

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 להתישבות

NEGEV AGRICULTURAL R&D CENTER



דו"ח התקדמות מקצועי 2023



שם תוכנית: פיתוח טיפולי קרקע מיקרוביאליים ליצירת אדמה סופרסיבית בתפוח אדמה

חוקר ראשי: טל אוגד, מו"פ דרום, אחראי על ניהול המחקר;

חוקרים משניים: טלי אילני, מו"פ דרום, חוקרת קרקע ומים. חגי רענן, מנהל המחקר החקלאי מרכז גילת, כימות מיקרוביולוגיה כללית בקרקע; זיו מי-טל, שה"ם מדריך מרכזי לתפוא"א, ליווי ויעוץ מקצועי

תקציר

גידול תפוא"א מהווה מקור מזון השלישי בגודלו לבני אדם בעולם, גדל ביותר מ 150 מדינות שונות ומשמש לתזונה של מיליוני אנשים (1). מנתונים של מועצת הצמחים, בישראל נכון לשנת 2020-21 גודלו 133 אלף דונם תפוחי אדמה שהניבו סה"כ כ 537 אלף טונות המיועדים לשוק המקומי (280 אלף טון), תעשייה (77 אלף טון), ייצוא (155 אלף טון), וליצור זרעים (25 אלף טון). גידול תפוח אדמה הינו הגדול מבין הגידולים החקלאיים בישראל בהיקף הדונמים ומהגדולים בהיקף הפדיון. הירידה באיכות הגידול כתוצאה מגידול עוקב של שנה אחר שנה באותו שטח ידועה לא רק בתפוא"א אלא בכל ענפי החקלאות ומיוחסת להתפתחות מיקרוביאלית בקרקע (מיקרוביום) שיש בה רמות גבוהות של פתוגנים (2). מחקר זה מנסה לשפר את רווחיות הגידול של תפוא"א על ידי קיצור מספר השנים שיהיה נדרש בין מחזורי גידול עוקבים על ידי טיפולי קרקע בתכשירים מיקרוביאליים (3). כיוון שהבעיה אינה מוגבלת רק לתפוא"א תוצאות המחקר יוכלו לשמש בעתיד להרחבה גם בגידולים חקלאיים אחרים.

רקע קצר ותיאור הבעיה:

בישראל מגדלים תפוא"א בהיקף גדול ליצוא לאירופה ונדרשת טכנולוגיה שמאפשרת את הורדת עלות הגידול כדי להתמודד עם גידול מתחרה באירופה ובארצות אחרות. מחזור גידול בתפוא"א הינו בן 3-4 שנים, עלות השכרת קרקע הינה מרכיב כלכלי חשוב ולכן גידול עוקב של שנה אחר שנה או מחזור קצר יותר מהקיים יכולים להוריד בצורה משמעותית את עלות הגידול של תפוא"א. הרכב האוכלוסייה המיקרוביאלית של הקרקע הינה גורם עיקרי לירידה באיכות הגידול בגידול עוקב שנה אחר שנה (3). כתוצאה מגידול עוקב מתפתחים מחלות קרקע שפוגעות ביבול ובאיכות הפקעות. מחלות הקרקע בתפוא"א כוללות את המחלות הבאות: דוררת, גרב אבק, גרב חיידקי, רקבון רך, רגל שחורה ופיתיום (2). כל אחת

מהמחלות הללו עשויה להתעורר כתוצאה מגידול עוקב. מניעת מחלות קרקע יכולה להימנע על ידי טיפולים שמשנים את ההרכב המיקרוביאלי של הקרקע. טיפולים אלה כוללים תוספת קומפוסט ממקורות שונים (בקר או עוף) והוספת תכשירים מיקרוביאליים לקרקע. בשנים האחרונות פותחו תכשירים מסחריים לטיפול מיקרוביאלי לקרקע שניתן לבחון אותם לבד ובשילובים שונים.

מטרות המחקר כפי שהופיעו בתוכנית המקורית:

מטרה עיקרית:

(1) פיתוח טיפול יעיל המשלב תכשירים מיקרוביאליים עם תוספת קומפוסט או זבל עוף שיאפשר את קיצור משך מחזור הזרעים שנדרש בגידול תפוז"א.

מטרות משניות:

(2) פיתוח טיפולים מיקרוביאליים במקום טיפולים כימיים כנגד מחלות קרקע דבר שימנע את הסכנה בשאריתיות חומרי הדברה ובסכנה האקולוגית שלהם.
(3) הבנה טובה יותר של האוכלוסייה המיקרוביאלית בקרקע בגידול תפוז"א.

מהלך המחקר ושיטות העבודה

משימה 1: גידול תפוז"א בשדה פתוח שגודל בו תפוז"א בשנה לפני הקודמת עם טיפולים מיקרוביאליים.

תנאי גידול: שטח תפוז"א של 5 דונם שגודל בו תפוז"א בשנה לפני קודמת נזרע בזרעי זן רודאו שמקורם מחו"ל בעומד של 8 זרעים למטר רץ, גודל הזרעים של 28-35 מ"מ ומשקל 275 ק"ג זרעים לדונם. תוכנית המקור הייתה לזרוע זן סיפרה במהלך דצמבר, השינוי נעשה עקב אילוצים טכניים. דישון יסוד נעשה לאחר בדיקת קרקע של זרחן ואשלגן והשלמה ל 30 יחידות זרחן ו 120 יחידות אשלגן ובנוסף יושם קומפוסט עוף בכמות של 3 קוב לדונם בהתאם למקובל בגידול מסחרי. תאריך הזריעה היה ב 7/2/23 והגידול נמשך ל 127 יום עד

ליום הוצאת הפקעות, נביטה ראשונה נצפתה לאחר 40 יום, שרפת נוף בוצעה לאחר 106 יום מזריעה כך שמשך הקמלת הנוף נמשך 14 יום (מיום שרפת נוף ועד הוצאת הפקעות). מהלך הגידול בוצעו טיפולי הגנת הצומח כמקובל בגידול מסחרי על ידי יישום טיפולים מונעים כנגד חלפת וכימסון מידי שבוע וטיפולים כנגד מזיקים לפי צורך בלבד בהתאם לניטור מזיקים בשטח. השקיה בוצעה פעמים בשבוע כמקובל בגידול מסחרי בהתאם למקדם התאדות פנמן שמותאם לשלבי הגידול השונים. דיסון חנקני נעשה על ידי הוספת אמון חנקני למי ההשקיה במנות בהתאם לשלבי הגידול. סה"כ כמות המים לדונם שניתנה במהלך הגידול הייתה 700 מ"מ וסה"כ כמות החנקן שניתנה הייתה 32 יחידות (ק"ג לדונם). לאחר 122 ימי גידול בוצע טיפול לשריפת הנוף והמתנה של 14 יום באדמה לחה (המשך השקיה של 3 מ"מ ליום) לפיתוח קליפה כמקובל בגידול מסחרי.

טיפולים מיקרוביאליים: הטיפולים המיקרוביאליים בוצעו כמתוכנן, נבחנו 4 סוגי תכשירים שונים לחוד (טבלה 1) ובשילובים ביחד ככה שבוצעו סה"כ 18 טיפולים שונים (טבלה 2). התכשירים המיקרוביאליים שהשתתפו בניסוי היו: 1. תכשיר חברת אי-אם מבוסס על מגוון חיידקים, 2. תכשיר מיקו-אפ של חברת ביו-בי מבוסס על פטריית מיקוריזה 3. תכשיר רוט-פרו של חברת אגרו-גדות שמבוסס על פטריית טריכודרמה. 4. תכשיר חברת מיקרוביום המבוסס על חיידק בצילוס. התכשירים יושמו על ידי הזלפה לקרקע בצורה ידנית כ 3-1 ימים לפני הזריעה בכמות של 2 ליטר ל 10 מטר רץ ולאחריה התבצעה השקיה של 10 מ"מ כדי להעמיק את חדירת החומרים. כל טיפול נעשה בשלוש חזרות באקראי, גודל כל חזרה היה 3 ערוגות על 10 מטר אורך ערוגה (58 מ"ר). יישום תכשיר חיידק הבצילוס של חברת מיקרוביום נעשה כ 10 ימים לפני זריעה כשהחומר יושם ב 5 טיפולים כל יומיים לפי בקשת החברה. יישום תכשיר הטיכודרמה של חברת אגרו-גדות נעשה על ידי הצנעת האבקה לקרקע.

משימה 2: הערכת איכות גידול ונוכחות מחלות קרקע ונוף בטיפולים השונים.

הערכת מחלות בנוף הגידול : נעשתה על ידי הסתכלות בעין אחת לשבועיים כמתוכנן. נגיעות גבוהה קיבלה ציון 5 ואילו נגיעות נמוכה קיבלה ציון 1.

הוצאת פקעות מהקרקע והכנסה לתנאי אחסון: הוצאת הפקעות נעשתה בסוף הגידול 14 יום לאחר שריפת הנוף. פקעות תפוא"א מהטיפולים השונים הוצאו בעזרת קלשון, נאספו לשקים, נשטפו היטב במים. מכל טיפול הוצאו פקעות מערוגה אמצעית משטח של 3 מטר רץ. לאחר מכן הפקעות הועברו לתנאים שמדמים טיפול קיורניג ואחסון לטווח ארוך. טיפול הקיורניג כלל אחסון תחילי ב 14 מעלות צלזיוס והורדה הדרגתית של הטמפרטורה ב מעלה אחת ליום עד לטמפרטורה סופית של 4 מעלות צלזיוס. לאחר 5 חודשי אחסון ב 4 מעלות הפקעות היו מתוכננות לעבור הערכה נוספת לנגיעות מחלות כדי לבדוק האם הייתה התפתחות של

מחלה במהלך האחסון. בגלל תנאי מלחמה בחווה לא בוצעה הערכה של נגיעות הפקעות לאחר אחסון.

הערכת נגיעות פקעות: כפי שמצוין בטבלה 3 הערכת נגיעות הפקעות ב"כסות חומה" נעשתה על ידי הסתכלות בעין. נלקח מדגם אקראי של 20 פקעות מכל חזרה והפקעות עברו מיון לפי 3 קטגוריות: 1. נגיעות גבוהה: כאשר כל הפקעת נגועה בכסות החומה. 2. נגיעות חלקית: כאשר רק חלק מהפקעת נגוע. 3. פקעות שאינן נגועות כלל. לאחר המיון התבצעה שקילה של כל קטגוריה וניתן ציון אינדקס לפי אחוז הפקעות בכל קטגוריה כאשר אחוז פקעות נגועות לגמרי הוכפל בפקטור 5, אחוז פקעות נגועות חלקית הוכפל בפקטור 3 ואחוז פקעות שאינן נגועות הוכפל בפקטור 1. כתוצאה מכך ציון גבוהה מצביע על נגיעות גבוהה וציון נמוך מצביע על נגיעות נמוכה של הפקעות. לדוגמה חזרה שיש בה 50% מהפקעות בנגיעות גבוהה, 30% בנגיעות חלקית ו 20% ללא נגיעות תקבל ציון אינדקס $3.6 + 5 \cdot 0.5 + 1 \cdot 0.2 + 3 \cdot 0.3$.

הערכת יבול והתפלגות גודל פקעות: מכל חזרה הפקעות נשקלו והיבול חושב לפי משקל כללי של הפקעות ליחידת השטח של כל חזרה (2.9 מ"ר שהם 3 מטר רץ ערוגה). התפלגות גודל נעשתה בכל חזרה על ידי מיון הפקעות בעזרת שבלונת גודל לשלוש קטגוריות גודל כמקובל בגידול מסחרי: 1. פקעות בגודל קטן: 0-45 מ"מ. 2. פקעות בגודל בינוני: 45-60 מ"מ. 3. פקעות גדולות: 60+ מ"מ. משקל ממוצע של הפקעות בכל חזרה התקבל על ידי חילוק של משקל הפקעות במספרן.

ניתוח סטטיסטי של התוצאות: הנתונים עברו מבחן ANOVA לבדיקת השונות בין הטיפולים. הניתוח הסטטיסטי לשונות נערך בחבילת תוכנה JMP 7.0 בשיטת T STUDENT, אותיות שונות מייצגות הבדל סטטיסטי מובהק ברמת מובהקות של 0.05.

תוצאות ביניים.

הערכת מחלות נוף: תוצאות להערכת מחלות נוף אינן מוצגות בטבלה 4, בהסתכלות על הנוף לא נמצאו תסמינים שמעידים על מחלות קרקע כדוגמת רקבון רגל שחורה לעומת זאת נמצאו מחלות נוף אופייניות לגידול תפוז"א ללא הבדל בין הטיפולים השונים. במהלך הגידול החלו להתפתח מחלות נוף כצפוי בגידול תפוז"א כתוצאה מהזדקנות פיסילוגית של הצמח. המחלה העיקרת שנצפתה הייתה חלפת שכאמור החמירה ככל שמשך הגידול התארך כתוצאה מהזדקנות פיסילוגית של הצמח. מחלה נוספת שנצפתה הייתה כימשון שהופיע לאחר לילות קרים עם לחות גבוהה כתוצאה מגשמים או ערפל. הגידול עבר טיפולים מונעים

כנגד חלפת וכימשון על ידי ריסוס אחד לשבוע ונראות הכללית של החלקה הייתה אופיינית לגידול מסחרי מקובל.

הערכת מחלות בפקעות: לא נמצאו סימנים לנגיעות פקעות במחלות קרקע למעט פקעות הנגועות ב"כסות חומה" שמהווה פגיעה נפוצה בקליפת תפוז"א ומיוחסת ככל שידוע כיום לבעיה כתוצאה מגורם פיסילוגי ולא מיקרוביאלי (2). נזק לקליפה כתוצאה מכסות חומה מהווה בעיה כלכלית קשה שהולכת וגוברת עם השנים בשיווק תפוז"א בארץ ובעיקר בחו"ל. איור 1 מציג את נגיעות הפקעות בכסות חומה כתלות בטיפול קרקע בתכשירים מיקרוביאליים. שגיאת התקן של כל טיפול מוצגת על ידי קווי שגיאה בהתאם לתוצאות שהתקבלו משלוש חזרות. בניתוח סטטיסטי לא נמצא הבדל מובהק ברמת נגיעות הפקעות בין הטיפולים השונים. איור 2 מציג את מופע ה"כסות חומה" כפי שהתגלתה בניסוי הנוכחי.

הערכת יבול והתפלגות גודל פקעות: איור 3 מציג את היבול שהתקבל בכל אחד מטיפולי הקרקע בתכשירים המיקרוביאליים השונים. שגיאת התקן של כל טיפול מוצגת על ידי קווי שגיאה בהתאם לתוצאות שהתקבלו משלוש חזרות. בניתוח סטטיסטי לא נמצא הבדל מובהק ברמת היבול בין הטיפולים השונים. איור 33 מציג את משקל פקעת ממוצע שהתקבל בטיפול קרקע השונים ואיור 5 מציג את התפלגות הגודל של הפקעות בטיפול קרקע השונים. לא נמצא הבדל מובהק בין הטיפול קרקע ובין משקל והתפלגות גודל הפקעות.

דיון

הערכת מחלות נוף: בריאות נוף הצמח בגידול תפוז"א יכולה להצביע על מחלות קרקע. בניסוי לא נמצאו סימנים של מחלות נוף האופייניות למחלות קרקע כדוגמת רגל שחורה, נבילה, ותמותת צמחים שמעיד על נוכחות ע"י קומפלקס של חיידקים פקטינוליטיים ומחלת הדוררת (2). במהלך הגידול התבצע ניטור של הנוף פעם בשבועיים אך לא נמצאו תסמיני נוף שמעידים על מחלת קרקע. מחלות הנוף שהופיעו היו של חלפת וכימשון והן אינן קשורות למחלת קרקע. בנוסף לא נמצאו הבדלים בחוזק ובריאות הנוף בין טיפולי הקרקע השונים. כיוון שהניסוי הנוכחי נהתקיים בשנה הראשונה של תוכנית המחקר אנחנו צופים שבשנים הבאות (שנה שנייה ושלישית) תהיה סבירות גבוהה יותר להתפתחות מחלות קרקע שמראות תסמינים בנוף הגידול כתוצאה מגידול עוקב.

הערכת מחלות קרקע בפקעות: הערכה של מחלות קרקע בפקעות נעשתה על ידי הסתכלות בעין כפי שמתואר בחלק של "מהלך המחקר ושיטות עבודה". לא נמצאו תסמינים כל שהם של מחלות קרקע על הפקעות למעט תסמין של "כסות-חומה" שמיוחס כיום על בסיס הידע

הקיים לבעיה פיסיוולוגית שאינה נגרמת על ידי גורם מיקרוביאלי. תסמיני "כסות-חומה" בקליפת תפוז"א יחד עם תסמינים נוספים מהווים צבר בעיות קליפה שמהווה בעיה כלכלית קשה ביצוא ושיווק מקומי של ענף תפוז"א (2) ולכן יהיה חשוב לנסות למצוא טיפול שיכול להקל על הבעיה. איור 1 מציג את השפעת טיפולי הקרקע בתכשירים מיקרוביאליים על עוצמת תסמיני הכסות-חומה בפקעות. ניתן לראות שאומנם אין מובהקות סטטיסטית בין הטיפולים אך ניתן שמספר טיפולים מיקרוביאליים מחמירים את התסמינים ביחס לטיפול הביקורת (קוד טיפול 01). טיפול של תכשיר אי-אם במינון נמוך (קוד טיפול 04) וטיפול אי-אם מינון נמוך בשילוב עם טריכודרמה ומיקוריזה (קוד טיפול 10) יתכן ומראים רמה נמוכה של תסמיני כסות-חומה אך לא מובהקת ביחס לתכשירים האחרים. כיוון שלפי הידע שקיים כיום בעיות קליפה כדוגמת הכסות-חומה מיוחסות לבעיות פיסיוולוגיות כדוגמת טמפרטורה ודישון (2) אפשר לשער שהשפעה אפשרית של תכשירים מיקרוביאליים פועלת על ידי שינוי הזמינות של מרכיבי דשן כתוצאה מנוכחות מיקרוביאלית שונה בקרקע.

הערכת יבול: איור 3 מציג את ההשפעה של טיפולי קרקע מיקרוביאליים שונים על היבול. לא נמצאו הבדלים מובהקים בין הטיפולים אך ניתן ויש השפעה לטובה של חלק מהטיפולים המיקרוביאליים על היבול. ניתן יהיה לבדוק את ההשפעה של תכשיר אי-אם במינון נמוך גם בשנה השנייה והשלישית של המחקר. כיוון שבהצעת המחקר תוכנן לבחון 7 טיפולים נבחרים של טיפולי קרקע בתכשירים מיקרוביאליים נבחרו הטיפולים שהראו את רמת היבול הגבוהה ביותר. התכשירים שנבחרו מוצגים בטבלה 5 שמציג את קוד הטיפול, שמות התכשירים המיקרוביאליים שמרכיבים את הטיפול ואת הערכים ברמת היבול שהתקבלה (טון לדונם) ובנגיעות בכסות-חומה (ציון גבוהה מעיד על נגיעות גבוהה). נראה שהטיפול בתכשיר אי-אם במינון נמוך מראה יבול גבוהה ונגיעות נמוכה בכסות חומה ביחס לטיפולים האחרים. ההשפעה של הרכב מיקרוביאלי על היבול של תפוז"א יכולה לנבוע משני סיבות עיקריות. הראשונה היא יכולת של טיפול מיקרוביאלי לדכא גורמים מיקרוביאליים בקרקע שגורמים לירידה ביבול וסיבה שניה היא היכולת של טיפול מיקרוביאלי להעלות יבול בזכות סימביוזה עם השורשים שמאפשרת התמיינות פקעות וקליטת מינרלים טובה יותר של הצמח (3). בניסוי הנוכחי בוצעו טיפולי קרקע בתכשירים מיקרוביאליים שונים לחוד וביחד בהרכבים שונים. כל אחד מהתכשירים המיקרוביאליים שהשתתפו בניסוי עשו לשנות את ההרכב המיקרוביאלי הקיים של הקרקע אם לטובה או אם לרעה. ניתן לצפות שהרכב מיקרוביאלי יכול לגרום להעלאת היבול על ידי שיפור קליטת מינרלים לבד או יחד עם שינוי הרכב מיקרוביאלי בקרקע שפוגע בבריאות ויכולת קליטת מינרלים בקרקע. ירידה ביבול כתוצאה מטיפול מיקרוביאלי בקרקע יכולה לנבוע מפגיעה בהרכב מיקרוביאלי קיים שמיטיב עם גידול תפוז"א.

התפלגות גודל פקעות

איור 5 מציג את ההשפעה של טיפולי קרקע בתכשירים מיקרוביאליים שונים על התפלגות גודל הפקעות. החשיבות של התפלגות גודל פקעות אינה ביצוא אינה חד משמעית כיוון שבחלק מהשווקים נדרש גודל פקעות קטן (0-45 מ"מ), ולעיתים נדרש גודל פקעות בינוני (45-60 מ"מ) או גודל פקעות גדול (60+ מ"מ). אומנם פקעות שמגיעות לגודל גדול בזמן קצר מאפשרות סיום גידול מהיר יותר אך נמצא שתכונה הזאת קשורה יותר למספר הפקעות למטר רץ ערוגה, ככל שישנה התמיינות גבוהה יותר של פקעות בת מפקעת האם כך יהיה מספר רב יותר של פקעות למטר רץ ערוגה שיוביל לקצב גדילה נמוך יותר של פקעות הבת. כמות פקעות הבת למטר רץ ערוגה ניתנת לשליטה על פי מספר פקעות האם שנזרעות למטר רץ ערוגה בתהליך הזריעה.

סיכום ומסקנות

בניסוי הנוכחי של שנה א לא נמצאו מחלות קרקע כלשהן ממקור מיקרוביאלי. לכן הערכת טיב טיפולי הקרקע בתכשירים המיקרוביאליים השונים התבססה על יבול בלבד. תופעת נזק לקליפה נצפתה בניסוי הנוכחי אך כאמור היא מיוחסת לתופעה פיסיולוגית ויתכן שלטיפולים מיקרוביאליים תהיה השפעה פיסיולוגית על הפקעות (כדוגמת קליטה טובה יותר של מינרלים). ההבדלים ברמת היבול והכסות החומה בין הטיפולים השונים בניסוי זה נמצאו לא מובהקים ולכן הבחירה של ששה טיפולי קרקע נבחרים ביחס לטיפול הביקורת (ללא טיפולי קרקע) יידרשו להיבדק שוב על רקע מחלות קרקע שצפויות להופיע בשנים הבאות כתוצאה מגידול עוקב באותו שטח שנה אחר שנה (1,3). בהקשר הזה יתכן וכדאי יהיה לבדוק מספר רב יותר של טיפולי קרקע מיקרוביאליים בשנה ב כדי להגביר את הסיכוי למצוא טיפול מוצלח על רקע מחלות קרקע.

טבלה 1: ארבעת התכשירים שהשתתפו בניסוי. תכשיר אי-אם נבחן בשלוש מינונים שונים. תכשיר הטריודרמה הגיע כאבקה ויושן על ידי הצנעה בקרקע. התכשירים שעברו דילול יושמו לאחר הדילול בכמות של 2 ליטר למטר רץ של גדודית. בערוגה יש שני גדודיות והמרחק בין שני גדודיות הוא 0.965 מטר. התכשירים יושמו כ 1-3 ימים לפני זריעה למעט תכשיר הבצילוס של חברת מיקרוביום שיושם כ 10 ימים לפני זריעה ב 5 טיפולים במרווח של יומיים בין טיפול לשני.

שם תכשיר	שם חברה	סמ"ק/גרם למטר רץ גדודית	ליטר/ק"ג לחם	יחס דילול
בצילוס	מיקרוביום	0.82	0.85	250
מיקואפ	ביובי	0.29	0.30	700
אי-אם נמוך	אי אם	30.0	31.1	7
אי-אם בינוני	אי אם	60.0	62.2	3.5
אי-אם גבוהה	אי אם	100.0	103.6	2
טריודרמה	אגרוגדות	37.0	38.3	1

טבלה 2: שילובים של תכשירים התכשירים השונים ששימשו לטיפול הקרקע בניסוי. סה"כ נבדקו 18 טיפולים כולל טיפול ביקורת שכלל מים בלבד.

קוד טיפול	טיפול
01`	ביקורת
02`	אי-אם מים גבוהה
03`	אי-אם מים בינוני
04`	אי-אם מים נמוך
05`	טריודרמה
06`	בצילוס
07`	מיקוריזה
08`	אי-אם מים נמוך, טריודרמה, בצילוס, מיקוריזה
09`	אי-אם מים נמוך, טריודרמה, בצילוס
10`	אי-אם מים נמוך, טריודרמה, מיקוריזה
11`	אי-אם מים נמוך, בצילוס, מיקוריזה
12`	טריודרמה, בצילוס, מיקוריזה
13`	אי-אם מים נמוך, טריודרמה
14`	אי-אם מים נמוך, בצילוס
15`	אי-אם מים נמוך, מיקוריזה
16`	טריודרמה, בצילוס
17`	טריודרמה, מיקוריזה
18`	בצילוס, מיקוריזה

טבלה 3: הערכת נגיעות פקעות בכסות חומה על ידי ציון אינדקס. 20 פקעות שנבחרו בצורה אקראית מכל חזרה עברו מיון לשלושת הקטגוריות שבטבלה. אחוז הפקעות בכל קטגוריה הוכפל באינדקס הקטגוריה כפי שמופיע בטבלה. רמת הנגיעות התקבלה על ידי חיבור התוצאה בכל הקטגוריות. לדוגמה חזרה שיש בה 50% נגיעות גבוהה, 30% נגיעות בינונית ו 20% נגיעות נמוכה תקבל ציון $3.6 (50\%*5 + 30\%*3 + 20\%*1)$

קטגוריה	תיאור קטגוריה	אינדקס לקטגוריה
נגיעות גבוהה	רוב הפקעת מכסה בכסות חומה	5
נגיעות בינונית	חלק מהפקעת גוועה בכסות חומה	3
נגיעות נמוכה	פקעות שאין גוועות כלל	1

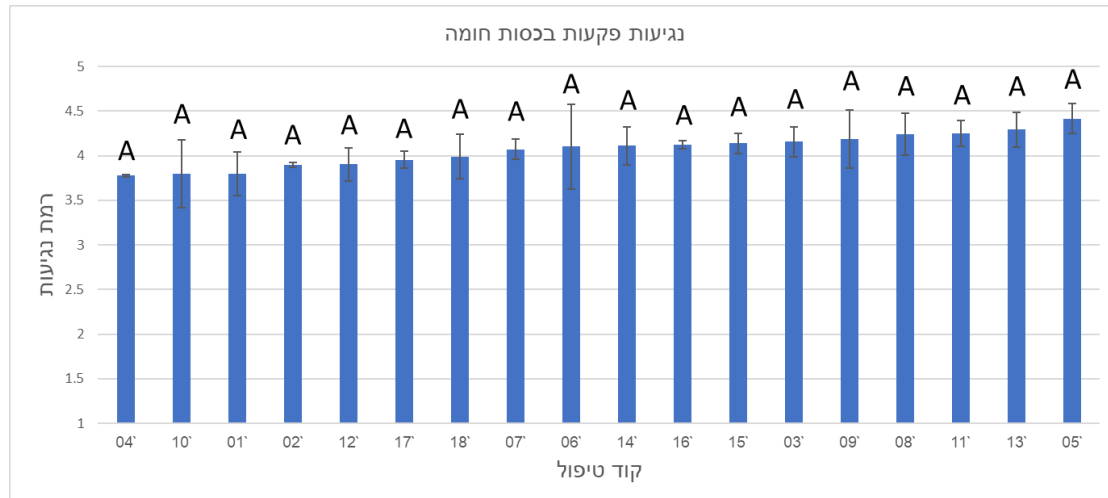
טבלה 4: הערכת מחלות בנוף הגידול : הערכה נעשתה על ידי הסתכלות בעין אחת לשבועיים. נגיעות גבוהה קיבלה ציון 5 ואילו נגיעות נמוכה קיבלה ציון 1.

תאריך	נגיעות כללית במחלות	נגיעות בחלפת	נגיעות בכימשון
30/03/2023	1	1	1
13/04/2023	1	1	2
27/04/2023	2	2	2
11/05/2023	2	2	1
25/05/2023	3	3	2
08/06/2023	3	3	1
22/06/2023	4	4	2

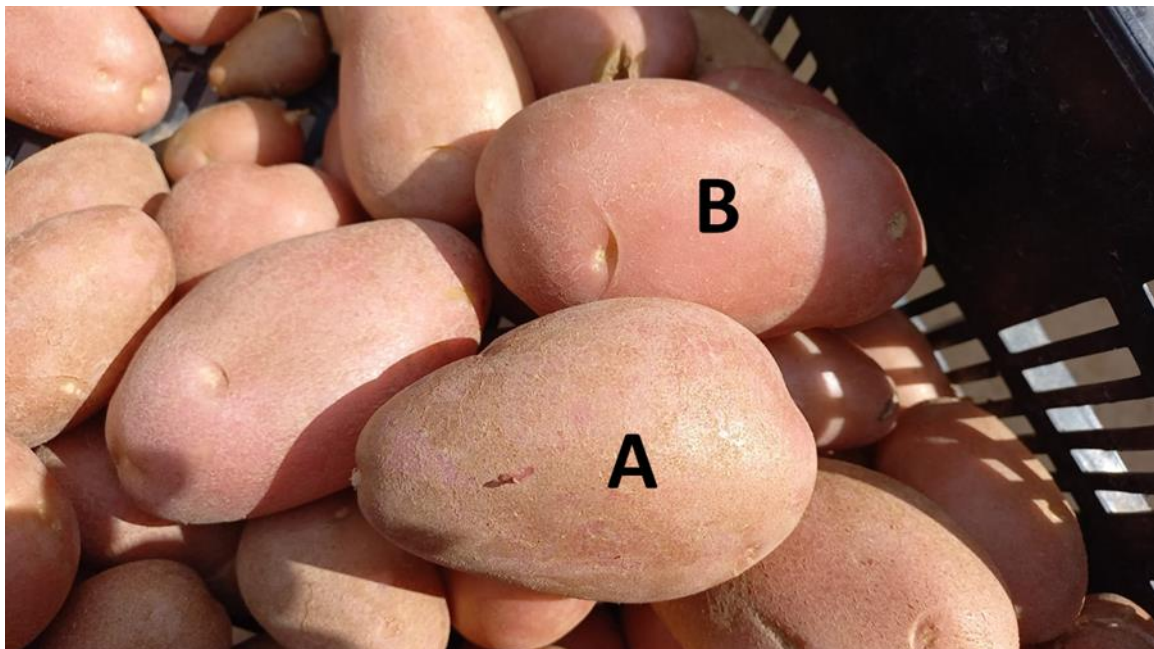
טבלה 5: טיפולי קרקע שנבחרו להמשך בדיקה בשנה ב. טיפולי הקרקע מורכבים מתכשירים מיקרוביאליים שונים. בחירת הטיפולים נעשתה על בסיס טיפולים שהראו את היבול המירבי (טון לדונם). בנוסף מצוינת הנגיעות ה "כסות חומה" בכל אחד מהטיפולים, מספר גבוהה מעיד על נגיעות גבוהה יותר . טיפול "אי-אם" מיון נמוך מראה גם יבול גבוהה ונגיעות נמוכה ב"כסות-חומה". הניתוח הסטטיסטי לשונות נערך בחבילת תוכנה JMP 7.0 בשיטת T STUDENT, אותיות שונות מייצגות הבדל סטטיסטי מובהק ברמת מובהקות של 0.05.

קוד טיפול	טיפול	טון לדונם	נגיעות ב"כסות חומה"
01`	ביקורת	A 3.7	A 3.8
04`	אי-אם מים נמוך	A 4.3	A 3.8
17`	טריכודרמה, מיקוריזה	A 4.1	A 4.0
05`	טריכודרמה	A 4.1	A 4.4
08`	אי-אם מים נמוך, טריכודרמה, בצילוס, מיקוריזה	A 4.0	A 4.2
09`	אי-אם מים נמוך, טריכודרמה, בצילוס	A 4.0	A 4.2
02`	אי-אם מים גבוהה	A 4.0	A 3.9

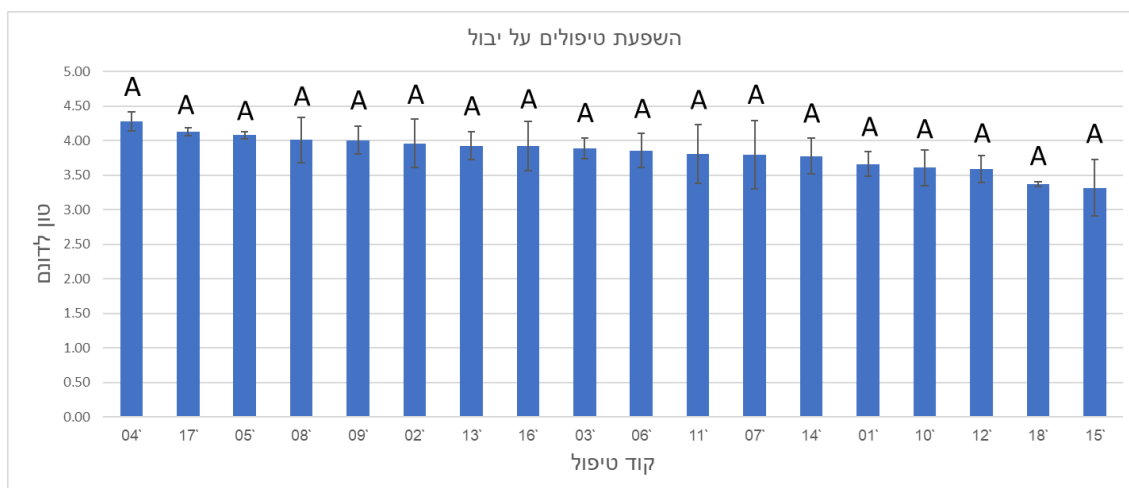
איור 1: נגיעות פקעות בכסות חומה. חישוב רמת נגיעות נעשה כפי שמתואר בטבלה 3.



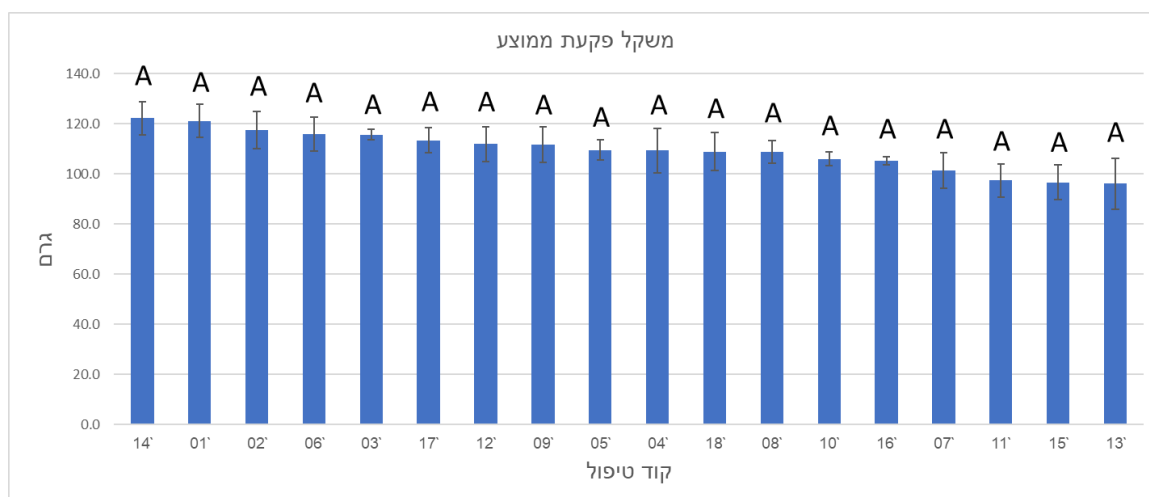
מפתח של קוד הטיפול ושם החומרים המיקרוביאליים שמהם נבנה טיפול הקרקע מוצג בטבלה 2. כל טיפול כלל 3 חזרות, הנתונים מוצגים כממוצעים וקווי השגיאה מייצגים את הערכים של שגיאת תקן. הנתונים עברו מבחן ANOVA לבדיקת השונות בין הטיפולים. הניתוח הסטטיסטי לשונות נערך בחבילת תוכנה JMP 7.0 בשיטת T STUDENT, אותיות שונות מייצגות הבדל סטטיסטי מובהק ברמת מובהקות של 0.05.



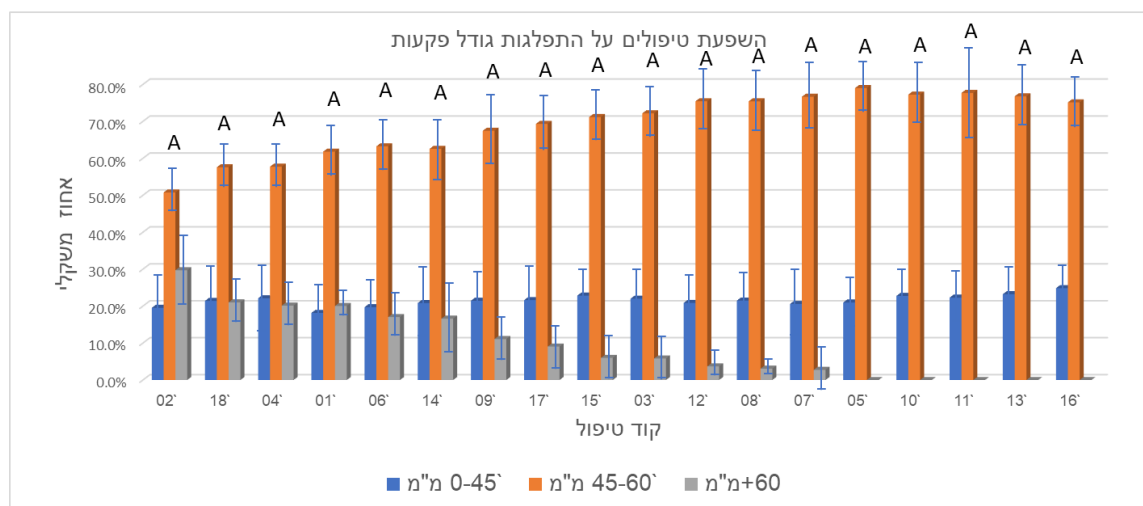
איור 2: מופע של "כסות-חומה" כפי שנמצא בניסוי על הזן רודיאו. פקעת שמסומנת באות A מראה את תסמיני הכסות החומה, פקעת שמסומנת באות B אינה מראה תסמיני כסות חומה.



איור 3: השפעת טיפולי הקרקע בתכשירים השונים על יבול כללי. טיפולי הקרקע השונים מפורטים לפי קוד הטיפול בטבלה 2. היבול נמדד ביחידות של טון לדונם. דגימה של כל חזרה נעשתה על ידי הוצאה של פקעות משטח של 3 מטר רץ ערוגה (2.9 מ"ר) שנדגם בכל טיפול מהערוגה האמצעית. מפתח של קוד הטיפול ושם החומרים המיקרוביאליים שמהם נבנה טיפול הקרקע מוצג בטבלה 2. כל טיפול כלל 3 חזרות, הנתונים מוצגים כממוצעים וקווי השגיאה מייצגים את הערכים של שגיאת תקן. הנתונים עברו מבחן ANOVA לבדיקת השונות בין הטיפולים. הניתוח הסטטיסטי לשונות נערך בחבילת תוכנה JMP 7.0 בשיטת T STUDENT, אותיות שונות מייצגות הבדל סטטיסטי מובהק ברמת מובהקות של 0.05.



איור 4: השפעת טיפולי הקרקע בתכשירים השונים על משקל פקעת ממוצע. טיפולי הקרקע השונים מפורטים לפי קוד הטיפול בטבלה 2. משקל ממוצע של פקעת נמדד בגרם לפקעת. דגימה של כל חזרה נעשתה על ידי הוצאה של פקעות משטח של 3 מטר רץ ערוגה (2.9 מ"ר) שנדגם בכל טיפול מהערוגה האמצעית. מפתח של קוד הטיפול ושם החומרים המיקרוביאליים שמהם נבנה טיפול הקרקע מוצג בטבלה 2. כל טיפול כלל 3 חזרות, הנתונים מוצגים כממוצעים וקווי השגיאה מייצגים את הערכים של שגיאת תקן. הנתונים עברו מבחן ANOVA לבדיקת השונות בין הטיפולים. הניתוח הסטטיסטי לשונות נערך בחבילת תוכנה JMP 7.0 בשיטת T STUDENT, אותיות שונות מייצגות הבדל סטטיסטי מובהק ברמת מובהקות של 0.05.



איור 5: השפעת טיפולי הקרקע בתכשירים השונים על התפלגות גודל פקעות. טיפולי הקרקע השונים מפורטים לפי קוד הטיפול בטבלה 2. בכל חזרה הפקעות עברו מיון ל 3 קטגוריות גודל 0-45 מ"מ, 46-60 מ"מ, +60 מ"מ ובכל אחת מהקטגוריות נמדד האחוז המשקלי של הקטגוריה. דגימה של כל חזרה נעשתה על ידי הוצאה של פקעות משטח של 3 מטר רץ ערוגה (2.9 מ"ר) שנדגם בכל טיפול מהערוגה האמצעית. הנתונים מוצגים כממוצעים וקווי השגיאה מייצגים את הערכים של שגיאת תקן. מפתח של קוד הטיפול ושם החומרים המיקרוביאליים שמהם נבנה טיפול הקרקע מוצג בטבלה 2. לא נמצא הבדל מובהק בין הטיפולים. הבדלים סטטיסטים מובהקים נבדקו באחוז הישרדות לפי מבחן Tukey HSD ($\alpha=0.05$).

3. ביבליוגרפיה

- (1) Thakur R. et al. 2022. Role of Soil Health in Plant Disease Management: A Review. Agricultural review. Vol. 1856, pages: 1-7
- (2) כנס לסיכום תוצאות מחקרים בתפוז"א, משרד החקלאות בית דגן, 26/02/2020, https://www.gov.il/BlobFolder/reports/booklet-summarizing-research-on-potatoes/he/vegetables_and_fruits_hovert_sicum_mechkarim_tapuach_adama.pdf
- (3) Fiers M. et al. 2012. Potato soil-borne diseases. A review. Agron. Sustain. Dev. Vol. 32, pages: 93–132