

מועצה אזורית אשכול
מועצה אזורית שדות נגב
מועצה אזורית מרחבים



משרד החקלאות ופיתוח הכפר
קרן קיימת לישראל
המשרד לפיתוח הנגב והגליל
ההסתדרות הציונית העולמית-החטיבה להתיישבות

NEGEV AGRICULTURAL R&D CENTER



דו"ח מסכם 2023-2025

תכנית קק"ל



1.

מו"פ דרום / דו"ח שנתי

- מספר מחקר: קק"ל

- שם התכנית: שימוש בתכשירים מיקרוביאליים וטיפול קרקע למניעת מחלת ריקבון הכתר בגידול עגבנייה מסחרי

- חוקרת ראשית: טל אוגד, מו"פ דרום, חוקר ירקות.

- חוקרים שותפים: יואל מסיקה, מו"פ דרום, חוקר הגנת הצומח. טלי אילני, מו"פ דרום, חוקרת קרקע ומים. חגי רענן, מנהל המחקר החקלאי – גילת, ניסויים מבוקרים וכימות מיקרוביולוגיה כללית בקרקע. עומר פרנקל, חוקר במנהל המחקר החקלאי וולקני ייעוץ, כימות וזיהוי פתוגן, מקור אילוח.

- סטטוס התכנית: הסתיימה

- מועד התחלה וסיום התכנית: ינואר 2023 – דצמבר 2025

2.

תקציר

מחלת רקבון הכתר בעגבנייה (*Fusarium Crown and Root Rot*) הנגרמת על ידי *Fusarium oxysporum f. sp. radicles-lycopersici* מהווה מחלה שכיחה בחבל הבשור שגורמת לנבילה והתמוטטות של שתילי עגבניות וצמחי עגבנייה בוגרים. המחלה שכיחה במהלך גידול בעונות חורף ואביב ועבודות שנעשו בעבר הראו ייתכנות של הדברה ביולוגית על ידי נוכחות של מיקרואורגניזמים אנטגוניסטים בקרקע (1). במחקר זה יישמו מספר רב של תוספי קרקע שיש ביכולתם לשנות את הרכב המיקרוביום בקרקע ונבדקה יכולתם לשפר את בריאות הצמח ויבול העגבנייה על רקע מחלת ריקבון הכתר. נמצאו מספר תוספי קרקע יעילים, הכוללים את תכשיר חברת EM ותוסף קרקע מסוג נוטריצ'אר של חברת אור פחם הארץ. נמצא שניתן להשתמש בבדיקת קרקע של חברת BECROP שזמינה כשרות לחקלאי ככלי לניטור בריאות ופוריות הקרקע.

3.

רקע קצר ותיאור הבעיה

היקף גידול העגבניות בישראל שאינן לתעשייה היינו כ 29,000 דונם מתוכם כ 57% מגודלים בחבל הבשור בבתי צמיחה הכוללים בתי רשת וחממות. מגדלי העגבנייה משתמשים בבתי צמיחה במחזורי גידול עוקבים (מונוקולטורה) וכתוצאה נוצרות מחלות קרקע הכוללות בין היתר מחלת ריקבון הכתר. מחלת ריקבון הכתר (*Fusarium Crown and Root Rot*) בעגבנייה נגרמת על ידי הפטרייה *Fusarium oxysporum f. sp. radicles-lycopersici* (1). בחבל הבשור מחלת ריקבון הכתר שכיחה במהלך המעבר מחורף לאביב וגורמות לנזקים כלכליים למגדלי האזור כתוצאה מנבילת שתילים והתמוטטות צמחים בוגרים. ההתמודדות עם מחלת ריקבון הכתר נעשית על ידי שימוש בכנות, זנים עמידים, עיבודי קרקע, מחזור זרעים וחיטוי קרקע שמייקרים את עלות הגידול. שימוש בטיפול קרקע מיקרוביאליים יכול לאפשר כלי נוסף בהתמודדות עם המחלה (2,3) וצמצום נזקים כלכליים. טיפולים מיקרוביאליים לקרקע ניתן ליישם בצורה קלה ומהירה על ידי הזרמה שלהם במערכת הטפטוף ובנוסף יש כיום מספר הולך וגדל של תכשירים מסחריים בשוק. השימוש בתכשירים אלה יכול להתבצע בשילוב של סוגי קומפוסט שונים שגם להם ישנה השפעה על המיקרוביולוגיה של הקרקע. עבודות שנעשו בעבר הראו את הייתכנות של טיפולי קרקע

מיקרוביאלים בהורדת רמת המחלה של רקבון הכתר (1,2,3). לכן נדרשת עבודה עם תכשירים הקיימים בשוק ישראל תחת תנאי גידול מקומיים כדי לפתח פרוטוקול טיפול כנגד המחלה בגידול מסחרי של עגבנייה בחבל הבשור.

4. מטרות המחקר

מטרה ראשית: מציאת שילוב של תכשירים מיקרוביאלים לטיפול קרקע כנגד מחלת רקבון הכתר בעגבנייה בחבל הבשור.

מטרה משנית: הבנה טובה יותר של אופן הפעולה של טיפולי קרקע מיקרוביאלים כנגד מחלת רקבון הכתר והשפעתה על האוכלוסייה המיקרוביאלית בקרקע בגידול עגבנייה בחבל הבשור.

5. מהלך המחקר ושיטות עבודה

דו"ח זה הינו דו"ח מסכם של שלוש שנות מחקר 2023-5. הניסויים שנעשו במהלך שנים א וב סוכמו כל אחד בדו"ח נפרד שנכתב בסוף כל שנה ויש בו פירוט של מהלך המחקר ושיטות העבודה לאותה שנה. באופן כללי מהלך המחקר ושיטת העבודה בשלושת שנות המחקר היה דומה.

אילוח במחלת רקבון הכתר: בשנה א של המחקר ביצענו הדבקה מכוונת של האדמה ששימשה לביצוע המחקר במחלת ריקבון הכתר. ההדבקה נעשתה על ידי ערבוב אדמה מקומית שמקורה במו"פ דרום עם אדמה שנאספה משטח של חקלאי מקומי שיש בה היסטוריה של המחלה. הערבוב נעשה ביחס של 1 יחידות אדמה מאולחת עם 60 יחידות אדמה מקומית. בהמשך אותה אדמה שימשה במחזורי הניסויים של שנה ב וג.

מחזורי גידול במהלך המחקר: מחזור גידול ראשון נעשה בשנה השנייה של המחקר בגלל נסיבות מלחמת חרבות ברזל, המחזור תוכנן להישתל באוקטובר בגלל שמחלת רקבון הכתר מופיעה בתקופת גידול של המעבר מחורף לאביב. במחזור הראשון גודלו צמחי עגבנייה של זן איקרום לא מורכב, בכל עציץ נשתל שתיל אחד, הגידול התחיל בתאריך 6/3/24 והסתיים ב 15/6/24. במהלך מחזור הגידול הראשון לא נמצאו תסמינים אופייניים של המחלה על צמחי העגבנייה כיוון שתסמינים של מחלת רקבון הכתר מופיעים בשלב מעבר של חורף לאביב. מחזור השני של הגידול התחיל בשנה ב של המחקר בתאריך 6/10/24 והסתיים ב 17/3/25. במחזור זה גודל זן לובלו שהוא זן מיניפלאם מסחרי עיקרי בחבל הבשור הידוע כזן רגיש למחלת ריקבון הכתר. במהלך המחזור השני נמצאו תסמינים של מחלת רקבון הכתר כצפוי ממעבר החורף לאביב ובוצע זיהוי נוסף על ידי בדיקת מעבדה. מחזור גידול שלישי התבצע במהלך שנה ג של המחקר, שתילה התבצעה ב 16/7/25 והגידול הסתיים לאחר 3 חודשי גידול ב 16/10/25. הזן שנבחר היה זן איקרום ללא הרכבה שהוא רגיש למחלת רקבון הכתר. במהלך המחזור השלישי לא הופיעו תסמינים ברורים של המחלה (כצפוי לכך שהתסמינים מופיעים רק במעבר מהחורף לאביב) אך הופיעו מחלות כלליות אחרות ונמצאה שונות רבה בבריאות הצמחים בין הטיפולים. המחזור השלישי לא גודל בתקופת מעבר מחורף לאביב בשל אילוצים של סיום דו"ח המחקר. אך היה בהחלט הגיון לבצע אותו כיוון שגידול עוקב במחזור שלישי על אותה אדמה הראה הבדל בין הטיפולים השונים וכן הבדל בהרכב המיקרוביאלי המפורט של הקרקע.

אופן הגידול:

הגידול נעשה במבנה גידול בגודל של 50 מ"ר, במצע מנותק של עציצים שהכילו 10 ליטר של אדמה מקומית. העציצים מוקמו בשורות בודדות בעומד של 2000 צמחים לדונם וקיבלו השקיה ודישון מידי מספר ימים על פי רטיבות הקרקע. רטיבות הקרקע נמדדה על ידי טנסיומטרים של מערכת "גרופיט". הדישון התבצע על ידי

דשן מורכב מסוג שפר 6-3-6, עם +3 מיקרואלמנטים, במיהול קבוע שנתן ריכוז של כ 120 ח"מ חנקן ניטרטי במי הטפטפת. במהלך הגידול נעשו בדיקות של מי טפטפת ומי משאב לקביעת מוליכות חשמלית וריכוז ניטרט בעזרת מכשיר של חברת HORIBA. כמות ההשקיה כוונה כך שערכי הטנסיומטר נעו בטווח של 3 סנטיבר (centibar) מיד לאחר ההשקיה וערך של 12 סנטיבר מיד לקראת תחילת ההשקיה הבאה. העציצים הושקו בטווח של כל יום במהלך הקיץ לפעם ב 2 ימים במהלך תחילת הסתיו. הדישון כוון כך שטווח המוליכות החשמלית במי המשאב נע בערכים של 2-0.5 dS/m וטווח ריכוז החנקן הניטראטי נע בערכים של 50-150 ח"מ.

טיפול בתוספי קרקע: טבלה 1 מציגה את הטיפולים שבוצעו במהלך מחזורי הגידול השונים. טבלה 1A מציגה את הטיפולים שבוצעו בשנה ב וטבלה 2B את הטיפולים שבוצעו בשנה ג של המחקר. בטבלה מוצג שם הטיפול, שם תוסף הקרקע, שם החברה או מקור הייצור שממנו התקבל תוסף הקרקע, מינון ואופן היישום. יישום הטיפולים נעשה כשבוע לפני שתילה והאדמה נשמרה בתנאים לחים עד למועד השתילה. טיפול בחומצה סיאליצילית (SalA) נעשה בריסוס עלוותי מיד לאחר השתילה. כל טיפול כלל 4 חזרות וכל חזרה כללה עציץ אחד.

הערכת צמח:

הערכת צמח נעשתה על ידי מדדים של בריאות וגובה צמח. הערכת בריאות הצמח נעשתה על ידי הסתכלות בעין תוך מתן ציון אינדקס בטווח מ 1 עד 5 כאשר צמחים בריאים ביותר קיבלו ציון 5 וצמחים חולים ביותר קיבלו ציון 1. הערכת גובה צמח נעשתה על ידי מדידת הגובה בס"מ לקראת סיום הגידול.

הערכת יבול ומשקל פרי ממוצע: הצמחים נקטפו על בסיס שבועי והתבצעו שקילות להערכת יבול ומשקל פרי ממוצע. חישוב יבול התבצע על בסיס עומד של 2000 צמחים לדונם.

בדיקת מעבדה לנוכחות מחלה: בשנה ב של המחקר, צמחים נגועים נשלחו למעבדת מאמץ נגב בגילת לזיהוי מחלה. תוצאות המעבדה כללו זיהוי של גורם המחלה על ידי בידוד וגידול על מצע סלקטיבי ועל ידי מראה התפטיר. בשנה ג של המחקר נעשה זיהוי מחלה על ידי שליחת דגימות קרקע לאבחון מיקרוביאלי מפורט שכולל אבחון גורמי מחלה בחברת BECROP.

זיהוי מחלה על ידי הסתכלות בעין: מחלת רקבון הכתר זוהתה על ידי תסמינים אופייניים של רקבון באזור צוואר השורש. בוצע חיתוך רוחבי של גבעול הצמח וזוהו רקבון אופייני באזור של צוואר השורש בלבד. איור 1 מציג תמונה של זיהוי ריקבון אופייני למחלה שהוא תחום לצוואר השורש ותסמיני מחלה על העלים והגבעול בזמן הגידול.

ספירה כללית של פטריות וחיידקים בקרקע: דגימות קרקע מטיפולי הקרקע השונים בתכשירים מיקרוביאליים נבדקו לספירה כללית של חיידקים ופטריות בהתאם לפרוטוקול מהספרות (4). דגימות הקרקע נלקחו לאחר חודש מיישום התכשירים. דגימה של כ 9 גרם קרקע עורבבה עם 91 מ"ל מים סטריליים, עברה השהייה של

24 שעות וממנה נלקחו 3 דגימות נוזל לזריעות דילול על מצעים סלקטיביים לגידול חיידקים ופטריות. כמות המושבות שנספרו לאחר השהייה של 3 ימים מהזריעה בטמפרטורת חדר שימשו לחישוב של כמות החיידקים והפטריות הכללים בקרקע. כמצע סלקטיבי לפטריות שימשו צלחות מצע potato dextrose agar (PDA) בתוספת אנטיביוטיקה nystatin בריכוז 100 חלקי מיליון (ח"מ). כמצע סלקטיבי לגידול חיידקים שימוש צלחות עם מצע nutrient agar (NA) בתוספת אנטיביוטיקה chloramphenicol בריכוז 100 ח"מ.

אבחון מפורט של הרכב מיקרוביאלי בקרקע: בשנה ג של המחקר (במחזור הגידול השלישי), נלקחו שתי דגימות קרקע מטיפולים נבחרים. הטיפולים מהם נלקחו הדגימות היו טיפול ביקורת חיובית (CONP) וטיפול בתוסף קרקע של חברת EM. דגימות הקרקע שנלקחו היו בכמות של 15 סמ"ק כל אחת, נלקחו מאזור בית השורשים ונשלחו לאבחון הרכב מיקרוביאלי מקיף על ידי חברת BECROP. פירוט הרכב הבדיקה מוצג בטבלה 2. מסיבות טכניות שנבעו ממשלוח הדואר, דגימות הקרקע נלקחו כחודש לאחר סיום הגידול ולא במהלך הגידול כפי שתוכנן בהתחלה.

ניתוח סטטיסטי של התוצאות: הנתונים עברו מבחן ANOVA לבדיקת השונות בין הטיפולים. הניתוח הסטטיסטי לשונות נערך בחבילת תוכנה JMP 16.0 במבחני ANNOVA, אותיות שונות מייצגות הבדל סטטיסטי מובהק ברמת מובהקות של 0.05.

תכנון מול ביצוע: המחקר התבצע על פי התכנון למעט שנה א של המחקר שהתעכבה בביצוע בגלל נסיבות מלחמת חרבות ברזל..

6 תוצאות

דו"ח זה הינו כאמור דו"ח סכם של שנים 5-2023. כאמור, דוחות של שנים א ו ב של המחקר התפרסמו בסוף כל אחת משנות המחקר ויש בהם תיאור מפורט של תוצאות ודיון.

6 א. תוצאות של שנים א ו ב של המחקר.

כפי שניתן לראות בטבלה 1A, בשנה ב של המחקר נבחנו תשעה תוספי קרקע ובוצעה השוואה שלהם מול ביקורת חיובית (CONP) שכללה אדמה מאולחת ללא טיפול כל שהוא וביקורת שלילית (CONN) שכללה (חיטוי קרקע בתכשיר אדיגן). כפי שניתן לראות באיורים 2 ו 3, לא היו הבדלים מובהקים ביבול ומשקל פרי של הצמחים כתלות בטיפולים (איור 2) אך נמצאו הבדלים מובהקים בבריאות וחוזק הצמח (איור 3). לכן, נבחרו שני תוספי קרקע יעילים על סמך הערכת בריאות וחוזק צמח, תוסף קרקע בשם נוטריצ'אר של חברת אור פחם הארץ ותוסף קרקע של חברת EM. תוסף הנוטריצ'אר מבוסס על ביוצ'אר שמיוצר מפסולת צמחית בתהליך של פירוליזה ותוסף תכשיר חברת EM מבוסס על תוספת חיידקים שמשפרת את פוריות ובריאות הקרקע. כפי שניתן לראות באיור 6, בבדיקות ספירה כללית של חיידקים ופטריות בקרקע של הטיפולים

נמצא שתוספי קרקע שונים משנים את הספירה הכללית בצורה שונה אך אין התאמה בין הספירה המיקרוביאלית כללית לבין היכולת של תוסף קרקע לשפר גידול על רקע מחלת ריקבון הכתר.

6 ב. תוצאות שנה ג של המחקר.

הערכת צמח: איור 4 מציג את הערכת בריאות (איור 4A) וגובה צמח (איור 4B) כתלות בטיפולים השונים. רשימת הטיפולים ואופן היישום שלהם מתוארים בטבלה 1B. במדדי בריאות וגובה צמח, נמצא הבדל שאינו מובהק בין טיפול הביקורת השלילית (CONN) לביקורת החיובית (CONP). הביקורת השלילית כללה טיפול בתכשיר אדיגן לחיטוי קרקע לפני השתילה. טיפולים מיקרוביאלים שהראו תוצאות טובות כוללים ריסוס חומצה סיאליצילית (SalA), תוסף קרקע של ביוצ'אר שטעון בחיידקי EM (EM Char), תוסף קרקע נוטריצ'אר (Nutri) ותוסף חיידקי EM.

הערכת יבול ומשקל פרי ממוצע: איור 5 מציג את היבול (איור 5A) ומשקל פרי ממוצע (איור 5B) כתלות בטיפולים השונים בשנה ג של המחקר. טווח היבול בין הטיפולים השונים נע בין 1.9 ל 3.6 טון לדונם, נמצא הבדל מובהק ביבול בין ביקורת חיובית (CONP) וביקורת שלילית (CONN), כאמור הביקורת השלילית כללה טיפול בתכשיר אדיגן לחיטוי קרקע לפני השתילה. נמצאו הבדלים מובהקים ברמת היבול גם בין הטיפולים השונים, טיפולים שהראו יבול גבוה כוללים את הטיפולים FRASS, EM Char, SalA, Nutri, ו EM. שמות התכשירים ואופן היישום שלהם כאמור מפורטים בטבלה 1B. משקל פרי ממוצע נע בטווח של 121-143 גרם לפרי, לא נמצאו הבדלים מובהקים בגודל פרי ממוצע בין הטיפולים השונים.

אבחון מפורט של הרכב מיקרוביאלי בבדיקות קרקע: אבחון מפורט של הרכב מיקרוביאלי בקרקע נעשה על ידי שירות זמין לחקלאי של חברת BECROP. טבלה 2 מציגה את התוצאות שהתקבלו מהשוואה בין שתי דגימות נבחרות מהניסוי. דגימה ראשונה נלקחה מטיפול EM שהתאפיין בצמח עם גידול ברמה טובה (ללא עיקוב). דגימה שניה נלקחה מטיפול CONP שהתאפיין בצמח עם רמת עיכוב גבוהה. דגימה שלישית שמוצגת היא דגימה משטח גידול של עצי מנגו והיא מוצגת לשם השוואה נוספת. ניתן לראות שבשתי הדגימות של הניסוי נמצאה רמה גבוהה של מחלת ריקבון הכתר בעגבנייה (FUSARIUM CROWN AND ROOT ROT), בנוסף נראה שבדגימת ה CONP נמצאה נוכחות פתוגנים גבוהה יותר בהשוואה לטיפול ה EM. פתוגנים אלה כוללים את המחלות PYTHIUM FRUIT ROT, ANTHRACNOSE, FUSARIUM FOOT ROT, PYTHIUM DAMPING-OFF.

7 דיון

מטרה עיקרית של המחקר היא פיתוח טיפול שמשתמש בתוסף קרקע לשיפור בריאות ויבול עגבנייה שגדלה על רקע מחלת ריקבון הכתר. המחקר הצליח במשימה, נמצאו שני תוספי קרקע שנמצאו יעילים בשנים ב ו ג של המחקר. מטרה משנית של המחקר כללה הבנה טובה יותר של אופן הפעולה של תוספי הקרקע במניעת מחלת ריקבון הכתר ושיפור פוריות ובריאות הקרקע. המחקר הצליח לענות על מטרה משנית זו על ידי כך

שהראה שתוספי קרקע שונים בעלי יכולת לשנות את הספירה הכללית והרכב של חיידקים ופטרייות אך ללא התאמה ליכולתם לשפר את הגידול. לכן, אנו מסיקים שתוספי קרקע שמשפרים את הגידול יכולים לפעול דרך שינוי הרכב מיקרוביאלי בקרקע ולא דרך העלאת הספירה המיקרוביאלית הכללית. תוספי הקרקע נוטריצ'אר ותכשיר חברת EM הראו יעילות בשיפור בריאות הצמח ויבול העגבנייה על רקע מחלת ריקבון הכתר ולכן אנחנו מסיקים שיש להם פוטנציאל לשמש בעתיד כתוסף קרקע לשיפור גידולים מסחריים של עגבנייה בחבל הבשור. מערכת הניסוי התבצעה באדמה מקומית בתוך דליים ולכן ייתכן ואינה משקפת בצורה מלאה תנאי גידול מסחרי. בעתיד נרצה לבחון את התכשירים בקרקע מקומית ללא גידול במצע מנותק (עציצים). ההשפעה של התכשירים שנמצאה על רקע מחלת ריקבון הכתר יכולה להצביע על כך שלתכשירים אלה יש השפעה חיובית גם בתנאים נוספים שאינם נובעים בהכרח ממחלת ריקבון הכתר. תסמינים ברורים של מחלת ריקבון הכתר נמצאו רק במהלך שנה ב של המחקר בהתאם לידוע שתסמיני המחלה מופעים רק בתנאי גידול בתקופה של מעבר מחורף לאביב. בשנה השלישית של המחקר נמצא שההשפעה החיובית של תכשיר חברת EM נבע כנראה מהורדת שכיחות של מחלות נוספות שהופיעו בטיפול הביקורת ולא בטיפול התכשיר. המחלות הללו התגלו על ידי שימוש בבדיקה של חברת BECROP שמאפשרת אבחון הרכב מפורט של אוכלוסיית המיקרואורגניזמים בקרקע ונבעו כנראה כתוצאה מגידול עוקב של העגבנייה שלוש עונות ללא חיטוי קרקע. חשוב בהקשר זה לציין שבדיקת חברת BECROP הינו שירות זמין לחקלאי גם בגידולים אחרים. תוצאות הבדיקה גילו שבטיפול הביקורת החיובית הופיעו גורמי מחלות קרקע מסוג PYTHIUM DAMPING-OFF, PYTHIUM FRUIT ROT, ANTHRACNOSE, FUSARIUM FOOT ROT בעוד שגורמי מחלה אלה לא הופיעו בקרקע של טיפול תכשיר חברת EM. תוצאות האלה מתאימות לתוצאות שהראו עליה בבריאות, חוזק צמח ויבול בטיפול ה EM לעומת טיפול הביקורת החיובית. אנחנו ממליצי המשך בחינה של השימוש בבדיקת חברת BECROP ככדי לפתח כלי לחקלאי לחיזוי בריאות ופוריות הקרקע לפני ובמהלך הגידול. טיפול נוסף במחקר זה שהראה תוצאות טובות הינו טיפול ה Sala שאינו משמש כתוסף קרקע אלה מיושם בריסוס עלוותי בשלב השתיל. המחקר הנוכחי מראה ייתכנות לשימוש בתכשירים אלה ונדרשות בדיקות נוספות כדי לבסס את התוצאות.

8 מקורות ספרות

- 1) Pei X, 2026. Biofertilizer induces soil disease suppression by activating pathogen suppressive protist taxa. *biofilms and microbiomes*, 12 (31).
- 2) Ozbay A, 2004. Fusarium Crown and Root Rot of Tomato and Control Methods. *Plant Pathology Journal* 3 (1): 9-18.

3) Srivastava R, 2010. Evaluation of arbuscular mycorrhizal fungus, fluorescent Pseudomonas and Trichoderma harzianum formulation against Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici for the management of tomato wilt. Biological Control Vol 53 pages 24–31.

4) Srivastava R, 2010. Evaluation of arbuscular mycorrhizal fungus, fluorescent Pseudomonas and Trichoderma harzianum formulation against Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici for the management of tomato wilt. Biological Control Vol 53 pages 24–31.

9. סיכום עם שאלות מנחות (ענה בקצרה, שלוש עד חמש שורות)

א. אנא פרט מהם הניסויים שבוצעו על פי תוכנית העבודה תוך התאמה למטרות המחקר כפי שהופיעו בהצעה המקיפה

בוצעו שלושה ניסוי במהלך שלושת שנות המחקר על פי תוכנית העבודה. ניסוי ראשון נעשה באביב 2024 על ידי גידול צמחי עגבנייה לביסוס אילוח קרקע באדמה מקומית בדליים (מצע מנותק) וביצוע טיפולי קרקע על ידי שימוש בתוספי קרקע שונים. ניסוי שני נעשה במהלך שנת 2024-5 של שנת מחקר ב. הניסוי בדק את השפעת תוספי הקרקע על בריאות הצמחים ויבול העגבנייה. ניסוי שלישי נעשה בשנת 2025 ובדק פעם נוספת את השפעת התכשירים על בריאות ויבול העגבנייה.

ב. מהם עיקרי הניסויים והתוצאות שהושגו בתקופה אליה מתייחס הדו"ח

הניסויים כללו טיפולים של סוגי תוספי קרקע שונים, הערכת בריאות ויבול צמחי העגבנייה והערכת הרכב מיקרוביאלי בקרקע כתלות בטיפולים השונים. הערכת בריאות הצמח נעשתה על ידי מתן ציון אינדקס על פי הסתכלות בעין, מדד חוזק צמח נעשה על ידי מדידת גובה צמח ומדידת יבול נעשתה על ידי שקילה וחישוב של יבול ומשקל פרי ממוצע.

ג. אנא פרט והסבר כיצד הושגו מטרות המחקר בתקופת הדו"ח או חלק מהן

מטרות המחקר כוללות פיתוח טיפול תוסף קרקע יעיל לשיפור גידול העגבנייה והבנה טובה יותר על אופן ההשפעה של האוכלוסייה המיקרוביאלית בקרקע על בריאות ויבול העגבנייה. מטרה ראשונה הושגה על ידי מציאת שני תוספי קרקע שהיו יעילים בשיפור הבריאות ויבול העגבנייה על רקע מחלת רקבון הכתר. מטרה שניה הושגה על ידי ספירה מיקרוביאלית כללית בקרקע כתלות בתוספי הקרקע ובדיקת ההתאמה שלה לשיפור הגידול. בהמשך בוצעה אבחון הרכב מיקרוביאלי מפורט על ידי בדיקת חברת BECROP. נמצא שהרכב מיקרוביאלי מפורט יכול להסביר את השיפור בגידול. בדיקת חברת BECROP יכולה לשמש ככלי לחקלאים לניטור פוריות ובריאות קרקע לפני ובמהלך גידולים חקלאיים.

ד. בהתאם להצעה המקיפה, ציין מה התבצע מתוך טבלת המשימות ואבני דרך, כולל אבני דרך כמותיות בהתאם להצעת המחקר התבצע גידול של צמחי עגבנייה בשלושה ניסויים שונים במהלך שלושת שנות המחקר. גידול העגבנייה נעשה על אדמה מאולחת בריקבון הכתר. בכל אחד מהניסויים בוצעו טיפולים של תוספי קרקע שיש ביכולתם לשנות ההרכב מיקרוביאלי בקרקע. השפעת תוספי הקרקע בטיפולים השונים נבחנה במדדי בריאות ויבול הצמח. נעשה אפיון של הרכב מיקרוביאלי בקרקע כתלות בטיפולים השונים.

ד. מהן המסקנות המדעיות ומהן ההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו

מסקנות מדעיות כוללות: (1) תוספי קרקע שונים מראים השפעה שונה על בריאות ויבול העגבנייה על רקע מחלת רקבון הכתר. (2) תוספי קרקע שונים משפיעים בצורה שונה על ספירה הכללית של חיידקים ופטריות בקרקע. (3) שינוי הספירה המיקרוביאלית הכללית בקרקע אינו בהתאמה לשיפור בריאות ויבול העגבנייה. (4) ניתן להסיק ששיפור הבריאות ויבול העגבנייה נובע משינוי בהרכב מפורט של אוכלוסיית המיקרואורגניזמים בקרקע.

ה. מהן הבעיות שנתרו לפתרון ואו שינויים טכנולוגיים שיווקיים ואחרים שחלו במהלך העבודה ומה אמורה להיות התייחסותך להמשך

הניסוי בחן את השפעת תוספי הקרקע על שיפור בריאות ויבול עגבנייה שגדלה באדמה מקומית במצע מנותק. נדרש המשך בדיקה של ההשפעה של תוספי הקרקע על צמחי עגבנייה שגדלים באדמה מקומית שאינה במצע מנותק. חשוב יהיה לבצע המשך בדיקה וביסוס של אבחון מיקרוביאלי מפורט בקרקע בדומה לזה שהתקבל בבדיקה של חברת BECROP ככלי לשימוש על ידי חקלאים לחיזוי בריאות ופוריות הקרקע. יש פוטנציאל טוב לביצוע מחקרי המשך בהם תיבחן השפעת תוספי קרקע על שיפור הגידול בגידולים חקלאיים שונים.

1. הפצת הידע בכנסים או פעילויות שנעשו במו"פ במהלך התקופה (סיורים, ביקורים, הרצאות, כינוסים, פיתוחים חדשים וכו')

תוצאות המחקר הוצגו בכנסים שנעשו לחקלאי האזור במו"פ דרום ומתוכננות להיות מוצגות בכנסים נוספים בעתיד. הפצת הידע לחקלאים מתוכננת להיעשות בשיתוף מדריכי שה"מ שהיו שותפים למחקר.

2. פרסומים בעיתונות מבוקרת או בעיתונות בעברית שנבעו מהמחקר

דוח שנה ב פרסם בעיתון מקומי מבזק ירקות בגיליון ינואר-פברואר 2025. תוצאות דוח המסכם מתוכננות להתפרסם בגם הן בעיתונות המקומית.

ח. ציון השפעת המחקר על כלכלת החקלאות באזור, או תרומה מעשית למארג האגרו-אקולוגי באזור

השפעת המחקר על כלכלת האזור נובעת מהיקף הגדול של גידול עגבנייה בחבל הבשור ובצורך של הגידול המסחרי בכלים נוספים להתמודדות עם פוריות ובריאות הקרקע. תרומה למארג אקולוגי באזור חבל הבשור נובעת משימוש בתוספי קרקע שאינם מכילים תכשירים כימיים שפוגעים במארג האקולוגיה ומאפשרים שמירה על בריאות בני האדם.

ט. עם אילו מו"פים נוספים מתוכנן שת"פ במחקר הנוכחי או בעתיד כהמשך למחקר הנידון

שת"פ כולל שיתוף מידע וחשיבה משותפת עם חוקרים ממו"פים אחרים בהם יש גידול עגבנייה, מו"פ ערבה תיכונה, רמת נגב, עמק המעיינות וצפון.

י. המלצות להמשך המחקר או שינוי במחקר

אנחנו ממליצים על המשך מחקר תוספי קרקע לשיפור בריאות ופוריות קרקע בעגבנייה ובגידולים נוספים. במו"פ דרום מתוכננים מחקרי המשך בתפו"א ועגבנייה.

יב. פטנטים שנבעו מהמחקר

ללא פטנטים

טבלה 1: שמות טיפולי הקרקע שהשתתפו במחקר: A: טיפולי קרקע שנבדקו בשנה ב של המחקר. B: טיפולי קרקע שנבדקו בשנה ג של המחקר. הטבלה מתארת את שם הטיפול, שם תוסף הקרקע, שם החברה שמשווקת את התכשיר (חברה) או מקור ייצור של התוסף, מינון התוסף בליטר לדונם ואופן היישום של התוסף. יוצא מן הכלל הוא טיפול SalA שהוא אינו תוסף קרקע והיישום שלו נעשה על ידי ריסוס עלוותי ביום השתילה. הטיפולים יושמו בעציצים עם 10 ליטר של אדמה מקומית מאולחת בריקבון הכתר. כל טיפול כלל 4 חזרות כשכל חזרה כללה עציץ עם צמח עגבנייה אחד.

A

שם הטיפול	שם תוסף הקרקע	חברה / מקור ייצור	מינון בליטר לדונם	אופן יישום	שנה
CON N	אד יגן	אגרוגדות	40	הגמעה	ב
CON P					ב
BACIL 1	בצילוס	מיקרוביום	30	הגמעה	ב
BACT	בקטריוליס	אגרוגדות	0.05	ערבוב לקרקע	ב
Compo	קומפוצ'ר	אור פחם הארץ	3000	ערבוב לקרקע	ב
CyanB	תכשיר Cyanobacteria	Nostoc Biotech Group	10	הגמעה	ב
EM	EM	EM	30	הגמעה	ב
MICO	מיקוריזה	ביובי	0.3	הגמעה	ב
Nutri	נטריצ'אר	אור פחם הארץ	3000	ערבוב לקרקע	ב
SalA	נגזרת של Salicylic acid	אגרוגדות		ריסוס עלוותי בריכוז של 0.5%	ב
TRI	טריכודרמה	אגרוגדות	0.2	ערבוב לקרקע	ב

B

שם הטיפול	שם תוסף הקרקע	חברה / מקור ייצור	מינון בליטר לדונם	אופן יישום	שנה
CON N	אד יגן	אגרוגדות	40	הגמעה	ג
CON P	ללא				ג
EM Char	EM + ביוצ'אר	EM	0.1	הגמעה	ג
FRASS	פראס מזחלים	מו"פ דרום	4000	ערבוב לקרקע	ג
Compo	קומפוצ'ר	אור פחם הארץ	4000	ערבוב לקרקע	ג
CyanB	תכשיר Cyanobacteria	Nostoc Biotech Group	10	הגמעה	ג
EM	EM	EM	30	הגמעה	ג
Hitonir	חיתוניר	ביופארם	1.5	הגמעה	ג
Nutri	נטריצ'אר	אור פחם הארץ	4000	ערבוב לקרקע	ג
SalA	נגזרת של Salicylic acid	אגרוגדות	0.1	ריסוס עלוותי בריכוז של 0.5%	ג

טבלה 2. אבחון מפורט של הרכב מיקרוביאלי בקרקע. הטבלה משווה בין שלוש דגימות קרקע. **EM**: דגימה שנלקחה מטיפול EM, שבו יושם תכשיר EM והתקבל בו צמח לא מעוקב. **CONP**: דגימה שנלקחה מטיפול CONP, ביקורת חיובית שהיה בה צמח מעוקב. **Mango**: דגימה שלישית לשם השוואה נלקחה מקרקע של גידול מנגו. עמודות הטבלה מראות את קטגוריית הבדיקה, מדד הבדיקה ותאור המדד. בחלק מהמדדים הציונים שניתנו נעו בטווח של ציון אינדקס מ 0 עד 5, כאשר 0 = ללא, 1 = מעט מאוד, 3 = מעט, 3 = בינוני, 4 = הרבה, 5 = הרבה מאוד. כל ציון סומן בצבע אחר. מדדים אחרים קיבלו ערכה באחוזים או ברמת נוכחות פתוגנים.

Mango	CONP	EM	תאור מדד	מדד	קטגוריה
10*9	10*9	10*10	יחידת לגרם קרקע	חידקים: ספירה כללית	ספירה כללית של חידקים ופטיות
10*7	10*7	10*7	יחידת לגרם קרקע	פטיות: ספירה כללית	
1:177	1:509	1:1670	יחס פטריות:חידקים	יחס פטריות:חידקים	
95%	73%	69%	אחוז מסה"כ פטריות	Ascomycota	פטריות: אחוז קבוצות Phylum Fungal Phylum distribution
4%	2%	2%	אחוז מסה"כ פטריות	Mortierellomycota	
1%	1%	1%	אחוז מסה"כ פטריות	Mortierellomycota	חידקים: אחוז קבוצות Phylum Bacterial Phylum distribution
33%	36%	30%	אחוז מסה"כ חידקים	Proteobacteria	
21%	22%	23%	אחוז מסה"כ חידקים	Actinobacteriota	
9%	14%	18%	אחוז מסה"כ חידקים	Bacteroidota	איכות קרקע Soil Quality
2	2	2	קיימות ביולוגית	BIOSUSTAINABILITY	
4	3	2	שונות ביולוגית	BIODIVERSITY	
5	3	3	פעילות	FUNCTIONALITY	
3	2	3	יציבות לשיניים	RESILIENCE	
NOT DETECTED	HIGH RISK	HIGH RISK	מנחות פתוגן	FUSARIUM CROWN AND ROOT ROT	בריאות/בריאות Health/Health
NOT DETECTED	HIGH RISK	HIGH RISK	מנחות פתוגן	FUSARIUM WILT	
NOT DETECTED	MEDIUM	VERY LOW	מנחות פתוגן	PYTHIUM DAMPING-OFF AND STEM ROT	
NOT DETECTED	VERY LOW	NOT DETECTED	מנחות פתוגן	FUSARIUM FOOT ROT	
NOT DETECTED	LOW	NOT DETECTED	מנחות פתוגן	ANTHRACNOSE	
NOT DETECTED	VERY LOW	NOT DETECTED	מנחות פתוגן	PYTHIUM FRUIT ROT	
HIGH RISK	NOT DETECTED	NOT DETECTED	מנחות פתוגן	BLACK MOLD ROT	
3	1	1	פעילות כנגד פטריות	FUNGICIDE AGENTS	בריאות/הדברה ביולוגית Health/Biocontrol
1	1	4	פעילות כנגד חרקים	INSECTICIDE AGENTS	
0	1	1	פעילות כנגד חידקים	BACTERICIDE AGENTS	
0	1	4	פעילות כנגד נמטודות	NEMATICIDE AGENTS	
5	2	1	ייצור אוקסין	AUXIN PRODUCTION	בריאות/ייצור הורמונים Health/Hormone Production
4	4	4	ייצור ג'יברלין	GIBERELLIN PRODUCTION	
4	1	1	ייצור ציטוקינים	CYTOKININ PRODUCTION	
5	3	5	ייצור פוליסכרידים	EXOPOLYSACCHARIDE PRODUCTION	בריאות/הסתגלות לעקות Health/ Stress Adaptation
4	5	1	עמידות למתכות כבדות	HEAVY METAL RESISTANCE	
5	2	1	סבילות לעקת מלח	SALT TOLERANCE	
3	3	1	ייצור SIDEROPHORE לברזל	SIDEROPHORE PRODUCTION	
5	2	1	מניעת עקות על ידי ניטרול פעילות אתילן	ACC DEAMINASE (ACC-D)	
3	2	1	ייצור חומצה סאליצילית	SALICYLIC ACID (SA)	
3	1	1	ייצור ABSICISIC ACID	ABSICISIC ACID (ABA)	
1	1	1	קבוע פחמן	Carbon Fixation	הזנה/פעילות פחמן Nutrition/ C
1	3	3	נשימה אוירנית	AEROBIC RESPIRATION	
5	3	3	נשימה אנאירובית	FERMENTATION	
3	1	1	ייצור גז מתאן	METHANOGENESIS	
4	4	3	פיחוק חומר אורגני	ORGANIC MATTER RELEASE	הזנה/פעילות חנקן Nutrition/ N
4	5	5	שחרור חנקן מינרלי	INORGANIC N RELEASE	
3	3	3	צריכת חנקן מינרלי	INORGANIC N CONSUMPTION	
4	1	1	פעילות מעגל החנקן	NITROGEN CYCLE	הזנה/פעילות זרחן Nutrition/ P
2	2	1	המסת זרחן מינרלי	INORGANIC P SOLUBILIZATION	
1	1	2	צריכת זרחן מינרלי	INORGANIC P CONSUMPTION	
4	4	5	הטמעת זרחן מינרלי	ORGANIC P ASSIMILATION	
4	1	1	המסת אשלגן	POTASSIUM SOLUBILIZATION	הזנה/פעילות אשלגן Nutrition/ K
4	4	5	צריכת אשלגן	POTASSIUM CONSUMPTION	
3	1	1	הטמעת ברזל	Iron assimilation	הזנה/פעילות ברזל Nutrition/ Fe
5	4	3	העברת סידן	Calcium transport	הזנה/פעילות סידן Nutrition/ Ca
4	5	5	העברת אבץ	Zinic transport equilibrium	הזנה/פעילות אבץ Nutrition/ Zn
3	1	1	ייצא נחושת	copper export	הזנה/פעילות נחושת Nutrition/ Cu
3	4	2	העברת מנגן	Manganese transport equilibrium	הזנה/פעילות מנגן Nutrition/ Mn
5	5	4	העברת מגנזיום	Magnesium transport equilibrium	הזנה/פעילות מגנזיום Nutrition/ Mg
4	1	1	מחזור גופרית	Sulfur cycle equilibrium	הזנה/פעילות גופרית Nutrition/ S
3	4	5	העברת כלור	Chlorine transport	הזנה/פעילות כלור Nutrition/ Cl

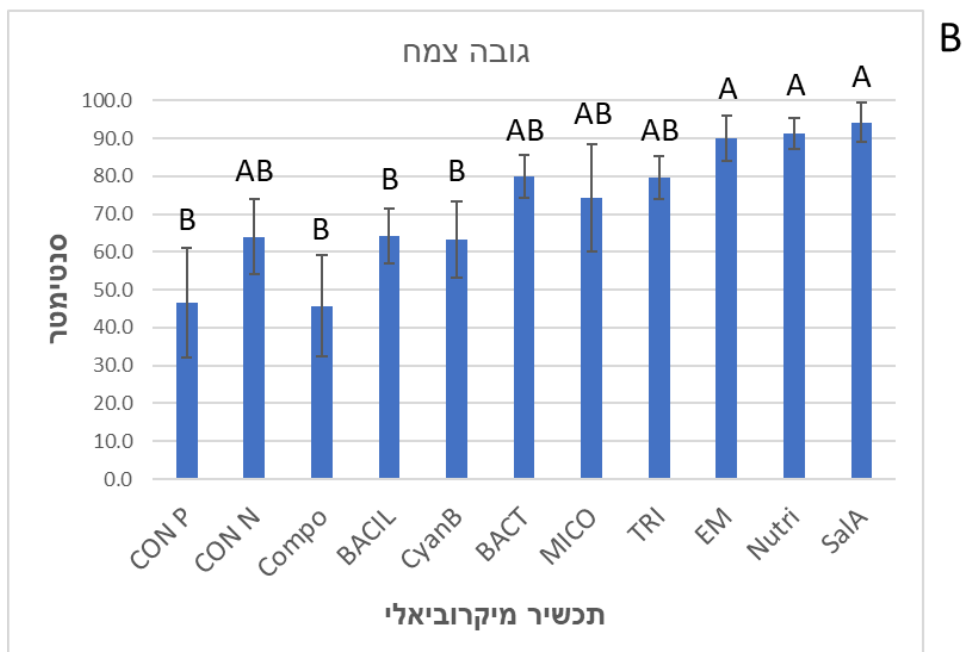
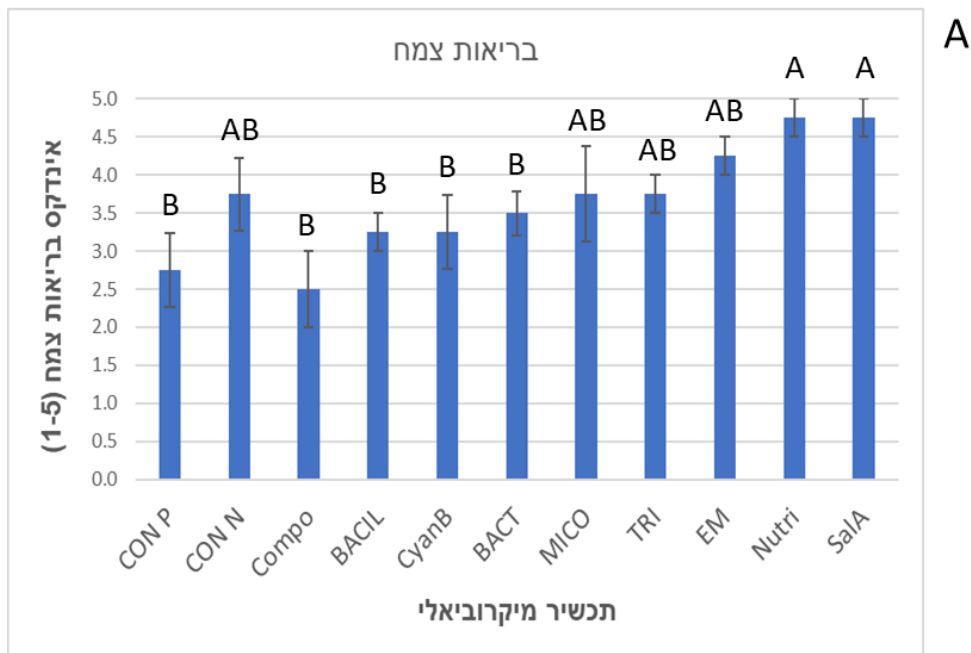


B

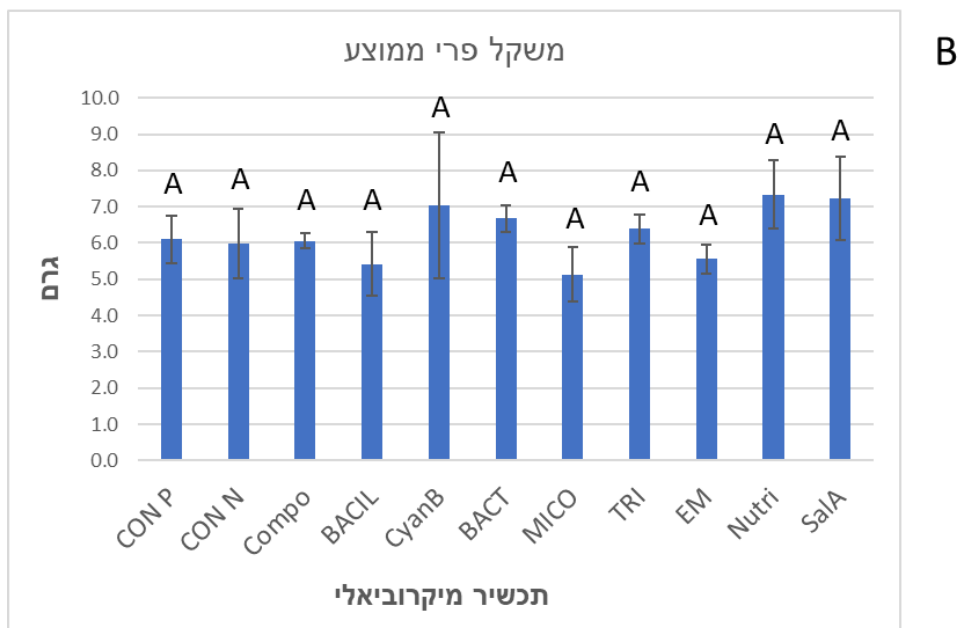
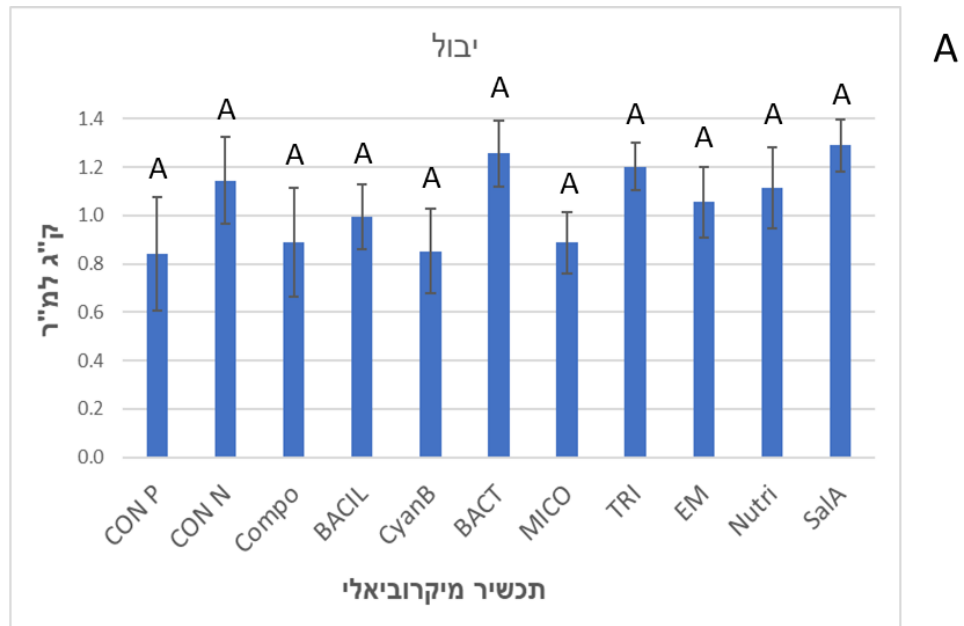


A

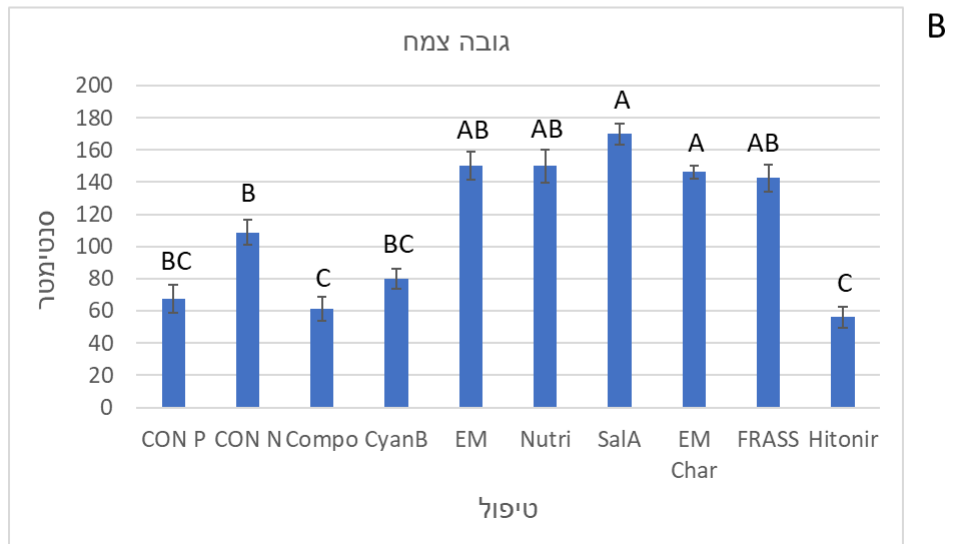
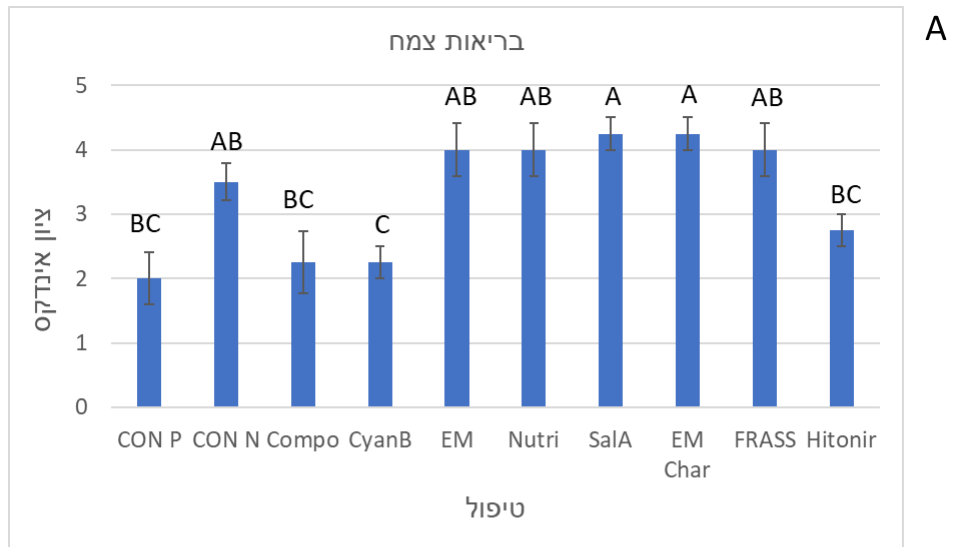
איור 1: תסמינים אופייניים של מחלת רקבון הכתר בעגבניות שהשתתפו בניסוי: צמחי עגבנייה גודלו בעציצים עם אדמה מקומית שעברה אילוח במחלת רקבון הכתר על ידי ערבוב עם אדמה שמקורה משדה חקלאי שיש בו היסטוריה של המחלה. A נראות התסמינים על צמח שלם. B חיתוך של גבעול הצמח שבו ניתן לראות החמה שתחומה רק לאזור שקרוב מאוד לשורשים. בהמשך הצמחים נשלחו לבדיקת מעבדה כדי לאשר נוכחות מחלת רקבון הכתר על ידי נוכחות פטריית *Fusarium oxysporum*.



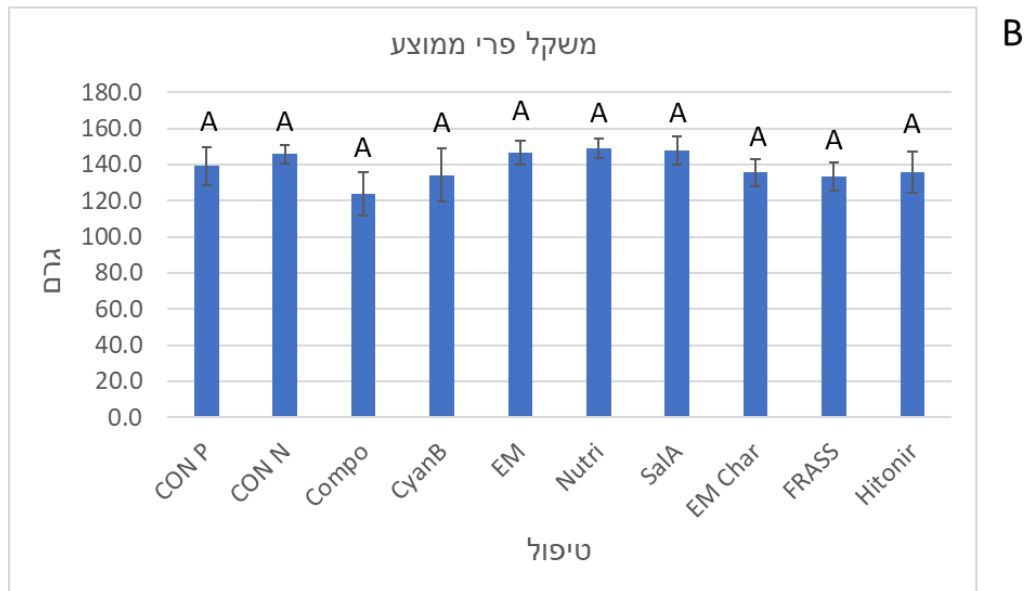
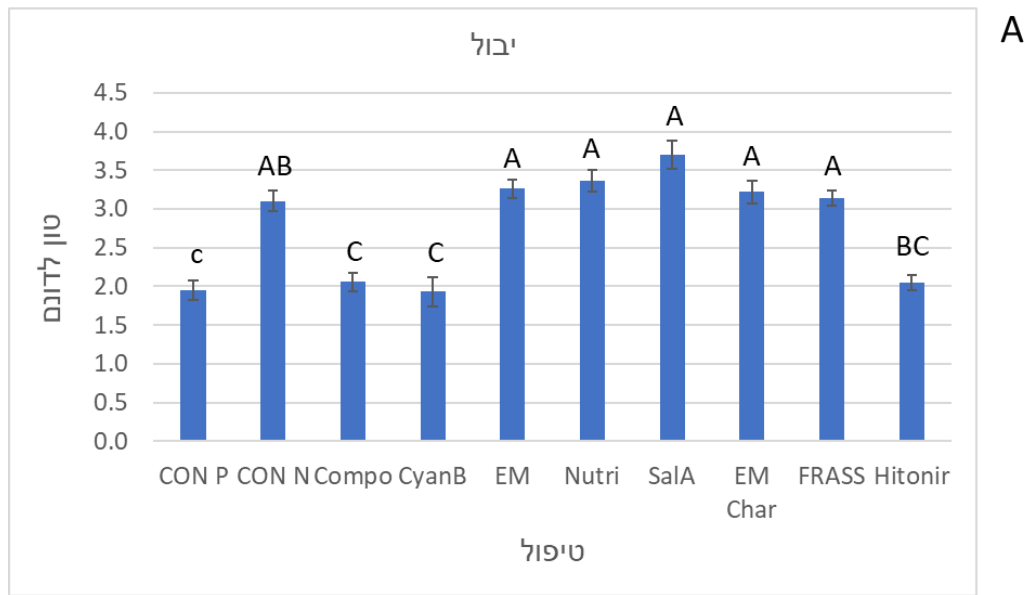
איור 2: הערכת בריאות וחוזק צמח כתלות בתוספים שונים לקרקע בשנה ב של המחקר: A בריאות צמח כתלות בטיפולים השונים. B: גובה צמח כתלות בטיפולים השונים. הערכת בריאות צמח נעשתה על ידי הסתכלות בעין ומתן ציון אינדקס בטווח 1 עד 5. צמחים בראים ביותר קיבלו ציון 5 וצמחים חולים ביותר קיבלו ציון 1. גובה צמח נמדד בסנטימטר לקראת סוף הגידול. הגידול נעשה בעציצים עם אדמה מקומית, האדמה בעציצים עברה אילוח במחלת ריקבון הכתר ולאחר מכן בוצעו טיפולים שונים של תוספי קרקע כמפורט בטבלה 1. התוצאות מציגות את הממוצע יחד עם שגיאת התקן ואותיות שונות מצביעות על מובהקות. ניתוח סטטיסטי נעשה על ידי מבחני ANOVA של תוכנת JMP pro 16. אותיות שונות מצביעות על מובהקות שונה ברמה של $P < 0.05$.



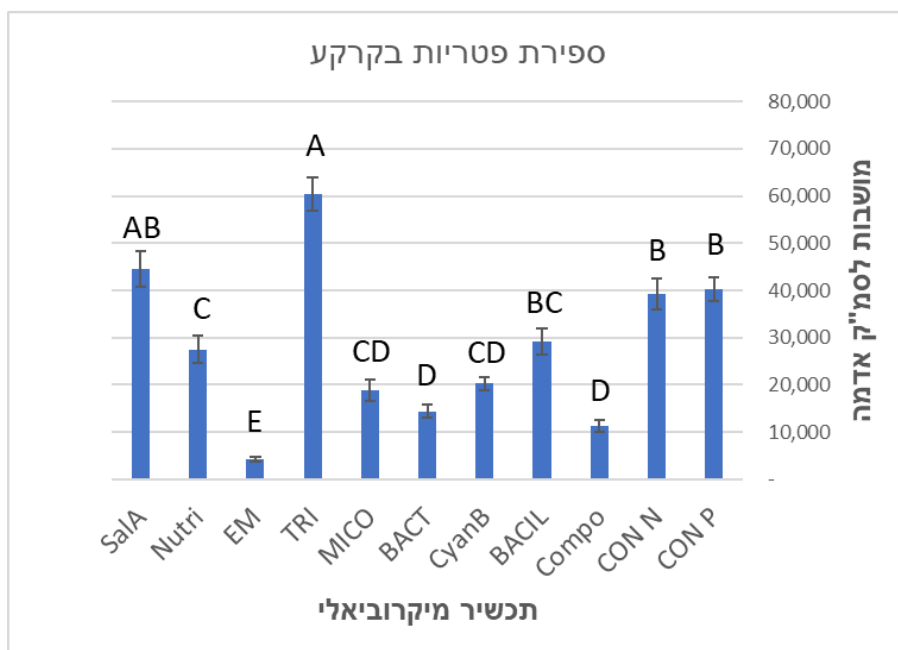
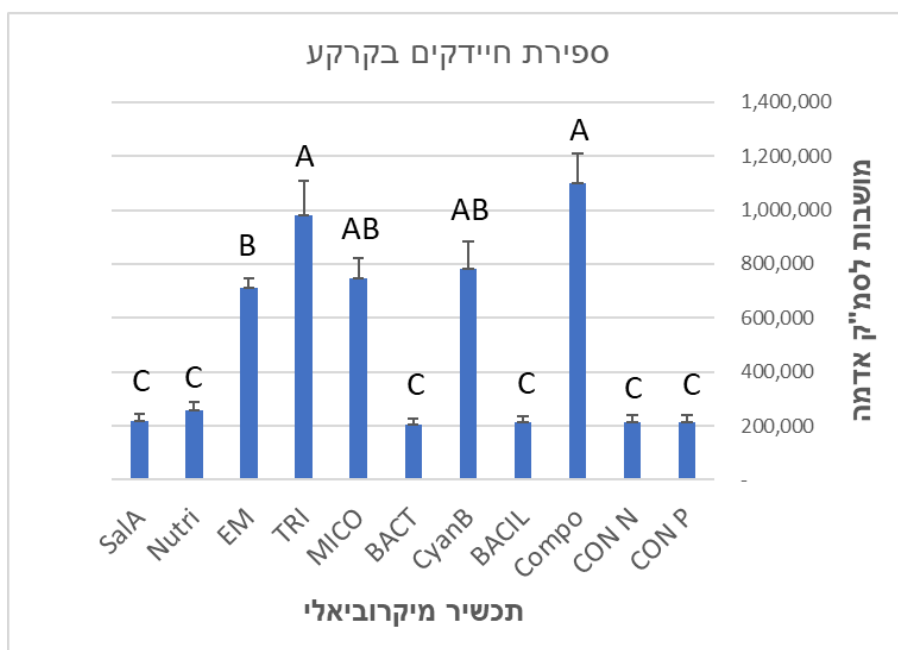
איור 3: הערכת יבול ומשקל פרי ממוצע כתלות בתוספים שונים לקרקע בשנה ב של המחקר: A: יבול כתלות בטיפולים השונים. B: משקל פרי ממוצע כתלות בטיפולים השונים. הפירות נקטפו בשלב הבשלה על בסיס קטיף שבועי והפירות נשקלו במעבדה להערכת יבול. הגידול נעשה בעציצים עם אדמה מקומית, האדמה בעציצים עברה אילוח במחלת ריקבון הכתר ולאחר מכן בוצעו טיפולים שונים של תוספי קרקע כמפורט בטבלה 1. התוצאות מציגות את הממוצע יחד עם שגיאת התקן ואותיות שונות מצביעות על מובהקות. ניתוח סטטיסטי נעשה על ידי מבחני ANOVA של תוכנת JMP pro 16. אותיות שונות מצביעות על מובהקות שונה ברמה של $P < 0.05$.



איור 4: הערכת בריאות וגובה צמח כתלות בטיפולים מיקרוביאליים לקרקע בשנה ג של המחקר: A: גובה צמח כתלות בטיפולים השונים. B: בריאות צמח כתלות בטיפולים השונים. הערכת בריאות צמח נעשתה על ידי הסתכלות בעין ומתן ציון אינדקס בטווח 1 עד 5. צמחים בראים ביותר קיבלו ציון 5 וצמחים חולים ביותר קיבלו ציון 1. גובה צמח נמדד בסנטימטר לקראת סוף הגידול. הגידול נעשה בעציצים עם אדמה מקומית, האדמה בעציצים עברה אילוח במחלת ריקבון הכתר ולאחר מכן בוצעו טיפולים שונים של תוספי קרקע כמפורט בטבלה 1. התוצאות מציגות את הממוצע יחד עם שגיאת התקן ואותיות שונות מצביעות על מובהקות. ניתוח סטטיסטי נעשה על ידי מבחני ANOVA של תוכנת JMP pro 16. אותיות שונות מצביעות על מובהקות שונה ברמה של $P < 0.05$.



איור 5: הערכת יבול ומשקל פרי ממוצע כתלות בתוספים שונים לקרקע בשנה ג של המחקר: A: יבול כתלות בטיפולים השונים. B: משקל פרי ממוצע כתלות בטיפולים השונים. הפירות נקטפו בשלב הבשלה על בסיס קטיף שבועי והפירות נשקלו במעבדה להערכת יבול. הגידול נעשה בעצים עם אדמה מקומית, האדמה בעצים עברה אילוח במחלת ריקבון הכתר ולאחר מכן בוצעו טיפולים שונים של תוספי קרקע כמפורט בטבלה 1. התוצאות מציגות את הממוצע יחד עם שגיאת התקן ואותיות שונות מצביעות על מובהקות. ניתוח סטטיסטי נעשה על ידי מבחני ANOVA של תוכנת JMP pro 16. אותיות שונות מצביעות על מובהקות שונה ברמה של $P < 0.05$.



איור 6: ספירה מיקרוביאלית כללית כתלות בתוספים שונים לקרקע בשנה ב של המחקר: A: ספירה כללית של חיידקים. B: ספירה כללית של פטריות. דגימות קרקע נלקחו מעציצים עם אדמה מקומית בהם בוצע גידול צמחי העגבנייה. האדמה שבעציצים עברה אילוח במחלת ריקבון הכתר ולאחר מכן בוצעו טיפולים של הוספת תוספי קרקע שונים כמפורט בטבלה 1. ספירה כללית של חיידקים ופטריות נעשתה על ידי זריעות דילול על מצעים סלקטיבים כמפורט בפרק "מהלך מחקר ושיטות העבודה". התוצאות מציגות את הממוצע יחד עם שגיאת התקן של 4 חזרות (4 עציצים) מכל טיפול של תוסף קרקע. אותיות שונות מצביעות על מובהקות. ניתוח סטטיסטי נעשה על ידי מבחני ANOVA של תוכנת JMP pro 16. אותיות שונות מצביעות על מובהקות שונה ברמה של $P < 0.05$.