו תכשירי נחושת בהדברת כימשון בשתילי עגבניות ותכשיר ביולוגי שמר, בהדברת אספרגילוס בפירות ענבים. יישום התכשיר שמר בפירות ענבים היה יעיל יותר כאשר תאי השמר יושמו בטיפות קטנות. באופן זה הושג כיסוי טוב יותר של הענבים בתרסיס, פיזור אחיד יותר של נבגי השמר על פני שטח הפנים של הענבים. הדברת ריקבון שנגרם על ידי אספרגילוס היה בקשר ישר להקטנת גודל הטיפות, למרות היישום בטיפות קטנות היה כרוך ביישום כמות קטנה יותר של נבגי שמר על כל גרגר ענבים. תוצאה דומה התקבלה בהפחתת נגיעות צמחי עגבניה בכימשון כאשר התכשירים נימגרד ותכשיר נחושת (קוציד) יושמו במשולב בתרסיס טיפות זעירות בצפיפות 3000 טיפות לסמ"ר.

בשנה השניה המשכנו לבחון את המדדים הדרושים לפיזור יעיל של תכשירים לא רעילים על מטרות. מצאנו בתנאים מבוקרים כי כיסוי טוב בתאי שמר מתקבל כאשר מרססים בטיפות קטנות בצפיפות גבוהה. נבחנו יעילותם של מרססים מסחרים לפיזור תכשירים. מצאנו כי מרססים אלה אינם מכסים ביעילות את כל קומות הצמחים של עגבניות בהדליה. מרבית התרסיס מרכזו בסביבת המרסס וקומות הצמח העליונות נשארות חשופות. החלנו בפיתוח מרסס יעודי לחממות אשר יענה על דרישות הריסוס אשר נחוצות להדברה באמצעות תכשירים לא רעילים. התוצאות שהושגו מצביעות על כיוון נכון בהשגת המטרות. הושג כיסוי טוב של המטרות וכן הדברה של קימחונית באמצעות המרסס החדש. נראה עם זאת כי ישנה צורך בשיפורים נוספים על מנת להגיע לתוצאות הדברה מיטביות. חשוב לזכור כי מדובר בתכשירים רכים ולכן איכות הכיסוי מקבלת משנה תוקף בכל הקשור להשגת הדברה של פגעים.

א. מבוא ותאור הבעיה

הדברת פגעים מבוססת במרבית המקרים על יישום תכשירי הדברה. תכשירי ההדברה הכימיים הסינטטיים מאופיינים ביעילות קטילה גבוהה המחפה במקרים רבים על יישום לקוי ועל כיסוי לקוי של אברי המטרה. דוגמה מצוינת לכך הם תכשירי ההדברה הסיסטמיים שמתפזרים באופן משני ברקמות הצמח ושיעילותם אינה תלוי כמעט בדרך בה יושמו התכשירים. בשנים האחרונות מצטמצם מגוון תכשירי

הדברה המותרים בעיקר בגידולים המיועדים לייצוא (Gullino & Kuijpers 1994). מאידך גובר השימוש בתכשירים ידידותיים לסביבה, דוגמת תכשירי נחושת, גופרית, ומיצויים צמחיים (דוגמת מיצויים מעץ ה-Neem ומעץ התה האוסטרלי). תכשירים אלה מקובלים בחקלאות בחקלאות האורגנית אך חשיבותם תגבר גם בחקלאות הקונבנציונלית. במקרים רבים יעילותם של תכשירי אלה נמוכה מזו של תכשירי ההדברה הסינטטיים והדברה יעילה תתקבל רק באמצעות לימוד המערכת והתאמתה לאופי התכשירים.

כיום, מיושמים תכשירי ההדברה הידידותיים לסביבה 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 לכלוך התוצרת. יישום משופר של תכשירי הדברה ידידותיים לסביבה יאפשר לפזר כמות קטנה יותר של תכשיר ההדברה על שטח גדול לצורך קבלת הדברה יעילה תוך הפחתת רמת השאריות הנותרות על פני התוצרת המשווקת.

הדברת פגעים מבוססת במרבית המקרים על יישום תכשירי הדברה. תכשירי ההדברה הכימיים הסינטטיים מאופיינים ביעילות קטילה מעולה אשר מחפה במקרים רבים על יישום לקוי וכיסוי חלקי של צמח המטרה. דוגמה מצוינת לכך הם תכשירי הדברה סיסטמיים שהפיזור המשני ברקמות הצמח אינו תלוי כמעט ביישום התכשירים. בדומה לכך קיימים תכשירים אשר מיושמים בהגמעה לשורשים. בשנים האחרונות מצטמצם מגוון תכשירי הדברה בעיקר בגידולים המיועדים לייצוא. מאידך גובר השימוש בתכשירים ידידותיים לסביבה, דוגמת תכשירי נחושת, גופרית, ומיצויים מצמחים (דוגמת מיצויים מעץ ה-Neem ומעץ התה האוסטרלי). תכשירים אלה מקובלים בחקלאות האורגנית אך חשיבותם תגבר גם בחקלאות הקונבנציונלית. עקב אכילס בריסוס תכשירים לא רעילים הוא ההכרח להשגת כיסוי מירבי של אתר המטרה בצורה מקסימלית לצורך הדברה יעילה. שיטות הריסוס הקיימות אינן מתאימות לרוב ליישום תכשירים כאלה.

המשך המחקר יתמקד בהרחבת הממצאים לתכשירים נוספים ופגעים נוספים. בשנה הקרובה נמקד בתדברה בתנאים מבוקרים של מחלות צמחי תבלין ועגבניה. על בסיס הממצאים נרחיב לקראת סוף השנה את הניסויים לבתי צמיחה.

ב. מטרת המחקר

המטרת ארוכת הטווח של המחקר היא להגדיר את מדדי הריסוס המיטביים שיאפשרו ליישם תכשירי הדברה ידידותיים לסביבה לקבלת הדברה מירבית של פגעים בחקלאות אינטנסיבית בבתי צמיחה. במסגרת זו נשתמש בעגבניות ובצמחי תבלין כמודלים למחקר, אך הטכנולוגיות שיפותחו יהיו זמינות לגידולים נוספים ולפגעים אחרים. המטרות המפורטות הן:

- התאמת שיטות ליישום תכשירי ההדברה הידידותיים בגידולים השונים על מנת להשיג הדברה מיטבית של הפגעים.
- פיתוח או התאמת האמצעים המתאימים והזמינים ליישום מסחרים של תכשירים אלה.

ג. תוצאות העבודה בשנה הראשונה

בשנת העבודה הראשונה בחנו בראש ובראשונה את הקשר בין גודל הטיפה ושיטת היישום על קבלת מרבצי תרסיס שכוללים תכשירים ידידותיים או מדברים ביולוגיים.

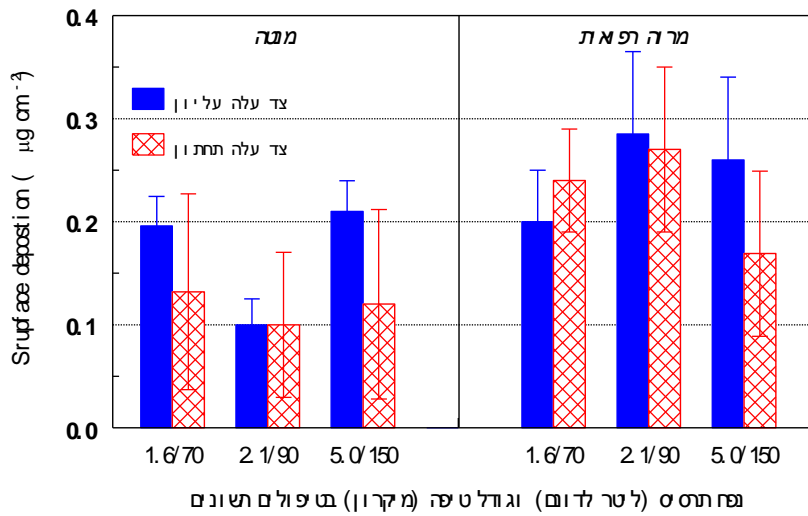
1. השפעת גודל הטיפה על צפיפות הכיסוי של המטרות – עלים.

בנינו מערכת ריסוס ניסויית אשר מבוססת על יצור הטיפות באמצעות פומית ערפול מסוג Dynafog אשר מוזנת באויר מטורבינת אויר. מנוע המרסס מותאם להפעלת הטורבינה ויצירת מהירות המתאימה לריסוק הטיפות. ביצענו את השליטה על גודל הטיפות באמצעות דסקיות מינון תקניות. באופן זה ניתן באמצעות המרסס ליישם באותה שיטת יישום נפחי תרסיס שונים בגדלי טיפות שונות. כנקודת ייחוס השתמשנו בנפח של 5 ליטר לדונם וגודל טיפות 150 מיקרון. זהו המאפיין ריסוס ממרססי מפוח גב אשר נפוצים מאד בשימוש

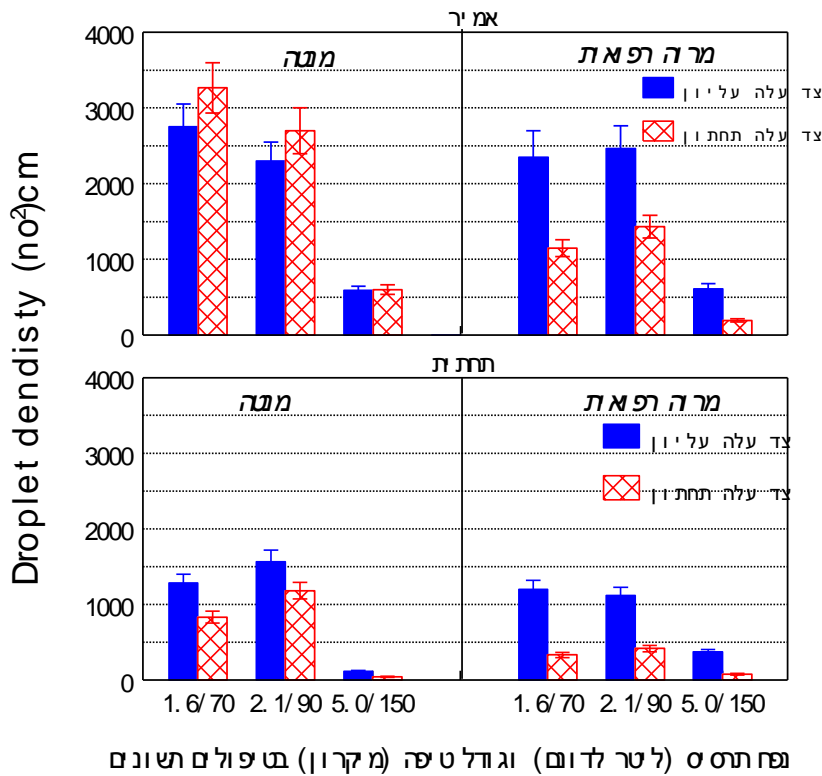
בשלב הראשון בחנו את יעילות קליטת התרסיסים על דוגמים מלאכותיים אשר הוצמדו לאתרים שונים בשתי חממות תבלינים (מרווה ומנטה). לצורך בדיקת יעילות הקליטה השתמשנו בצבע מעקב זוהר שניתן לעקוב כמותית אחר המרבצים על המטרות. לצורך קביעת פיזור התרסיס על המטרות השתמשנו בתמיסת צבע מעקב זוהר.

ניתן לראות בבירור כי יעילות הקליטה והמרבצים עולים עם הירידה בגודל הטיפה (איור 1). למרות שעם הירידה בגודל הטיפה היתה הפחתה משמעותית בנפח התרסיס, לא פחתו מרבצי התרסיס על המטרות בשני הצמחים שנבדקו (הבדיקה היא על דוגמים מלאכותיים שהוצמדו לעלוות הצמחים). המשמעות המעשית היא כי ניתן להפחית משמעותית את נפחי התרסיס ללא פגיעה במרבצים אשר מתקבלים על המטרה.

במקביל בחנו את יעילות הכיסוי של צמחים בתרסיס חומר מעקב. הריסוס בטיפות קטנות מכסה את החלקים הגלויים והחבויים של הצמחים בטיפות רבות בצפיפות גבוהה יותר מאשר ריסוס בטיפות גדולות (איור מס' 2). מהשוואת יעילות הכיסוי הכמותי (איור מס' 1), אנו רואים כי בטיפות גדולות משיגים מרבצים דומים אך בצפיפות נמוכה הרבה יותר.



איור מס' 1. השפעת יישום ריסוס בחומר מעקב בגודל טיפות שונה באמצעות מרסס מצויד בפומית ערפול על יעילות קליטת תרסיסים על דוגמים מלאכותיים בשני צידי העלים. המספרים משמאל מציינים את נפח התרסיס (ליטר לדונם) והמספרים מימין את קוטר הטיפה (מיקרון)



איור מס' 2. השפעת יישום ריסוס בחומר מעקב בגודל טיפות שונה באמצעות מרסס מצויד בפומית ערפול על צפיפות הכיסוי בתרסיסים בצמחי מנטה ומרווה. המספרים משמאל מציינים את נפח התרסיס (ליטר לדונם) והמספרים מימין את קוטר הטיפה (מיקרון).

2. השפעת גודל הטיפה על צפיפות הכיסוי של המטרות – פירות.

בנינו מערכת ריסוס ניסויית נוספת שבה יצור הטיפות מבוצע באמצעות פומיות הידראוליות. הפומית מוצבת במרכז מוצא אויר אשר מוזן ממפוח חשמלי. במערכת זו ניתן לשנות את נפח התרסיס וגודל הטיפות באמצעות שינוי הפומית. באופן זה ניתן באמצעות המרסס ליישם באותה שיטת יישום נפחי תרסיס שונים בגדלי טיפות שונות. להבדיל מהמערכת הקודמת, זוהי מערכת מעבדתית שאינה מתאימה ליישום בשדה. מאידך מערכת זו בעלת טווח אפשרויות גדול יותר החל מריסוס בנפחים גבוהים כולל נגירה. השתמשנו במערכת זו לבחון את המרבצים שמתקבלים על מטרות עגולות כגון פרות ענבים. לצורך ריסוס שימש תרחיף של מדביר ביולוגי (שמר) אשר משמש באופן מסחרי להדברת רקבונות במגוון גידולים.

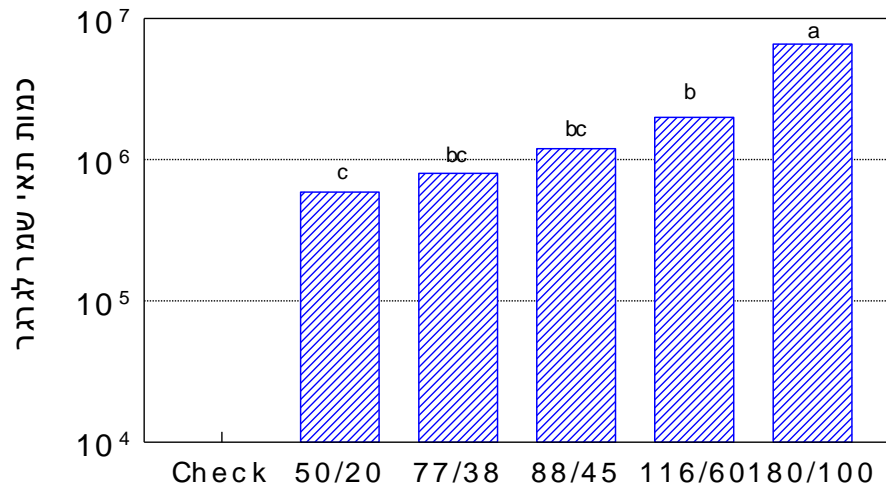
תמיסת הריסוס הוכנה במשולב כך שכללה את נבגי השמר וגם צבע מעקב זוהר. באופן זה ניתן היה לעקוב אחר הכמות של מרבצי השמר על גבי הפרות (ספירות שמרים), ופיזור המרבץ על הענבים (באמצעות צבע המעקב הזוהר). הוכנה תמיסה ריסוס אחת אשר הותאמה לריסוס בנפח גבוה לנגירה (כפי שמקובל ביישום תכשיר זה).

ניתן לראות בבירור כי כמות תאי השמר על הפרות גדולה יותר ככל שנפח התרסיס גדול יותר (איור 3). עם זאת כמות השמר שנקלטה בריסוס בטיפות הקטנות היא גבוהה אף היא ובאופן יחסי לכמות השמר שיושמה היא אף גבוהה יותר ביעילות המרבצים.

צפיפות הפיזור על הענבים נבדקה באמצעות צבע המעקב הזוהר שהוסף לתמיסת הריסוס. הריסוס בטיפות קטנות כיסה את הענבים בטיפות רבות בצפיפות גבוהה יותר מאשר ריסוס בטיפות גדולות (איור מס' 4).

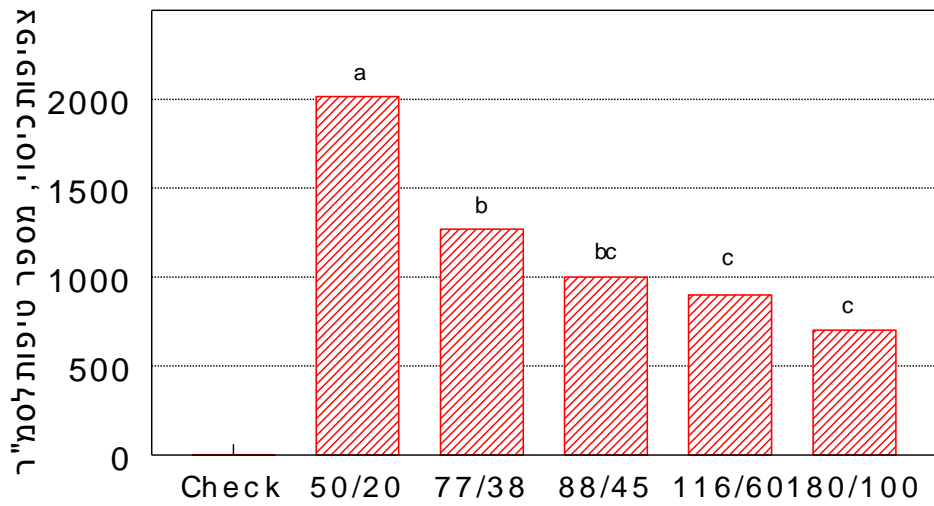
הדברת רקבונות

לאחר ריסוס הענבים בתמיסת השמר בטיפולים השונים, רוססו כל האשכולות בתרחיף נבגי הפטריה *Aspergillus niger* והודגרו למשך שבועיים בחדר קירור. לאחר מכן הוצאו הענבים ונבדק שעור הרקבונות. ניתן לראות כי שעור הרקבונות הקטן ביותר הושג באמצעות ריסוס השמר בתרסיס בטיפות הקטנות ביותר (איור 5). עובדה זו בולטת במיוחד על רקע הצבת הניסוי שבו היישום בטיפות קטנות היה ב-20 אחוז מנפח התרסיס וכפועל יוצא מכך גם כמות מופחת של נבגי שמר.



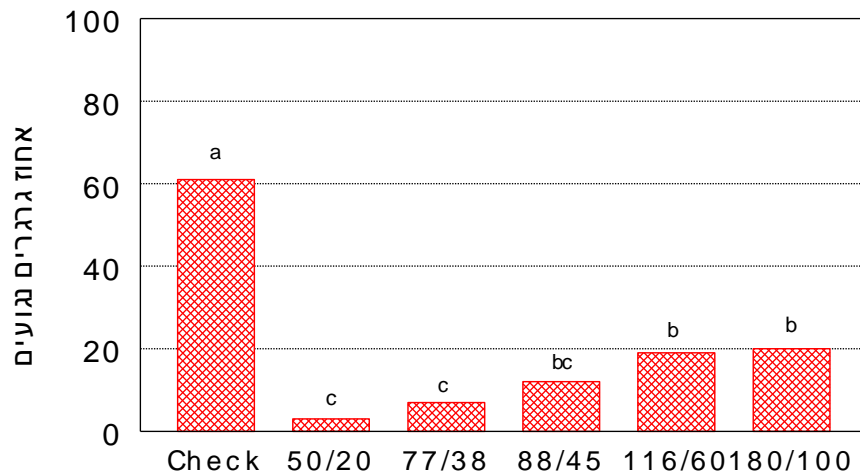
גודל טיפה (מיקרון) אחוז נפח התרסיס בדם לותר טפולם

איור מס' 3. השפעת יישום תכשיר שמר בגודל טיפות שונה באמצעות פומיות קונויות בספיקה שונה על מרבצי התכשיר שמר על פרות ענבים. המספרים משמאל מציינים את נפח התרסיס (ליטר לדונם) והמספרים מימין את קוטר הטיפה (מיקרון)



גודל טיפה (מיקרון) אחוז נפח התרסיס בדם לותר טפולם

איור מס' 4. השפעת יישום ריסוס התכשיר שמר משולב בחומר מעקב בגודל טיפות שונה באמצעות פומיות קונויות בספיקה שונה על צפיפות הכיסוי של הענבים בצבע מעקב זוהר. המספרים משמאל מציינים את נפח התרסיס (ליטר לדונם) והמספרים מימין את קוטר הטיפה (מיקרון)



גודל טיפה (מיקרון) ממוצע נפח התרסיס בזמן ליתר הטפול

איור מס' 5. השפעת יישום התכשיר שמר בגודל טיפות שונה באמצעות פומיות קונויות בספיקה שונה על הדברת רקבונות. המספרים משמאל מציינים את נפח התרסיס (ליטר לדונם) והמספרים מימין את קוטר הטיפה (מיקרון)

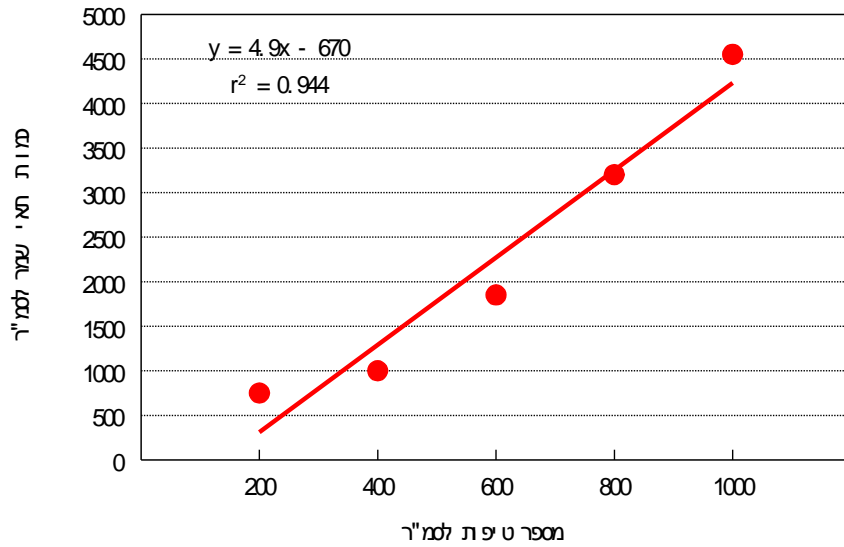
ד. תוצאות העבודה בשנה השניה

בשנת העבודה השניה נבחנו שני יעדים

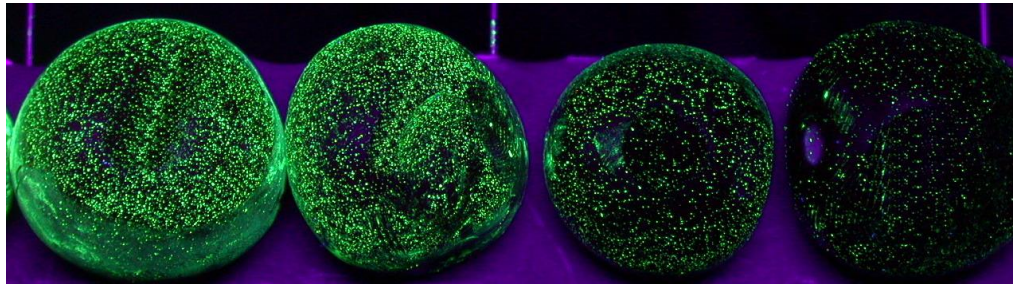
1. שיפור היעילות של כיסוי מדביר ביולוגי על פירות לצורך שיפור יעילות ההדברה
2. בחינת אמצעים ליישום תכשירים בשדה לצורך יישום אופטימלי.

1. שיפור היעילות של כיסוי פירות עגבניה בתכשיר שמר.

על מנת לשפר את יישום התכשיר שמר בהדברת רקבונות בפירות עסקנו בהגדרת מדדי הריסוס המיטביים שיאפשרו ליישם תכשירי הדברה ידידותיים לסביבה. בוצע ריסוס בתנאים מבוקרים בתא ריסוס יעודי אשר מאפשר שליטה על כל משתני הריסוס (גודל הטיפות, צפיפות הכיסוי, ריכוז התכשיר) לקבלת המרבצים הרצויים של התרסיס על המטרה. בשלב הראשון רוססו פירות עגבניה מסוג צ'רי בתרסיס צבע מעקב זוהר אשר מאפשר קביעה של צפיפות הכיסוי על הפירות. במקביל רוססו הפירות בתרחיף של שמר. נבחר גודל טיפה של 100 מיקרון לצורך הניסויים. טיפה בגודל זה היא קטנה ומאפשרת כיסוי מטרות בצפיפות גבוהה. בנוסף הטיפה גדולה מספיק כדי להכיל נבגים של השמר. בשלב הראשון בחנו את הקשר בין צפיפות הכיסוי לפיזור השמר על הפירות. לצורך כך רוססו הפירות בתא היעודי בצפיפויות השונות. לאחר מכן נדגמו מקטעים של הפירות בהיקף ונקבעה צפיפות השמרים על הפירות. כיסוי פירות עגבניה מוצג בתמונה מס' 1. ניתן לראות כי כלל שעולה צפיפות הכיסוי כן המרחק בין הטיפות קטן. במקביל אנו רואים כי בצפיפות טיפות גבוהה מתקבלים מרבצים גבוהים של שמר על שטח הפנים. מצאנו כי כאשר מרססים טיפות בגודל 100 מיקרון, מתקבלים בממוצע 5 תאי שמר לטיפה (איור 6) ובסך הכול בצפיפות טיפות גבוהה מתקבלים מרבצים גבוהים של שמרים על המטרה.



איור מס' 6. הקשר בין צפיפות כיסוי בטיפות לכמות המרבצים של תאי שמר על פרות עגבניה מסוג צ'רי.



תמונה מס' 1. כיסוי פרות עגבניה בצבע מעקב בצפיפויות שונות. מימין לשמאל – 1000, 600, 200, 100 טיפות לסמ"ר

2. בחינת יעילות אמצעי ריסוס במרססים קיימים.

בשלב הראשון של בחינת אמצעי הריסוס בחנו מרססים אשר יכולים לשמש בריסוס של התכשרים שהם נשוא התוכנית. התמקדנו במרססי מפוח צירי אשר נמצאים כיום בשימוש נרחב על ידי החקלאים ומשמשים אמצעי עיקרי בריסוס ממונע בבתי צמיחה לגידול ירקות. עיקרון הפעולה של מרססים כאלה הוא יצירת מסך ריסוס אנכי בניצב לשורת הגידול. על פי עקרון פעולתו של מרסס המבוסס על מפוח צירי, מטרת הריסוס (עלווה, ופרי) נמצאים במרחקים שונים ממקור הריסוס. בריסוס על ידי מרסס מפוח צירי תוסענה הטיפות הקטנות למרחק רב ואילו מרחק התעופה של טיפות גדולות יהיה קטן. עיקרון הפעולה של מפוח צירי והמרחק המשתנה שבין המרסס למטרה בגידולים בהדליה, אלה מכתיבים ריסוס בנפחים גבוהים על מנת להבטיח הגעה למטרות בכל הגבהים. לכן בדרך כלל מותקן מספר רב מאד של פומיות סמוך למוצא האוויר.

בחנו שלושה מרססים מתניעים המיועדים לבתי צמיחה, המרססים זהים בעיקרות פעולתם, למעט גובה המפוח. הבחינות בוצעו כולם בבתי צמיחה לגידול עגבניות. המטרות העיקריות בבחינת המרססים היו.

- השפעת גובה המפוח על פיזור הריסוס בקומות השונות של הצמחים
- השפעת נפח הריסוס על אחידות הפיזור ועל צמפות הכיסוי.

א. בדיקת איכות ריסוס - אחידות פיזור תרסיס כמותי

בדיקת איכות הריסוס נבחנה במכון להנדסה חקלאית וכן בבתי צמיחה בהם גודלו עגבניות. בכל המרססים הותקנו בכל הבדיקות פומיות לבנות תוצרת AlbuZ צרפת והופעלו בלחץ 5 באר. אופי הפיזור הנפחי של התרסיס נקבע באמצעות מטרות מלאכותיות שהוצבו על גבי מסגרת רשת בצורת "גשר" באורך 2 מטר, גובה 3 מטר, ומרווח בין הדפנות 1.5 מטר (איור 2). מטרות הריסוס (שלושה טורים של קלפי ניר סינון, וקלפי ניר קרומקוט) הוצמדו לרשת בשני הדפנות בגבהים 50, 100, 150, 200, 250, ו-300 ס"מ. בזמן הבדיקה כל מרסס נסע בתוך הגשר במהירות המצוינת בטבלה 2, וכשהמנוע פועל בסיבובי מנוע מרביים ותוך כדי ביצוע ריסוס, כשהמפוח והפומיות מופעלים.

בדיקה דומה לקביעות אופי הפיזור הנפחי של התרסיס בתוך נוף צמחי בוצעה בבית רשת לגידול עגבניות במושב חצב, שבו צמחי עגבניות בגובה 2.5 מטר שנשתלו בצמדי שורות (מרווח בין הערוגות 1.5 מ'). מטרות הריסוס הוצבו על גבי מוטות מתכת (איור 2). מטרות הריסוס (קלפי ניר סינון, וקלפי ניר קרומקוט) הוצמדו למוטות בגובה בגבהים 50, 100, 150, 200, 250, ו-300 ס"מ. המוטות הוצבו בשתי ערוגות סמוכות במרכז ערוגות הצמחים בתוך הנוף על מנת לשמור על מרווח של 150 ס"מ בין המוטות. בכל שורה הוצבו שלושה מוטות עם מטרות במרחק 100 ס"מ זה מזה. בזמן הבדיקה כל מרסס נסע בין שתי הערוגות כשהמפוח והפומיות מופעלים וחצה את מטרות הריסוס תוך כדי ביצוע ריסוס.

לקביעה כמותית של רמת המרבץ, התרסיס נקלט על גבי קלפי ניר סינון. 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%. 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 בתשטיף נבדק בשיטה פלואורימטרית במכשיר פלואורימטר מסוג Turner 111 (Turner Associates, USA), באורך גל 545 ננומטר (ערור) ובאורך גל 590 ננומטר (בליעה).

תוצאות:

החלוקה הכמותית של התרסיס כפי שנקלטה על משטחי הדגימה (קלפי נייר סינון) בגבהים שונים ובמצבים שונים מוצגת בטבלה 1. ככלל ניתן לראות כי כמות התרסיס שנקלטה כאשר הבדיקה נעשתה ב"גשר" ללא צמחים, קטנה בגבהים מעל 2.5 מטר. מירב התרסיס (76-88% מכלל נפח התרסיס) נקלט בסביבת המפוח, והיתרה בכל יתר הגבהים. קליטת התרסיס קטנה בהדרגה ככל שמתרחקים ממוצא באוויר. נוף הצמחים מהווה גורם מפריע בהסעת התרסיס אל תוך נוף. בכל המרססים נקלטה כמות תרסיס קטנה יותר על גבי הדוגמים כאשר הם הוצבו בתוך הנוף. גורם בולט נוסף אשר בולט במרסס הזחל והריקשה הוא הפחתה משמעותית בכמויות המרבץ בתוך הצמחים בגובה המפוח. תופעה זו מוכרת במרססי מפוח במטעים ונובעת מדחיפת העלים פנימה על ידי זרמי האויר ליצירת קיר חוסם אשר מונע את חדירת טיפות התרסיס פנימה.

צפיפות גבוהה של טיפות התקבלה בעיקר מעל גובה המפוח. בגובה המפוח ובגובה נמוך יותר התקבל כיסוי בצפיפות נמוכה יותר. צפיפות הכיסוי בתוך הנוף פחתה בהשוואה לצפיפות הכיסוי עלים בחלק החיצוני של הצמחים. בהשוואת צפיפות בעלוות הצמחים בחממה בחצב לעומת החממה בכמהין (צמחים סבוכים), ניתן לראות ככלל פחיתה בצפיפות הכיסוי בנוף סבוך (איור 7). פחיתה זו בולטת בעיקר בתוך הצמחים ובקומות העליונות של הצמח. עם זאת צפיפות הכיסוי היא בשיעור של 400-700 טיפות לסמ"ר בתוך נוף הצמחים בחממה העגבניות בכמהין בהשוואה לצפיפות בשיעור 600-1000 טיפות לסמ"ר בחממת העגבניות בחצב.

טבלה מס' 1 פיזור כמותי תרסיס על דוגמים מלאכותיים אשר הוצבו ב"גשר פתוח" או בתוך נוף צמחי עגבניות.

מיני ריקשה	ריקשה		זחל		
	הפעלה 1	הפעלה 2			
20	12	20	24	מספר פומיות	משתני הפעלה
90	50	70	90	נפח תרסיס ליטר לדונם ¹	
0.74	0.48	0.52	1.12	תרסיס נקלט (ליטר לדונם) ³	גשר פתוח ⁴
0.82	1.0	0.75	1.2	אחוז קליטה	
83.5	80	76	88	שעור תרסיס שנקלט באזור המפוח ביחס לכלל התרסיס שנקלט ⁴	
0.4	לא נבדק	0.37	0.5	תרסיס נקלט (ליטר לדונם)	בתוך הצמחים
0.44	לא נבדק	0.52	0.55	אחוז קליטה	
90	לא נבדק	70	95	שעור תרסיס שנקלט באזור המפוח ביחס לכלל התרסיס שנקלט	

¹ נפח תרסיס לדונם – חישוב נפח התרסיס ל-1000 מ"ר שטח קרקע (ללא קשר לגובה הצמחים)

² גשר פתוח – ראה איור 2.

³ נפח תרסיס נקלט לדונם – חישוב כלל נפח התרסיס אשר נקלט על הדוגמים בגובה 300-50 ס"מ משני צידי המרסס על פני שטח של 1000 מ"ר קרקע.

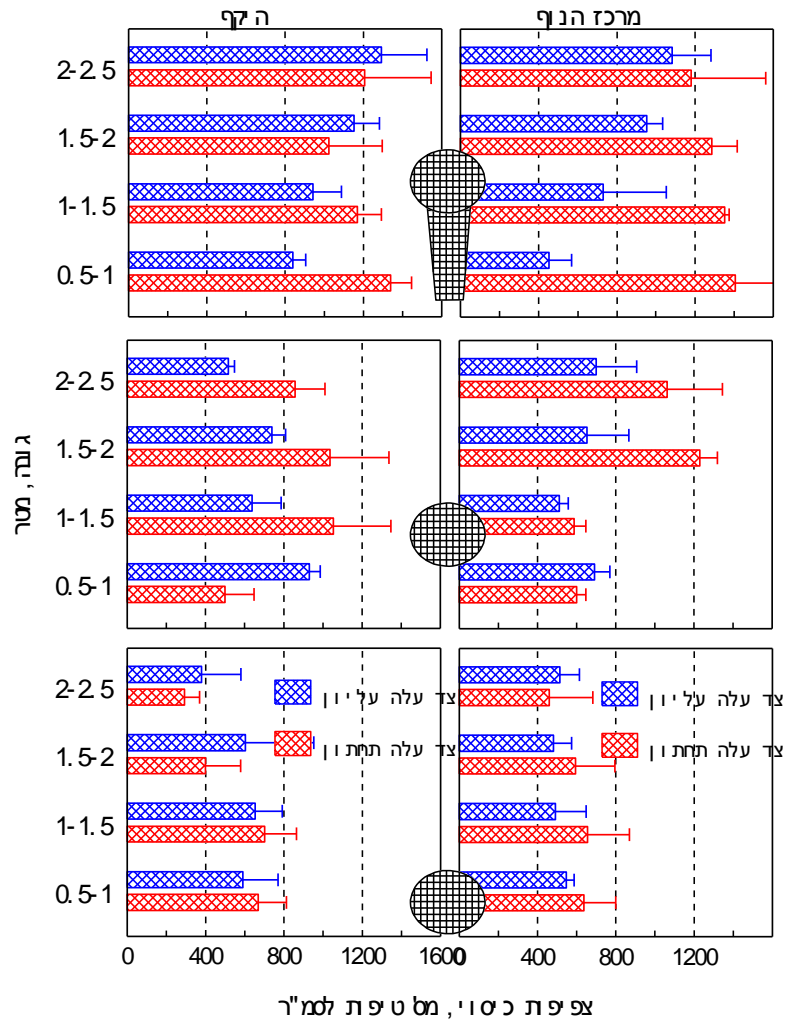
⁴ חישוב אחוז נפח התרסיס אשר נקלט על הדוגמים בגובה 100 ס"מ מסביב למפוח ביחס לכלל נפח התרסיס אשר נקלט על בכל הגבהים (משני צידי המרסס)

בדיקת שלושת המרססים לקביעת יעילות הכיסוי של עלי עגבניות נבחנה בבית רשת לגידול עגבניות מזן 1402 בחלקה עגבניות מבוגרים בגובה 2.5 מטר. בדיקה נוספת בוצעה למרסס מסוג "ריקשה" בלבד בחממה עגבניות מסוג צ'רי במושב כמהין (הפעלה 2). בחממה זו הנוף היה צפוף וסבוך במיוחד, וגובה הצמחים 2.5 מטר (איור 3). לכל הריסוסים שמשה תמיסה מימית בתוספת חומר מעקב זוהר בתחום הנראה מסוג Lunar Yellow תוצרת Swada, UK בריכוז 1%, בתוספת משטח בריכוז 0.01%.

בתום הריסוס ולאחר התייבשות הנוף דגמנו עלים לקביעת איכות הריסוס. נדגמו עלים בגבהים 0.5-1 מטר, 1-1.5 מטר, 1.5-2 מטר, 2-2.5 מטר. הדגימות נלקחו מההיקף החיצוני של השיחים וכן בתוך הנוף (במרכז בין שתי השורות בתוך הערוגה). כל דגימה נלקחה משלוש חזרות נפרדות. כל תת דגימה כזו כללה 10 עלים. נקבע שעור הכיסוי של המטרה בתרסיס (אחוז כיסוי) וכן צפיפות הכיסוי (מס' טיפות לסמ"ר) באזורים המכוסים בתרסיס

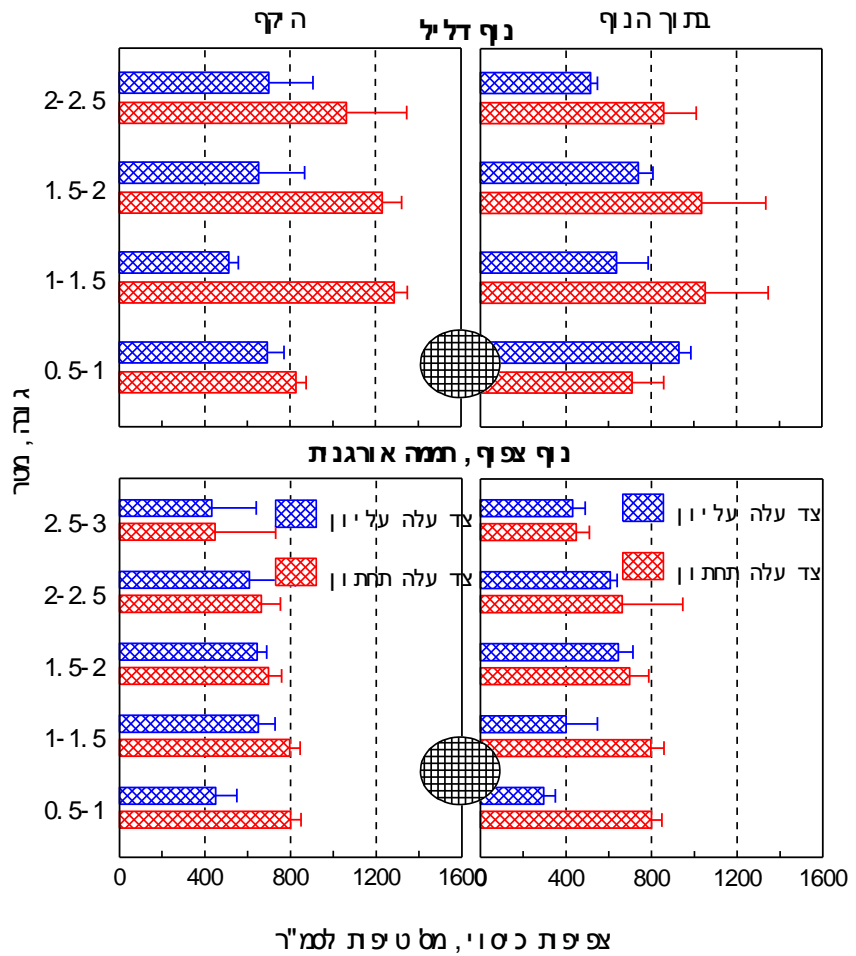
בכל המרססים היה כל שטח העלים מכוסה בתרסיס בכל הגבהים בשעור כיסוי גבוה (80-100% כיסוי). צפיפות הכיסוי בעלים על ידי תרסיס צבע מעקב זוהר מוצגת באיור 7). באופן כללי ניתן לומר כי תוצאות אלה מקבילות להתפלגות הכמותית של מרבצי התרסיס. (טבלה 1). בקומות הצמח שמעל המפוח התקבל כיסוי בצפיפות גבוהה יותר של טיפות בצד התחתון של העלים בהשוואה לצידם העליון. לעומת זאת מתחת לגובה המפוח התקבל כיסוי בצפיפות גבוהה יותר בצידם העליון של העלים. בגובה המפוח הייתה קליטה נמוכה של תרסיס בעיקר בצד התחתון של העלים התקבלה בגובה המפוח במרססי זחל וריקשה.

צפיפות גבוהה של טיפות התקבלה בעיקר מעל גובה המפוח. בגובה המפוח ובגובה נמוך יותר התקבל כיסוי בצפיפות נמוכה יותר. צפיפות הכיסוי בתוך הנוף פחתה בהשוואה לצפיפות הכיסוי עלים בחלק החיצוני של הצמחים.



איור מס' 6. צפיפות כיסוי של טיפות תרסיס על עלי עגבניה בצידם העליון והתחתון בקומות הצמח השונות כפי שהתקבלו בעקבות הפעלת המרססים השונים בחממת עגבניות (מושב חצב). המרססים הופעלו על פי תנאי ההפעלה כפי שמצוינים בטבלה 2. עיגול כהה במרכז האיור מציין את גובה המפוח מעל הקרקע.

בהשוואת צפיפות בעלוות הצמחים בחממה בחצב לעומת החממה בכמהין (צמחים סבוכים), ניתן לראות ככלל פחיתה בצפיפות הכיסוי בנוף סבוך (איור 7). פחיתה זו בולטת בעיקר בתוך הצמחים ובקומות העליונות של הצמח. עם זאת צפיפות הכיסוי היא בשיעור של 400-700 טיפות לסמ"ר בתוך נוף הצמחים בחממה העגבניות בכמהין בהשוואה לצפיפות בשיעור 600-1000 טיפות לסמ"ר בחממת העגבניות בחצב.



איור 7. צפיפות כיסוי של טיפות תרסיס על עלי עגבניה בצידם העליון והתחתון בקומות הצמח השונות כפי שהתקבלו בעקבות הפעלת מרסס מפוח צירי בשתי חממות לגידול עגבניות, הראשונה בעלת אופי צימוח דליל, מושב חצב, והשנייה חממה אורגנית עם נוף צפוף ביותר במושב כמהין. עיגול כהה במרכז האיור מציין את גובה המפוח מעל הקרקע.

ה. תוצאות העבודה בשנה השלישית

1. התאמת מרסס מתאים לצרכי יישום תכשירים לא רעילים.

בסוף שנת העבודה השנייה ולקראת תחילת השנה השלישית, ולאחר מיצוי ביצועיהם של המרססים הקיימים, נבחנה האפשרות לפתח אמצעי ריסוס משופר. לצורך כך תוכנן ונבנה מפוח היקפי אשר הותקן על כלי הריסוס המתנייעים המסחריים. המפוח שתוכנן מבוסס על מוצאי אויר רחבים ועגולים אשר יוצאים מהיקפו של המפוח (תמונה מס' 2). מוצאי האויר ניתנים לכיוון לקומות הצמח השונות. על פי עקרון פעולתו של מרסס עם מוצאים רחבים, מהירות האויר למטרה אינה דועכת ולכן כיסוי מטרות (עלווה, ופרי) שנמצאים במרחקים שונים ממקור התרסיס אינו נפגם.

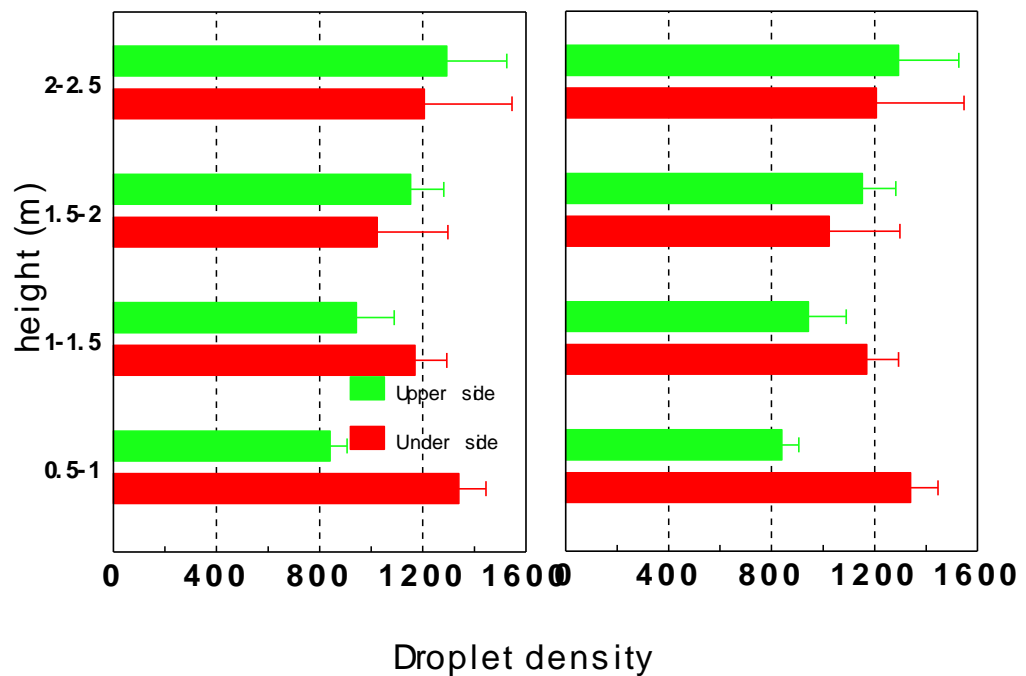
בחינה ראשונית של המרסס לקביעת יעילות הכיסוי של עלי עגבניות נבחנה בבית צמיחה לגידול עגבניות במושב רנן בחלקה עגבניות מבוגרים בגובה 2.5 מטר. בחממה זו הנוף היה צפוף וסבוך במיוחד, וגובה הצמחים 2.5 מטר (תמונה 2). לכל הריסוסים שמשו תמיסה מימית בתוספת חומר מעקב זוהר בתחום

הנראה מסוג Lunar Yellow תוצרת Swada, UK בריכוז 1%, בתוספת משטח בריכוז 0.01%.

ניתן לראות כי במרסס זה נתקבלה צפיפות כיסוי גבוהה בכל קומות הצמח. צפיפות גבוהה נתקלה גם בצידם התחתון של העלים וגם בצידם העליון.



תמונה מס' 2. מרסס ליישום תכשירים בעל מוצאים נפרדים רחבים.



איור 8. צפיפות כיסוי של טיפות תרסיס על עלי עגבניה בצידם העליון והתחתון בקומות הצמח השונות כפי שהתקבלו בעקבות הפעלת מרסס מפוח חדש בעל מוצאים בודדים רחבים.

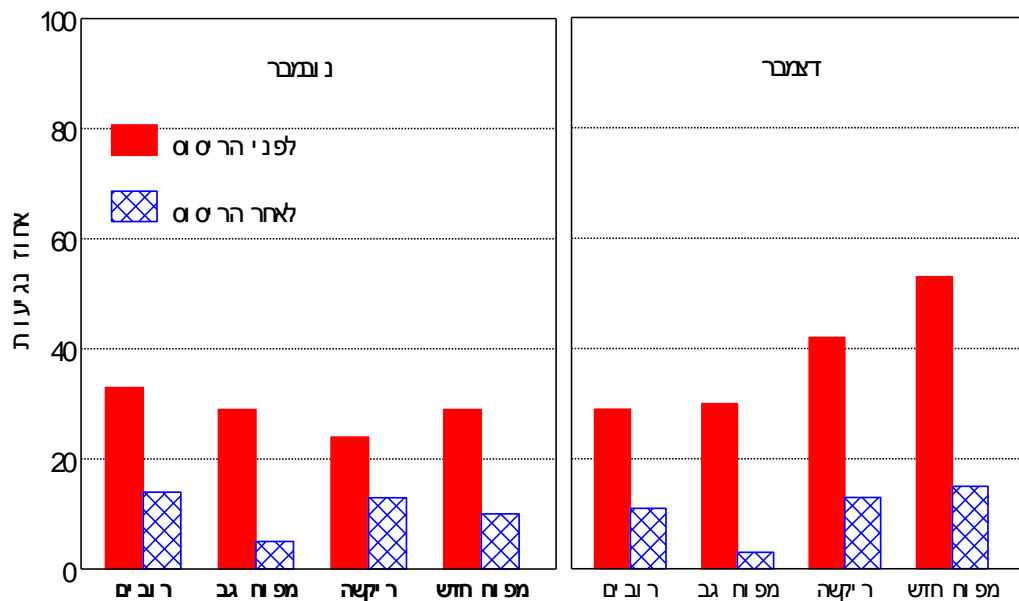
2. בחינת יעילותו של המרסס בהדברת קימחונית בעגבניות

ניסויי שדה בוצעו בבית צמיחה לגידול עגבניות בבית שאן. שיטת העבודה התבססה על ריסוס במפתחים נפרדים כדי ליצור הפרדה בין הטיפולים השונים. בכל מפתח נדגמו שתי השורות האמצעיות על מנת להפחית את החשש להשפעה של ריסוסים בחלקות שכנות.

נבחנו ארבעה טיפולי ריסוס המפורטים להלן:

1. ריסוס לנגירה באמצעות רובי ריסוס (ריכוז התכשיר 1%)
2. ריסוס במרסס הדף אויר נישא גב
3. ריסוס באמצעות מרסס המפוח החדש
4. ריסוס באמצעות מרסס מתנייע מסחרי בעל מפוח צירי מסוג ריקשה (ראה טבלה 1)

כל הריסוסים למעט ריסוס הרובים בוצעו בנפח תרסיס 20 ליטר לדונם ובכמות תכשיר 300 גר' לדונם. הריסוסים בוצעו החל מחודש אוקטובר 2007 ועד חודש פברואר 2008. כל הריסוסים בוצעו לאחר גילוי נגיעות בחלקה ולא כריסוסי מניעה. לאחר כל ריסוס הערכנו את יעילות ההדברה בכל מבנה בנפרד בהשוואה לעוצמת הנגיעות בפגע הנבדק לפני הריסוס.



טפול אוג תרסס

איור 9. הדברת קימחונית בעגבניות בבית צמיחה באמצעות ריסוס במרססים שונים.

כל אמצעי הריסוס הישיגו תוצאות הדברה טובות כנגד הקימחונית. לא היו הבדלים מובהקים ביעילות ההדברה בין שיטות הריסוס השונות או כלי הריסוס השונים. חשוב לציין כי הריסוס במרסס מפוח גב היה היעיל ביותר (אף שלא מובהק סטטיסטית). מרסס מפוח גב אשר מופעל כראוי מכסה ביעילות את כל חלקי הצמח. מרסס המפוח החדש אף שמראה סימנים טובים של יעילות בהדברה זקוק לשיפור. מיקום המוצאים מול מבנה החממה והצמחים מחייב גמישות רבה יותר בהפניית המוצאים כלפי הנוף. זו כנראה אחת הסיבות לאי השגת יעילות מקסימלית בהדברת הקימחונית כפי שציפינו. בעתיד יעשה מאמץ לשפר את הכיסוי גם במרסס החדש.

סיכום

- נבחנה ואומתה התפיסה כי כיסוי המטרות בטיפות תרסיס קטנות ובצפיפות גבוהה משפר את כמות המרבצים על מטרות שונות (עלים ופירות). שיפור המרבצים מתאפשר גם כאשר התרסיס מיושם בנפחים קטנים יותר ובמינונים מופחתים.
- יישום בטיפות קטנות יוצר מרבצים בצפיפות טיפות גבוהה בהשוואה לריסוסים המקובלים. מצב זה יוצר פיזור אחיד יותר על פני כל הרקמות המרוססות
- פיזור אחיד של התרסיס על פני הרקמה מאפשר את פעילותו של התכשיר כפי שבאה לידי ביטוי בהדברת רקבונות בפירות ענבים על ידי התכשיר הביולוגי שמר.
- המרססים הקיימים אינם מכסים את כל קומות הצמח ואת כל חלקי הצמחי ביעילות אשר נדרשת לפעילות תכשירים לא רעילים.
- החלנו בפיתוח מרסס יעודי לחממות אשר יענה על דרישות הריסוס אשר נחוצות להדברה באמצעות תכשירים לא רעילים. התוצאות שהושגו מצביעות על כיוון נכון בהשגת המטרות. ישנו צורך בשיפורים נוספים על מנת להגיע לתוצאות הדברה מיטביות. חשוב לזכור כי מדובר בתכשירים רכים ולכן איכות הכיסוי מקבלת משנה תוקף בכל הקשור להשגת הדברה של פגעים.

הממצאים המוצגים בדו"ח זה הינם תוצאות חלקיות של מחקר ואינן בשום מקרה המלצות לשימוש. מקצת החומרים המוזכרים בדו"ח זה מורשים רק לניסויים בגידולים שנבחנו ואינם מורשים עדיין לשימוש מסחרי. אין באזכור התכשירים המופיעים בדו"ח משום המלצה לשימוש בהם או העדפה על פני תכשירים אחרים שלא נבחנו

סיכום עם שאלות מנחות

מטרות המחקר לתקופת הדו"ח:

להגדיר את מדדי הריסוס המיטביים שיאפשרו ליישם תכשירי הדברה ידידותיים לסביבה לקבלת הדברה מירבית של פגעים בחקלאות אינטנסיבית בבתי צמיחה. המטרה לתקופת הדו"ח היא התאמת שיטות ליישום תכשירי ההדברה הידידותיים בגידולים השונים על מנת להשיג הדברה מיטבית של הפגעים.

עיקרי הניסויים והתוצאות שהושגו:

בשנת העבודה השניה בחנו בראש ובראשונה את הקשר בין גודל הטיפה ושיטת היישום על קבלת מרבצי תרסיס שכוללים תכשירים ידידותיים או מדבירים ביולוגיים. הממצאים העיקריים הם: כיסוי המטרות בצפיפות גבוהה ובטיפות קטנות משפר את כמות המרבצים על מטרות שונות (עלים ופירות). שיפור המרבצים מתאפשר גם כאשר התרסיס מיושם בנפחים קטנים יותר ובמינונים מופחתים. יישום בטיפות קטנות יוצר מרבצים בצפיפות טיפות גבוהה בהשוואה לריסוסים המקובלים. מצב זה יוצר פיזור אחיד יותר על פני כל הרקמות המרוססות מרססים מסחריים אשר קיימים כיום בשימוש אינם מכסים בעילות את כל חלקי הצמח שאמורים להיות מוגנים על ידי התכשירים. החלנו בפיתוח מרסס יעודי לחממות אשר יענה על דרישות הריסוס אשר נחוצות להדברה באמצעות תכשירים לא רעילים. התוצאות שהושגו מצביעות על כיוון נכון בהשגת המטרות. ישנו צורך בשיפורים נוספים על מנת להגיע לתוצאות הדברה מיטביות. חשוב לזכור כי מדובר בתכשירים רכים ולכן איכות הכיסוי מקבלת משנה תוקף בכל הקשור להשגת הדברה של פגעים..

המסקנות המדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו:

המסקנה העיקרית היא כי יעילותם תכשירים לא רעילים ובכללם מדבירים ביולוגיים תלויה בפיזורם האחיד ובצפיפות רבה על פני הרקמה המיועדת להגנה. תכשירים אלה דומים בהתנהגותם לתכשירי הדברה פרוטקטנטים ולכן כם אופן היישום צריך להיות בהאם. המשך העבודה יתמקד בשיפור הפיתוח אמצעי הריסוס החדש וכן בבחינתו בבתי צמיחה.

הבעיות שנתרו לפיתרון:

שיפור כלי הריסוס והפיכתו לכלי מסחרי.

האם הוחל בהפצת הידע:

טרם הוחל בהפצת הידע.