

יישום כלורופיקרין ותכשירים לחיטוי קרקע - הדברת מחלות שורש ובטיחות לסביבה

דוח שנתי לתוכנית מספר 459-4320-09
מוגשת למדען הראשי של משרד החקלאות

ע"י:

אברהם גמליאל, מרינה בניחס, ברכה שטיינר, המכון להנדסה חקלאית, מינהל המחקר
סטנלי פרימן – המכון להגנת הצומח, מנהל המחקר החקלאי,
ציון דר, נביל גנאים, נטע מור – שה"ם, האגף לירקות

Abraham Gamliel, Marina Benihes, Bracha Steiner, Stanley Freeman, Agricultural,
ARO volcani Center,

Zion Dar, Nabeel Ganayim, Neta Mor, Ministry of Agriculture, Extension Service

הממצאים בדו"ח זה הנם תוצאות ניסויים
הניסויים אינם מהווים המלצות לחקלאים

..... חתימת החוקר

א. תקציר

מגוון התכשירים החלופיים למתיל ברומיד שזמינים כיום באופן מסחרי, הוא מצומצם ביותר. המחסור באמצעים בולט בעיקר בהדברת פטריות קרקע. מגבלות סביבה אוסרות את היישום של תכשירים רעילים ונדיפים באזורים צפופי אוכלוסין ללא אמצעי הגנה מתאימים; איסור החדרה של תכשירים באמצעות מערכת השקיה במי שתייה; וכישלונות יישום בתנאי מזג אויר לא מתאימים, כגון רוח, אשר גורמים בנוסף למפגעי זיהום באזורים מאוכלסים. כלורופיקרין הוא תכשיר יעיל להדברת פטריות פתוגניות שוכנות בקרקע אשר משמש באופן מסחרי עשרות שנים. התכשיר יעיל מאד בהדברת פטריות שוכנות קרקע נמטודות חופשיות ועשבים. לכלורופיקרין פעילות מסוימת גם נגד בקטריות שוכנות קרקע. חיטוי קרקע בכלורופיקרין גורם לשיפור ניכר בצמיחה והקדמת היבול. כיום משמש כלורופיקרין כתכשיר מוביל במדינות רבות בגידולים החשובים (עגבניות, לפל, תות שדה ועוד). שילוב כלורופיקרין בתכשירי חיטוי משלימים דוגמת טילון מהווה כיום את התכשיר המקובל ביותר כחלופה למתיל ברומיד. התכשיר אינו מורשה עדין לשימוש בארץ.

מטרות המחקר הן (1) להחדיר את הכלורופיקרין כתכשיר לחיטוי קרקע בישראל כאמצעי נוסף בהדברת פגעי קרקע; (2) לפתח ולבסס טכנולוגיה ליישום תכשירים לחיטוי קרקע משולבות בחיפוי הקרקע ביריעות פלסטיק במהלך ההזרקה.

העבודה התמקדה במקביל הן בבחינת יעילותם של התכשירים החדשים לחיטוי קרקע כגון DMDS וכלורופיקרין וכן כפיתוח אמצעי יישום טובים שיאפשרו יישום יעיל יחד עם בטיחות העובד והסביבה הקרובה. בניסויים מבוקרים בחנו את יעילותם של התכשירים בקטילת מיגוון פתוגנים שונים אשר מהווים התכשיר DMDS שדומה בתכונותיו לכלורופיקרין נבחן ביישום בחלקות קטנות בטיפטוף ובהזרקה. מצאנו כי יישום התכשירים במרווחים מתאימים של צנרת הטפטוף גורם פיזור אחיד של התכשיר ולקטילה יעילה של הפגעים שנבחנו. באופן זה נבחנה יעילותם של התכשירים DMDS וכלורופיקרין בנפרד ובמשולב בקטילתם של פגעי קרקע רבים.

על מנת ליישם יישום בטוח של התכשירים פותחו שני אמצעים. הזרמת התכשירים באמצעות מערכת ההשקיה מבוצעת במערכת מנותקת באמצעות מיכל ביניים אשר אינו מאפשר זרימה חוזרת של תכשירי הדברה למערכת המים המרכזית. במקביל פיתחנו אמצעי להזרקה תכשירי חיטוי לקרקע תחת יריעות פלסטיק קיימות. הפיתוח מבוסס על מכונה קיימת אשר הובאה מפלורידה ואשר בוצעו בה שיפורים ושינויים רבים כגון, הארכת להבי ההזרקה, תוספת נחירי הזרקה. בנוסף שופר כיסוי הפלסטיק לאחר החיטוי. שיפורים אלה הביאו לפיזור טוב יותר של התכשיר בכל נפח הערוגה המטופל והדברה יעילה של הפגעים שנבחנו. נבחנה גם מכונה נוספת, אך הטיפול בה הופסק עקב בעיות בטיחות. הממצאים מעבודה זאת מדגישים את השיפור הרב שהושג בפעילותם של תכשירי החיטוי החדשים בעקבות פיתוח אמצעי יישום יעילים של תכשירי החיטוי החדשים. בנוסף הוגברה הבטיחות בשימוש בתכשירים אלה באמצעות פיתוח אמצעי יישום בטיחותיים ויעילים.

ב. מבוא ותיאור הבעיה.

הפסקת השימוש במתיל ברומיד מחייבת חיפוש אשר תחליפים כימיים ואחרים לתכשיר לצורך התמודדות עם פגעי הקרקע הרבים. במהלך 15 השנים האחרונות מוקדו מאמצים רבים במציאת ופיתוח תכשירים חדשים ויעילים. מגוון כל התכשירים לחיטוי קרקע הנם צרי טווח לעומת מתיל ברומיד, ומחייבים זיהוי מדויק של גורמי המחלה והמזיקים שמאלחים קרקע בחלקה נתונה, ולהרכיב תערובת תכשירים (לעיתים

גם בצורות יישום שונות) כדי לספק הדברה מתאימה. בנוסף, מתעצמים פגעי קרקע שונים בעקבות חוסר היכולת להתמודד עמם באמצעות החלופות הקיימות כיום. המחסור באמצעים בולט בעיקר בהדברת פטריות קרקע. מתאם סודיום הוא התכשיר העיקרי, אולם פעילותו שונה בקרקעות שונות והוא חשוף לפירוק מואץ ביישום חוזר. התכשיר בזאמיד אינו זמין מסחרית בגלל מחירו ושיקולים מסחריים אחרים של החברות המשווקות. בנוסף, בזאמיד זה מתאים יותר ליישום בחלקות קטנות ולכן לא מהווה חלופה לגידולים דוגמת תפוז"אד או בטטות.

מרבית הטכנולוגיות להחדרת תכשירי חיטוי לקרקע באמצעות הזרקה, מבוססות על המיכון אשר שימש ליישום מתיל ברומיד. המיכון להחדרת מתיל ברומיד מבוסס על מגרופיות שבאמצעותן הוחדר התכשיר לעומק מסוים איסור המשך השימוש במתיל ברומיד דחף להסבת המיכון הקיים והתאמתו להזרקה התכשירים החלופיים. בשלב ראשון בוצע יישום תכשירים במיכון ששימש למתיל ברומיד ללא כל התאמה ושינויים. יישום בשיטות אלה לא השיג פיזור סביר בכל חתך הקרקע הרלוונטי. המסקנה היא כי אמצעי החדרה הקיימים כיום נותנים מענה חלקי בלבד ליישום יעיל של תכשירי החיטוי הקיימים. גם בארץ נבחנו בשנים האחרונות מספר מכשירים להזרקה ביישום תכשירי מתאם סודיום ופורמלין באמצעות מיכון זה. תוצאות ההדברה לא היו מספקות בדומה לאשר דווח בעולם. התוצאות המאכזבות הביאו לחוסר נכונות של המגדלים לאמץ את תכשירי החיטוי החלופיים וכפועל יוצא הוקפא כל תהליך הטמעת החלופות ביישום בהזרקה לקרקע. גם פיתוחים נוספים אשר התבססו על יוזמות עצמאיות ללא מחקר בסיס מקדים לא הביאו לתוצאות טובות יותר.

התקדמות משמעותית בשיפור איכות החיטוי על ידי תכשירי חיטוי חלופיים באמצעות הזרקה לקרקע נרשמה בארה"ב ובמיוחד בפלורידה בגידולים דוגמת עגבניות ופלפל. המחקרים התמקדו בפיתוח מכשור להזרקה אשר מבוסס על להבי הזרקה דקים שמותקנים מאחורי גלגלי דיסק גדולים אשר פולחים את הקרקע. תכשירי החיטוי מוחדר לאחר מעבר הדיסקים ותלם היישום נסגר באמצעות גלגלי הידוק. מרכיב חשוב בפיזור אחיד של התכשירים לאחר ההזרקה הוא חיפוי הקרקע ביריעות פלסטיק מיד לאחר היישום. חיפוי הקרקע מבוצע באמצעות מכונה לפרישת פלסטיק אשר מותקנת מאחורי מכונת ההזרקה או על טרקטור נוסף אשר נוסע במהלך עוקב להזרקה. לחיפוי פלסטיק ערך מוסף חשוב מבחינת איכות הסביבה, שכן הוא מצמצם את האפשרות לשחרור של תכשירי ההדברה ואת הסיכון שבחשיפת הסביבה לתכשירים אלה. לכן, הזרקה תכשירים תחת חיפוי פלסטיק עשויה את מרחקי הבטיחות ומאפשרת יישום חיפוי בקרבת אוכלוסיה וכבישים ראשיים. חיפוי משלים ביריעות פלסטיק אינו קיים כיום במרבית אמצעי המיכון שקיימים כיום להזרקה מתאם סודיום וטילון.

מטרות המחקר הן :

1. להחדיר את הכלורופיקרין כתכשיר לחיטוי קרקע בישראל, וכאמצעי נוסף בסל התכשירים המדולדל שקיים כיום להדברת פגעי קרקע. במסגרת זו : קביעת עקום ההישרדות של כלורופיקרין בקרקעות מייצגות ואת מידת הקטילה של פתוגנים רלוונטיים ; קביעת עקומי קטילה של פתוגנים על ידי שילוב כלורופיקרין ותכשירי חיטוי אחרים.
2. אופטימיזציה של יישום כלורופיקרין ושילוב של תכשירים באמצעות מערכות טפטוף
3. פיתוח והתאמת מיכון ליישום כלורופיקרין ותכשירי חיטוי נוספים בהזרקה לקרקע וחיפוי עוקב ביריעות פלסטיק.

ג. תוצאות העבודה.

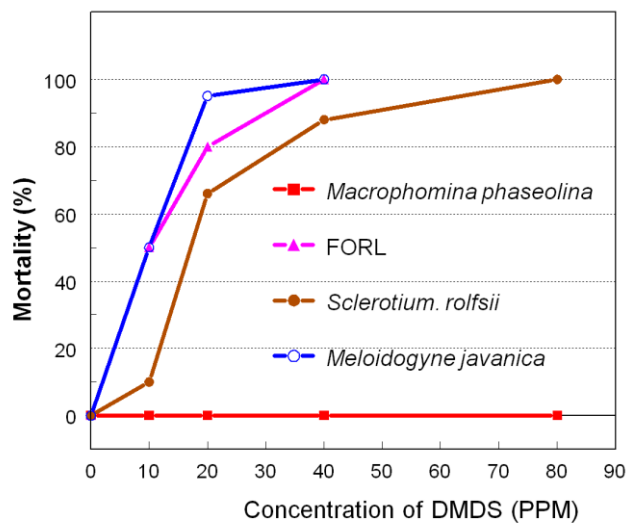
בשנת המחקר הראשונה לא הושג עדיין היתר ליישום כלורופיקרין. על כן בחנו את התכשיר בשלב ראשון בעיקר במעבדה בניסויים מבוקרים. במקביל ביצענו עבודות בפיתוח אמצעי היישום בתכשירים DMDS ומתאם סודיום אשר קרובים בתכונותיהם הפיזיקליות. בהמשך נבחנו כל התכשירים הן במעבדה, בחלקות שדה קטנות, ובניסויים בחלקות שדה מסחריים. תוצאות המחקר מובאות להלן.

1. ניסוי מעבדה - קביעת פעילות כלורופיקרין ושילוב עם תכשירים אחרים בתנאים

מבוקרים

קביעת הקטילה של פטריות קרקע כגון פוזריום הגורם לריקבון הכתר בעגבניות (FORL), קישיון רולפסי, ומקרופמינה שמה מדד לרעילותם של התכשירים במבחנים בוצעה במיכלים בקרקע רחובות בתנאים סטנדרטיים של טמפרטורה ורטיבות (25 מ"צ ורטיבות לקיבול שדה). משך החשיפה לתכשירים נקבע לשבוע בתום תקופת החשיפה אווררו המכלים ונבדקה חן את מידת החיות של גופי ההשתמרות של הפטריות. הבחינה תבוצע באמצעות זריעה על מצעי מזון סלקטיבים,

השפעת התכשירים כלורופיקרין ו-DMDS על קטילת פגעי קרקע

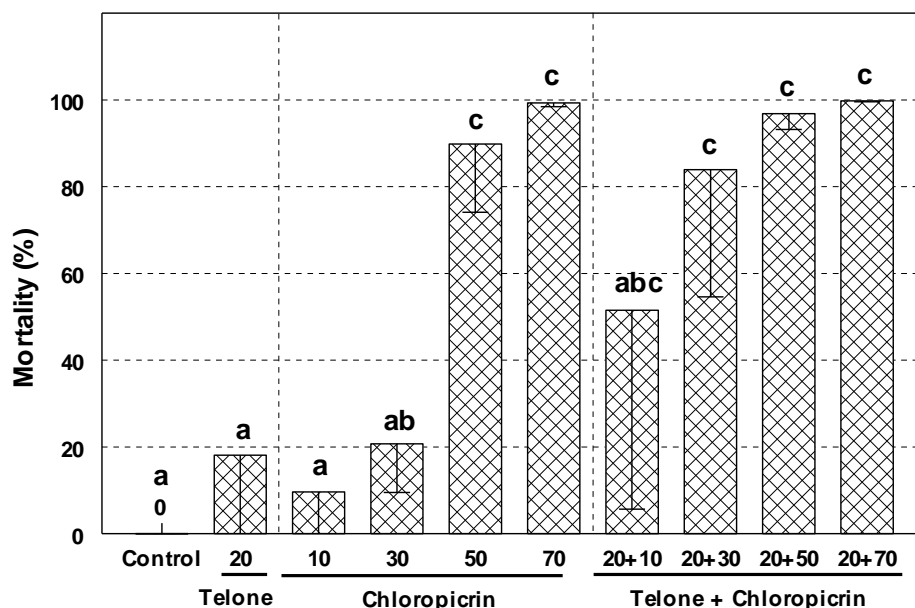


איור 1. קטילת פטריות קרקע ונמטודות יוצרות עפצים באמצעות DMDS במכלים סגורים בתנאים מבוקרים (טמפרטורה 25 מ"צ)

רעילותם של כלורופיקרין ו-DMDS לפטריות משתנה על פי האורגניזם הנבדק. פוזריום נקטל ביעילות על ידי שני התכשירים (איורים 1,2) במינונים אשר נראים סבירים ליישום בשדה. גם נמטודות נקטלות ביעילות באמצעות DMDS (לא נבדקה יעילות כלורופיקרין לנמטודות שכן תכשיר זה אינו מיועד כנגד פגע זה). לעומת רעילותם לפוזריום, שני התכשירים אינם יעילים בקטילת הפטריה מקרופמינה. קשיונות הפטריה שורדים מינונים גבוהים של התכשירים (איורים 1,2). שיפור פעילותם כנגד פתוגנים אלה יושג באמצעות שילוב תכשירים או שילוב שיטות יישום כפי שיוצג להלן.

השפעת שילוב התכשירים כלורופיקרין וטלון

השימוש העיקרי של כלורופיקרין בעולם כיום הוא בשילוב עם תכשיר טלון (1,3-dichloropropene). על כן בשלב ראשון בחנו את חשיבותו של השילוב בשיפור הקטילה וכן את חשיבות בחנו רעילות של כלורופיקרין במינונים שונים (10, 30, 50, 70 ו- 100 ח"מ) ובשילוב עם וטלון (20 ו- 10 ח"מ), בטמפ' 25 מ"צ על קטילת הפטרייה FORL. התכשירים כלורופיקרין וטלון (במינונים השונים) עורבבו באמצעות מי ההשקיה עם קרקע (חול רחובות) במיכלי זכוכית אטומים, שהודגרו באמבטי מים בטמפ' הנבדקת. גופי הריבוי של הפטרייה הוטמנו בתוך שקית רשת והושקעו בקרקע בחתך המושקה למשך שבוע. בתום משך החשיפה לתכשיר, השקיות נשלפו ונבדקה חיות גופי ההשתמרות של הפטרייה.



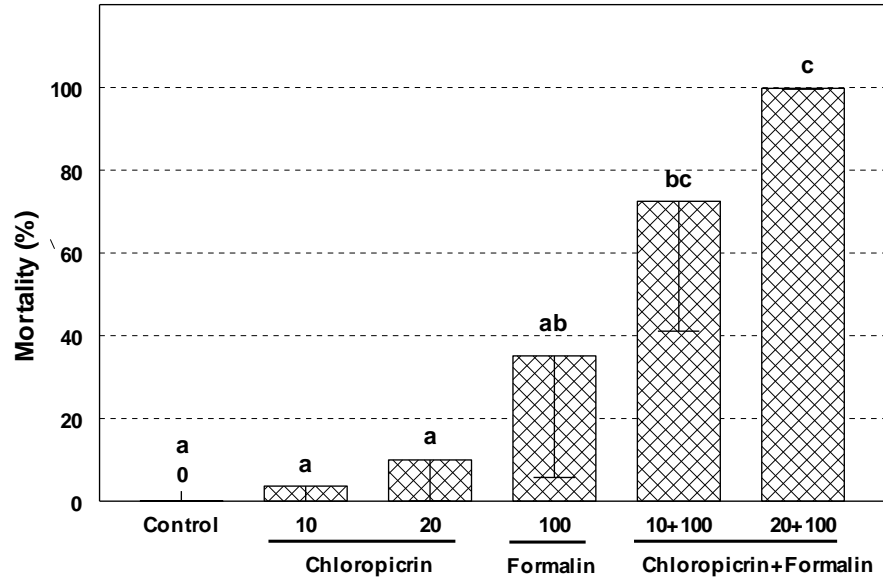
איור 2 – השפעת שילוב התכשירים כלורופיקרין (Chloropicrin) וטלון (Telone) על הקטילה של גופי ההשתמרות של הפטרייה *Fusarium oxysporum, f.sp. radicis-lycopersici* (FORL) (אחוז מביקורת), לאחר חשיפה במשך שבוע לטמפ' של 25 מ"צ. האותיות השונות בכל גרף מציינות הבדלים מובהקים בשיעור הקטילה של הפטריות במינונים השונים $P=0.05$. סטיית תקן מוצגת לכל טיפול באמצעות קווים אנכיים.

התכשיר כלורופיקרין לבדו במינונים גבוהים מ-30 ח"מ יעיל בקטילת הפטרייה. במינונים נמוכים מאלה, היעילות חלקית (איור 3). שילוב התכשירים כלורופיקרין וטלון הגביר את יעילות הקטילה של הפטרייה בהשוואה להשפעת כל תכשיר בנפרד (איור 2). שילוב התכשירים הגביר את הקטילה באופן מובהק בהשוואה לטלון ובהשוואה למינונים הנמוכים של כלורופיקרין (10 ו- 30 ח"מ). בשילוב המינונים הנמוכים, אך לא תת-קטלניים, של שני התכשירים (טלון 20 ח"מ, כלורופיקרין 30 ח"מ) התקבל אפקט סינרגיסטי. כאשר הקטילה של כל אחד מהתכשירים בנפרד הגיעה לרמה של כ-20%, בשילוב של שניהם במינונים אלה התקבל שיעור קטילה של למעלה מ-80%.

השפעת שילוב התכשירים פורמלין וכלורופיקרין

לאחר שנקבע טווח המינונים של כלורופיקרין אשר יעיל בקטילת פוזריום נבחן גם השילוב של כלורופיקרין עם התכשיר פורמלין אשר יעיל בקטילת חיידקים ושילובו בכלורופיקרין מרחיב את טווח הקטילה של הפגעים. בשילוב זה רצינו לבחון רק את המצב של מינונים תת קטלניים של כל תכשיר בנפרד. התכשירים

פורמלין וכלורופיקרין (במינונים השונים) עורבבו באמצעות מי ההשקיה עם קרקע (חול רחובות) במיכלי זכוכית אטומים, שהודגרו באמבטים מלאים מים שחוממו לטמפרטורה קבועה על פי הדרישה. גופי הריבוי של הפטרייה הוטמנו בתוך שקית רשת והושקעו בקרקע בחתך המושקה למשך שבוע. בתום משך החשיפה לתכשיר, השקיות נשלפו ונבדקה חיות גופי ההשתמרות של הפטרייה.



איור 3 – השפעת שילוב התכשירים פורמלין (Formalin) וכלורופיקרין (Chloropicrin) במינונים שונים על הקטילה (%) של גופי ההשתמרות של הפטרייה *Fusarium oxysporum, f.sp. radicis-lycopersici* (FORL) לאחר חשיפה במשך שבוע לטמפ' של 25 מ"צ. האותיות השונות בכל גרף מציינות הבדלים מובהקים בשיעור הקטילה של הפטריות במינונים השונים P=0.05. סטיית תקן מוצגת לכל טיפול באמצעות קווים אנכיים.

שילוב התכשירים פורמלין וכלורופיקרין הגביר את יעילות הקטילה של הפטרייה בהשוואה להשפעת כל תכשיר בנפרד (איור 3). שילוב התכשירים הגביר את הקטילה באופן מובהק בהשוואה לכלורופיקרין במינונים שניתנו.

שילוב התכשירים במינונים הגבוהים הגביר את הקטילה באופן מובהק גם בהשוואה לפורמלין. בכל אחד מהשילובים מתקבלת השפעה סינרגיסטית. שיעור קטילה של כ- 40% מתקבל ע"י יישום פורמלין בנפרד ושיעור קטילה של כ- 5% ביישום מינון נמוך של כלורופיקרין בנפרד. ביישום השילוב של התכשירים במינונים אלה מתקבל שיעור קטילה של למעלה מ- 70%. ביישום שילוב המינונים הגבוהים של שני התכשירים ההשפעה הסינרגיסטית בולטת יותר. מתקבלת קטילה של 100% בשילוב, בהשוואה לשיעור קטילה של 10% ע"י כלורופיקרין ושיעור של כ- 40% ע"י פורמלין.

2. יישום תכשירים לקרקע בחלקות שדה קטנות.

יישום DMDS בטיפטוף תחת יריעת פלסטיק

היתר ליישום כלורופיקרין הושג רק במחצית תקופת ביצוע המחקר. לכן, ועל מנת לקדם את מטרות המחקר, ביצענו עבודות פיתוח בכל הקשור ליישום תכשירים באמצעות מערכת הטיפטוף או בהזרקה בשדה תוך שימוש בתכשיר החיטוי DMDS אשר תכונותיו הפיזיקליות (נקודת רתיחה, לחץ אדים, מסיסות) דומים לאלה של כלורופיקרין. מסיסותו של DMDS במים קטנה ביותר להבדיל מתכשירי פורמלין ומתאם

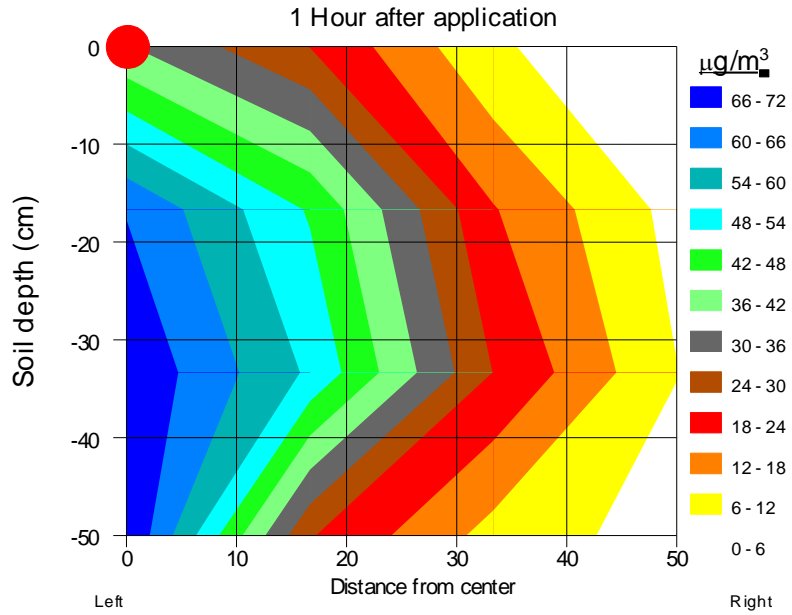
סודיום שמסילותם במים גדולה. לכן התכשיר מתאים יותר להבנה של תנועת התכשירים דוגמת כלורופיקרין בקרקע בהשפעת אמצעי יישום שונים. לתכשיר זה כושר קטילה של נמטודות, פטריות פתוגניות וזרעי עשבים. במקביל המשכנו בפיתוח המכשור ליישום מסחרי של תכשירים לחיטוי קרקע בשדה. בהמשך המחקר נתקבל אישור ליישום התכשיר ואז שולב גם כלורופיקרין בניסויים אלה והתוצאות מובאות בהמשך. הניסויים והממצאים מפורטים להלן

תנועה ופעילות של DMDS 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. במרכז כל חלקה נחפרה תעלה בעומק 50 ס"מ ובה נקבר בצורה אנכית משטח רשת בגדול 50X100 ס"מ ובמשבצות של 10 ס"מ. למשטח הרשת הוצמדו במקומות שונים צינוריות לדגימת כמות התכשיר וכן שקיות רשת ובהם פטריות בוחן ליעילות הקטילה. עם קבירת המשטחים אנכית מוקמו אמצעי הדגימה בעומקים שונים ובמרחק אופקי משתנה מנקודות יישום התכשיר. לאחר הצנעת אמצעי המדידה יישום התכשיר בוצע בשני אופנים.

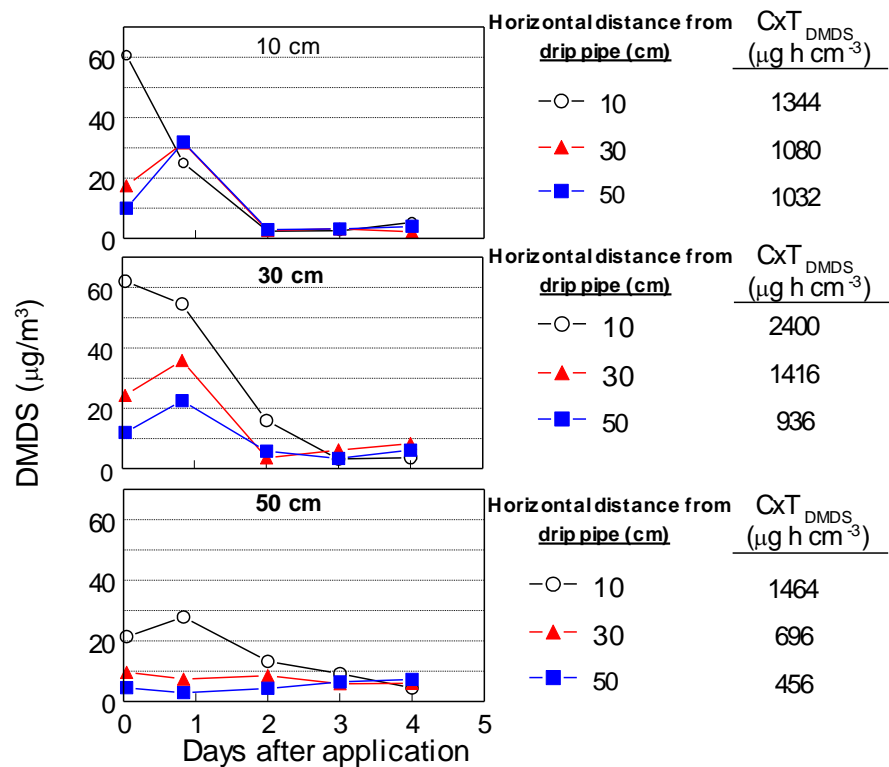
- יישום באמצעות השקיה בטפטוף. שני צינורות טפטוף שלאורכם קבועות טפטפות בספיקה של 2 ליטר שעה ובמרווחים של 30 ס"מ הוצבו במרווח 100 ס"מ. לאחר פרישת מערכת היישום, נפרשה על כל החלקה יריעת פלסטיק שקופה ומעליה רשת צל כדי למנוע חימום קרקע לדרגות של חיטוי סולרי. DMDS במינון 60 סמ"ק למ"ר הוזרם באמצעות נפח מי השקיה בכמות 30 ליטר למ"ר.
- יישום בהזרקה. לאחר הצנעת משטח הרשת הוחדר התכשיר באמצעות מזרק קרקע יעודי. התכשיר הוחדר לעומק 20 ס"מ בשני פסי הזרקה במרווח 100 ס"מ בין הפסים. מיד לאחר ההזרקה. נפרשה על כל החלקה יריעת פלסטיק שקופה ומעליה רשת צל כדי למנוע חימום קרקע לדרגות של חיטוי סולרי.

בפרקי זמן קצובים לאחר היישום נאספו דגימות מאווירת הקרקע ונקבע שעור התכשיר בעומקים השונים ובמרחק אופקי מנקודת היישום. שבוע לאחר יישום התכשיר, הוסרו היריעות ומשטח הרשת נשלף. שקיות הרשת הופרדו ונבדקה חיות הפטריות.

ביישום בטפטוף נראה כי תנועת התכשיר לעומק היא עם חזית ההרטבה ובדומה למים יוצר מעין "בצל" הרטבה בתכשיר החיטוי (איור 4). בדומה לכך נראית גם תנועת התכשיר לצדדים, ואולם התנועה לצדדים מוגבלת ואינה מאפשרת כיסוי של המרווח הגדול שבין צינורות הטפטוף (100 ס"מ). לאחר 24 שעות אנו רואים התגברות בתנועה אופקית של התכשיר ועליה בריכוז במרחק אופקי גדל מנקודת ההזרמה (איור 5). אולם, עיקר התכשיר הוא בעומק הקרקע מתחת לנקודת היישום ומצב זה נשמר לאורך כל פרק הזמן מהיישום ועד להיעלמות החומר מהקרקע.

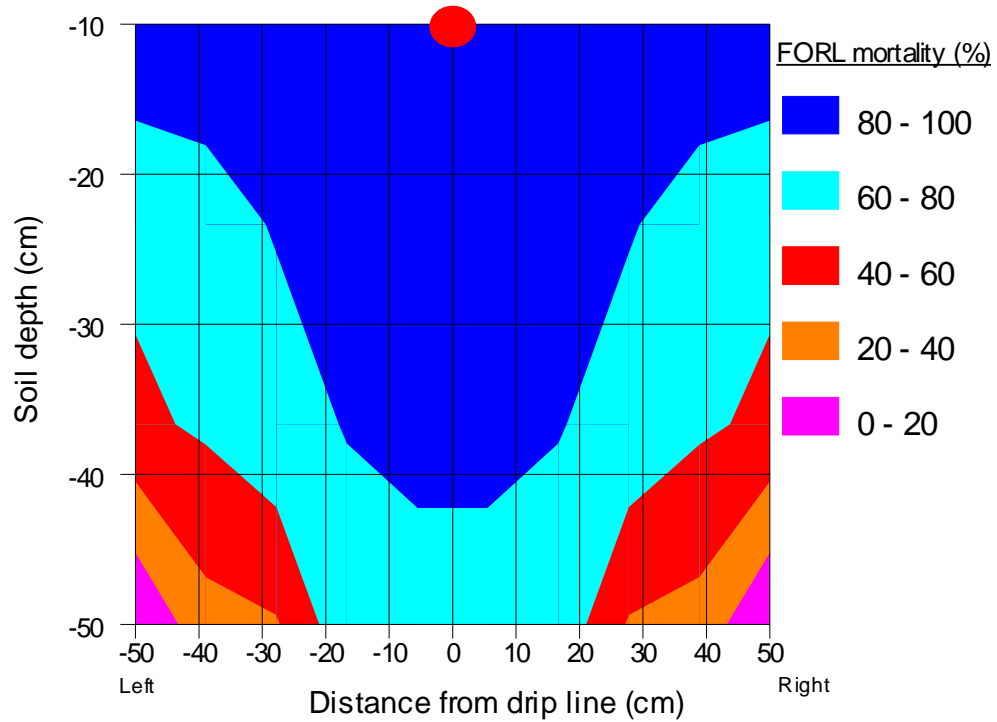


איור 4. התפלגות ריכוזי התכשיר DMDS באווירת הקרקע לאחר יישומו באמצעות מערכת השקיה בטיפטוף במינן 60 סמ"מ למ"ר. מיקום הטפטוף מצוין באמצעות נקודה כהה בפינה השמאלית העליונה.



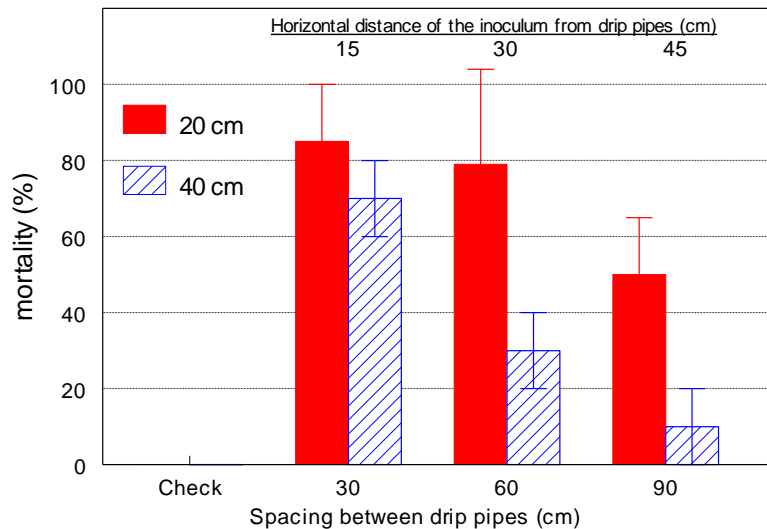
איור 5. התפלגות ריכוזי התכשיר DMDS באווירת הקרקע בעומעים שונים ובמרחק שונים בנקודת היישום, לאחר יישומו באמצעות מערכת השקיה בטיפטוף במינן 60 סמ"מ למ"ר. מיקום הטפטוף מצוין באמצעות נקודה כהה בפינה השמאלית העליונה.

קטילת פתוגן המבחן (פוזריום) הייתה בהתאמה לפיזור התכשיר בקרקע (איור 6). ניתן לראות בבירור כי המרחק האופקי שבו הושג קטילה מרבית הוא 40 ס"מ. דהיינו כדי להשיג קטילה טובה באמצעות יישום במערכת טפטוף, על שלוחות הטפטוף להיות במרווחים שאינם גדולים מ-40 ס"מ.



איור 6. קטילת הפטריה פוזריום בקרקע באמצעות DMDS, לאחר יישומו באמצעות מערכת השקיה בטיפטוף במינן 60 ס"מ למ"ר. מיקום הטפטוף מצוין באמצעות עיגול כהה בחלק העליון של האיור.

על מנת לבסס ממצאים אלה בוצעה מערכת ניסויים נוספת שדומה במתכונתה לאלו הקודמות. במערכת זו בחנו את המרווח האופטימלי שבין שלוחות הטפטוף לצורך השגת פיזור מיטבי של התכשיר וקטילה של הפגעים בכל השטח המחוטא. מערכת הצבת הניסויים נבחנו מרווחים של 15, 30, ו-60 ס"מ. כלמידופורות של פוזריום הוטמנו בעומקים שונים במרכז המרחק שבין שלוחות הטפטוף. באופן זה המרחק של הפטריות שהוטמנו היה 15, 30, ו-45 ס"מ. DMDS הוחדר במינן 60 ס"מ למ"ר כפי שתואר לעין. קטילה מיטבית של פטריית הבוחן הושגה כאשר המרווח בין שלוחות הטפטוף היה 30 ס"מ (איור 7). לעומת זאת, יישום התכשיר במרווחים גדולים יותר בין שלוחות הטפטוף תרם לקטילה חלקית בלבד. התוצאות שהושגו במערכות ניסויים אלה מצביעות כי פיזור אופטימלי של התכשירים יושג באמצעות יישום בטפטוף תוך הקפדה על המרווחים המתאימים בין שלוחות הטפטוף. בנוסף רצוי להשתמש בטפטפות בעלות ספיקה נמוכה על מנת להגביר את תנועת התכשיר לצדדים.



איור 7. קטילת הפטריה פוזריום בקרקע באמצעות DMDS, לאחר יישומו באמצעות מערכת השקיה בטיפטוף במינון 60 סמ"מ למ"ר. מיקום הטפטוף מצוין באמצעות עיגול כהה בחלק העליון של האיור.

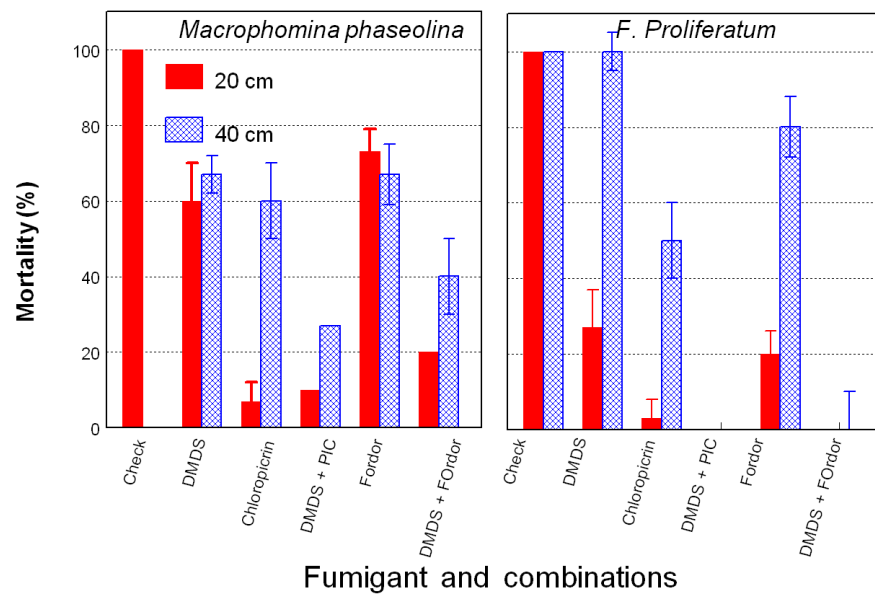
יישום כלורופיקרין בטיפטוף תחת יריעת פלסטיק

לאחר שהתקבל אישור במחצית תקופת המחקר ליישום כלורופיקרין בוצעו ניסויים לבחינת היישום שלו בחלקות קטנות. הניסויים תוכננו על בסיס הממצאים מניסויי היישום של התכשיר DMDS. בניסויים להלן בחנה רעילות כלורופיקרין בנפרד ובמשולב לפתוגנים בקרקע. הניסויים בוצעו במתכונת דומה. במערכת זו מרווח האופטימלי שבין שלוחות הטפטוף נשמר 30 ס"מ בין שלוחות הטפטוף ומרחק דומה בין הטפטפות לאורך כל שלוחה. גופי השתמרות של הפטריות הנבדקות הוטמנו בעומקים שונים במרכז החלקה. הטיפולים שנבחנו היו:

- היקש – קרקע ללא טיפול קרקע.
- DMDS – במינון 60 סמ"מ למ"ר
- כלורופיקרין – במינון 40
- פורדור (פורמלין) במינון 250 סמ"מ למ"ר
- שילוב בין התכשירים במינונים כפי שצויינו להלן.

יישום כל התכשירים (בין בנפרד או במשולב) בוצע באמצעות נפח השקיה 30 ליטר למ"ר. היישום בוצע במשך כל היישום. בכל הטיפולים בוצע חיפוי של הקרקע ביריעת פלסטיק שקופה אטומה למעבר גזים (VIF). לאחר החיפוי, נפרשה מעל היריעות רשת צל למניעת חיטוי סולרי של הקרקע. יום לאחר פרישת הפלסטיק, הוזרמו התכשירים. היריעה סולקה לאחר 8 ימי חשיפה, וגופי הריבוי של הפתוגנים הנבדקים הועברו לבדיקת חיוניות.

כלורופיקרין נראה יעיל בקטילת שני הפתוגנים שנבדקו בעיקר בשכבת הקרקע העליונה (איור 8). מאידך DMDS אינו יעיל כנגד מקרופומינה במינון שנבדק. ממצאים אלה תואמים את שנמצא בניסויי המעבדה. שילוב כלורופיקרין ו-DMDS תרם להגברת הרעילות כנגד שני הפתוגנים. גם שילוב DMDS ופורדור היו יעילים ביותר בשיפור הקטילה של הפגעים. נראה כי השילוב בין התכשירים בהחלט תורם ומהווה פוטנציאל לשיפור ההדברה של פגעים. השלב המתבקש הבא הוא צמצום המינונים.



איור 8 . קטילת פתוגנים בקרקע באמצעות כלורופיקרין, DMDS ושילובים ביניהם, לאחר יישום באמצעות מערכת השקיה בטיפטוף במינונים המצוינים סמ"ק למ"ר. בכל הטיפולים נשמר מרווח 30 ס"מ בין צינורות הטיפטוף

בעקבות הממצאים בוצעו ניסויים לבחינת השילוב של כלורופיקרין ו-DMDS בחיטוי סולרי. מטרת הניסוי היתה לבחון את השילוב ולכן החיטוי הסולרי היה קצר (שבועיים בלבד) הניסויים בוצעו במתכונת דומה לזו שתוארה בניסוי הקודם (יישום באמצעות מערכת השקיה בטיפטוף). גופי השתמרות של הפטריות הנבדקות הוטמנו בעומקים שונים במרכז החלקה. הטיפולים שנבחנו היו:

- היקש – קרקע ללא טיפול קרקע.
- חיטוי סולרי למשך שבועיים בלבד
- DMDS – במינון 60 סמ"ק למ"ר
- DMDS בשילוב חיטוי סולרי
- כלורופיקרין – במינון 40
- כלורופיקרין בשילוב חיטוי סולרי

תחילה חופו כל החלקות ביריעות פלסטיק שקופות. בטפולים שלא כללו חיטוי, נפרשה סולרי לאחר החיפוי מעל היריעות רשת צל למניעת חיטוי סולרי של הקרקע. שבוע לאחר פרישת הפלסטיק, הוזרמו התכשירים. היריעה סולקה לאחר 8 ימי חשיפה נוספים, וגופי הריבוי של הפתוגנים הנבדקים הועברו לבדיקת חיוניות. יישום כל התכשירים בוצע באמצעות נפח השקיה 30 ליטר למ"ר. היישום בוצע במשך כל היישום. בכל הטיפולים בוצע חיפוי של הקרקע ביריעת פלסטיק שקופה אטומה למעבר גזים (VIF). שילוב כלורופיקרין ו-DMDS בחיטוי סולרי תרם להגברת הרעילות כנגד שני הפתוגנים (איור 9). בולטת בעיקר התרומה של הקטילה לעומק. השיפור בקטילה חשוב בהתחשב בעובדה כי החיטוי הסולרי היה לזמן קצר. נראה כי השילוב בין התכשירים לחיטוי סולרי הוא בהחלט פיתרון לשיפור ההדברה של פגעים.

איור 9 . קטילת פתוגנים בקרקע באמצעות כלורופיקרין, DMDS ושילובם בחיטוי סולרי קצר (שבועיים), לאחר יישום באמצעות מערכת השקיה בטיפטוף במיננים המצוינים סמ"ק למ"ר. בכל הטיפולים נשמר מרווח 30 ס"מ בין צינורות הטיפטוף

ב. יישום באמצעות הזרקה.

תנועת התכשיר DMDS בקרקע נבחנה גם לאחר יישומו בהזרקה באמצעות מיכשור ידני. ניסויים אלה בוצעו במתכונת דומה לזו שתוארה ביישום באמצעות השקיה בטיפטוף. מבחן החי כלל בניסויים אלה כלמידוספורות של פוזריום וביצים של נמטודה יוצרת עפצים אשר הוטמנו על גבי משטח הרשת האנכי בדומה לאשר תואר לעיל. התכשיר הוזרק לעומק 20 ס"מ. לאורך פס במרווחים של 100 ס"מ בין פס הזרקה אחד למשנהו.

איור 10. קטילת נמטודות יוצרות עפצים (*Meloidogene javanica*) והפטריה פוזריום בקרקע באמצעות DMDS, לאחר יישום באמצעות הזרקה במזרקים ידניים במינון 60 סמ"ק למ"ר. מיקום ההזרקה מצוין באמצעות עיגול כהה בצד השמאלי של האיור.

קטילה מרבית של הנמטודות הושגה גם במרחק אופקי 50 ס"מ מנקודת ההזרקה (איור 10). לעומת זאת הושגה קטילה חלקית של פוזריום במרחק גדול מ-30 ס"מ מנקודות ההזרקה בדומה לאשר הושג ביישום בטיפטוף. ברור כי התכשיר מתפזר באופן מסוים גם למרחק העולה על 30 ס"מ מנקודת ההזרקה. ריכוז זה מספיק לקטילת פגעים רגישים במיוחד (נמטודות במקרה של DMDS), אך לא לקטילת פגעים רגישים פחות. על כן דרושה מידת פיזור ראשוני טובה יותר בשדה על מנת להשיג הדברה מיטבית בתנאי שדה.

3. פיתוח מיכון להזרקת תכשירים לקרקע תחת יריעת חיפוי

התאמות המכונה לתנאי הגידול בארץ

לצורך פיתוח אמצעים ליישום יעיל ובטוח של תכשירי כלורופיקרין ותכשירי חיטוי בכלל, נקבע בתוכנית זו העיקרון כי יישום התכשירים כולו יבוצע תחת יריעות פלסטיק. מכיוון שהתוכנית עוסקת בתכשיר חיטוי רצינו בשלב ראשון לצמצם את החשיפה החיצונית לתכשיר למינימום, ובנוסף לשלב את התכשיר בחימום מקדים של הקרקע (חיטוי סולרי). בעבודות מוקדמות שביצענו בשנים עברו, מצאנו כי שילוב חיטוי סולרי בתכשירים לחיטוי קרקע משיג תוצאות מרביות כאשר התכשיר מוזרם לקרקע שבוע לאחר חיפוי הקרקע. יישום כזה מבוצע באופן מסחרי בשדות כאשר התכשיר מוזרם באמצעות מערכת השקיה בטפטוף אשר מונחת בחלקה. היישום בטפטוף חייב להתבצע במערכות מים מנותקות (ראה פינצ' להלן). עם זאת בחלקות בהם אין אפשרות להניח מערכת טפטוף (או שישנו איסור על שימוש כזה), יש צורך בפיתוח אחר. מכונה שעונה לצרכים אלה פותחה לפני מספר שנים בפלורידה. למרות שהתנאים בפלורידה שונים מאשר בארץ, נראה כי מכונה כזו עשויה להתאים לצרכי המחקר. קיבוץ יטבתה שהיה בעל עניין רב בנושא לצרכי חיטוי הקרקעות שלו, רכש וייבא מכונה אשר שמשה לצורכי ניסוי. כל הניסויים במכונה זו בוצעו בשדות הערבה הדרומית. המכונה מבוססת על דיסקים פולחים אשר עוקבים אחרי גלגלי הטרקטור משני צידי הערוגה המחופה ופולחים שני חריצים בשבילים שבין הערוגות. להב אופקי נמצא מאחרי כל דיסק פולח ובאופן זה חודר לתוך הערוגה ונע באופן אופקי בתוך הקרקע מתחת לפלסטיק. מאחורי הלהבים קיימים פתחים דרכם מוזרם תכשיר החיטוי לתוך הערוגה. חיפוי הקרקע והטמפרטורה הגבוהה בעוקבות החיטוי הסולרי גורמים לפיזור משני של התכשיר בנפח הקרקע שמתחת לחיפוי.

הלהבים המקורים של המכונה (אשר יובאה מפלורידה) מותאמים לערוגות מוגבהות וצרות. לעומתן, שיטת הגידול בארץ מבוססת על ערוגות רחבות יותר בעיקר בקרקע חולית אשר מנחיתה את הערוגות. בשלב ראשון התאמנו את המכונה והצלחנו להפעיל אותה ולהחדיר את הלהבים אל מתחת לחיפוי הפלסטיק. העובדה כי הערוגות בארץ אינן מוגבהות הקשתה על החדרת הלהבים מבלי לפגום בפלסטיק. שינויים שבוצעו בלהבים אפשרו את ביצוע הפעולה. מערכת ההזרקה הקיימת במיכון מאפשרת החדרה של תכשירים במינונים הרצויים. בהפעלות שביצענו נראה בבירור כי הלהבים קצרים בהתייחס לרוחב הערוגה. ברור היה כי ישנו צורך בשיפור המיכון והתאמתו לתנאי הגידול בארץ. התאמת המכשיר כללה בשלב ראשון בניית מערכת הזרקה שונה אשר מתאימה לתנאי הערוגות בארץ. הלהבים הקיימים הוחלפו בלהבים ארוכים יותר (איור 11) באורך 50 ס"מ. על כל להב הותקנו שני נחירי הזרקה נוזל (בהשוואה לנחיר אחד במערכת המקורית). בהצבה זו, מוזרק תכשיר החיטוי בארבעה פסי הזרקה מתחת ליריעת הפלסטיק וכן מוחדר קרוב יותר למרכז הערוגה בהשוואה למערכת ההזרקה המקורית. בנוסף, שונה מערכת הכיסוי אשר עוקבת את מערכת ההזרקה כדי לכסות את הפלסטיק בצורה טובה יותר.

איור 11. השינויים שבוצעו במיכון להזרקת תכשירים תחת חיפוי פלסטיק (ימין) בהשוואה למערכת המקורית (שמאל). הותקנו להבים ארוכים יותר וכן מערכת דיסקים לכיסוי טוב יותר של הפלסטיק לאחר ההזרקה.

בחירת פיזור התכשירים באמצעות המיכון המשופר

בחנו את מידת הפיזור של התכשיר מתאם סודיום באמצעות המיכון המשופר. הניסויים הוצבו בחלקות בקיבוץ יטבתה ובחוות הניסויים של מו"פ ערבה דרומית. החלקה הוכנה לקראת חיטוי קרקע בערוגות, הושקתה לקיבול שדה וחופתה ביריעות פלסטיק שקופות (על גבי הערוגות בלבד) להפעלת חיטוי סולרי. שבועיים לאחר ביצוע החיפוי הזרקנו תכשיר מתאם סודיום במינון 40 סמ"ק למ"ר. מיד לאחר ההזרקה נלקחו דוגמאות קרקע מחמש נקודות לרוחב הערוגה. הדוגמאות הוכנסו למיכלי זכוכית אטומים שבהם היו שקיות רשת ובהם גופי ריבוי של הפטריה פוזרים אשר שימשה לבחינת קטילה. חמש שעות לאחר הזרקת התכשיר בוצעה דגימה נוספת באופן דומה. הדגימה מיד לאחר ההזרקה מציינת את הפיזור הראשוני של התכשיר באמצעות המיכון, בעוד שהדגימה לאחר חמש שעות מציינת את הפיזור המשני שנגזר מהפיזור הראשוני, מתכונות התכשיר, טמפרטורת הקרקע, וחיפוי הקרקע. המיכלים הובאו למעבדה ובוצעו הבדיקות הבאות.

- בדיקת כמות החומר הפעיל MITC באוירת הקרקע שבמיכלים. בוצע באמצעות נטילת דגימה לגז כרומטוגרף.
- בדיקת קטילה. המיכלים הושארו בהדגרה בטמפרטורה של 25 מעלות למשך שבוע. לאחר מכן נפתחו ושקיות הרשת ובהם פטריות הבוחן. נבדקה חיות הפטריות במכלים השונים.

איור 12. פיזור ראשוני ומשני של התכשיר מתאם סודיום לאחר יישום בהזרקה תחת חיפוי פלסטיק במכונה היעודית. ערכים מציינים את כמות MITC כפי שנמדדה באווירת הקרקע במכלים שנאספו מהחלקה שעה וחמש שעות לאחר ההזרקה. להבים קצרים וארוכים, ראה איור 11

הפיזור הראשוני של התכשיר מכסה את איזור שבו ממוקמים נחירי ההזרקה (איור 12). ניתן לראות כי יישום בלהבים המקורים גורם לכיסוי בשני פסים בלבד בשלב הראשון. גם הפיזור באמצעות הלהבים החדשים ממוקד לאזור הנחירים, אך הוא טוב יותר, שכן הוא מבוצע בארבעה פסי הזרקה. בשני הטיפולים, הפיזור הראשוני של התכשיר אינו מגיע למרכז הערוגה אשר מרוחק מנחירי הזרקה בשני סוגי הלהבים (איור 12). עם זאת לאחר 5 שעות אנו רואים פיזור טוב של התכשיר לכל רוחב הערוגה בלהבים הארוכים, אשר נובע מתנועת התכשיר בפאזה הגזית כתוצאה מחימום הקרקע ולכידת התכשיר תחת יריעת החיטוי.

ממצאים מקבלים חיזוק גם מתוצאות ההדברה. במכלים שנאספו מיד לאחר ההזרקה מתקבלת קטילה רק באזור פסי ההזרקה. לעומת זאת במכלים שנאספו חמש שעות לאחר ההזרקה מתקבלת הדברה לרוחב כל הערוגה.

איור 13. פיזור ראשוני ומשני של התכשיר מתאם סודיום לאחר יישום בהזרקה תחת חיפוי פלסטיק במכונה הייעודית. ערכים מציינים את קטילת הפטריה פוזריום, אשר הודגרה למשך במכלים שנאספו מהחלקה שעה וחמש שעות לאחר ההזרקה. להבים קצרים וארוכים, ראה איור 11

ג. ניסויי שדה לבחינת יעילות הדברת פגעים.

במקביל לבחינת הביצועים של המכונה, ביצענו ניסויים להדברת פוזריום בבצל בחלקות בצל בערבה דרומית. הטיפולים כללו היקש וחיטוי משולב סולרי והזרקה של מתאם סודיום. הניסויים בוצעו בשתי חלקות שמיועדות לגידול בצל ואשר מאולחות בגורם הניוון.

בניסוי הראשון בוצעה השוואה בין תכשירי החיטוי מתאם סודיום (אדיגן) ובזאמיד. התכשיר בזאמיד שהוא מוצק פוזר באמצעות כלי יעודי והוצנע בתיחוח. אדיגן הוחדר בשתי שיטות. הראשונה באמצעות מערכת טיפטוף (שלוש שלוחות לערוגה), או באמצעות המכונה. אדיגן יושם במינון 40 ליטר לדונם שהוא מינון נמוך מהמומלץ ללא שילוב. בניסוי זה לא בוצע חיטוי סולרי לבדו שכן חיטוי זה אינו יעיל בהדברת המחלה.

תוצאות הניסוי (איור 13) הצביעו על השגת הדברה יעילה של הניוון כפי שהוא מתבטא ביבול. החיטוי במכונה השיג יבול גבוה אשר היה מובהק מהחלקות ללא חיטוי. החיטוי במכונה היה דומה ביעילותו לזה שבוצע באמצעות יישום בטפטוף.

איור 14. השפעת חיטוי קרקע במתאם סודיום (אדיגן) על יבול בצל. בזאמיד במינון 10 ו-20 ק"ג לדונם ואדיגן במינון 40 ליטר לדונם הוחדרו לקרקע כפי שפורט.

בניסוי השני בוצעה השוואה בין שיטות היישום מתאם סודיום (אדיגן). אדיגן הוחדר בשתי שיטות. הראשונה באמצעות מערכת המטרה (60 ליטר לדונם), או באמצעות המכונה. אדיגן במכונה יושם במינון 40 או 60 ליטר לדונם שהוא מינון נמוך מהמומלץ ללא שילוב. גם בניסוי זה לא בוצע חיטוי סולרי לבדו שכן חיטוי זה אינו יעיל בהדברת המחלה.

איור 15. השפעת חיטוי קרקע במתאם סודיום (אדיגן) על יבול בצל. ואדיגן במינון 40 ו-60 ליטר לדונם הוחדרו לקרקע באמצעות המכונה, ובמינון 60 ליטר לדונם בהמטרה.

תוצאות הניסוי (איור 15) הצביעו על השגת הדברה יעילה של הניווך כפי שהוא מתבטא ביבול. החיטוי באמצעות המטרה אינו יעיל כפי שהוכח בעבודות קודמות. החיטוי במכונה השיג יבול גבוה אשר היה מובהק מהחלקות ללא חיטוי ומהחיטוי בהמטרה. כמו כן מצאנו כי אין צורך במינון מלא ביישום במכונה על מנת להשיג הדברה יעילה.

סביר להניח כי הלהבים הקצרים בהם השתמשנו (כפי שהובאו מפלורידה) לא מספקים פיזור אחיד לכל רוחב הערוגה. לכן נבנו להבים חדשים אשר מתאימים לאגרוטכניקה ורוחב הערוגות המקובל בארץ. להבים אלה יוכנסו לבחינה בשנת המחקר השנייה. שינויים אלה יאפשרו לבחון במהירות על יעילות המיכון ולשפר את ביצועיו בגידולים הרלוונטים.

בדיקת מכשור נוסף להזרקה תכשירי חיטוי

במסגרת תוכנית המחקר ניסינו לבחון גם מכשור נוסף להזרקה על מנת לתת מענה גם ליישום תכשירי ללא חשיפה מוקדמת של הקרקע לחיטוי סולרי. בשנה זו הובאה מחו"ל מכונה ליישום תכשירי חיטוי אשר מבוססת על ריסוס התכשיר לפני מתחת אשר מפזרת ומצניעה את התכשיר. יריעת פלסטיק נפרשת מיד לאחר מכן על הערוגה המוחפה.

בחינות של המכונה בשלבים מוקדמים העלו בעיות קשות בעיקר של מפגעי בטיחות. התייחסו גורם לפיזור אדים של התכשיר מחוץ לאזור החיטוי ומהווה סיכון לבטיחות המפעיל והסביבה. על כן המשך העבודה במכשור זה הופסק.

בעתיד ננסה לבחון מכשור נוסף במידה שיהיה רלוונטי.

בנית מערכת מנותקת ליישום באמצעות טפטוף.

יישום תכשירים באמצעות מערכת ההשקיה מבוצע במקרים רבים תוך התחברות למערכת המים המרכזית. מערכת היישום כוללת התקנים למניעת זרימה חוזרת של מים ותכשיר הדברה לתוך מערכת המים. בעבר אירעו מקרים רבים של זרימה חוזרת של מי מעורבים בתכשירי הדברה. לצורך מניעת המפגע והגברת הבטיחות, תוכננה והופעלה מערכת מנותקת לגמרי ממערכת המים המרכזית ואשר מאפשרת יישום בטוח של תכשירי חיטוי. המערכת מבוססת על המערכות הקיימות כיום בתוספת יחידה נוספת אשר מפרידה את מערכת המים המרכזית ממערכת הזרמת התכשיר לקרקע (איור 16). במערכת החדשה מוזרמים המים למיכל ערבוב שבו אין חיבור צנרת פיזי חזרה למערכת המים הראשית. בצורה זאת אין אפשרות לזרימה חוזרת של המים.

המערכת מופעלת כיום בהצלחה על ידי מרבית הקבלנים שמבצעים חיטוי קרקע בארץ. מפרט המערכת הועבר גם למשרד החקלאות ומשרד להגנת הסביבה אשר אמונים על התקנת תקנות ליישום תכשירי הדברה.

איור 16. מערכת להחדרת תכשירי חיטוי לקרקע באמצעות מים.

סיכום:

מטרות המחקר היו (1) להחדיר את הכלורופיקרין כתכשיר לחיטוי קרקע בישראל כאמצעי נוסף בהדברת פגעי קרקע; (2) לפתח ולבסס טכנולוגיה ליישום תכשירים לחיטוי קרקע משולבות בחיפוי הקרקע ביריעות פלסטיק במהלך ההזרקה. במהלך התוכנית בחנו את יעילותם של תכשירים חדשים לחיטוי קרקע ופיתחנו אמצעים ליישום יעיל ובטיחותי הממצאים העיקריים של המחקר:

- בניסויים מבוקרים בחנו את יעילותם של התכשירים בקטילת מיגוון פתוגנים שונים. DMDS נמצא יעיל בקטילת נמטודות. לקטילת פתוגנים נדרש מינון גבוה יותר של התכשיר. כלורופיקרין קוטל ביעילות פטריות. שני התכשירים אינם יעילים בקטילת הפטריה מקרופומינה.
- שילוב תכשירי חיטוי מאפשר השגת קטילה טובה יותר של הפגעים וגם הקטנת מינונים. השילוב גורם במקרים מסויימים סינרגיה בין החומרים והגברת הרעילות לפגעים הנקטלים.
- יישום התכשירים בשדה באמצעות מערכת השקיה בטפטוף, מחייב מרווח מקסימלי בין שלוחות הטפטוף כדי להשיג פיזור אחיד של התכשיר ולקטילה יעילה של הפגעים שנבחנו. מרחק זה לא יעלה על 40 ס"מ ביישום התכשירים כלורופיקרין ו-DMDS
- שילוב התכשירים DMDS וכלורופיקרין שיפר את הקטילה של פגעי קרקע רבים. באופן דומה שיפרנו את הקטילה באמצעות שילובים נוספים, ושילוב התכשירים בחיטוי סולרי.

- על מנת ליישם יישום בטוח של התכשירים פותחו שני אמצעים. הזרמת התכשירים באמצעות מערכת ההשקיה מבוצעת במערכת מנותקת באמצעות מיכל ביניים אשר אינו מאפשר זרימה חוזרת של תכשירי הדברה למערכת המים המרכזית. במקביל פיתחנו אמצעי להזרקת תכשירי חיטוי לקרקע תחת יריעות פלסטיק קיימות. הפיתוח מבוסס על מכונה קיימת אשר הובאה מפלורידה ואשר בוצעו בה שיפורים ושינויים רבים כגון, הארכת להבי ההזרקה, תוספת נחירי הזרקה. בנוסף שופר כיסוי הפלסטיק לאחר החיטוי. שיפורים אלה הביאו לפיזור טוב יותר של התכשיר בכל נפח הערוגה המטופל והדברה יעילה של הפגעים שנבחנו. נבחנה גם מכונה נוספת, אך הטיפול בה הופסק עקב בעיות בטיחות.

הממצאים מעבודה זאת מדגישים את השיפור הרב שהושג בפעילותם של תכשירי החיטוי החדשים בעקבות פיתוח אמצעי יישום יעילים של תכשירי החיטוי החדשים. בנוסף הוגברה הבטיחות בשימוש בתכשירים אלה באמצעות פיתוח אמצעי יישום בטיחותיים ויעילים.

סיכום עם שאלות מנחות

מטרות המחקר לתקופת הדו"ח:

פיזור אופטימלי של תכשירי חיטוי באמצעות יישום בשדה בהזרקה ובהשקיה. פיתוח והתאמת מיכון ליישום כלורופיקרין ותכשירי חיטוי נוספים בהזרקה לקרקע וחיפוי עוקב ביריעות פלסטיק.

עיקרי הניסויים והתוצאות שהושגו:

העבודה התמקדה במקביל הן בבחינת יעילותם של התכשירים החדשים לחיטוי קרקע כגון DMDS וכלורופיקרין וכן כפיתוח אמצעי יישום טובים. נבחנה יעילותם של התכשירים DMDS וכלורופיקרין בנפרד ובמשולב בקטילתם של פגעי קרקע רבים. על מנת ליישם יישום בטוח של התכשירים פותחו שני אמצעים. הזרמת התכשירים באמצעות מערכת ההשקיה מבוצעת במערכת מנותקת באמצעות מיכל ביניים אשר אינו מאפשר זרימה חוזרת של תכשירי הדברה למערכת המים המרכזית. במקביל פיתחנו אמצעי להזרקה תכשירי חיטוי לקרקע תחת יריעות פלסטיק קיימות. הפיתוח מבוסס על מכונה קיימת אשר הובאה מפלורידה ואשר בוצעו בה שיפורים ושינויים רבים כגון, הארכת להבי ההזרקה, תוספת נחירי הזרקה. בנוסף שופר כיסוי הפלסטיק לאחר החיטוי. שיפורים אלה הביאו לפיזור טוב יותר של התכשיר בכל נפח הערוגה המטופל והדברה יעילה של הפגעים שנבחנו. נבחנה גם מכונה נוספת, אך הטיפול בה הופסק עקב בעיות בטיחות. הממצאים מעבודה זאת מדגישים את השיפור הרב שהושג בפעילותם של תכשירי החיטוי החדשים בעקבות פיתוח אמצעי יישום יעילים של תכשירי החיטוי החדשים. בנוסף הוגברה הבטיחות בשימוש בתכשירים אלה באמצעות פיתוח אמצעי יישום בטיחותיים ויעילים.

המסקנות המדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו:

שילוב בתכשירים מקנה יעילות קטילה טובה. אפקט מרבי מתכשירי החיטוי יושג ביישום נכון אשר נגזר מהבנת תכונות התכשיר ואמצעי היישום. פיתוח אמצעי יישום הן במערכת השקיה והן במכונה הוא יעיל וחוסך זיהום וסיכון באזורים צפופי אוכלוסין.

הבעיות שנתרו לפיתרון:

המשך פיתוח ושיפור המיכון להזרקה תחת יריעות פלסטיק וחיטוי סולרי הרחבת היישום למערכות חקלאיות נוספות.

האם הוחל בהפצת הידע:

כן, היישומים מבוצעים כיום באופן מסחרי על ידי חקלאים וקבלנים

פרסום הדוח:

אני ממליץ לפרסם את הדוח: (סמן אחת מהאופציות)

לא בשלב זה. <