

שימוש בצמחי תבלין ותוצריהם כאמצעי יעיל להדברת מחלות שורש בגידול צמחי תבלין

The use of herb as organic amendment for the control of soilborne diseases in herb crops

דו"ח מסכם לתוכנית מחקר מס' 459-0394-07

מוגשת לקרן המדען הראשי
ע"י

אברהם גמליאל , מרים אוסטרוביץ' המעבדה ליישום שיטות הדברה, המכון להנדסה חקלאית, מנהל
המחקר

הלל מנור אליאנה רבינוביץ, שה"ס הגנת הצומח

ציון דקו – מו"פ בית שאן

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

Hillel Manor, Elianan Rabinowichm, Exention Service, Arava

Zion Deko, , R&D Bet Shean

הממצאים בדו"ח זה הנם תוצאות ניסויים

הניסויים ואינם מהווים המלצות לחקלאים

חתימת החוקר

תקציר

מטרת המחקר היא לפתח ממשק כולל להדברת פיגעי קרקע בצמחי תבלין אשר כוללת הצנעת תוספים תוספים אורגנים ואמצעים פיזיקליים נוספים. במסגרת המחקר נבחן את השפעת של שיירי צמחי שונים בקטילת פגעי קרקע. במקביל נבחן יישומן של המרכיבים הפעילים בשיירי הצמחים כתוסף בפני עצמו.

בשנה הראשונה התמקדנו בבחינת מערכת מעבדתית מבוקרת שבאמצעות ניתן לחקות את התהליכים שמתרחשים בקרקע במהלך הצנעת חומר אורגני במשטר רגיל או מקביל למשטר חיטוי סולרי. במערכת זו בחנו את קטילתם של גופי ריבוי שהוצנעו בקרקע בהשפעת הצנתם של שיירי צמחי תבלין, רוקולה, קורנית, רוזמרין, מרווה ומנתה. מצאנו כי חיותם של גופי ריבוי של פוזריום ונמטודות גם פתוגנים אחרים הופחתה בצורה מובהקת בהשפעת תוספת שיירי הצמחים וחימום במשטר חיטוי סולרי.

בשנה השניה נבחן כושרן של קרקעות מטופלות לדכא את התבססותם המחודשת של גורמי מחלות בתום התהליך. לצורך כך בוצעה הצנעה של שיירי צמחי תבלין בקרקעות במערכת המעבדתית וגם בחלקות שדה קטנות. בתום תהליך הטיפול אווררו הקרקעות למשך חודש ולאחר מכן אולחו במכוון בגורמי מחלות כגון נמטודות עפצים ופוזריום רקבון השורשים במלפפון. מצאנו כי התבססותם של נמטודות יוצרות עפצים ופוזריום במלפפון דוכאה ביותר בקרקע מטופלת כפי שהתבטא בנגיעות צמחי הבוחן מלפפון ועגבניה בהשוואה לנגעות בקרקע מאולחת שלא טופלה בשיירי צמחי תבלין.

בשנה השלישית נבחנו מנגנונים אפשריים לתנגודת הקרקע. נמצא כי נוצרת עמידות מושרית אך לא מובהקת. העמידות המושרית נוצרת כתוצאה מהשפעת החומרים הנדיפים אשר משתחררים בקרקע במהלך פירוק החומר האורגני, אולם מקורו גם במקטע המסיס של הקרקע. תנגודת הקרקע אינה משפיעה באופן ישיר על כמות הפתוגנים בקרקע או על חיוניותם. המשך המחקר יתמקד בהערכת המאזן המיקרוביאלי אשר משפיע אולי על יצירת והתבססות תנגודת הקרקע.

א. מבוא ותיאור הבעיה

גדול צמחי תבלין טריים בבתי צמיחה ליצוא הינו ענף עתיר עבודה והכנסה המתפתח במהירות. הגידול האינטנסיבי של מגוון רחב של סוגי צמחים במשך כל השנה גורם להופעה והתפרצות מחלות שורש רבות. הגישה המקובלת להדברה של פגעי קרקע היא ע"י חיטוי לפני הזריעה או השתילה באמצעים הרסניים על מנת להגיע לכל אתר בקרקע בו שוכנים פתוגנים. חיטוי כימי מלווה לעתים בהשפעות לוואי שליליות כגון ספקטרום פעילות מוגבל למספר קבוצות של פתוגנים, פגיעה באוכלוסיות מועילות בקרקע ונזקים של זיהום הסביבה. המודעות לאיכות הסביבה והצטברות מידע לגבי פוטנציאל הנזק הסביבתי שעלולים לגרום תכשירים לחיטוי קרקע גרמו להצבת מגבלות על השימוש בתכשירים כאלה. מגבלות אלה מותירות תחום מצומצם בלבד של אמצעים לחיטוי ומציבות קושי להתמודדות עם פגעי קרקע. במצב דברים כזה פיתוח שיטות לא כימיות יעילות הינו נחוץ ביותר.

הדברת פתוגנים ע"י הצנעת חומר אורגני בקרקע הינה גישה מנוגדת להדברה הכימית. הצנעת חומרים אורגנים (זבל אורגני ובמיוחד קומפוסט) בקרקע עשויה לדכא מחלות שורש. העשרת הקרקע בחומר אורגני מכוונת לקטול פתוגנים ובמקביל לעודד את כלל אוכלוסיות המיקרואורגניזמים ובניהם כאלו אשר מונעים את פעילותם של הפתוגנים. שיירי צמחים (מצליבים, צמחים ארומטיים ואחרים) הינם גנרטור חזק לייצור תרכובות נדיפות רעילות בקרקע. צמחי תבלין מכילים מגוון רחב של צמחים בעלי תרכובות שמנים אתרים שחלקם בעלי פעילות אנטימיקרוביאלית. שני גורמים עיקריים, טמפרטורה ואוכלוסיות מיקרואורגניזמים בקרקע, משפיעים על קצב פירוק חומרי אורגני ועל יצירה שחרור תרכובות נדיפות. לכן, ניתן להגביר

קטילת פתוגנים בחיטוי סולרי על ידי שילובו בהצנעת תרכובות אורגניות כפי שהוזכרו. ענף גידול צמחי תבלין יכול לשמש מודל טוב ללימוד ויישום שיטת חיטוי זו שכן צמחי התבלין נפגעים ממגוון רחב של פגעי קרקע ויישום אמצעים כימיים אינו תמיד אפשרי. מאידך החקלאים מגדלים מגוון של צמחים, ולכן ניתן לבצע רוטציה ומחזור גידולים בחלקות. בנוסף, גידולים אלה מאופיינים בכמות גדולה של שיירי הצמחים שזמינים להצנעה בקרקע.

ב. מטרות המחקר

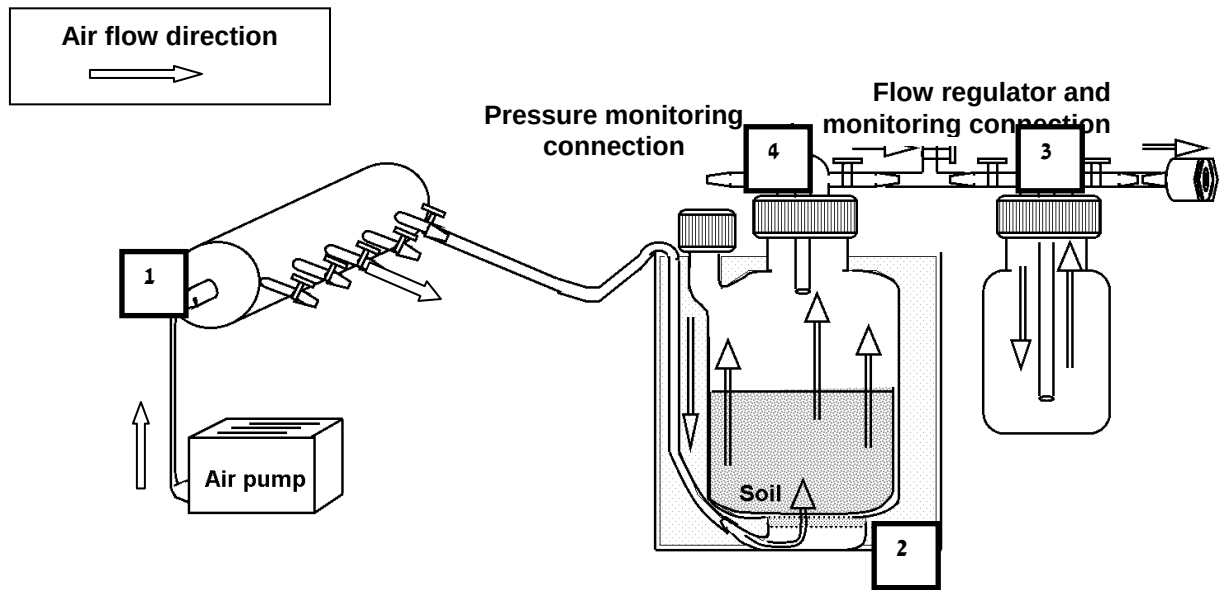
מטרתו הבסיסית של המחקר הינו אופטימיזציה של הדברת פגעי קרקע בצמחי תבלין במערכת משקית על ידי שילוב הצנעת חומר אורגני שמקורו בשיירי צמחי תבלין. במסגרת זאת יעדי המחקר בפירוט הם:

- אופטימיזציה של ההדברה על ידי ההצנעה של השיירים, שילובם באמצעים נוספים כמו חיטוי סולרי, וממשק גידול בחלקות מסחריות.
- לימוד השפעות ארוכות טווח של ההדברה בקרקע על דיכוי התבססותם המחודשת של פתוגנים.

ניסויים ותוצאות לשנת המחקר הראשונה

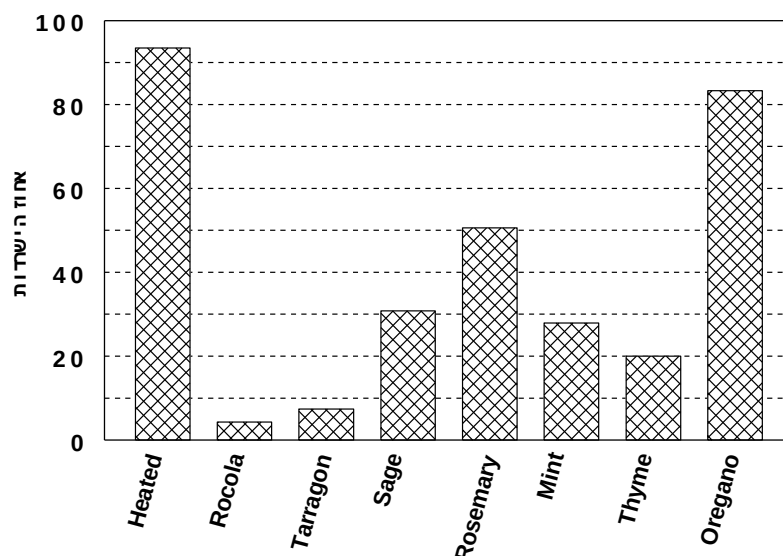
א. סקירת שיירי צמחים שונים במערכת מעבדתית מבוקרת

הסריקה בוצעה במערכת מבוקרת מבוססת על מיכלי זכוכית ייעודיים, בנפח 2 ליטר, שאליהם מוכנסת הקרקע, או תערובת של קרקע עם תוסף אורגני. מיכלי הקרקע מוצבים באמבטים מנירוסטה, מלאים מים, המחוממים באמצעות גופי חימום המצוידים במנגנון סחרור, להבטחת חימום אחיד בכל נפח האמבטים. החימום מתבצע במחזור יומי, על פי עקום חימום סולרי בעומק קרקע מסוים, שמפוקח ע"י אוגר נתונים אלקטרוני. במיכלי הקרקע מתאפשרת שליטה ובקרה על אוירת הקרקע, ע"י הזרמת אוויר בכיוון אחד, מתחתית המיכל כלפי מעלה, דרך הקרקע שבמיכל, ודיגום לצורך מדידת משתנים שונים בקרקע ובאווירה שמעליה בתוך המיכל. מיכל נוסף מזכוכית משמש לבחינת השפעה של מרכיבים נדיפים שמשחררים מהקרקע והוא ממוקם מחוץ לאמבט החימום ונמצא בטמפ' החדר. המכלים מחוברים כולם למערכת הזרמת אוויר אחידה בכל מערכת הניסוי. מערכת האוויר מבוססת על אוורור איטי של הקרקע, אשר מונע מחד היווצרות תנאים אנאירוביים לאורך זמן, ומאידך שומר על נוכחות התרכובות הנדיפות במערכת לפרק זמן אשר מספיק להשפעתן. (איור 1)



איור 1: מערכת מעבדתית לחימום קרקע בתנאי איורור משתנים, הכוללת אמבט מים, מיכלי ניסוי ומערכת איורור. 1. אוויר נדחס ע"י משאבת דיאפרגמה לסעפת נירוסטה בנפח שני ליטר, המחלקת אותו באופן אחיד, דרך צינורות PVC, למיכלי הניסוי שבתוך האמבטים. (עד 18 מיכלים לכל משטר חימום). 2. האוויר במיכלי הניסוי מוזרם בכיוון הבא: מתא הזכוכית שבתחתית מיכל הקרקע, דרך הקרקע, אל מיכל החשיפה. 3. לפתח שני במכסה מיכל החשיפה, מחובר ווסת לזרימת אוויר שבו מותקנת דיסקית בעלת חריר בקוטר 8 אלפיות האינץ', המגבילה את כמות האוויר שיוצאת מהמיכל. הווסת גורם למהירות זרימת אוויר אחידה בכל המיכלים, שנשמרת באמצעות על-לחץ בשיעור של 60-70 Pascal. ניתן לחבר את הווסת למד זרימה (0-200 KI (Key Instruments, Trevose, PA, USA) סמ"ק/דקה. 4. ברז חיבור למד לחץ, 0-200 Pascal, (Micatrone, Solna, Germany), שמאפשר את קביעת הלחץ במערכת.

לקרקע הנבחת הוספו שיירי צמחי התבלין הנבחרים. המיכלים הודגרו במשטר חימום בהתאם לטיפול, למשך ארבעה שבועות. גופי הקיימא של הפטריה *Fusarium oxysporum f. sp. radisici lycopersici* אשר שמשו לצורך המבחן הוצנעו בתוך שקיות רשת, וחיות גופי הריבוי נבחנו בתום הטיפול.



איור 2. השפעת הצנעה של שיירי תבלינים בקרקע וחימומה במשטר חיטוי סולרי במערכת מבוקרת למשך 4 שבועות, על חיות הפטריה *Fusarium oxysporum f. sp. radisici lycopersici* שהודגרה בקרקעות המטופלות.

ניתן לראות כי מרבית השיירים שנבחנו גורמים לקטילה של גופי הריבוי של הפטריה שנבחנו (איור 2) וגם של פטריות אחרות ונמטודות יוצרות עפצים.

ניסויים ותוצאות לשנת המחקר השניה

יצירת תנגודת קרקע לאילוח מחודש של פגעים בתום החיטוי

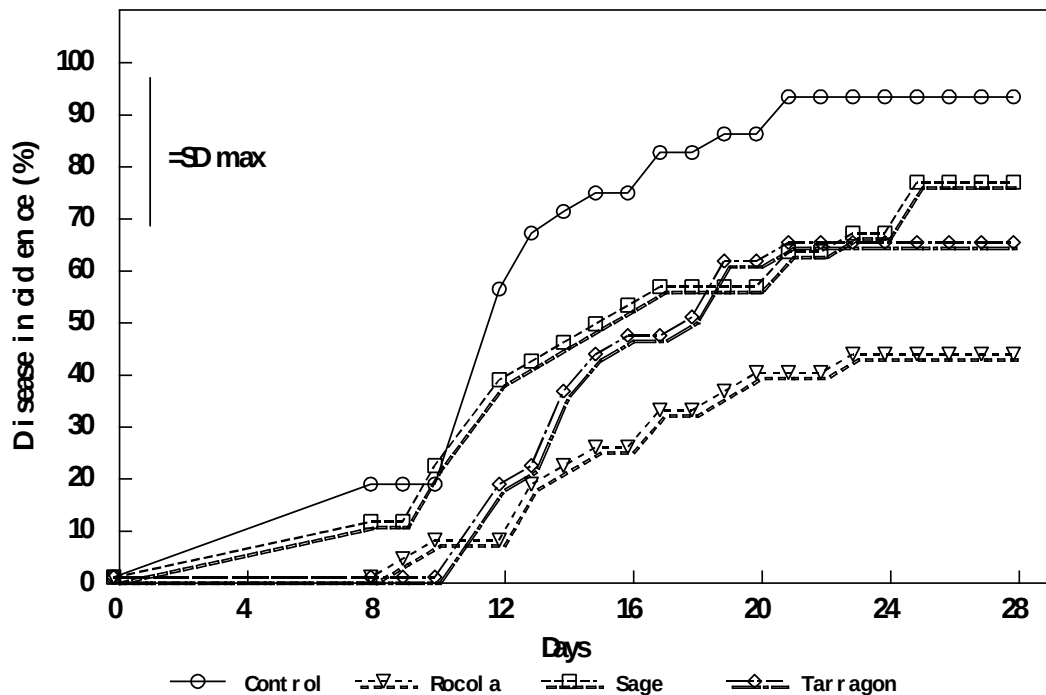
מטרה נוספת שהחלנו בבחינתה בשנה הראשונה ובעיקר בשנה השניה היא כושרן של קרקעות שהוצנעו בהם שיירי צמחים לדכא את התבססותם המחודשת של גורמי מחלות בתום התהליך. תנגודת קרקע מוגדרת כמניעת התבססות גורמי פגעים בקרקע כאשר הם מוחדרים אליה לאחר גמר הטיפול. כלומר כל התנאים להתפתחות הפתוגן קיימים (הפתוגן קיים וצמח רגיש גדל) אך התבטאות המחלה קטנה בהשוואה לתנאים דומים בקרקע ללא טיפול. קרקעות לבחינת תנגודת הוכנו בשני אופנים:

1. בוצעה הצנעה של שיירי צמחי תבלין בקרקעות במערכת המעבדתית. בתום תהליך הטיפול הוצעה הקרקע מהמיכלים, יובשה באויר (בטמפרטורות החדר), למשך חודש ולאחר מכן הוכנסה לניסוי.
2. שיירי צמחים הוצעו בקרקעות שונות, והוכנסו למכלים פתוחים, כדי שלושה רבעים מגובהם. הרבע העליון מולא בקרקע רחובות ללא שיירי צמחים ושימש לבחינת השפעת חומרים נדיפים אשר נדדו מהקרקע שמתחת על הקרקע העליונה. הקרקעות הוכנסו למחפורות בתוך חלקות שדה אשר חופו ביריעות פליאטילן למהלך של חיטוי סולרי, או בתוספת רשת צל לטיפול מוצל. בתום ארבעה שבועות של טיפול הוצאו הדליים, והופרדו שני מקטעי הקרקע. כל מקטע יובש ונפרד ושימש לאחר מכן לניסויי האילוח.

אילוח הקרקעות בוצע בניסויי עציצים בחממה. הקרקעות מולאו בקרקעות בטיפולים השונים. לאחר מכן נשתלו שתילי מלפפון או עגבניה לצורך מבחני אילוח במלת פוזריום רקבון הכתר במלפפון ונמטודות יוצרות עפצים.

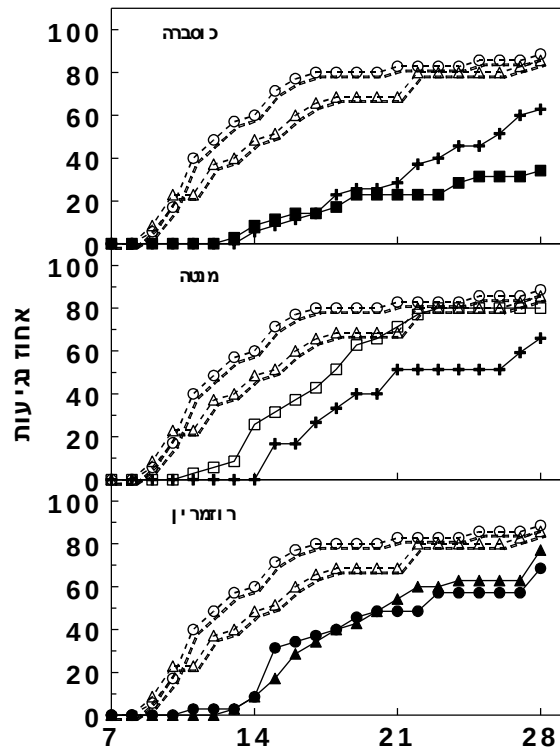
יצירת תנגודת קרקע למחלת פוזריום ריקבון הכתר במלפפון

מאקרונידיות מגבעול נגוע של צמח מלפפון גורדו לתוך מי ברז והורחפו לקבלת 150,000 cfu/ml. שורשים של שתילי מלפפון בני 5 ימים נקטמו ונטבלו בתרחיף הנבגים למשך שתי דקות. לאחר מכן נשתלו הצמחים בעציץ שהכיל קרקע שטופלו בשיירי צמחים כפי שתואר בסעיף א. לעיל. במקביל בוצעו הביקורות המתאימות. תחלואת הצמחים נמדדה במשך 4 שבועות מהאילוח.



איור 3. השפעת טיפול מקדים בקרקעות בשיירי צמחים על התבססות גורם מחלת ריקבון הכתר במלפפון ועל שיעור נגיעות הצמחים בהם.

ניתן לראות כי בקרקעות שהוצנעו בהם שיירי תבלין היה עיכוב מובהק בהתבססות הפטריה ובתחלואת הצמחים (איור 3). ההדיכוי החזק ביותר התקבל בקרקע שהוצנעו בה שיירי רוקולה. גם קרקע שהוצנעו בה שיירי טרגון או מרווה היו יעילים בדיכוי התבססות פוזריום המלפפון ובהקטנת התחלואה. נבחנה גם הצנעת צמחי תבלין אשר אינם ידועים כקוטלים פגעים במהלך הצנעתם בקרקע. לצורך כך נבחנו צמחים כגון גד השדה (כוסברה) ומנטה. גם בקרקעות שטופלו בתוספים דוגמת כוסברה ומנטה התפתח שיעור מסויים של תנגודת קרקע (איור 4). ניתן להסיק כי המנגנונים אשר משפיעים על קטילה של פגעים במהלך הצנעתם של השיירים בקרקע שונים מאלה אשר משפיעים על תנגודת קרקע.



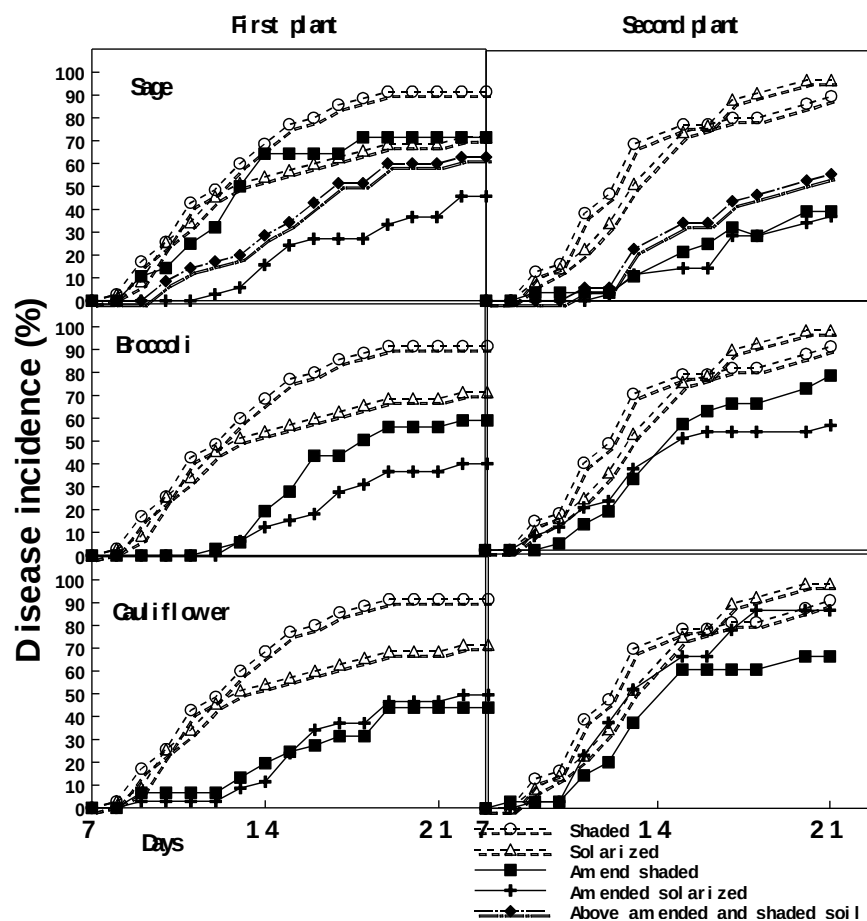
איור 4. השפעת טיפול מקדים בקרקעות בשיירי צמחים על התבססות גורם מחלת ריקבון הכתר במלפפון ועל שיעור נגיעות הצמחים בהם. סימנים מלאים מציינים תוספים אורגנים, סימנים רקים מציינים טיפולים ללא תוספים אורגנים.

יצירת תנגודת בקרקעות שונות למחלת פורזריום ריקבון הכתר במלפפון

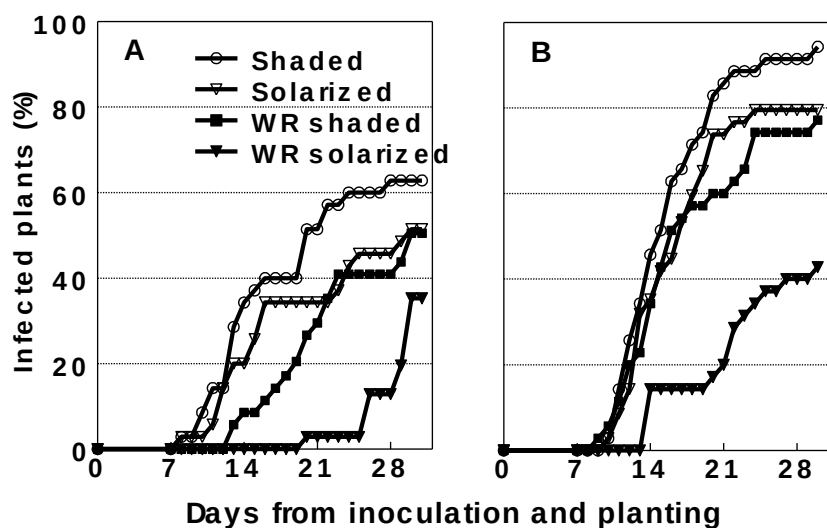
בחנו את כושרן של קרקעות שונות ליצור תנגודת קרקע. מצאנו כי בשלושת הקרקעות שבחנו, קרקע רחובות, בית דגן ועין תמר, התבטאה תנגודת קרקע לאחר הצנעת שיירי רוקולה בקרקע ללא הבדל בין הקרקעות. הממצאים הללו מצביעים כי יצירת תנגודת הקרקע קשורה באוכלוסיות מיקרואורגניזמים אשר מתבססים בקרקע ללא קשר לסוג הקרקע.

יצירת תנגודת קרקע למחלת פורזריום ריקבון הכתר במלפפון בעקבות אילוחים חוזרים

בחנו את כושרה של הקרקע לדכא את מחלת ריקבון הכתר גם לאחר אילוח חוזר בגורם המחלה ומספר מחזורי גידול. לצורך כך אולחו הקרקעות המטופלות בגורם המחלה, הצמחים גודלו, נרשמה הנגיעות ולאחר גמר הניסוי נעקרו הצמחים. הקרקעות יובשו למשך ארבעה עד שישה שבועות. לאחר מכן בוצע שתילה מחודשת בקרקע ובוצע אילוח מחודש. פעולה זו בוצעה במשך שלוש פעמים. ניתן לראות כי בקרקעות שהוצנעו בהם שיירי תבלין היה עיכוב מובהק בהתבססות הפטריה ובתחלואת הצמחים גם לאחר אילוח שני (איור 5) ואפילו לאחר אילוח שלישי ברציפות. ההדיכוי החזק ביותר התקבל בקרקע שהוצנעו בה שיירי רוקולה.



איור 5. השפעת טיפול מקדים בקרקעות בשיירי צמחים ואילוח חוזר בפוזריום רקבון הכתר על התבססות גורם מחלת ריקבון הכתר במלפפון ועל שיעור נגיעות הצמחים בהם.

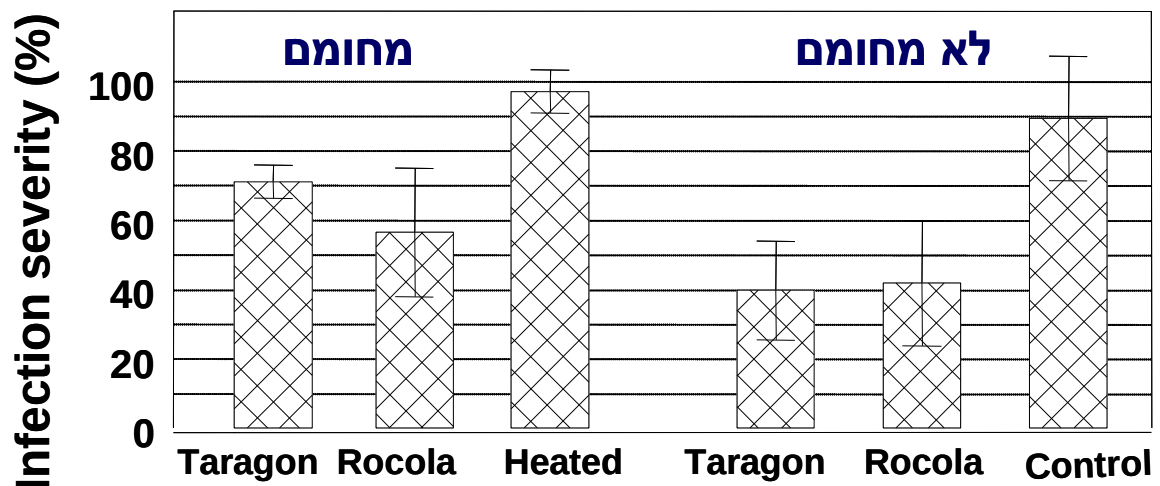


איור 6. השפעת טיפול מקדים בקרקעות בשיירי רוקולה ואילוח חוזר בפוזריום רקבון הכתר על התבססות גורם מחלת ריקבון הכתר במלפפון ועל שיעור נגיעות הצמחים בהם. איור שמאלי – אילוח ושתילה ראשוניים, איור ימני – שלושה אילוחים חוזרים.

2. תנגודת קרקע לנמטודות יוצרות עפצים.

ביצים של נמטודות יוצרות עפצים הופרדו משורשים נגועים בעפצים והורחפו במים. שתילי עגבניות נשתלו בעציץ שהכיל קרקע שטופלו בשיירי צמחים כפי שתואר בסעיף א. לעיל. לכל עציץ הוספו בגומת השתילה

תרחיף של ביצי נמטודות במינון 500 ביצים לשתיל. 4 שבועות מהאילוח נעקרו הצמחים ונקבעה נגיעות השורשים בעפצים.



איור 7. השפעת טיפול מקדים בקרקעות בשיירי צמחים על התבססות נמטודות יוצרות עפצים בקרקע ועל שיעור נגיעות שורשי עגבניות בעפצים.

ניתן לראות כי בקרקעות שהוצנעו בהם שיירי הצמחים טרגון ורוקולה היה עיכוב מובהק ביצירת עפצים בשורשים בהשוואה לקרקע לא מטופלת. תוצאה מעניינת שהתקבלה היא כי קרקע שטופלה בשיירי תבלינים ללא שילוב של חיטוי סולרי הגיבה בדיכוי יותר מאשר קרקע בשילוב חיטוי סולרי (איור 7). לא היה הבדל בעוצמת הדיכוי בין קרקע שהוצנעו בה שיירי רוקולה לבין קרקע שהוצנעו בה שיירי טרגון.

ניסויים ותוצאות לשנת המחקר השלישית

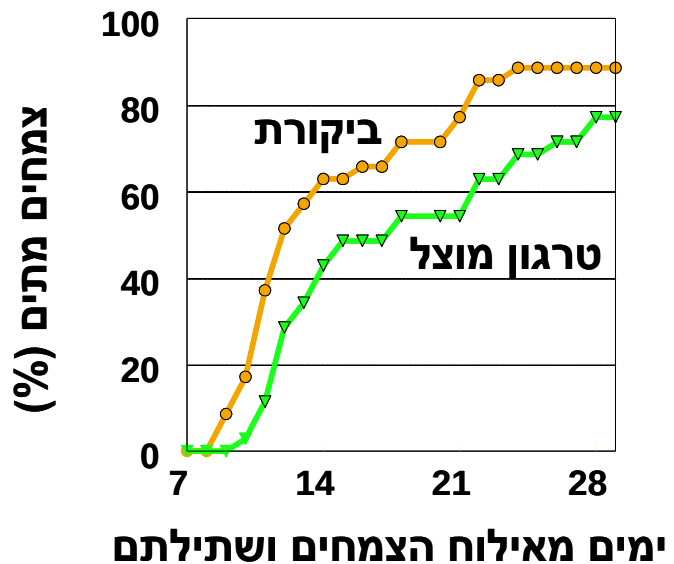
המנגנונים המעורבים יצירת תנגודת קרקע לאילוח מחודש של פגעים בתום החיטוי

המטרה העיקרית בשנה השלישית היא בדיקת המנגנונים המעורבי ביצירת תנגודת קרקע נבדקו מספר מנגנונים.

1. השראת עמידות

בשלב הראשון בדקנו האם עמידות הקרקע נובעת מרכישת תכונה לעמידות בצמח, כלומר, חשיפת הצמח לקרקע שהוצנעו בה שיירי רוקולה מעבירה סיגנל לעמידות לצמח. בחינה המנגנון נעשתה באופן הבא: שתילים של מלפפון נשתלו בקרקע לאחר שהוצנעו בה שיירי צמחי רוקולה. לאחר שבוע של גידול נעקרו הצמחים. הצמחים נטבלו בתרחיף של נבגי הפטריה *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis cucumerinu* אשר גורמת לנבילת וריקבון הכתר בצמחי מלפפון. הצמחים גודלו למשך שלושה שבועות שמהלכם נקבעה תחלואת הצמחים בעקבות האילוח.

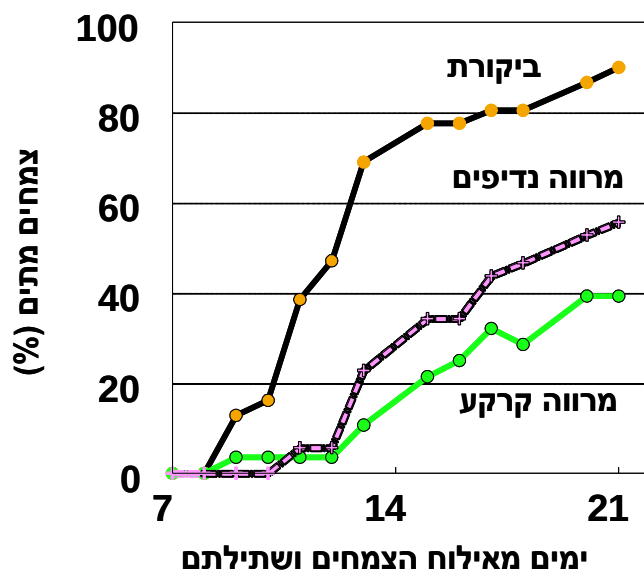
חשיפה מוקדמת של הצמחים וגידול בקרקע שטופלה בשיירי צמחים של טרגון גרמה להשראה מסוימת של עמידות בצמחי המלפפון (איור 8). זוהי אינה עמידות מלאה של הצמח לפתוגן, אך ניתן לראות כי ישנו כיוון של יצירת עמידות בצמח בהשפעת הגידול בקרקע לאחר טיפול בשיירים האורגניים.



איור 8. השפעת שתילה מוקדמת של צמחי מלפפון בקרקע שטופלה ברוקולה ואילוח מאוחר בפתוגן *Fusarium oxysporum* f sp. *radicis cucumerinum* על שיעור נגיעות צמחי מלפפון.

2. השפעת תרכובות נדיפות על יצירת עמידות הקרקע

בשלב שני בדקנו האם עמידות הקרקע נובעת מהתרכובות הנדיפות אשר משחררות לקרקע במהלך פירוק החומר האורגני. כדי לברר תכונה זו הוצנעו בקרקע מכלים ובהם שתי שכבות קרקע. השכבה התחתונה (20 ס"מ) הכילה קרקע רחובות שעורבבו בה שיירים של מרווה רפואית (1% משקלי). השכבה מעל הכילה קרקע רחובות בלבד. השכבות הופרדו ביניהן באמצעות רשת כדי לאפשר הפרדתן בתום התהליך. המכלים הוצנעו בקרקע אשר חופתה ביריעת פוליאילתילן ורשת צל כדי למנוע התחממות. בתום ארבעה שבועות הוצאו המכלים והופרדו שכבות הקרקע. כל שכבת קרקע הוכנסה לעציצים. שתילי מלפפון נטבלו בתרחיף של נבגי הפטריה *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis cucumerinu* אשר גורמת לנבילת וריקבון הכתר בצמחי מלפפון. הצמחים גודלו למשך שלושה שבועות שמהלכם נקבעה תחלואת הצמחים בעקבות האילוח.



איור 9. השפעת טיפול מקדים בקרקעות בשיירי צמחים או חשיפתם לחומרים הנדיפים שהשתחררו על התבססות נמטודות יוצרות עפצים בקרקע ועל שיעור נגיעות שורשי עגבניות בעפצים.

חשיפת קרקע לשיירי צמחים או חומרים נדיפים אשר השתחררו מהם, גוררת התבטאות עמידות של צמחים לאילוח בפוזריום של מלפפון (איור 9). שיעור המחלה בצמחים אשר אולחו בקרקע רגילה הוא מרבי ומגיע לתמותה מלאה. לעומת זאת בקרקע שהוצנעו בה שיירי מרווה נבלם שיעור התחלואה לשיעור מרבי של 40 אחוז. שיעור התחלואה בקרקע שנחשפה לתרכובות הנדיפות שהשתחררו מקרקע שהוצנעו בהם שיירי מרווה היה 55 אחוז. הממצאים הללו מרמזים כי תנגודת הקרקע נוצרת בחלקה בעיקבות השפעת התרכובות הנדיפות אשר משתחררות במהלך התפרקות החומר האורגני בקרקע. עם זאת, התרכובות הנדיפות אינן מסבירות את כל תופעת התנגודת וקיימים מרכיבים נוספים.

3. השפעת מיצוי הקרקע על פתוגנים

לאחר שנמצא כי התרכובות הנדיפות משפיעות על יצירת תנגודת הקרקע, בחנו את מעורבות מרכיבים בתמיסת הקרקע בתופעה. על מנת למצות את המרכיבים בקרקע ולהבין את מנגנון הפעולה בוצע מיצוי קרקע באופן הבא:

קרקע שהוצנעו בה שיירי צמחים ולאחר חודש של הדגרה הורטבה לקבלת עיסה רוויה (פי שלוש מקיבול שדה) למשך מספר שעות. מיצוי הנוזלים מהקרקע בוצע באמצעות סירכוז. הקרקע הוכנסה לחלק הפנימי של מיכל כפול שהיה מסנן רשת (80 מ"מ). במהלך הסירכוז הופרדו המים וחלקיקי הקרקע הקטנים ועברו למיכל החיצוני והקרקע נשארה במיכל הפנימי. מיצוי הקרקע הועבר סינון באמצעות סיבי זכוכית להפרדת חלקיקי קרקע גסים אשר לא הופרדו בתהליך הסירכוז הראשוני. בשלב שני מיצוי הקרקע הועבר סינון נוסף באמצעות נייר ווטמן 42 אשר אינו מאפשר לחרסיות הקרקע לעבור. באופן זה התסנין מכיל רק מיצוי נוזלי ומיקרואורגניזמים חופשיים שאינם ספוחים לחלקיקי קרקע.

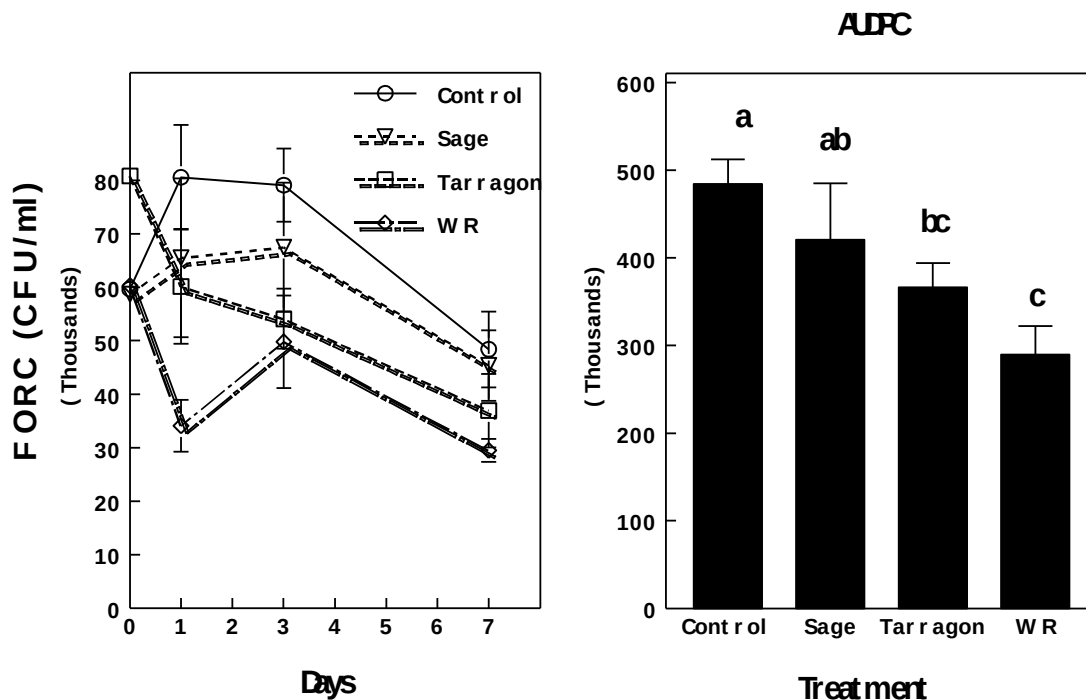
השפעת המיצוי על תנגודת הקרקע נבחנה בשני אופנים:

א. אילוח צמחים בפתוגנים. שתילי מלפפון נטבלו בתרחיף של נבגי הפטריה *Fusarium oxysporum f. sp. radialis cucumerinu* אשר גורמת לנבילת וריקבון הכתר בצמחי מלפפון. מיד לאחר האילוח הושקו הצמחים במיצוי קרקע כפי שצויין לעיל הצמחים גודלו למשך שלושה שבועות שמהלכם נקבעה תחלואת הצמחים בעקבות האילוח.

למיצוי הקרקע היתה השפעה מסוימת על דיכוי המחלה, אולם השפעה זו לא היתה מובהקת. ייתכן כי ההשפעה המועטה נובעת משיטת העבודה שבה הצמח נחשף למיצוי הקרקע ולפתוגן בעת ובעונה אחת ולא ניתנה למיצוי הזדמנות להשפיע על הצמח לפני אילוח הצמחים.

ב. השפעה ישירה על הפתוגן. נבגים של הפטריה *Fusarium oxysporum f. sp.* הוכנסו לתמיסה שהכילה מיצוי קרקע שהוצנעו בה תוספים שונים. לאחר ההוספה נבדקה חיוניות הנבגים לאורך זמן.

מיצוי הקרקע לא השפיע באופן מובהק על חיוניות הנבגים (איור 10). ניתן לראות כי ישנה פחיתה מסוימת בחיוניות בהשפעת מיצוי של רוקולה (WR) אולם פחיתה זו אינה מובהקת.



איור 10. השפעת מיצוי קרקע על חיוניות נבגים של הפטריה *Fusarium oxysporum f. sp.*

סיכום

- הצנעת שיירי צמחי תבלין כגון, קורנית, רוזמרין, מרווה, טרגון ורוקולה, מנטה בשילוב חיטוי סולרי וגורמים לקטילה של גופי הריבוי של פטריות פתוגניות כגון פוזריום, ריזוקטוניה, דוררת וכן ונמטודות יוצרות עפצים.
- בקרקות שהוצנעו בהם שיירים של צמחי תבלין מתפתחת תנגודת קרקע לאילוח מחודש של פטריות פתוגניות. בקרקות שהוצנעו בהם שיירי תבלין היה עיכוב מובהק בהתבססות פוזריום של מלפפון ובתחלואת הצמחים. ההדיכוי החזק ביותר התקבל בקרקע שהוצנעו בה שיירי רוקולה. גם קרקע שהוצנעו בה שיירי טרגון או מרווה היו יעילים בדיכוי התבססות פוזריום המלפפון ובהקטנת התחלואה.
- ניתן לראות כי בקרקות שהוצנעו בהם שיירי הצמחים טרגון ורוקולה היה עיכוב מובהק ביצירת עפצים בשורשים בהשוואה לקרקע לא מטופלת. תוצאה מעניינת שהתקבלה היא כי קרקע שטופלה בשיירי תבלינים ללא שילוב של חיטוי סולרי הגיבה בדיכוי חזק יותר מאשר קרקע בשילוב חיטוי סולרי (איור 4). לא היה הבדל בעוצמת הדיכוי בין קרקע שהוצנעו בה שיירי רוקולה לבין קרקע שהוצנעו בה שיירי טרגון.
- יצירת תנגודת הקרקע היא תופעה שקשורה בשינויים באוכלוסיות הקרקע. שינויים אלה הם יציבים ובאים לידי ביטוי בתנגודת קרקע גם לאחר אילוח שני ושלישי לאחר הטיפול בקרקע.

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:

- מטרתו הבסיסית של המחקר הינו אופטימיזציה של הדברת פגעי קרקע בצמחי תבלין במערכת משקית על ידי שילוב הצנעת חומר אורגני שמקורו בשיירי צמחי תבלין. במסגרת זאת יעדי המחקר בפירוט הם:
- אופטימיזציה של ההדברה על ידי ההצנעה של השיירים, שילובם באמצעים נוספים כמו חיטוי סולרי, וממשק גידול בחלקות מסחריות.
 - לימוד השפעות ארוכות טווח של ההדברה בקרקע על דיכוי התבססותם המחודשת של פתוגנים.

עיקרי הניסויים והתוצאות שהושגו:

הצנעת שיירי צמחי תבלין כגון, קורנית, רוזמרין, מרווה, טרגון וקולה, מנטה בשילוב חיטוי סולרי גורמים לקטילה של גופי הריבוי של פטריות פתוגניות כגון פוזריום, ריזוקטוניה, דוררת וכן ונמטודות יוצרות עפצים.

בקרקות שהוצנעו בהם שיירים של צמחי תבלין מתפתחת תנגודת קרקע לאילוח מחודש של פטריות פתוגניות. בקרקות שהוצנעו בהם שיירי תבלין היה עיכוב מובהק בהתבססות פוזריום של מלפפון ובתחלואת הצמחים. ההדיכוי החזק ביותר התקבל בקרקע שהוצנעו בה שיירי רוקולה. גם קרקע שהוצנעו בה שיירי טרגון או מרווה היו יעילים בדיכוי התבססות פוזריום המלפפון ובהקטנת התחלואה. ניתן לראות כי בקרקות שהוצנעו בהם שיירי הצמחים היה עיכוב מובהק ביצירת עפצים בשורשים בהשוואה לקרקע לא מטופלת. תוצאה מעניינת שהתקבלה היא כי קרקע שטופלה בשיירי תבלינים ללא שילוב של חיטוי סולרי הגיבה בדיכוי חזק יותר מאשר קרקע בשילוב חיטוי סולרי. לא היה הבדל בעוצמת הדיכוי בין קרקע שהוצנעו בה שיירי רוקולה לבין קרקע שהוצנעו בה שיירי טרגון תנגודת הקרקע אינה משפיעה באופן ישיר על כמות הפתוגנים בקרקע או על חיוניותם. המשך המחקר יתמקד בהערכת המאזן המיקרוביאלי אשר משפיע אולי על יצירת והתבססות תנגודת הקרקע.

המסקנות המדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו:

בקרקות שהוצנעו בהם שיירי צמחים שמקורם בצמחי תבלין ואשר מחוממות במשטר של חיטוי סולרי מתפתחת שרשרת תהליכים אשר מסייעת לקטלת פגעים בקרקע במהלך התהליך. בתום התהליך נוצר בקרקע שווי משקל אשר מייצר תנגודת קרקע לאילוח מחודש של פגעים ולהבססותם. המשך המחקר מתמקד בהתאמת ממשק זה לשימוש החקלאי. בנוסף יתמקד המחקר בהבנת המנגנונים להתליכים אלה.

הבעיות שנתקו לפיתרון:

התאמת הגישה ליישום על ידי החקלאי ובכלל זה שיטות העבודה שיבוצע על ידי החקלאי. המשך הבנת התהליכים אשר קשורים ביצירת תנגודת קרקע.

האם הוחל בהפצת הידע:

הידע מיישום כיום באופן מסחרי במשקי תבלינים