



דו"ח מסכם 2023-2025

תכנית 22-03-0001



מספר מחקר: 22-03-0001

שם התכנית: בחינת הטיפול בגזם עגבנייה בבשור

חוקרת ראשית: טלי אילני

חוקרים שותפים: ליאור אברהם, שה"מ; ליאור קטרי, מו"פ דרום; צפריר גרינהוט, שה"מ; ראיף פאלח, שה"מ; מיטב מאור, שה"מ; עומר פרנקל, מנהל המחקר החקלאי; אביב דומברובסקי, מנהל המחקר החקלאי; משה ברונו, מו"פ דרום; דובי צוהר, שה"מ; ניר ברהולץ, שה"מ.

סטטוס התכנית: הסתיימה

מועד התחלה וסיום התכנית: ינואר 2025 – דצמבר 2025

תקציר

בישראל נוצרים מדי שנה אלפי טונות של גזם עגבנייה לאחר סיום הגידול. כיום החקלאים מתמודדים עם הפסולת בדרכים לא יעילות ולעיתים מזיקות (שריפה, ערמות גזם, הטמנה). מטרת המחקר הייתה לבחון שיטות ישימות ומקיימות לטיפול בגזם – הצנעה לקרקע או הפיכתו לקומפוסט – תוך התחשבות בהיבטים חקלאיים, כלכליים וסביבתיים. הניסוי נערך בבית רשת במו"פ דרום על קרקע חולית במשך חמש עונות גידול רצופות, וכלל שישה ממשקי טיפול שונים. הקומפוסט יוצר ביחסים שונים של גזם עגבנייה וזבל בקר, ונמצא כי איכות הקומפוסט השתנתה בהתאם ליחס הגזם, אך גם ערכי האיכות הנמוכים היו גבוהים יחסית לשוק. נמצא שהצנעת גזם נגוע ללא חיטוי קרקע מעלה סיכון למחלות קרקע ואינה מציגה יתרון כלכלי. חיטוי כימי שומר על יכול תקין אך אינו מונע לחלוטין מחלות כמו פוזריום, וגידול ביניים לא תרם תרומה משמעותית לגידול או לירידה בסיכון למחלות. הוספת הקומפוסט, לעומת זאת, גרמה לעיכוב ראשוני בצימוח אולם בהמשך תרם ליכול תקין ואף הפחיתה מחלות קרקע. מסקנה: קומפוסט איכותי עשוי להוות חלופה אפשרית לחיטוי כימי, אך יש צורך במחקר נוסף לשיפור תהליך ייצורו מגזם נגוע כדי להבטיח חומר נקי ממחלות ולבסס ממשק מקיים.

רקע קצר ותיאור הבעיה

בישראל מגדלים כ-29,000 דונם עגבניות בבתי צמיחה כאשר מכל דונם עגבנייה מתקבלים בין 3-5 טון גזם ירוק, לא כולל שאריות פרי שאינו משווק. לרב החקלאי מתמודד עם הפסולת בצורה עצמאית, שאינה מניחה את הדעת כגון פינוי לאתר יישובי ללא טיפול נוסף, פינוי לאתר לא מוסדר, השארה בסמוך לבית הצמיחה ובמקרים מסויימים גם בשריפה בלתי חוקית. פינוי לאתר הטמנה מסודר לרב מצריך הובלה למרחק רב מבית הצמיחה. לאור זאת קיים צורך משמעותי בפתרון כולל שייתן מענה חקלאי (סניטציה), כלכלי וסביבתי. הפתרון הפשוט ביותר הוא ריסוק והצנעה של הגזם המרוסק לקרקע. אולם, במקרה זה ישנו חשש לאילוח הקרקע בפגעי הגידול הקודם ולכן ישנו צורך לבדוק לעומק האם ניתן לפתח פרוטוקול הצנעה שימנע אילוח זה. חשוב לזכור שפתרון זה מחייב הפרדה של חוטי ההדליה או מאידך שימוש בחוטים מתכלים. פתרון נוסף שבחנו בהצלחה במחקר מקדים הוא טיפול בגזם

עגבנייה מרוסק כחומר יבש לקומפוסט. בהצעת מחקר זו אנו מעוניינים לבחון לעומק שיטות שונות לטיפול בגזם, בראיה מקיימת שתתחשב בגורמים חקלאיים, כלכליים וסביבתיים. בבית רשת גודלו עגבניות במהלך שתי עונות גידול (קיץ וחורף). בעונה הראשונה גודלה העגבנייה על כל השטח ללא טיפולים מיוחדים ובעונה השנייה הוצנעו בחלק מהחלקות שאריות הגידול לקרקע בשילוב עם טיפולים שונים (גידול ביניים, חיטוי), בחלק מהחלקות ייושם קומפוסט שמורכב בחלקו משאריות הגידול וחלק מהחלקות גודלו ללא תוספות כמקובל. עד כה לא נצפו הבדלים מובהקים במדדים השונים בין החלקות.

מטרות המחקר

מטרת המחקר הינה מציאת פתרון ישים ומקיים לטיפול בגזם עגבנייה, שיתחשב בגורמים חקלאיים, כלכליים וסביבתיים. שאלת המחקר הינה: האם טיפול מקומי בגזם בעזרת קיצוץ והצנעה לקרקע או טיפול קומפוסטציה לגזם אפשרי ואינו מעלה את הסיכון למחלות קרקע או פגיעה בגידול? המחקר ערך השוואה בין שיטות שונות לטיפול בשאריות הצמחיות בסיום גידול עגבנייה, לאורך מספר מחזורים עוקבים ובחלקות קבועות. המחקר עונה על השאלות הבאות לאור הגורמים שצוינו לעיל:

1. טיב, איכות ובטיחות המוצר של קומפוסט המכיל גזם עגבנייה ("קומפוסט עגבנייה").
2. יחס זבל בע"ח-גזם עגבנייה הנדרשים לקבלת קומפוסט איכותי ובטוח לשימוש.
3. מה המשמעות של הצנעה עקבית של גזם עגבנייה בקרקע לאורך מספר מחזורי גידול עגבנייה מבחינת יבול, שכיחות גורמי מחלה בקרקע ועוד.
4. משמעות השימוש ב"קומפוסט עגבנייה" מבחינת יבול, שכיחות גורמי מחלה בקרקע ועוד.

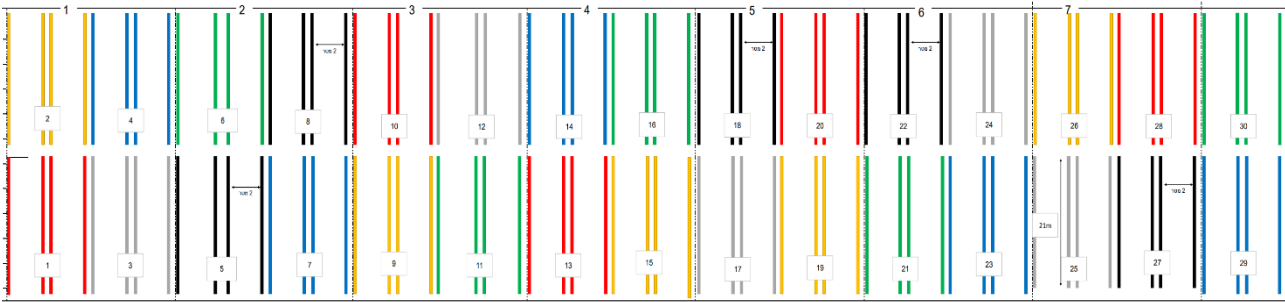
מהלך המחקר ושיטות עבודה

הניסוי נערך במו"פ דרום, בנגב המערבי. הקרקע במקום חולית: 9.8% חרסית, 7.3% סילט, 83% חול. בבית רשת 50 מש על שטח של כשלושה דונם נשתלה עגבניה במשך 5 עונות גידול. השטח חולק ל-30 חלקות. הניסוי כלל שישה ממשקים בחמש חזרות המסודרות באקראי בשטח. בעונת הגידול הראשונה לניסוי, לפני תחילת העונה כל החלקות חוטאו בעזרת מתאם סודיום ונימיץ בהתאם לפרוטוקול לפני שתילה. עגבניה נשתלה בכל החלקות והטיפול היה זהה לכל החלקות. עונה ראשונה שימשה לאיפוס השטח. החל מעונת הגידול השניה החלו הממשקים השונים לחלקות כפי שמתואר בטבלה 1 ואיור 1. בתום כל עונת גידול (עונות 4-1) הופרדו שאריות הגידול מחוטי ההדליה והגזם מ-15 חלקות (ממשקים 1,2,4) קוצץ והוצנע בקרקע. במקביל, גזם מחלקה נגועה בוירוס הועבר למתקן הקומפוסטציה ברפת מעון כרמל שם עורבב עם זבל בע"ח. ייצור הקומפוסט כולל בנית ערימות תוך ערבוב של חומרי הגלם כפי שמפורט להלן, היפוך ערימות אינטנסיבי בתדירות של 2-3 פעמים בשבוע והוספת מים במהלך תקופת הייצור בהתאם לצורך. בפעם הראשונה הערבוב היה ביחס של 10% שאריות גידול עגבניה (גזם) עם 90% זבל בע"ח (פרות). בשתי פעמים אחרות, בקיץ ובחורף, עורבבו הערימות בשני יחסים: שליש גזם על שני שליש זבל בקר ו-שני שליש גזם על שליש זבל בקר. דוגמאות מהקומפוסט נשלחו לאנליזת איכות ולמעבדה לבדוק נוכחות וירוס. כשהקומפוסט היה מוכן הוא הובא

לחווות הבשור ופוזר ב-5 חלקות (ממשק 5) בשיעור של 4 קוב לדונם. בממשק 4 בעונה השניה נשתל ברוקולי מהזן פרתנתון במקום עגבניה, בין העונה השלישית לרביעית נזרעו זרעי חרדל ורוקולה כגידול ביניים ובין העונה הרביעית לחמישית נשתלו צמחי כרובית ובסוף הגידול תוחחו לקרקע. החלקות של ממשקים 2,3,4 עבור טיפול במתאם סודיום וקונדור. תאריכי השתילה עבור כל עונת גידול, זן העגבניה שנשתל ועומדי השתילה מתוארים בטבלה 2. השתילים נשתלו בשורות כפולות במרחק של 0.45 מ"מ בין השתילים בשורה וגודלו לפי הגידול המשקי הנהוג.

טבלה 1. ממשקי הגידול השונים שבוצעו במהלך המחקר.

טיפול	שם	קומפוסט	הצנעה	טיפול מתאם סודיום וקונדור	גידול ביניים
1	הצנעה ללא טיפול		X		
2	הצנעה + טיפול		X	X	
3	מישקי + טיפול			X	
4	הצנעה + טיפול + גידול ביניים		X	X	X
5	קומפוסט	X			
6	ללא טיפול				



איור 1. תיאור סכמטי של שטח הניסוי. הממשקים שבוצעו במהלך המחקר: אדום – הצנעה ללא טיפול, צהוב – הצנעה + טיפול, אפור –מישקי + טיפול, כחול – הצנעה + טיפול + גידול ביניים, שחור – קומפוסט, ירוק – מישקי ללא טיפול

טבלה 2. תאריכי השתילה, זני העגבניה, עומדי השתילה, משך הגידול ומספר הקטיפים שבוצעו בכל אחת מעונות הגידול.

עונת גידול	תאריך שתילה	זן	עומד שתילה	משך גידול	מספר קטיפים
עונה I	04.4.2022	שני	2222	5 חודשים	7
עונה II	22.9.2022	שני	2222	6 חודשים	11
עונה III	19.6.2023	זוהרה	2222	3.5 חודשים	6
עונה IV	01.5.2024	סימון	2222	5 חודשים	9
עונה V	13.3.2025	איקרם	2222	6 חודשים	9

נגיעות בוירוס ומחלות. בעונה השניה נדגמו 30 צמחים מכל חלקה כשלושה חודשים אחרי שתילה. החל מעונת הגידול השלישית, במהלך 25 הימים הראשונים אחרי שתילה לא נעשו שום פעולות בשטח שדורשות מגע עם הצמחים. ביום ה-25 נדגמו עלים מ-30 צמחים מכל חלקה ונשלחו לבדיקה סרולוגית להערכת רמת הנגיעות בוירוס ToBRFV ו-PepMV. הדיגום נעשה ע"י החלפת כפפות בין כל חלקה

כך שלא תהיה העברה של וירוס בין הדוגמאות. ווירוסים נבדקו במעבדה של ד"ר אביב דומברובסקי במנהל המחקר, מרכז וולקני.

שיטות סרולוגיות. בדיקות של Direct ELISA שיטה העושה שימוש בנוגדנים ספציפיים כנגד חלבוני המעטפת של ToBRFV ו-PepMV לזיהוי של חלבון המעטפת הנגיפי בדוגמאות שהתקבלו. בדיקה מולקולארית. הפקה של RNA נגיפי נעשתה באמצעות שימוש בקיט מסחרי (Viral RNA kit). בהמשך נעשתה ריאקציה של Reverse Transcription (RT) לסינתזה של הגדיל המשלים (cDNA) אשר שימש כבסיס (טמפליט) להגברה באמצעות ריאקציית PCR תוך שימוש בפרימרים ספציפיים ל-ToBRFV ו-PepMV.

במהלך העונה נערך מעקב איכותי אחר צמחים להערכת רמת הנגיעות במחלות קרקע. מכל חלקה נדגמו 30 צמחים שחולקו לשלוש קבוצות של 10 באזורים שונים של כל חלקה. נוכחות מחלות קרקע הוערכה כ"יש" או "אין" פגיעה. צמחים שנחשדו בפגיעה ממחלות קרקע סומנו. ב-7 באוקטובר 2023 מערכת ההשקיה הפסיקה לעבוד ולא ניתן היה להכנס לשטח (שטח צבאי סגור) כשלושה חודשים כך שדגימות סוף העונה לא נלקחו. כאשר יכולנו להכנס הצמחים שסומנו נשלחו לאבחון במעבדתו של ד"ר עומר פרנקל. הצמחים הבודדים ששרדו עברו חיטוי ובודדו על גבי צלחות פטרי לזיהוי מורפולוגי ובהמשך לזיהוי מולקולרי על בסיס הגן ITS ו-TEF1 α . בעונות האחרות נלקחו צמחים החשודים בנגיעות וכן דוגמאות קרקע לזיהוי כמתואר מעלה.

הערכת יבול. במהלך העונה הוערכה כמות ואיכות היבול בכל החלקות (מספר הקטיפים בכל עונה מופיע בטבלה 1). ההערכה נעשתה על אותם צמחים שסומנו עבור הערכת וירוסים ומחלות קרקע. כמו כן, נערכה הערכת צימוח על ידי מדידת גובה הצמחים אחת ל-10 עד 20 ימים עד שהצמחים הגיעו לסביב 2.5 מטרים.

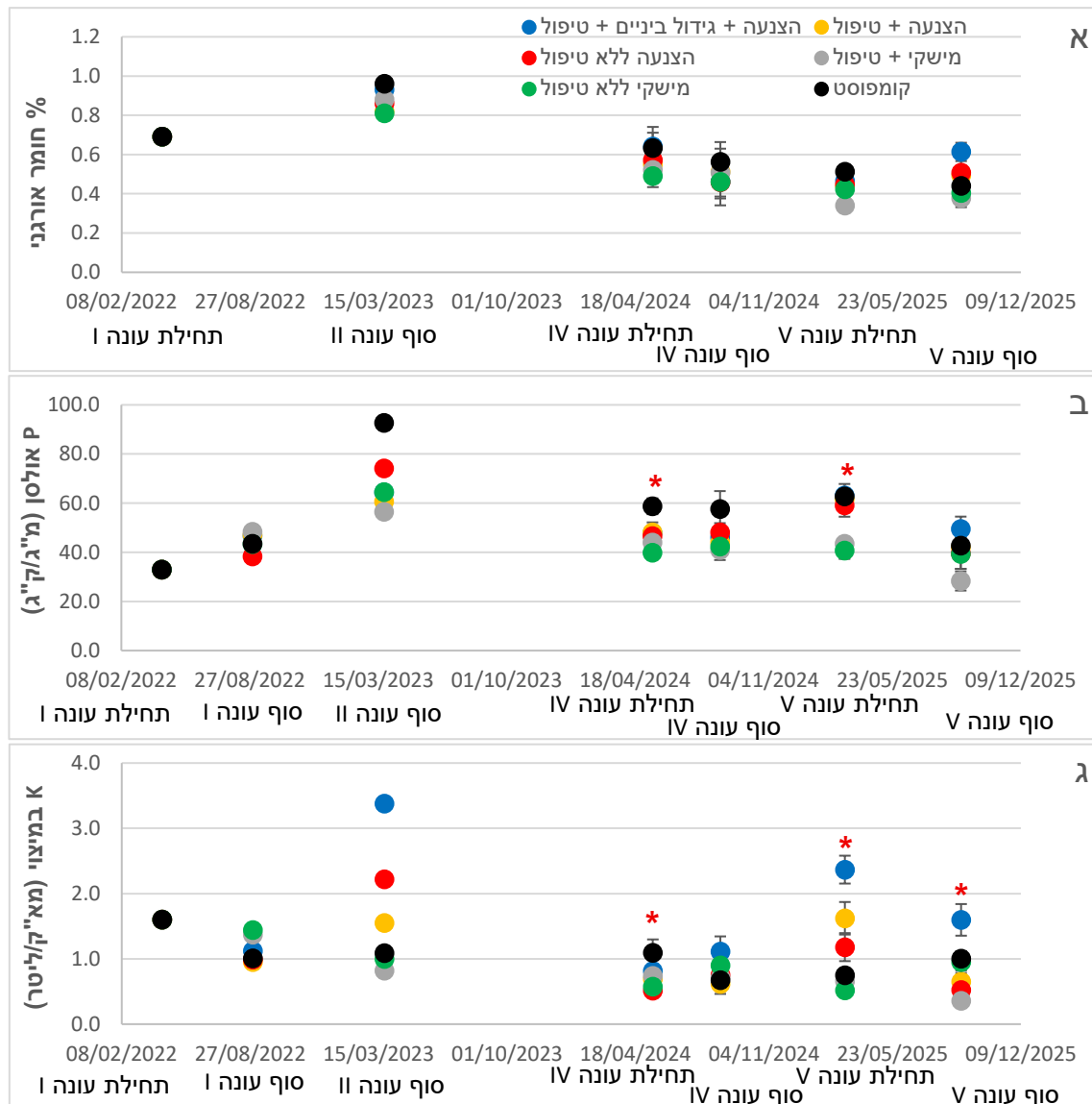
בדיקות קרקע. דוגמאות קרקע נלקחו מכל חלקה במהלך הגידול מעומק 0-20 ס"מ להערכת אחוז חומר אורגני בקרקע ומוליכות חשמלית. בעונות I ו-II הדוגמאות נלקחו מכל החלקות ועבור כל ממשק עורבבו ונשלחו לאנליזה. בעונות IV ו-V כל דוגמא נשלחה לאנליזה והתוצאות המוצגות כממוצע עבור כל ממשק.

הערכת יישום קומפוסט בגידולים אחרים. במהלך העונה הרביעית, במקביל לגידול העגבניה יישום הקומפוסט שנעשה עם 2/3 גזם עגבנייה גם בגידול של פלפל ובגידול מלפפון. בשניהם יושם הקומפוסט בשיעור של 4 קוב לדונם. אחר שני הגידולים נערך מעקב איכותי כאשר פעמיים במהלך העונה הוערכו מספר הצמחים בעלי סימפטומים של מחלות קרקע בחלקות בהן יושם הקומפוסט לעומת החלקות בהן לא יושם הקומפוסט.

מבחן סטטיסטי. הנתונים עברו מבחן ANOVA לבדיקת השונות בין הממשקים. הניתוח הסטטיסטי לשונות נערך בחבילת תוכנת JMP 7.0 בשיטת STUDENT T test אותיות שונות בין הממשקים מציינות הבדל סטטיסטי מובהק ברמת מובהקות של $\alpha=0.05$.

תוצאות

אחוז החומר האורגני, ריכוז הזרחן והאשלגן בקרקע בממשקים השונים מוצגים באיור 2. אפשר לראות לראות כי אחוז החומר האורגני נמוך יחסית ותואם לאופי הקרקע החולית (איור 2א). בהמלך הניסוי נצפתה עליה מסויימת באחוז החומר האורגני בכל הממשקים בין תחילת העונה עד לסוף העונה השניה אולם כבר בתחילת העונה הרביעית עליה זו נעלמה והשינוי באחוז החומר האורגני גם בין העונות וגם בין תחילת העונה לסופה היה זניח. אפשר לראות שבתחילת העונה הרביעית והחמישית אחוז החומר האורגני היה מעט נמוך יותר בממשקים שלא הוסף בהם חומר אורגני אבל ההבדל לא היה משמעותי. ככל הנראה כתוצאה מתהליכי פירוק מוצצים כתוצאה מתנאי רטיבות וטמפרטורה מתאימים בשילוב על עיבודי הקרקע. ריכוז הזרחן (איור 2ב) היה גבוה משמעותית בממשקים בהם הוסף קומפוסט או הוצנע גזם בתחילת העונות הרביעית והחמישית. בסוף עונות אלו לא היו הבדלים בריכוזי הזרחן. ריכוזי האשלגן (איור 2ג) בתחילת עונה IV ו-V היה גבוה בממשק עם גידול הביניים משאר הממשקים כך גם בסוף עונות II ו-V.



איור 2. אחוז חומר אורגני (א), ריכוז זרחן אולסן (מ"ג/ק"ג) (ב) וריכוז אשלגן במיצוי (מא"ק/ליטר) (ג) בממשקים השונים בתקופת המחקר. בתחילת עונה I וסוף עונה II נלקחו דוגמאות מכל חלקה של כל ממשק, עורבבו יחד והתוצאה המוצגת היא של אנליזה בודדת עבור כל ממשק. התוצאות עבור תחילת וסוף עונות IV ו-V מוצגות כממוצעים $\pm$ שגיאת תקן. הבדלים מובהקים (0.05) על פי מבחן שוניות All pairs, Tukey-Kramer HSD נמצאו הבדלים בתחילת עונות IV ו-V בריכוזי זרחן בין הממשקים בהם הוספו קומפוסט או גזם לקרקע לממשקי הביקורת. בריכוזי האשלגן בתחילת עונה IV בין הממשקים עם חיטוי לאלו בלי חיטוי ובעונה V בין הממשק עם גידול הביניים לשאר הממשקים.

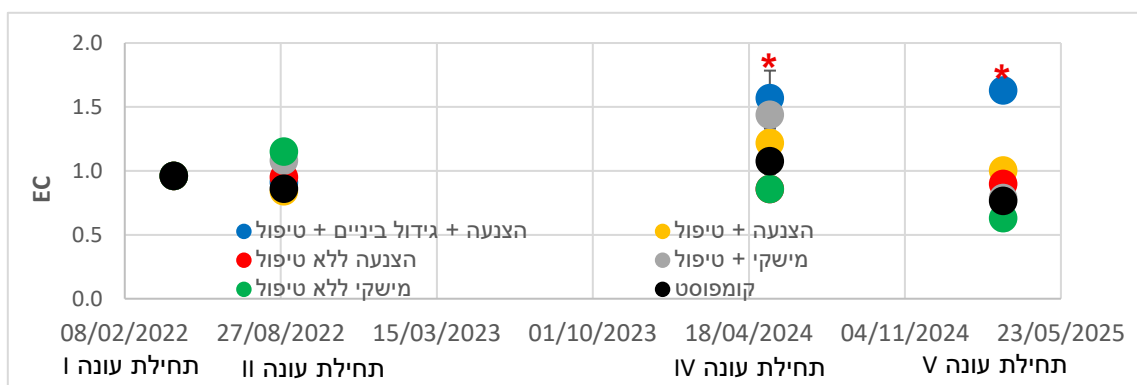
תוצאות בדיקת הקומפוסט שניתן בממשק 5 בכל אחת מהעונות בהשוואה לקומפוסט ללא תוספת גזם מוצגות בטבלה 3. אפשר לראות שהקומפוסט שהגיע בעונות III, IV, V היה בעל מליחות גבוהה של מעל 12 ds/m ובעונות II, III, IV נראה שעדיין לא הגיע לבשלות מלאה. אולם יש לזכור כי לאחר יישום הקומפוסט נערכו מספר שטיפות כך שעד השתילה הקומפוסט המשיך להתפרק והמליחות ירדה כפי שניתן לראות בערכי המוליכות החשמלית (EC) בקרקע בדגימות שנלקחו בתחילת העונה באיור 3. ערכי ה-EC בחלקות בהן יושם קומפוסט היו דומים לאלו שנמצאו בחלקות בהן לא יושם קומפוסט ולא

היה טיפול ע"י מתאם סודיום וקונפידור. ערכים מעט גבוהים יותר נמצאו בחלקות שכן עברו טיפול ובייחוד בחלקות בהן היה גידול ביניים.

בגזם שנשלח לקומפוסטציה נמצאה נוכחות של וירוס ToBRVF ופטריית שמקורן בקרקע (בייחוד מהסוג פוזריום). בקומפוסט לפני שיושם, לאחר תהליך הקומפוסטציה, לא נמצאה נוכחות של הוירוסים ToBRVF ו-PepMV או של פטריות קרקע. בדיקה של נוכחות פתוגנים בקומפוסט שהתקבל מערבוב גזם העגבניה עם זבל הבקר ביחסים השונים הראתה כי נמצאה נוכחות מוגבלת של פוזריום סולני בדגימה אחת בלבד מתוך 4 חזרות בריכוז של 100CFU/g. כמו כן דגימות הקומפוסט נמצאו חיוביות ל-ToBRVF ו-PepMV בבדיקות ELISA. בדוגמאות שנשלחו למאמ"צ נגב לא נמצאו כל גורמי מחלה.

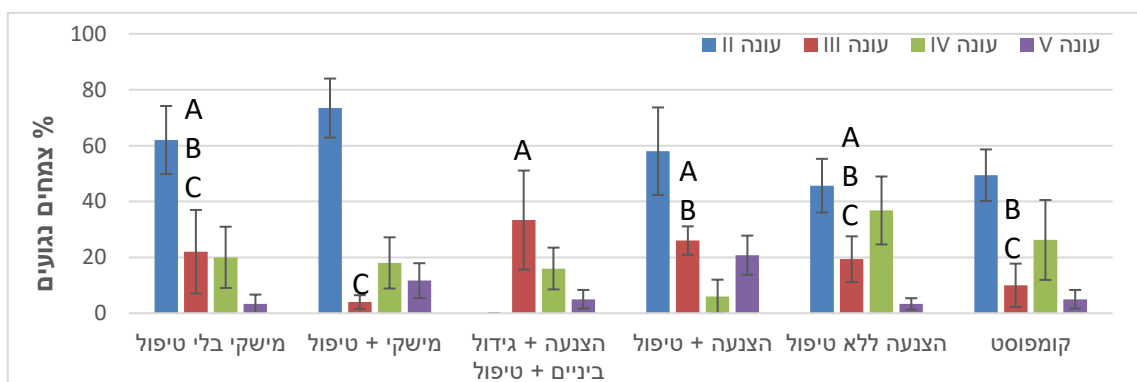
טבלה 3. נתוני הקומפוסט שהוכן כל שנה בהשוואה לנתונים של קומפוסט ללא תוספת גזם עגבנייה. הקומפוסט שיושם בשטח בכל עונה מסומן ב*

סוג קומפוסט	חומר אורגני	EC	פחמן	אפר	C/N	N-NH ₄	N חנקתי	P כללי	K כללי
	%	ds/m	%	%	יחס	מ"ג/ל	מ"ג/ל	%	%
ללא גזם עגבניה	67.5	6.6	39.7	32.5	13.3	15.9	1.24	1.3	4.35
עונה II									
10% גזם עגבניה	64.5	5.0	37.9	35.5	16.8	2.26	0.17	1.35	3.83
עונה III									
33% גזם עגבניה - קיץ	56.5	14.2	33.2	43.5	15.1	42.3	2.79	1.15	3.89
עונה IV									
66% גזם עגבניה - קיץ	51.5	15.1	30.3	48.5	15.2	15	2.18	0.99	4.00
עונה V									
33% גזם עגבניה - חורף	57	13.8	33.5	43	11.8	20.7	2.91		
66% גזם עגבניה - חורף	51	13.1	30.0	49	12.3	4.7	2.58		



איור 3. המוליכות החשמלית בקרקע בתחילת המחקר ובתחילת כל עונת גידול לאחר יישום הקומפוסט. בתחילת עונה I ו-II נלקחו דוגמאות מכל חלקה של כל ממשק, עורבבו יחד והתוצאה המוצגת היא של אנליזה בודדת עבור כל ממשק. התוצאות עבור תחילת עונות IV ו-V מוצגות כממוצעים $\pm$ שגיאת תקן. הבדלים מובהקים (0.05) על פי מבחן שוניות All pairs, Tukey-Kramer HSD נמצאו הבדלים בעונה IV בין הממשקים שעברו טיפול לאלו שלא עברו טיפול ובעונה V בין הממשק הצנעה+גידול ביניים+טיפול לשאר הממשקים.

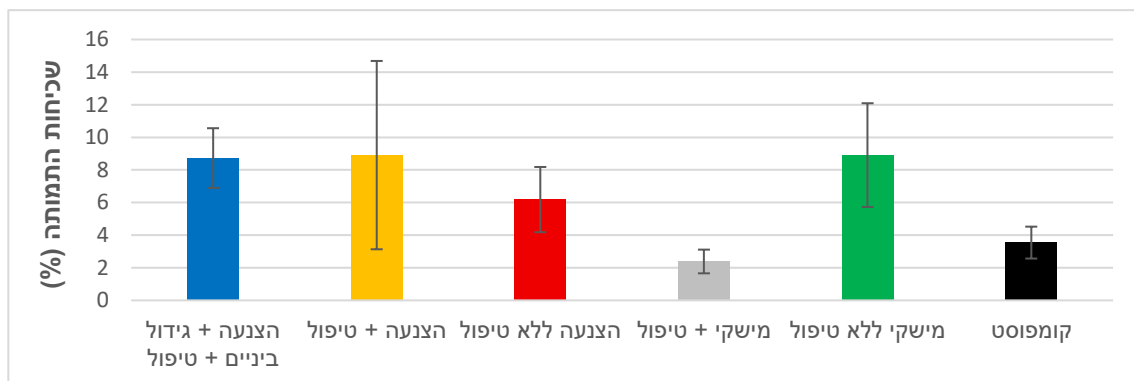
בעונה השניה, בה נדגמו הצמחים שלושה חודשים אחרי שתילה נמצא אחוז גבוה של צמחים נגועים בוירוס לפי תוצאות בדיקת ELISA בכל הממשקים בלי הבדל משמעותי בין הממשקים. כך שהנגיעות איננה משקפת רק את מוקדי המדבק הראשוניים. נגיעות בשנה ה-II מכילה גם את ההדבקות במהלך ההפצה השניונית של הוירוס בעת ביצוע פעולות אגרוטכניות לעיצוב הצמחים (זרוד, הדליה). החל מהעונה השלישית הדיגום התבצע כשלושה שבועות אחרי שתילה ואחוז הצמחים הנגועים בשלב זה היה נמוך משמעותית (איור 4). בעונה השלישית אחוז הצמחים הנגועים בוירוס היה גבוה משמעותית בממשק עם גידול הביניים מאחוזו בממשק המישקי או בממשק הקומפוסט. בממשק המישקי שכלל חיטוי קרקע כימי ללא הצנעה היה אחוז הצמחים הנגועים נמוך משמעותית גם מהממשק המקביל בו כן הוצנע הגזם. בעונות הרביעית והחמישית לא היו הבדלים משמעותיים בנגיעות בוירוס בין הממשקים.



איור 4. אחוז הצמחים עם נגיעות בוירוס בממשקים השונים בארבעת עונות הגידול האחרונות. הנתונים מוצגים כממוצעים $\pm$ שגיאת תקן. הבדלים מובהקים (0.05) על פי מבחן שוניות All pairs, Tukey-Kramer HSD שנמצאו בין הממשקים השונים בידי ביטוי באותיות שונות.

צמחים שזוהו במהלך העונות עם סימני נבילה וסטרוס הושארו בקרקע עד לסוף העונה על מנת לא להפריע ליצירת המדבק הטבעי. בסוף כל עונה נדגמו צמחים אלו לזיהוי מחלות פטרייטיות. ככלל בעונות 2-4 הנגיעות במחלות קרקע הייתה ספורדית ומועטה מכדי להסיק מסקנות, ונוצרה בה בנייה הדגתית

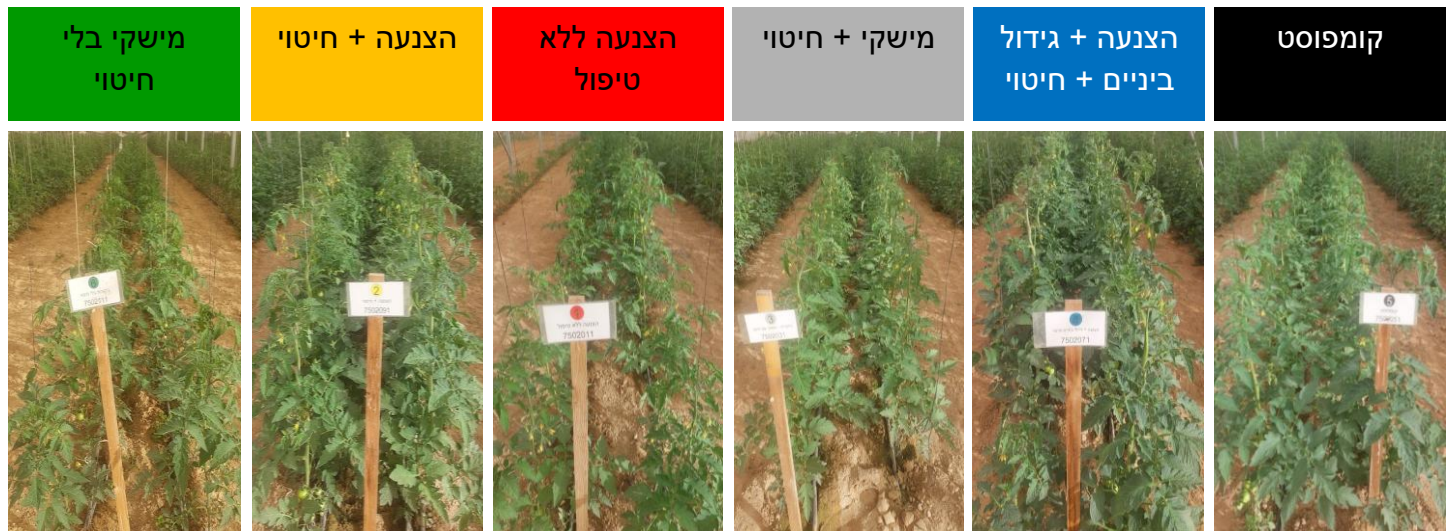
של מדבק טבעי בקרקע האופייני למונוקולטורה. בפירוט: במהלך העונה השניה, ריזוקטוניה ו-*Fusarium oxysporum* זהו בשתיים מתוך חמש החלקות בהם הוצנע הגזם וב-20% מהחלקות בהם בוצעה הצנעה עם חיטוי, ממשק קומפוסט והמישקי ללא חיטוי. בעונה השלישית הדיגום נערך באיחור של מספר חודשים עקב מאורעות ה-7 באוקטובר. ב-10 מתוך 16 צמחים שהצלחנו להעביר למעבדה בודדו מיני אספרגילוס שהינם ספרופיטים על חומר מת. שבעה צמחים עם *Fusarium solani* species complex, צמח אחד עם *F. brachygibbosum* שהינו אופרטיוניסט חלש בצמחי עגבניות וצמח אחד עם *Geotrychum candidatum* הגורם לריקבון חמוץ בעגבניות. בעונה הרביעית הועברו 20 צמחים שהתמוטטו וזוהו ב-10 מהם תבדידי פוזריום. תבדידי ה-*Fusarium solani* species complex זהו בשתיים מהחזרות של ההצנעה עם החיטוי ובשתיים מהחזרות של ההצנעה ללא החיטוי. בעונה החמישית חומרת המחלה עלתה באופן חד וגרמה להתמוטטות ומוות בכל הממשקים והנתונים מוצגים כאחוזי התמותה של צמחים כתוצאה ממחלות שמקורן בקרקע באיור 5. למרות שנראה כי בממשק המישקי+טיפול ובממשק הקומפוסט שכיחות המחלה היתה הנמוכה ביותר, לא נמצאו הבדלים בשכיחות המחלות בין הממשקים השונים השונים לפי מבחן Tukey HSD. אך חשוב לציין שבמבחן כי בריבוע המחמיר פחות, כן נבדלו במובהק ממשק הקומפוסט והממשק המישקי+טיפול משאר הממשקים.



איור 5. שכיחות צמחים בהם הופיעו סימפטומים של מחלות קרקע (%) בסוף עונת הגידול החמישית. התוצאות מוצגות כממוצעים $\pm$ שגיאת תקן. לא נמצאו הבדלים מובהקים (0.05) על פי מבחן שוניות בין הממשקים השונים לפי מבחן Tukey HSD.

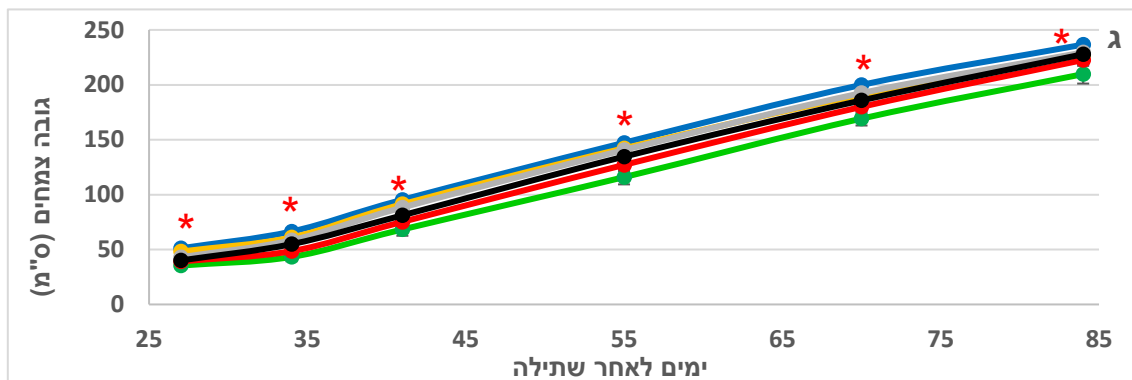
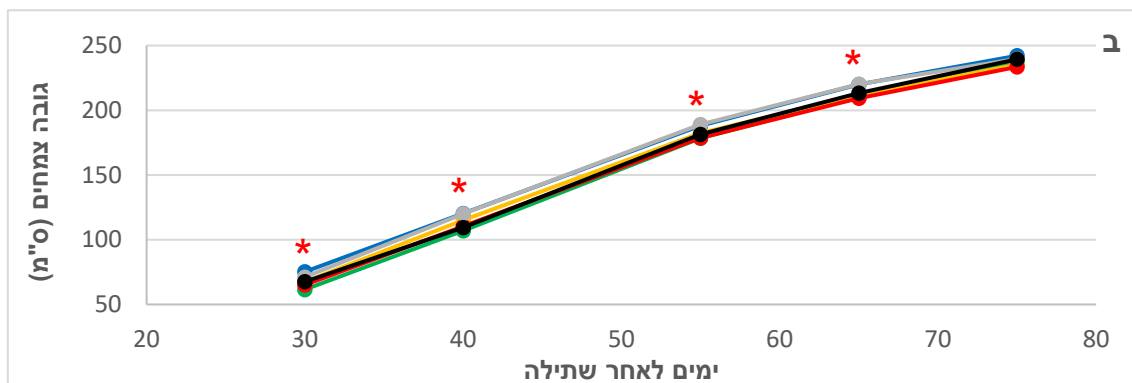
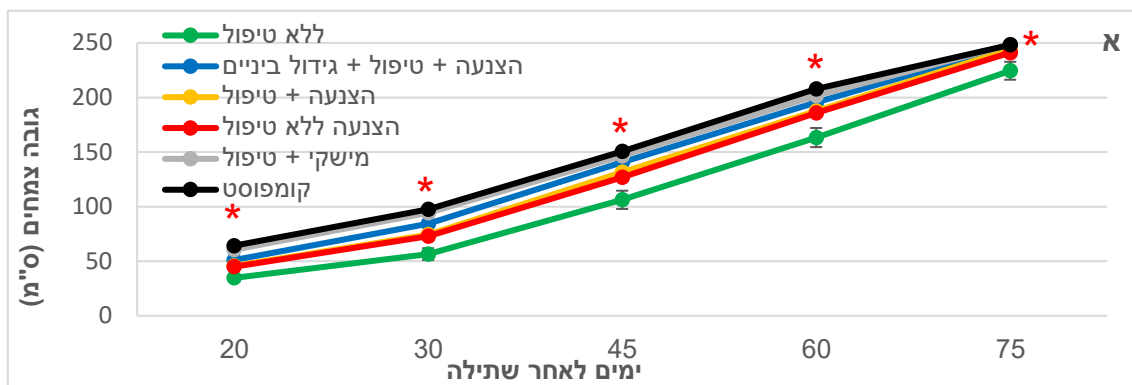
קומפוסט שהוכן עם 2/3 גזם עגבניה ייושם גם לגידול פלפל ומלפפון ולא הראה השפעה כלשהי על הגידול, לטוב או לרע במהלך מעקב אחר הצימוח במשך עונה שלמה. לא אובחנו צמחי פלפל או מלפפון בעלי סימפטומים הנובעים ממחלות קרקע בחלקות בהן יושם קומפוסט העשוי מגזם עגבניה במהלך עונה אחת ובחלקות בהן לא יושם הקומפוסט.

התפתחות הצמחים בעונה השניה היתה דומה בכל הממשקים. החל מהעונה השלישית נצפו הבדלים משמעותיים בין הממשקים השונים, בייחוד בתחילת העונה כפי שניתן לראות באיור 6.



איור 6. צמחי העגבניה בממשקים השונים כשלושה שבועות לאחר שתילה בעונת הגידול ה-IV.

בהמשך העונות לאט לאט ההבדלים בין הממשקים הצטמצמו כפי שניתן לראות באיור 7 וטבלה 4. הממשק שהראה את העיכוב המשמעותי ביותר בהתפתחות הצמחים במשך שלושת עונות הגידול האחרונות הוא הממשק המישקי ללא טיפול. גם ממשק ההצנעה ללא טיפול הראה עיכוב צימוח דומה. הצמחים בממשק הקומפוסט התפתחו עם הזמן הראו יותר ויותר עיכוב בהתפתחות בחודש הראשון לאחר שתילה אבל מיד לאחר מכן הפער הולם ולא נצפו הבדלים בהתפתחות הצמחים בהמשך העונה. הממשקים של הצנעת הגזם וטיפול עם או בלי גידול ביניים הראו מעט עיכוב בעונת הניסוי השלישית אולם בעונה הרביעית והחמישית כבר כמעט ולא היה הבדל בניהם לבין הממשק המישקי עם טיפול. כמו כן במהלך השנה החמישית חומרת התתמוטטות ממחלת הפוזריום בממשק הקומפוסט היה נמוך מכל הממשקים למעט המישקי לפי מבחן כי בריבוע.



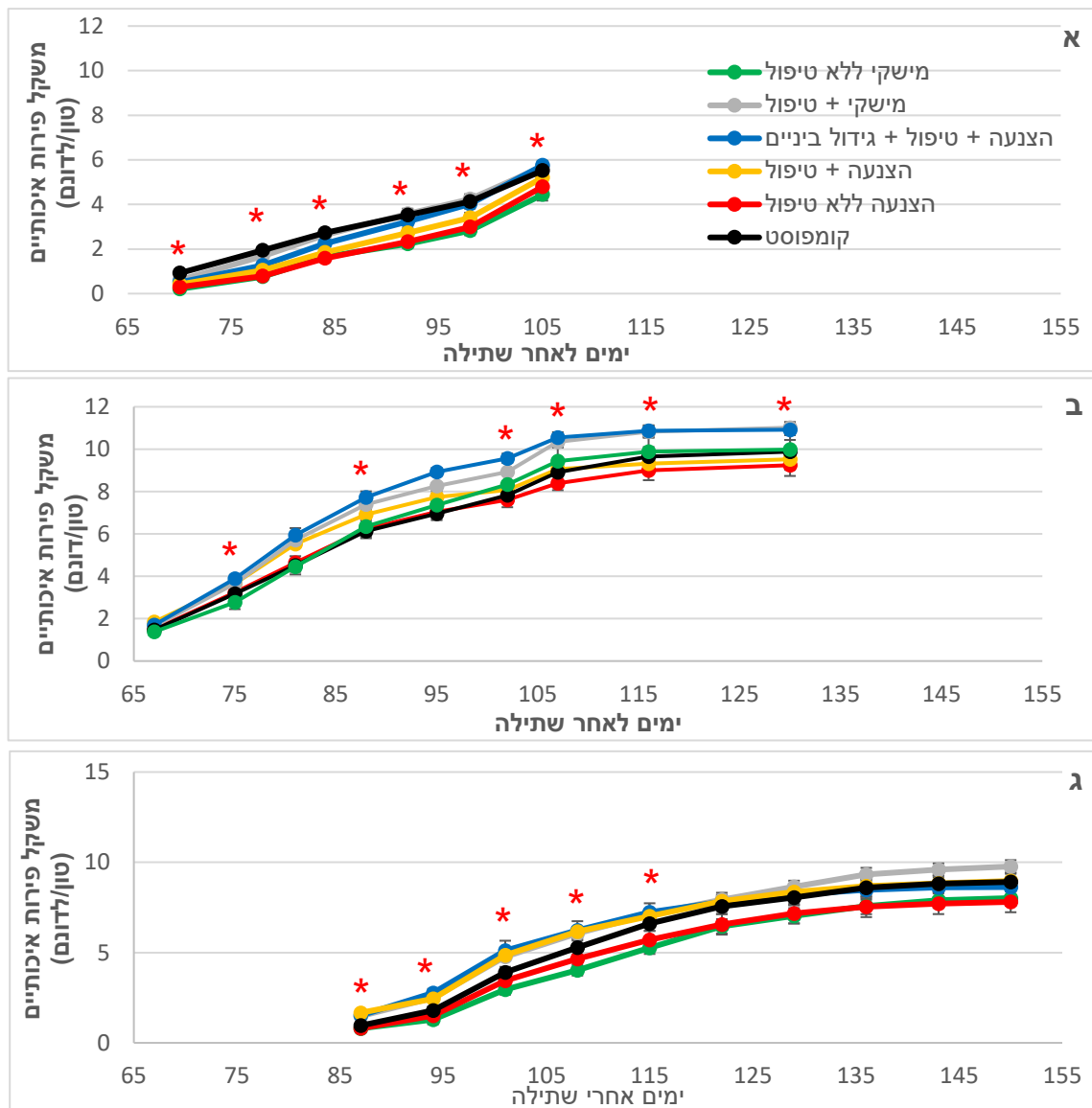
איור 7. גובה הצמחים בממשקים השונים במהלך עונות הגידול: 6א. עונה III, 6ב. עונה IV ו-6ג. עונה V. הנתונים מוצגים כממוצעים $\pm$ שגיאת תקן. מבחן סטטיסטי לשוניות בין הממשקים השונים במועדים השונים מוצג בטבלה 4

טבלה 4. תוצאות המבחן הסטטיסטי עבור גובה הצמחים כפי שנמדד במהלך העונות III, IV ו-V. הבדלים מובהקים על פי מבחן שונות All pairs, Tukey-Kramer HSD שנמצאו בין הממשקים השונים מוצגים באותיות שונות עבור כל זמן מדידה.

ממשק						ימים אחרי שתילה
עונה III						
	75	60	45	30	20	
הצנעה ללא טיפול	A	C	C	C	C	
הצנעה + טיפול	A	C	BC	C	C	
מישקי + טיפול	A	AB	A	A	A	
הצנעה + טיפול + גידול ביניים	A	BC	AB	B	B	
מישקי ללא טיפול	B	D	D	D	D	
קומפוסט	A	A	A	A	A	
עונה IV						
	75	65	55	40	30	
הצנעה ללא טיפול	A	C	B	B	BC	
הצנעה + טיפול	A	BC	AB	AB	BC	
מישקי + טיפול	A	A	A	A	AB	
הצנעה + טיפול + גידול ביניים	A	AB	A	A	A	
מישקי ללא טיפול	A	C	B	B	C	
קומפוסט	A	ABC	AB	B	BC	
עונה V						
	84	70	55	40	34	27
הצנעה ללא טיפול	AB	BC	BC	BC	CD	CD
הצנעה + טיפול	AB	AB	AB	A	AB	AB
מישקי + טיפול	AB	AB	AB	AB	ABC	BC
הצנעה + טיפול + גידול ביניים	A	A	A	A	A	A
מישקי ללא טיפול	B	C	C	C	D	D
קומפוסט	AB	ABC	AB	ABC	BC	CD

בשלושת עונות הגידול האחרונות הקטיפים החלו במועדים שונים וקצב צבירת היבול היה שונה בשל התנאים הסביבתיים השונים והזנים השונים ששימשו בכל עונה. ההשוואה לכן נעשת בין הממשקים השונים בכל עונה ולא בין עונות הגידול (טבלה 5). בעונה השלישית (איור 8א) הנתונים הם רק על ששת הקטיפים הראשונים ובכולם המגמה היתה דומה למגמת הצימוח כאשר היבול שהתקבל היה נמוך ביותר בממשקים ללא חיטוי והגבוה ביותר, בקטיפ הראשון, בממשק הקומפוסט ומהקטיפ השני גם בממשק המישקי + טיפול ולאחר מכן גם המישקי + טיפול + גידול ביניים. בעונה הרביעית (איור 8ב) לא היו הבדלים בין הממשקים בקטיפ הראשון אולם בהמשך העונה השתנו ההבדלים בין הממשקים השונים בין קטיפ לקטיפ כאשר עד לסוף העונה היבול בממשקים בהם הוצנע הגזם (עם או בלי טיפול במתאם סודיום) היה נמוך משמעותית מהיבול בממשקים המישקי עם טיפול או עם הצנעת גזם + טיפול גידול ביניים. בעונה החמישית (איור 8ג), בה היה מספר הקטיפים הגבוה ביותר, נמצאו

הבדלים בין הממשקים רק בחמשת הקטיפים הראשונים כאשר שני הממשקים בעלי היבול הנמוך ביותר היו הממשקים המישקי והצנעת הגזם ללא טיפול במתאם סודיום.

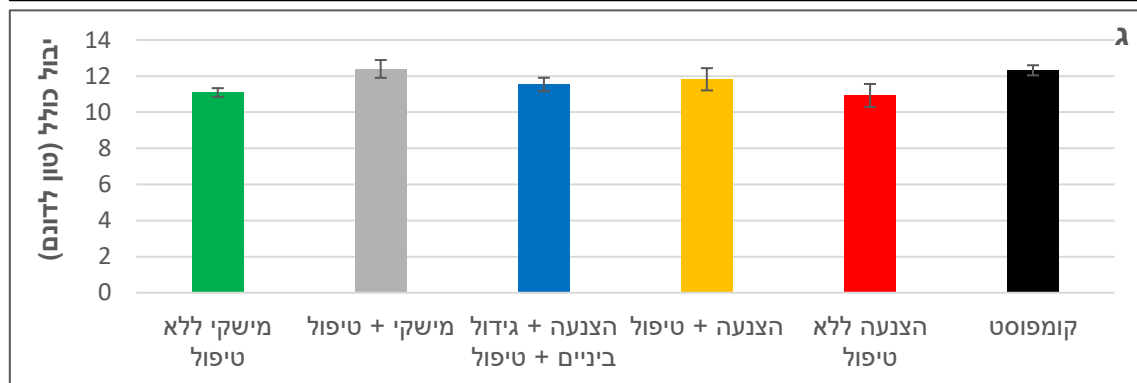
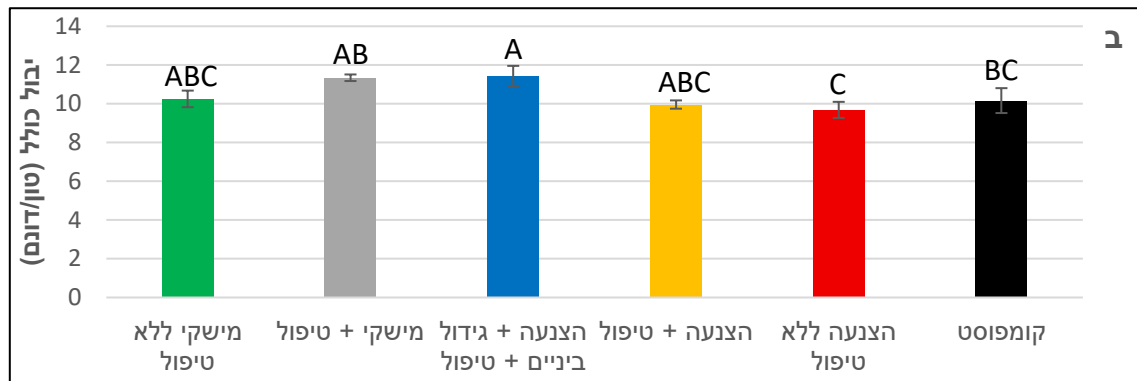
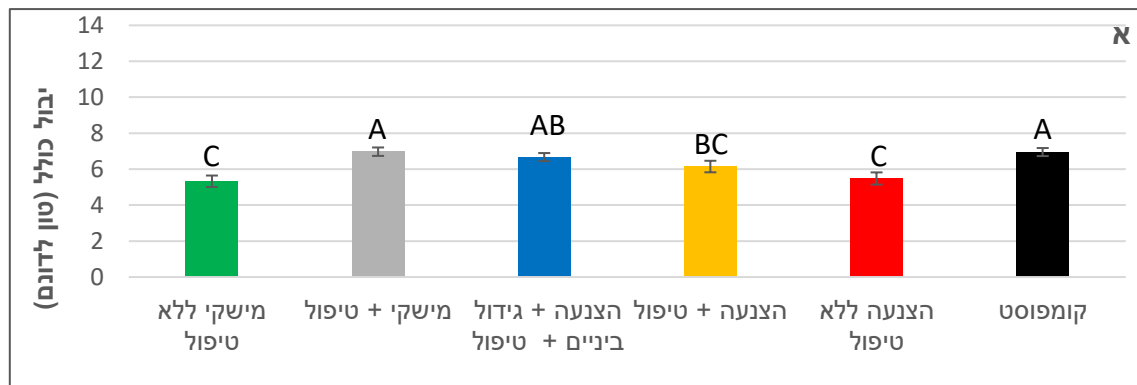


איור 8. יבול הפירות לשיווק (טון/דונם) בממשקים השונים: א. במהלך עונה III; ב. במהלך עונה IV; ג. במהלך עונה V. הנתונים מוצגים כממוצעים $\pm$ שגיאת תקן. מבחן סטטיסטי לשוניות בין הממשקים השונים במועדים השונים מוצג בטבלה 5.

טבלה 5. תוצאות המבחן הסטטיסטי עבור היבול האיכותי המצטבר כפי שנמדד במהלך העונות III, IV ו-V. הבדלים מובהקים על פי מבחן שונות All pairs, Tukey-Kramer HSD שנמצאו בין הממשקים השונים מוצגים באותיות שונות עבור כל זמן מדידה.

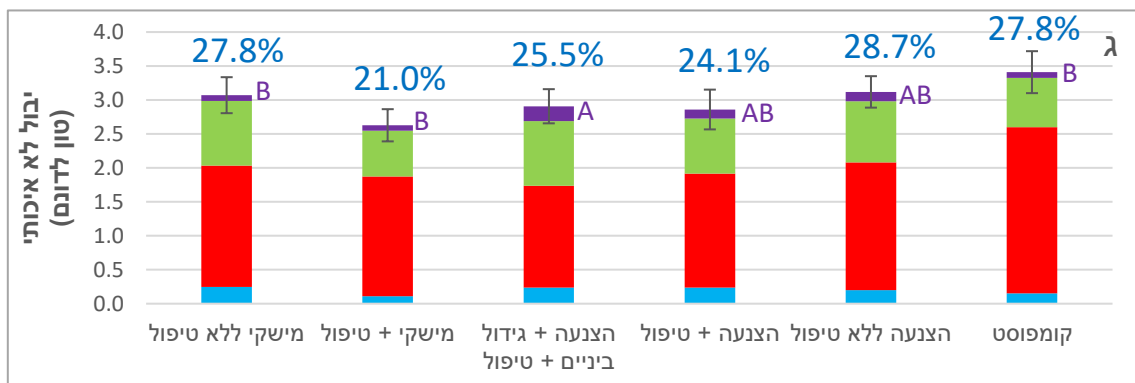
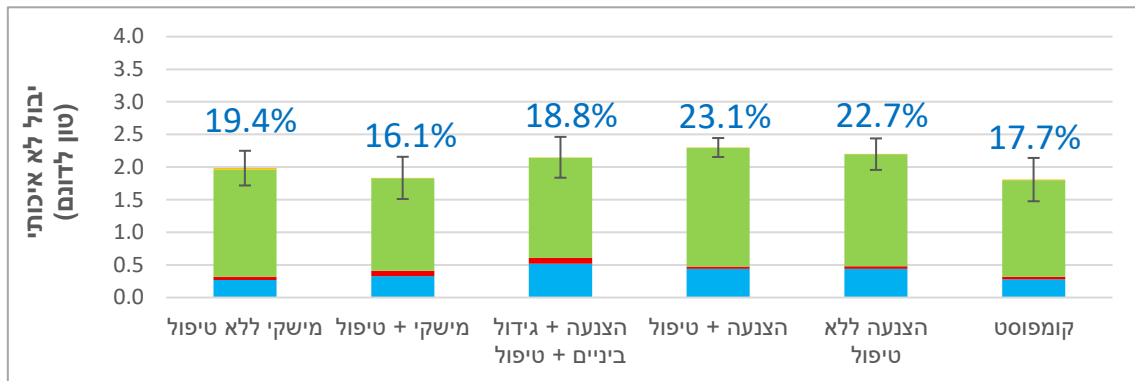
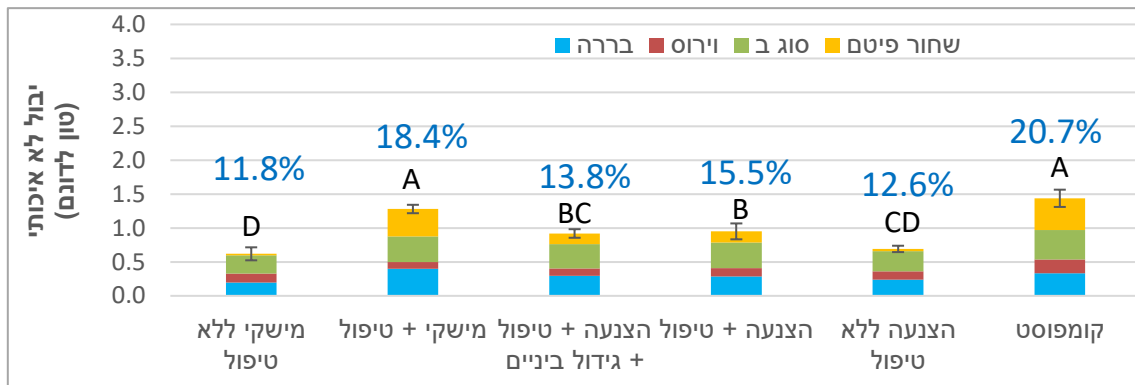
ימים אחרי שתילה									ממשק
עונה III									
			105	98	92	84	78	70	
			BC	C	C	D	C	DE	הצנעה ללא טיפול
			AB	BC	BC	CD	BC	CD	הצנעה + טיפול
			A	A	A	AB	A	B	מישקי + טיפול
			A	AB	AB	BC	B	BC	הצנעה + טיפול + גידול ביניים
			BC	C	C	D	C	E	ללא טיפול
			A	A	A	A	A	A	קומפוסט
עונה IV									
	116	107	102	95	88	81	75	67	
	B	B	B	B	B	A	AB	A	הצנעה ללא טיפול
	B	AB	B	AB	AB	A	AB	A	הצנעה + טיפול
	A	A	AB	AB	AB	A	AB	A	מישקי + טיפול
	A	A	A	A	A	A	A	A	הצנעה + טיפול + גידול ביניים
	AB	AB	B	B	B	A	AB	A	ללא טיפול
	AB	AB	AB	B	AB	A	B	A	קומפוסט
עונה V									
143	136	129	122	115	108	101	94	87	
A	A	A	A	AB	B	C	C	C	הצנעה ללא טיפול
A	A	A	A	A	A	AB	AB	A	הצנעה + טיפול
A	A	A	A	A	A	AB	AB	ABC	מישקי + טיפול
A	A	A	A	A	A	A	A	AB	הצנעה + טיפול + גידול ביניים
A	A	A	A	B	AB	BC	C	C	ללא טיפול
A	A	A	A	AB	AB	ABC	BC	BC	קומפוסט

בעונה השלישית היבול הכולל (כולל איכותי, סוג ב', בררה, עם שחור פיטם וסימפטומים של וירוס, איור 9א) היה נמוך משמעותית בממשקים המישקי ללא טיפול והממשקים בהם הוצנע גזם עם ובלי טיפול לעומת הממשק המישקי עם טיפול והממשק שבו הוצנע הקומפוסט (ללא טיפול). בעונה הרביעית ההבדלים המשמעותיים היו בין ממשק ההצנעה ללא טיפול וממשק הקומפוסט לממשק ההצנעה עם הטיפול ועם גידול הביניים (איור 9ב). בעונה החמישית לא נמצאו הבדלים משמעותיים בין הממשקים השונים (איור 9ג).



איור 9. סך כל היבול (טון לדונם) בממשקים השונים: א. במהלך עונה III; ב. במהלך עונה IV; ג. במהלך עונה V. הנתונים מוצגים כממוצעים $\pm$ שגיאת תקן. הבדלים מובהקים (0.05) על פי מבחן שונות All pairs, Tukey-Kramer HSD בין הממשקים השונים באים לידי ביטוי באותיות שונות.

היבול מסוג ב', בררה, בעל שחור פיטם או סימפטומים של נגיעות בוירוס בעונה השלישית היה גבוה ביותר בממשקים מישקי + טיפול וקומפוסט ואף היווה בהם אחוז גבוהה מכלל היבול (איור 10א). בעונה הרביעית לא היו הבדלים משמעותיים ביבול הלא איכותי בין הממשקים השונים והוא היווה בכולם בין 16% ל-23% (איור 10ב). בעונה החמישית נמצא הבדל משמעותי ביבול הפירות עם שחור פיטם בין ממשק הצנעה + גידול ביניים + טיפול, לו היה היבול הרב ביותר עם שחור פיטם, לבין הממשקים המישקיים, עם או בלי טיפול והקומפוסט (איור 10ג). בשאר הפרמטרים ובסך כל היבול הלא איכותי, לא היו הבדלים בין הממשקים בעונה זו אך אחוז הביול הלא איכותי היה בגבוה ביותר בעונה זו עבור כל הממשקים.



איור 10. סך כל היבול לא לשיווק (טון לדונם) בממשקים השונים בממשקים השונים: 10א. במהלך עונה III; 10ב. במהלך עונה IV; 10ג. במהלך עונה V. מוצג היבול שסבל מבעיות שחור פיטם (צהוב), וירוס (אדום), בררה (תכלת), פגיעות שונות – סוג ב' כללי (ירוק). הנתונים מוצגים כממוצעים $\pm$ שגיאת תקן. הבדלים מובהקים (0.05) על פי מבחן שוניות All pairs, Tukey-Kramer HSD שנמצאו בין הממשקים השונים באים לידי ביטוי באותיות שונות. מעל כל ממשק מופיע אחוז היבול לא לשיווק מתוך כלל היבול שהתקבל.

נערך תחשיב כלכלי לעלויות של כל ממשק . התחשיב התייחס רק לפרמטרים בהם יש הבדל בעלויות. הנחות העבודה שנלקחו עבור התחשיב הכלכלי מופיעות בטבלה 6.

טבלה 6. הנחות העבודה עבור התחשיב הכלכלי. ההנחות מבוססות על זמני עבודה שנמדדו במהלך הניסוי ועלויות לפי העלויות הרשמיות.

פעולה		יחידות
הנחות עבודה		
יום עבודה	שעות	8
עלות יום עבודה	ש"ח	350
עלות שעת עבודה	ש"ח	44
הוצאת גזם	שעות/דונם	1.25
עלות הוצאת גזם	ש"ח/דונם	55
עלות הובלה גזם לפול טריילר	ש"ח/30 קוב	3,000
עלות הטמנה	ש"ח/קוב	100
כל דונם נותן גזם	קוב	5
עלות הובלה והטמנה	ש"ח/דונם	1,000
חיטוי – עבודה	ש"ח/דונם	350
חיפוי פלסטיק לצורך חיטוי	ש"ח/דונם	480
קונדור	ש"ח/דונם	900
אדיגן	ש"ח/דונם	332
עלות טיפול בקרקע בחיטוי כימי	ש"ח/דונם	2,062
זמן הפרדת חוטים מגזם	שעות/ דונם	5
עלות הפרדת חוטים מגזם	ש"ח/דונם	219
קיצוץ גזם בחממה	שח/ שעה	1,200
זמן קיצוץ גזם בחממה	שעה לדונם	0.58
עלות קיצוץ גזם במכונה	ש"ח/דונם	700
גידול ביניים – יבול הגידול מכסה את עלותו		
עלות הובלת הגזם לפול טריילר	ש"ח/30 קוב	3,000
עלות החזרת הקומפוסט לפול טריילר	ש"ח/30 קוב	3,000
כל דונם נותן גזם	קוב	5
כל דונם צריך קומפוסט	קוב	4
עלות הובלת הגזם והקומפוסט, עלות הקומפוסט ופיזורו	ש"ח/דונם/4 קוב	900
עלות קומפוסט	ש"ח/קוב	70
עלות פיזור הקומפוסט	ש"ח/דונם	263
עלות קומפוסט ופיזורו	ש"ח/דונם	543
עלות חוטי הדליה רגילים	ש"ח/דונם	112.5
עלות חוטי הדליה מתכלים	ש"ח/דונם	337.5

מהתחשיב הכלכלי שנערך על ידי ראיף פלאח (טבלה 7) נראה כי הממשקים הזולים ביותר ליישום הם הממשקים ללא טיפול בקרקע שעלותו גבוהה. כאשר ממשק ההצנעה ללא חיטוי הוא הזול ביותר, לאחריו המישקי ללא טיפול ואז הקומפוסט ללא חיטוי. שלושת הממשקים עם החיטוי משמעותית יקרים יותר לדונם. התחשיבים נעשו עבור טיפול בגזם עם חוטי הדליה רגילים. שימוש בחוטי הדליה מתכלים מוסיף את עלות החוטים ומוריד את עלות הפרדת הגזם מהחוטים. כך שההפרש בין המחירים הנקובים בטבלה כאשר נשתמש בחוטים מתכלים הוא תוספת של 6 ש"ח לדונם לממשקי הצנעת הגזם

והקומפוסט. לפי תחשיבים אחרונים שנעשו ע"י שירות ההדרכה והמקצוע (סלומון וחוברין, 2023) ההכנסות מטון אחד של עגבניה הן 6,000 ש"ח. ההבדל בין הממשק היקר ביותר לממשק בזול ביותר במחקר המוצע הוא 2,198 ש"ח. מכאן שתוספת של 0.37 טון לממשק היקר ביותר לעומת הזול ביותר הופכת אותו למשתלמת. בשלושת עונות הגידול האחרונות היבולים בממשקים המישיקי והצנעת הגזם ללא טיפול קרקע (שעלותם נמוכה ביותר) היו נמוכים בכ-1.1-1.7 טון לדונם לעומת הממשק המישיקי המקובל, עם טיפול קרקע ומכאן שבתחשיב הכלכלי הם פחות מתשלמים מממשק זה. היבול בממשק המישיקי המקובל היה גבוה ב-0.1 טון לדונם לעומת ממשק הקומפוסט כאשר ההפרש בעלות בין הממשקים שווה ל-0.28 טון לדונם. כלומר, ממשק הקומפוסט משתלם יותר מהממשק במישיקי. בשני הממשקים בהם הוצנע הגזם עם טיפול קרקע היבול היה נמוך מהמישיקי ב-0.3-1 טון לדונם אך העלות לא היתה שונה משמעותית. יש לציין שבעונת הגידול האחרונה לא היה הבדל משמעותי ביבול בין הממשקים – כלומר, כל חסכון בעלות בלי להגדיל את הסיכון לפחיתה ביבול בשנים העוקבות – יביא לעלייה ברווחיות.

איור 7. התחשיב הכלכלי לעלויות הצנעת הגזם לעומת הפיכתו לקומפוסט או הובלתו להטמנה. נבחנו הפרמטרים השונים עבור כל ממשק.

ממשק	העלות כוללת	עלות (ש"ח/דונם)
הצנעת גזם ללא טיפול קרקע	1. הפרדת חוטי הדליה מגזם 2. קיצוץ הגזם	919
מישיקי ללא טיפול בקרקע	1. הוצאת גזם 2. הובלה + הטמנה	1,055
קומפוסט	1. הפרדת חוטי הדליה מגזם 2. הובלת הגזם והקומפוסט 3. עלות הקומפוסט + פיזור	1,443
הצנעת גזם + טיפול בקרקע	1. הפרדת חוטי הדליה מגזם 2. קיצוץ הגזם 3. חיטוי קרקע	2,981
הצנעה + גידול ביניים + טיפול בקרקע	1. הפרדת חוטי הדליה מגזם 2. קיצוץ הגזם 3. חיטוי קרקע	2,981
מישיקי + טיפול בקרקע	1. הוצאת גזם 2. הובלה + הטמנה 3. חיטוי קרקע	3,117

דיון

מחקר זה בחן את האפשרות להצניע את שאריות גידול העגבניה (גזם) בקרקע לאחר קיצוץ או לאחר הפיכתו לקומפוסט, כפתרון לבעיית הפסולת הצמחית הנשארת בתום הגידול. הניסוי התקיים במשך חמש עונות רצופות לאורך 3.5 שנים, ובחן ממשקי טיפול שונים בגזם והשפעתם על הקרקע והגידול העוקב.

ייצור ויישום קומפוסט: במסגרת המחקר יוּשְׁמוּ קומפוסטים שיוצרו מהרכבים שונים של חומרי גלם. יצרן הקומפוסט הוא רפת מעון כרמל בו מתנהל הייצור באופן אינטנסיבי המבטיח מהלך קומפוסטציה בו נשמרים ומנוטרים תנאי הטמפרטורה, תכולת רטיבות, אזור (תנאים אירוביים) ושמירה על סניטציה כדי שכל החומר יעבור את התהליך ללא חומר בשוליים הנשאר ללא טיפול. הרכב חומרי הגלם: במסגרת חיפוש פתרונות לשאריות הצמחיות של הגידול, שולב גזם עגבניה נגוע בוירוס כחלק מחומרי הגלם. בתחילת התהליך נבדק הגזם כדי לוודא נגיעות בוירוס ובסופו נבדק הקומפוסט כדי לוודא חומר נקי מוירוס, זאת בנוסף לבדיקה במעבדה לשלילת נוכחות מחלות צמחים. תכונות הקומפוסטים: כפי שניתן לראות מטבלת נתוני הקומפוסט (טבלה 3), יוצרו במהלך עונות המחקר קומפוסטים עם שיעורים משתנים של גזם עגבניה נגוע. כלל הנתונים (מלבד המוליכות החשמלית) מצביעים על קומפוסט באיכות גבוהה. מהניסיון המצטבר בגידולים ובתנאי גידול שונים, כאשר הקומפוסט מיושם בצורה ובתיזמון הנכון, המוליכות החשמלית לא מהווה בעיה. ניתן לראות שככל שאחוז הגזם עולה פוחתת תכולת החומר האורגני בקומפוסט. עם זאת, גם הערך הנמוך ביותר נחשב לגבוה ביחס למקובל בשוק.

הוספת חומר אורגני לקרקע: להצנעה של חומר אורגני בקרקע יש השפעה על תכולת החומר האורגני בקרקע, תכולת המזינים וכן על האוכלוסייה המיקרוביאלית בקרקע, ישנן עדויות לעידוד פעילות ביולוגית ודיכוי גורמי מחלה (Reicosky and Wilts, 2005). נראה כי כמות הגזם שהוצנעה בניסוי, אם זה בהצנעת הגזם ואם זה בהוספת הקומפוסט, לא השפיעה באופן משמעותי על אחוז החומר האורגני המצטבר בקרקע. הקרקע בשטח הניסוי חולית מעובדת ומושקת כך שתנאי הקרקע והאקלים תומכים בפירוק של החומר האורגני. בנוסף קרקעות חוליות לרב קושרות וְאוּ סופחות חומר אורגני במידה מועטה בגלל אופיים (שפ"ס ותכולת חרסית נמוכים) ולכן רובו מתפרק ונשטף. תכולת הזרחן והאשלגן גם אם עלתה מיד עם הוספת החומרים האורגניים השונים ירדה חזרה בסוף כל עונה כך שלאחר 5 עונות לא היה הבדל משמעותי בכמות המזינים בקרקע. העליה המשמעותית היחידה שנרשמה היא בתכולת האשלגן בטיפול עם גידול הביניים. יש לזכור שבטיפול זה היתה תוספת רבה יותר של חומר אורגני לקרקע (שאריות גידול הביניים והצנעת הגזם).

טיפולים כימיים וגידול ביניים: בניסוי זה, החל מהעונה השלישית, על אף שלא נראו סימפטומים ברורים של מחלות קרקע על הצמחים בחודשי הגידול הראשונים, כנראה שלהגמעת החומרים מתאם סודיום וקונדור המדכאים פעילות ביולוגית (פטריות ונמטודות, בהתאמה) היתה השפעה מדכאת על פתוגנים משניים בקרקע. בין אם היתה הצנעה של הגזם ובין אם לא – היתה פגיעה בהתפתחות הצמחים וביבול כאשר הקרקע לא טופלה בחומרים הכימיים. כאשר הצנעת הגזם לוותה בטיפול כימי אם בנוכחות גידול ביניים או ללא גידול ביניים התפתחות הצמחים וביבול לא היו שונים משמעותית ממשק הביקורת. לא נראה שלגידול הביניים היתה השפעה משמעותית בתרומה לשיפור היבול לעומת הטיפול הכימי לבד. לא נבדקה האפשרות של גידול ביניים כתחליף לטיפול הכימי.

הצנעת הגזם: פיבניה וחבריו (2012) בחנו בערבה הצנעה בקרקע של שאריות צמחיות של גידול פלפל לאורך 6 שנים ומצאו שניתן להצניע את הגזם ללא פגיעה בגידול העוקב בהנחה שאין בשטח נוכחות משמעותית של פגעי קרקע, כגון נמטודות. חיטוי ביולוגי סולארי בעזרת הצנעה של גזם

העגבנייה כמקור הביולוגי נבחן גם הוא בעבר (García-Raya et al., 2019) כדרך לטיפול בגזם ונראה כי בדרך זו הצנעת הגזם הינה מופחתת סיכון. עבודה דומה שנעשתה בספרד ובחנה את ההוספה של חומר צמחי נגוע בטובמווירוס ToMV הראתה כי גם חיטוי סולרי איננו יעיל בקטילה מוחלטת של הנגיף כאשר הוא מצוי בפסולת האורגנית (Janssen et al., 2025). במחקר זה נבחנה האפשרות להצניע את הגזם מצמחים נגועים בוירוסים ToBRFV ו-PepMV בגידול אינטנסיבי באזור הבשור אך עקב חשיבות הגידול לאורך תקופת הקיץ, אין מספיק זמן על מנת לבצע חיטוי סולארי כהלכתו ולכן לא נבחנה אפשרות זו. הממשקים שיושמו לטיפול בקרקע לאחר הצנעת הגזם הכוללים הגמעה של חומרים כימיים וגידול ביניים אפשרו התפתחות צמחים תקינה וקבלת יבול דומה לזה שהתקבל בביקורת. למרות שרוב העונות לא היה הבדל משמעותי בנוכחות הוירוסים בצמחים שגדלו בחלקות בהן הוצנע הגזם ישנה מגמה שמראה שישנה הגדלה ברמת המדבק הראשוני של הגידול העוקב בוירוסים כתוצאה מהצנעת חומר צמחי נגוע. מבחינת מחלות פטרייטיות שוכנות קרקע, החלקה שנבחרה החלה עם רמת מדבק נמוכה מאוד ורק בעונה החמישית נצבר בקרקע אוכלוסיית פוזריום שגרמה למחלה משמעותית אשר אפשרה ניתוח ראשון המבוסס על תמותה. סביר כי עונות גידול נוספות היו מאפשרות לבחינה מעמיקה יותר של דינמיקת הטיפולים אך המחקר הסתיים. על סמך נתוני השנה החמישית אמנם לא נמצאה הוכחה חד משמעית שתוספת הגזם גרמה להחמרת המחלה בכל הטיפולים שכללו תוספת גזם, אך העובדה כי אחוז התמותה מפוזריום בטיפול המשקי שכולל חיטוי ללא גזם היה נמוך במובהק מטיפול המשקי שכולל חיטוי עם תוספת הגזם (2.4% ו-8.9% בהתאמה) מעוררת חשש כי תוספת הגזם טומנת בתוכה סיכון אשר גם החיטוי קרקע לא יכול לפתור באופן מלא. כמו כן, חשוב לציין כי רק מחלות קרקע השייכות למין פוזריום זוהו בקרקע ואין אפשרות להסיק מסקנות לגבי הסכנה ממחלות פטרייטיות ואאומיצטים אחרות כגון פיתום, ריזוקטוניה, דוררת וכיו"ב. מתוצאות המחקר נראה כי המחשבה להצניע את שאריות הגידול בקרקע, גם אם למספר עונות מצומצם מחייב זהירות רבה, ולא ניתן להתעלם בה מסכנת הכנסת הפתוגנים ולא בטוח כי גם חיטוי כימי של הקרקע יעניק הגנה מספקת. בהתחשב בגורם זה וביבול הדומה שהתקבל בטיפול ההצנעה ובביקורת המישקית, התחשיב הכלכלי אינו מצדיק יישום של ממשקים אלו.

הוספת קומפוסט שנעשה עם גזם עגבניה: Bailey and Lazarovits (2003) סיכמו שלרוב דיכוי מחלות על ידי הצנעת שאריות צמחיות היא תהליך מצטבר ולא תמיד נראה השפעה משמעותית בשנה הראשונה של היישום. יישום של קומפוסט מגזם עגבניה נבחן בתרומתו לפוריות הקרקע במקרים שונים (Pane et al., 2015) ונמצא כי לקומפוסט מסוג זה תרומה חיובית של נוטריינטים בקרקע. הוספת קומפוסט שמקורו בגזם עגבניה הראה בעבר תוצאות טובות בגידול עגבניה (Yogev et al., 2009). במחקר זה הוסף הקומפוסט ללא טיפול כימי. איכות הקומפוסט השפיעה על התפתחות הצמחים בשלבי הגידול הראשונים – כאשר איכות הקומפוסט היתה פחות טובה היתה פגיעה מסויימת בהתפתחות הצמחים בשלבי הגידול הראשונים אולם לאחר מכן נראה כי תרומת הקומפוסט היתה משמעותית להמשך התפתחות תקינה של הצמחים כך שמהר מאוד כבר לא היה הבדל בהתפתחות וביבול בין ממשק זה לממשקים בהם היה טיפול כימי לקרקע. ממשק הקומפוסט בעונה החמישית כן

הראה תוצאות חיוביות בהפחתת מחלת הפוזריום וביצועיו היו טובים ביחס לעונות הקודמות. הדבר מעיד על הצורך בטיפול נכון בקומפוסט ויצירת קומפוסט איכותי. ממשק הקומפוסט, שניתן ללא חיטוי כימי נראה כבעל פוטנציאל הכלכלי הטוב ביותר להחלפת הממשק המישיקי בו יש שימוש בחומרים כימיים לחיטוי הקרקע. מכאן שיש צורך בעבודה נוספת לצורך בחינה נוספת או שיפור של תהליך ההכנה של קומפוסט מחומר צמחי נגוע.

מסקנות

- הצנעת שאריות גידול עגבנייה נגועות עלולה להעלות את רמת המדבק הראשוני בקרקע (וירוסים ומחלות קרקע), ואף חיטוי כימי לא מצליח לנטרל את הסיכון באופן מלא.
- ללא חיטוי כימי נפגעים התפתחות הצמחים והיבול, אולם גם עם חיטוי כימי, כפי שנבחן במחקר זה, הצנעת גזם נגוע מגבירה את הסיכון למחלות קרקע כמו פוזריום.
- שילוב גידול ביניים לצד הצנעת גזם וחיטוי כימי לא שיפר את היבול בהשוואה לטיפול הכימי בלבד, ולכן, לפי התוצאות במחקר זה נראה כי אינו מהווה תחליף יעיל.
- יישום קומפוסט מגזם עגבנייה, כאשר תהליך הקומפוסטציה מבוקר ומלא, תרם להתפתחות הצמחים וליבול דומה לטיפולים כימיים ואף הפחית מחלות קרקע (פוזריום) בעונה החמישית.
- הצנעת גזם נגוע, באופן שנבחן במחקר זה, אינה מצדיקה את עצמה מבחינה כלכלית, בעוד שממשק קומפוסט איכותי ללא חיטוי כימי מציג פוטנציאל כלכלי טוב יותר להחלפת השימוש בחיטוי כימי בקרקע כמו גם פתרון ידידותי יותר לסביבה.

ביבליוגרפיה

- Bailey, K.L. and Lazarovits, G. 2003. Suppressing soil-borne diseases with residue management and organic amendments. *Soil Till. Res.*, 72, 169–180.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167198703000862>
- García-Raya P, Ruiz-Olmos C, Marín-Guirao JI, Asensio-Grima C, Tello-Marquina JC, de Cara-García M. Greenhouse Soil Biosolarization with Tomato Plant Debris as a Unique Fertilizer for Tomato Crops. 2019. *Int J Environ Res Public Health*. 19;16(2):279. doi: 10.3390/ijerph16020279. PMID: 30669435; PMCID: PMC6351926.
- Janssen D, Marín-Guirao JI, de Cara-García M. Biosolarization and biofumigation using virus-infected crop debris fail to inactivate tomato brown rugose fruit virus and cucumber green mottle mosaic virus in soil and substrates. *Scientia Horticulturae*. 2025 May 1;347:114195
- Pane, C., G. Celano, A. Piccolo, D. Villecco, R. Spaccini, A.M. Palese and M. Zaccardelli. 2015. Effects of on-farm composted tomato residues on soil biological activity and yields in a tomato cropping system. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*. 2:4. DOI 10.1186/s40538-014-0026-9

Reicosky, D.C., and Wilts, A.R. 2005. Crop-Residue Management, Editor(s): Daniel Hillel, Encyclopedia of Soils in the Environment, Elsevier, Pages 334-338, ISBN 9780123485304, <https://doi.org/10.1016/B0-12-348530-4/00254-X>.

Yogev, A., M. Raviv, G. Kritzman, Y. Hadar, R. Cohen, B. Kirshner, and J. Katan. 2009. Suppression of bacterial canker of tomato by composts. Crop Protection. 28(1): 97-103.

סלומון, א., גל, ב., דיאבאת-שחברי, ו. 2023. תחשיב עגבניות אשכולות בית צמיחה גידול ארוך, יולי

2023. שירות ההדרכה והמקצוע. <https://www.gov.il/he/pages/moag-calculation-796>.

פיבוניה, ש., לויטה, ר. מדואל, ע. 2012. חיטוי קרקע והצנעת שאריות הגידול: תוצאות 6 שנות ניסוי

בפלפל. דו"ח מסכם. מו"פ ערבה תיכונה וצפונית.