

דו"ח סופי לתכנית מספר 16-0821-301

שנת המחקר: 2015-2017

מחקר ארוך טווח להבנת השפעת הממשק האורגני על פוריות הקרקע

Soil fertility under Organic management - A long-term study

מוגש לקרן המדען הראשי במשרד החקלאות ע"י

המכון למדעי הקרקע, מים וסביבה, מינהל המחקר החקלאי	אשר בר-טל
המכון למדעי הקרקע, מים וסביבה, מינהל המחקר החקלאי	גיאל לוי
המכון למדעי הקרקע, מים וסביבה, מינהל המחקר החקלאי	דרור מינץ
מרכז מחקר נווה יער, מינהל המחקר החקלאי	יעל לאור
מרכז מחקר נווה יער, מינהל המחקר החקלאי	מיכאל רביב
מרכז מחקר נווה יער, מינהל המחקר החקלאי	חנן אייזנברג
מרכז מחקר נווה יער, מינהל המחקר החקלאי	שלומית מדינה
מרכז מחקר גילת לחקלאות על סף המדבר, מינהל המחקר החקלאי	אורי ירמיהו
מרכז מחקר גילת לחקלאות על סף המדבר, מינהל המחקר החקלאי	לאה צרור
מרכז מחקר גילת לחקלאות על סף המדבר, מינהל המחקר החקלאי	אלון בן גל
המכון למדעי הקרקע, מים וסביבה, מינהל המחקר החקלאי	רנין שוואהנה

Asher Bar-Tal, Institute of Soil, Water and Environmental Sciences, ARO, POB 6, Bet Dagan, 50250. E-mail: abartal@volcani.agri.gov.il

Guy Levy, Dror Minz, Raneen Shawahna, Institute of Soil, Water and Environmental Sciences, ARO, POB 6, Bet Dagan, 50250.

Yael Laor, Michael Raviv, Hanan Eizenberg, Shlomit Medina, Newe Ya'ar Research Center, Ramat Ishay.

Uri Yermiyahu, Leah Tsrer, Alon Ben-Gal, Gilat Research Station, Gilat.

תקציר

הצגת הבעיה – חסר מידע על השפעת ממשק אורגני על פוריות הקרקע בתנאי אקלים ים תיכוני יבש ויבש למחצה.

2. מטרת העבודה - ללמוד את הגורמים והמנגנונים המשפיעים על פוטנציאל הפוריות של קרקעות המעובדות בממשק אורגני והקשרים הקיימים ביניהם ולפתח אסטרטגיות לטיפול מכוון של פוריות הקרקע בממשק זה.

3. שיטות העבודה - התוכנית מבוססת על חלקות קבועות בגילת ובנווה יער שעברו הסבה לממשק אורגני. נבחנו היבטים עיקריים המשפיעים על פוריות הקרקע: פיסיקה, כימיה, מיקרוביולוגיה ופתולוגיה של הקרקע, עשבייה ודישון. נקבעה תוכנית רב-שנתית של מחזור גידולים, יישום זבל ירוק, ותשומות דישון הכוללות 2, 4, ו-6 מ"ק קומפוסט לדונם בטיפולים האורגניים ודשן כימי בטיפול הביקורת.

4. תוצאות – על פי ייצור הביומסה של תירס כצמח בוחן בעצצים יישום קומפוסט העלה את פוריות הקרקע בשני אתרי הניסוי כאשר בגילת הפוריות עלתה עם הגדלת מנת הקומפוסט מ-0 עד 6 מ"ק קומפוסט לדונם ואילו בנווה יער לא היו הבדלים מובהקים בין מנות הקומפוסט. גם על פי יבולי היסודות חנקן, זרחן ואשלגן בצמחים התקבלה בשני האתרים עליה ניכרת בפוריות הקרקע עם העליה במנת הקומפוסט. לעומת זאת למנות הקומפוסט לא הייתה השפעה מובהקת ועקבית על היבול בשדה. ריכוזי הפחמן והחנקן האורגניים

בשכבת הקרקע העליונה בשני האתרים עלו באופן לינארי עם מנת הקומפוסט, כאשר בגילת התגובה למנת הקומפוסט גדולה יותר מאשר בנווה יער. בטווח זמן קצר עיקר ההשפעה של יישום קומפוסט במנות שונות הוא על פחמן וחנקן אורגניים מסיסים ועל הפחמן והחנקן המיקרוביאליים. יישום קומפוסט השפיע לא רק על הכמות אלא גם על תכונות החומר האורגני כפי שבא לידי ביטוי בבליעה באורך גל 254 ננומטר ובריכוזי פרקציות שונות של הפחמן והחנקן האורגניים. בקרקע נווה יער אנליזות של החומר האורגני המוצק ב-2012 הצביעו על שינוי באופי החומר האורגני כתוצאה מיישום קומפוסט, והשינוי היה פרופורציונלי למנת הקומפוסט. יש לציין שההשפעה הייתה לא רק בשכבת הקרקע העליונה אלא בכל החתך הנבדק עד 60 ס"מ. ב-2013, לאחר עונה של גדול בקיה ויישום שלה בקרקע כ"זבל ירוק" ההבדלים בין הטיפולים הצטמצמו מאוד. יישום קומפוסט גרם לעליה מתמשכת עם הזמן בריכוז הזרחן הזמין בשכבת הקרקע העליונה (0-30) בשני אתרי הניסוי, כאשר ההבדלים בין המנה הגבוהה ביותר לשתי מנות הביניים ובינן לביקורת מובהקים. השפעה דומה התקבלה על ריכוז האשלגן המסיס בשכבת הקרקע העליונה (0-30) בגילת ואילו בנווה יער ההשפעה הייתה דומה. השפעת הטיפולים על החנקן הזמין הייתה קטנה יותר מאשר על הזרחן הזמין והאשלגן הזמין, בגילת רק בחלק ממועדי הדיגום התקבלו הבדלים מובהקים בין מנות הקומפוסט ואילו בנווה יער לא היו הבדלים מובהקים ברוב מועדי הדיגום. בקרקע גילת יישום קומפוסט במנה הגבוהה גרם לעליה בערכי ה-ESP וה-EPP, כאשר טווח ערכי ה-ESP נמוך מתחת לערך הסף לנזק לקרקע ואילו ההשפעה על ה-EPP גדולה והערכים הגבוהים בתחום הנחשב מזיק למבנה הקרקע ואילו בנווה יער ההשפעה של הטיפולים הייתה קטנה. בחינה של יציבות התלכידים על פי גודל תלכיד $D[0.9]$ (גודל תלכיד ש 90% מהתלכידים קטנים ממנו) מראה בשתי הקרקעות (ובייחוד בקרקע הלס מגילת) שלהוספת קומפוסט בשיעור 6 מ"ק/ד' הייתה השפעה חיובית על הגדלת יציבות הלכידים. בקרקע הלס הוספת קומפוסט בשיעור 2 מ"ק/ד' השפיעה חיובית על הגדלת יציבות הלכידים בהשוואה לטיפול הביקורת אם כי לא באופן מובהק. בקרקע גילת הפעילות המיקרוביאלית בטיפולי הקומפוסט לפי מדדי פעילות הידרוליטית ודהידרוגנז הייתה גבוהה באופן מובהק מאשר בביקורת ומגמה דומה התקבלה בקרקע נווה יער. אוכלוסיית החיידקים בקרקע המטופלת בקומפוסט מאופיינת במגוון גבוה יותר, הנשמר לאורך זמן. בניגוד לצפוי יישום קומפוסט בקרקע נווה יער הקטינה את הסופרסיביות למחלת הפוזריום בצמחי מלון ואילו בקרקע גילת המבחן הזה לסופרסיביות לא היה יעיל כי בכל הטיפולים האילוח של שתילי מלון בפוזריום נכשל. יציבות חברת החיידקים בקרקע כתגובה לשינויים הנגרמים מדישון נראית גבוהה יותר בריכוזים נמוכים של קומפוסט. מצד שני, השינוי שחל בחברת החיידקים פרופורציונאלי למנת הקומפוסט המיושם. בכל הטיפולים מגוון המינים של עשבים רעים עלה עם הזמן. בקרקע נווה יער אחוז הכיסוי בעשבים רעים היה גבוה בכל טיפולי הקומפוסט מאשר בביקורת ובגילת התקבלה תגובה לינארית של עליה באחוז הכיסוי כתלות במנת הקומפוסט. בשני האתרים לטיפולים לא הייתה השפעה על מחלות קרקע. תוצאות הניסוי מצביעות על כך שליישום קומפוסט במנה של 2 עד 6 מ"ק/ד' לשנה מעשיר את כמות החומר האורגני בקרקע ומשפיע על תכונות החומר האורגני, מגביר את פוטנציאל פוריות הקרקע, מעשיר את הקרקע בזרחן זמין ובאשלגן, משפר את מבנה הקרקע, מגביר את פעילות המיקרואורניזמים בקרקע ואת מגוון אוכלוסיית המיקרואורגניזמים בקרקע. ההשפעה החיובית של יישום הקומפוסט במדדים רבים ניכרת יותר בקרקע לס דלה בחומר אורגני לעומת קרקע חרסיתית שהכילה כמות חומר אורגני גבוהה יותר. ההצטברות של אשלגן וזרחן בקרקע כתוצאה מיישום ארוך טווח של קומפוסט עלולה לגרום לנזקים שיש לקחת אותם בחשבון. ישנה חשיבות רבה להמשיך ולבחון כיצד ממשק אורגני ומנת הקומפוסט משפיעים על פוריות הקרקע ועל יחסי הגומלין בין הקרקע, המיקרואורגניזמים והצמח, על מנת להסיק מסקנות אודות הטיפול המיטבי ובר קיימות בשדות חקלאיים.

מעריכים מומלצים לבדיקת הדו"ח המדעי

1. אשר אייזנקוט – שרות שדה, שה"מ.
 2. פנחס פיין – גמלאי המכון למדעי הקרקע, מים וסביבה, מרכז וולקני, מנהל המחקר החקלאי.
 3. בני בר-יוסף – גמלאי המכון למדעי הקרקע, מים וסביבה, מרכז וולקני, מנהל המחקר החקלאי.
- הצהרת החוקר הראשי:
הממצאים בדו"ח זה הינם תוצאות ניסויים.
הניסויים מהווים המלצות לחקלאים: לא

תאריך: 31.7.2018

חתימת החוקר

רשימת פרסומים שנבעו מהמחקר:

1. Sharma, P., Laor, Y., Raviv, M., Medina, S., Saadi, I., Krasnovsky, A., Vager, M., Levy, G., Bar-Tal, A., Borisover, M. (2017). Compositional characteristics of organic matter and its water-extractable components across a profile of organically managed soil. *Geoderma*. 286(1):73-82.
2. Rotbart, N., Borisover, M., Buchanovsky, N., Nasonov, A., Bar-Tal, A., Oren, A. (2017). Examination of residual chloroform interference in the measurement of microbial biomass C by fumigation-extraction. *Soil Biol. Biochem.* 111:60-65.
3. Sharma, P., Laor, Y., Raviv, M., Medina, S., Saadi, I., Krasnovsky, A., Vager, M., Levy, G., Bar-Tal, A., Borisover, M. (2017). Green manure as part of organic management cycle: effects on changes in organic matter characteristics across the soil profile. *Geoderma*. 305:197-207.
4. Oren, A., Rotbart, N., Borisover, M., Bar-Tal, A. (2018). Chloroform fumigation-extraction for measuring soil microbial biomass: The validity of using samples approaching water saturation. *Geoderma*. 319:204-207.

תוכן עניינים

עמוד	נושא
1	תקציר
3	1. מבוא
6	2. מטרות המחקר
10	3. פירוט עיקרי הניסויים ותוצאות המחקר
10	3.1 פוריות הקרקע בפועל - יבול צמחי ויסודות הזנה בשדה
17	3.2 פוטנציאל פוריות הקרקע (תירס כצמח בוחן)
24	3.3 החומר האורגני בקרקע
29	3.4 יסודות ההזנה חנקן, זרחן ואשלגן בקרקע
32	3.5 נתרן ואשלגן ספוחים ויציבות התלכידים
36	3.6 פעילות מיקרוביאליות של הקרקע
36	3.6.1 מדדים כלליים לפעילות מיקרוביאלית
38	3.6.2 סופרסיביות
39	3.6.3 חברת החיידקים
45	3.7 עשביה
47	4.0 סיכום ומסקנות
48	ביבליוגרפיה

1. מבוא

בשנת 2008 הזמינה ועדת ההיגוי לחקלאות אורגנית את פרופ' מיכאל רביב לרכז תוכנית מחקר אינטגרטיבית ארוכת טווח לבחינת הנושא של בניית פוריות הקרקע בממשק אורגני, האמורה להימשך 9 שנים. הוגשה תוכנית אשר קיבלה אישור מדעי ל- 6 שנים ותקציב ראשוני ל- 3 שנים (2009-2011). בהמשך התקבל מימון לשלוש שנים נוספות (2015.7.31-2012.8.1). הדו"ח הנוכחי הוא לתכנית המשך למשך שלוש שנים שאושרה בשנת 2014 (2017.12.31-2015.1.1). אולם התקצוב לתקופה זו היה נמוך משמעותית מהמבוקש, רק 300,000 ₪ לשנה לעומת התקציב המבוקש על סך 500,000 ₪ לשנה. ראש המנהל נעתר בחיוב לפנייתנו לתמיכה נוספת על סך 150,000 ₪ לשנת 2014-5 (אוגוסט 2014) שאפשרה לנו להשקיע בשיפור תשתית החלקות ובמימון מהנדסת מחקר בחצי משרה (שלומית מדינה) שרכזה ועבדה את התוצאות של קבוצות המחקר המשתתפות במחקר רב תחומי זה. המחקר מבוסס על חלקות קבועות בגילת ובנווה יער שעברו הסבה לממשק אורגני. נבחנו היבטים עיקריים המשפיעים על פוריות הקרקע: פיסיקה, כימיה, מיקרוביולוגיה ופתולוגיה של הקרקע, עשבייה ודישון. נקבעה תוכנית רב-שנתית של מחזור גידולים, יישום זבל ירוק, ותשומות דישון הכוללות 2, 4, ו-6 מ"ק קומפוסט לדונם בטיפולים האורגניים ודשן כימי בטיפול הביקורת.

פוריות קרקע מוגדרת כיכולת של הקרקע לספק לצמח את התנאים הדרושים לגדילתו והיא תוצאה של תהליכים פיסיקליים, כימיים, וביולוגיים, השולטים באספקת יסודות הזנה, מים, וחמצן לצמח, ומפחיתים נוכחות של חומרים או תנאים שעלולים לפגוע בו. מבחינים בין מרכיבי פוריות שמשתנים לאט יחסית (לאורך מחזור גידול או לאורך שנים), לבין מרכיבים הגורמים לשינוי מיידי, כמו הוספת דשנים ותשומות אורגניות. ממשק ההזנה בחקלאות אורגנית שונה באופן מהותי מזה שבחקלאות קונבנציונלית. בהעדר תוספת סדירה של דשן זמין, הדגש הוא על מכלול התהליכים המשפיעים על זמינותם של מאגרי הנוטריינטים בקרקע (Stockdale et al., 2002). במחקר הנוכחי נוסף הדגש של פוטנציאל פוריות, המוגדר כיכולת הקרקע לייצר ביומאסה, ללא מתן תשומות חיצוניות (מלבד מים) תוך ניצול שאריות חומרים מעונות קודמות. מאחר שפוטנציאל פוריות הקרקע אינו קבוע וערכיו תלויים במשתני קרקע ואקלים רבים, יש להעריך את השינויים החלים במכלול מדדי הפוריות לאורך זמן. לכן, על מנת להגיע למסקנות אמינות וישימות יש לערוך מדידות וניסויים ארוכי-טווח באזורים שונים בארץ. בבסיס התוכנית נמצאת ההנחה כי פוריות קרקע קשורה, בין היתר, בתכולת החומר האורגני, אשר תלוי בגורמים נשלטים כגון כמות החומר האורגני המיושם ותדירות היישום, ממשק עיבודים ומחזור הגידולים ובגורמים שאינם נשלטים כגון האקלים וסוג הקרקע.

נושא זה נבחן מדי שנה בכל הטיפולים ובשני האתרים בניסוי רב שנתי ובהשתפות צוות רב תחומי. במקביל נבחנה הפוריות בפועל קרי היבול בשדה על רקע מתן תשומות, כמקובל. השוואת סדרות נתונים אלו משמשת כמדד מרכזי להבנת קצב בניית פוריות הקרקע לאורך זמן. אחד הגורמים העיקריים הקובעים את פוריות הקרקע הוא מידת ואופי פעילותם של אורגניזמים ומיקרואורגניזמים בקרקע. קרקע פורייה תתאפיין בתכולה גבוהה יותר של חומר אורגני (ח"א) המשמש מקור לאנרגיה ולפחמן הדרוש לקיומם של מיקרואורגניזמים, פאונה ומזופאונה כמו פרוטוזואה, אצות, פטריות, פרוקי רגליים, תולעים נמטודות ואחרים. פעילותם משפיעה על הנקבוביות, תנועת המים וקיבול השדה (Sort and Alcaniz, 1999). אלו בתורם משפיעים על האיורור, הנגר והסחף (Milgroom et al. 2007) ואף תורמים לקרקע את גורמי ההזנה הדרושים לצמחים. ממשק אורגני מבוסס על תשומות תדירות של חומר אורגני וצפוי שממשק זה יתרום לשיפור בתכונות הפיזיקאליות של הקרקע (Celik, Ortas and Kilic, 2004). מחקר ארוך-טווח (22 שנים) שבוצע במכון Rodale בארה"ב הראה שחקלאות אורגנית תורמת לשיפור ביציבות מבנה הקרקע, לעליה בכשר תאחיזת המים של הקרקע ולהקטנת רגישותה לסחף (Pimentel, Hepperly, Hanson, Douds and R. Seidel. 2005). שינויים אלו יוחסו בעיקר לעליה בתכולת החומר האורגני בקרקע ולשימוש במחזור גידולים. ישנן עדויות כי השיפור בכשר תאחיזת המים של הקרקע בעקבות תוספת חומר אורגני לקרקע בא לידי ביטוי בעיקר בקרקעות חוליות (Metzger, 1986). השיפור נובע מכך שלחומר האורגני עצמו יכולת אצירת מים גבוהה יותר מהקרקע וכן מהעובדה שהוספתו לקרקע משנה את הנקבוביות כמו גם את פילוג גודל הנקבובים בקרקע, מקטינה את הצפיפות הנדמית של הקרקע ומשפרת את האורור (Pagliai and Vittori-Antisari, 1993). הוספת חומר אורגני לקרקע משפרת גם את יציבות התלכידים בקרקע. השפעת החומר האורגני בתחום זה קטנה ככל שמרקם הקרקע גס יותר; כמו כן, השפעה זו נמצאה כקצרת-טווח ודועכת עם הזמן (Sort and Alcaniz, 1999). עם זאת, תוספת חוזרת ומתמשכת של קומפוסטים גורמת לעליה בת-קיימא ביציבות התלכידים (Annabi et al., 2007). השפעת הוספת החומר האורגני על המוליכות ההידראולית של הקרקע אינה קבועה ותלויה בצפיפות הקרקע ובעוצמת הפעילות המיקרוביאלית: ככל שהפעילות גדולה יותר חל שיפור רב יותר במוליכות ההידראולית (Metzger, 1986). יש לזכור עם זאת שתשומות גבוהות של חומר אורגני לקרקע עלולות לגרום להתפתחות תנאים הידרופוביים (Celik et al.)

2004) ולפגיעה בפיזור המים בקרקע (תופעת האיציבוע [fingering]) (Doerr et al. 2000).

פרוק קומפוסט או כל חומר אורגני אחר בקרקע מושפע מפעילות האוכלוסייה המיקרוביאלית, כלומר הוא מאפשר למיקרואורגניזמים להתפתח, להיות פעילים ולהתרבות. עודף חנקן הנוצר כתוצאה מפירוק התרכובות האורגניות שבקומפוסט על ידי המיקרואורגניזמים משתחרר כחנקן מינרלי לקרקע ונעשה זמין לגידול הצמחים. הרכב הקומפוסט מושפע מחומרי הגלם מהם הוא יוצר ומתהליך הקומפוסטציה, לכן קיימת שונות גדולה בהרכב קומפוסטים לחקלאות אורגנית (הדס, 1996).

כפי שניתן ללמוד מהדיון דלעיל, גורם המפתח בשינויים החלים בחומר האורגני המיושם לקרקע הם חברות המיקרואורגניזמים המאפיינים אותה והשינויים החלים בהם עם הזמן. אנו נלמד את השינויים החלים במעבר מגידול לגידול ובעונות השונות של הגידולים בחברת האורגניזמים בקרקע על פי קבוצותיהם הפונקציונליות במארג המזון (כגון הרביבורים, ספרופיטים ואומניבורים). חשוב לציין כי בעולם נערכו כמה ניסויים בהיקף ובמשך דומים, אך כמעט כולם בוצעו בתנאי אקלים ממוזג-קר (צפון אירופה וארה"ב, Bending et al., 2004; Diepeningen et al., 2006) ולא ניתן לגזור מהם גזירה שווה לתנאי הארץ.

קיום מגוון מינים עשיר (biodiversity) מצביע על סביבה אקולוגית בריאה והדברים אמורים גם בהרכב העשבייה. בין הגורמים המשפיעים על מגוון זה, בפרט בממשק אורגני נמנו: א) מחזור גידולים. ב) שיטות העיבוד בעיקר בהקשר לפליחה או אי פליחה. במחקר ארוך טווח שנערך במשך 17 שנים בשדה שהוסב למימשק אורגני נמצא מגוון ביולוגי רב לעומת שדה שגודל בשיטה קונבנציונאלית. במחקר זה נמצאו 11 מיני עשבים בשדה האורגני לעומת מין אחד בלבד בקונבנציונאלי (Mader et al., 2002).

2. מטרת המחקר

מטרת העל של המחקר היא ללמוד את מירב הגורמים והמנגנונים המשפיעים על פוטנציאל הפוריות של קרקעות המעובדות בממשק אורגני והקשרים הקיימים ביניהם ולפתח אסטרטגיות לטיפוח מכוון של פוריות הקרקע בממשק זה. **על מנת להגיע למטרות אלו, הוצבו היעדים הבאים:** 1. לבחון את השפעת הממשק האורגני על מגוון תכונות קרקע כגון תכולת חומר אורגני, זמינותו והרכב חברות המיקרואורגניזמים ופעילותם ותכונות פיזיקליות של הקרקע. 2. לבחון את הקשרים שבין מגוון תכונות הקרקע הנמדדות לבין פוטנציאל הפוריות והפוריות בפועל של הקרקע. 3. לנסח המלצות מעשיות מפורטות להשגת מיצוי מירבי של פוטנציאל פוריות הקרקע בממשק אורגני, תוך אופטימיזציה של מחזור הגידולים ומינוני ומועדי היישום של תשומות אורגניות שונות.

3. פירוט עיקרי הניסויים והתוצאות

התכנית מבוססת על חלקות קבועות שהוצבו בגילת ובנווה יער (בשטח כולל של כ- 10 דונם לאתר) שעברו בשנת המחקר הראשונה הסבה לממשק אורגני ובוחנת היבטים עיקריים המשפיעים על פוריות הקרקע בממשק זה: פיסיקה, כימיה, מיקרוביולוגיה ופתולוגיה של הקרקע, עשבייה ודישון. תכונות עיקריות של הקרקע בתחילת הניסוי מוצגות בטבלה 1. בכל אחד מהאתרים נקבעה תוכנית רב-שנתית של מחזור גידולים, יישום זבל ירוק, ותשומות דישון הכוללות 2, 4, ו-6 מ"ק קומפוסט לדונם (20, 40, 60 מ"ק אקטר) בטיפולים האורגניים ודשן כימי בטיפולי הביקורת. תכונות עיקריות של הקומפוסטים שיושמו בשדה באתרי הניסויים בגילת ובנווה יער מוצגות בטבלה 2 בנספח.

טבלה 1. תכונות קרקע עיקריות בגילת ובנווה יער

Variable	units	Gilat	Neve Yaar
clay	(%)	24.7	58.7
silt	(%)	35.2	33.2
sand	(%)	40.1	8.1
bd	(gr cm ⁻³)	1.41	1.37
FC 1/3 atm	(% w/w)	19.1	29.0
CaCO ₃	(%)	18.5	10.9
TOC	(%) w/w	0.67	1.36
TN	(%) w/w	0.08	0.14
C/N		8.87	9.52
CEC	(meq 100gr ⁻¹)	9.4	70.8
pH		7.80	7.55

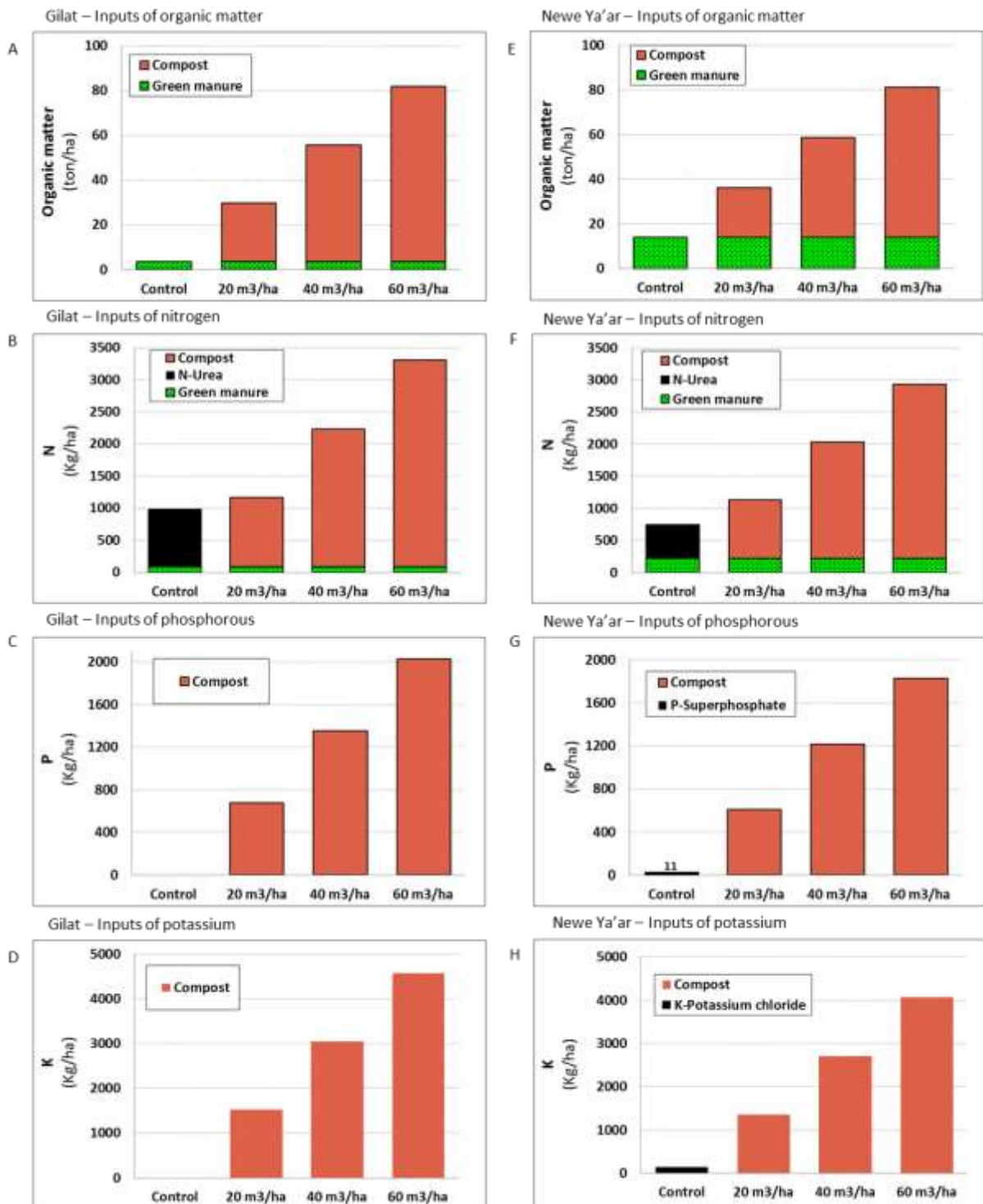
טבלה 2 : תכונות עיקריות של הקומפוסט אשר יושם בניסויי השדה

א. גילת

Variable	Year/ Units	2010	2011	2012	2013	January 2015	Dec 2015
Bulk density	g cm⁻³	0.77	0.57	0.67	0.77	0.41	
Dry Matter	%	77.8	69.1	68.5	76	62.5	
Organic matter	% w/w	37.5	36.2	39.9	28.6	53.9	24.0
Organic carbon	% w/w	22.1	21.3	23.5	16.8	31.7	14.1
Total nitrogen	% w/w	1.71	1.32	1.4	1.34	1.9	1.03
C/N		12.9	16.1	16.8	12.6	16.7	14.0
pH		8.2	7.3	8.4	8.8	6.7	
EC	dS m⁻¹	7.1	7.3	7.3	8.3	8.9	5.1
N-NO₃⁻	mg kg⁻¹	258	48	55	319	17	63
N-NH₄⁺	mg kg⁻¹	160	409	442	41	1294	17

Variable	Year/ Units	2010	2011	2012	2014	2015
Bulk density	g cm ⁻³		0.66	0.58	0.54	
Dry Matter	%		72.1	67.1	77.6	
Organic matter	% w/w	48.1	46	40	44	51.8
Organic carbon	% w/w	27.9	27.1	23.5	25.9	30.1
Organic nitrogen	% w/w	1.94	1.74	1.68	1.69	1.96
C/N		14.3	15.6	14.0	15.3	15.4
pH			9.1	7.5	7.2	
EC	dS m ⁻¹		10.35	9.2	9.72	8.14
N-NO ₃ ⁻	mg l ⁻¹	165	128	140	34	9.5
N-NH ₄ ⁺	mg l ⁻¹	230	378	280	168	21.8

הכמויות המצטברות של חומר אורגני, חנקן כללי זרחן ואשלגן מוצגות באיור 1 בנספח. החישוב כולל גם את החומר האורגני ויסודות ההזנה שישמו על ידי ה"זבל הירוק" (גידול בקיה או תלתן בקרקע וההצנעה של נוף הצמחים בקרקע). בשני האתרים יושמו כמויות דומות של חומר אורגני בטיפולים המתאימים, אולם בנווה יער התרומה של הזבל הירוק לכלל החומר האורגני המוסף היא כ- 20% ואילו בגילת התרומה של הזבל הירוק זניחה. טווחי כמות החומר האורגני המצטברת שישמה בנווה יער ובגילת בטיפולים השונים היו 16-80 ו- 2-80 טון/הקטר, בהתאמה (הערך הנמוך – ביקורת (דישון קונבנציונאלי), הערך הגבוה – קומפוסט במנה של 60 מ"ק/הקטר). טווחי כמות החנקן המצטברת שישמה בנווה יער ובגילת בטיפולים השונים היו 750-2900 ו- 1000-3300 ק"ג/הקטר, בהתאמה. בנווה יער בטיפול הקונבנציונלי התרומה היחסית של הזבל הירוק לסך החנקן הייתה ניכרת (כ-200 מ-750 ק"ג/הקטר) ואילו בגילת תרומתו בטיפול זה הייתה קטנה מ-5%. בשני האתרים תרומת ה"זבל הירוק" והדשנים הקונבנציונליים לכלל כמות הזרחן והאשלגן שהוספו לקרקע היו זניחות ביותר. טווחי כמות הזרחן המצטברת שישמה בנווה יער ובגילת בטיפולים השונים היו 11-1800 ו- 0-2000 ק"ג/הקטר, בהתאמה. טווחי כמות האשלגן המצטברת שישמה בנווה יער ובגילת בטיפולים השונים היו 5-4000 ו- 0-4400 ק"ג/הקטר, בהתאמה.



איור 1. סך כל הכמות המצטברת של חומר אורגני, חנקן, זרחן ואשלגן שיושמה לקרקע בטיפולים השונים בנווה יער (מימין) ובגילת (משמאל), כולל שאריות הצמחים מ"זבל ירוק" (הצנעת הנוף של בקיה או תלתן) ודישון בדשנים אנאורגנים בטיפול הביקורת.

כמו כן נקבעה תוכנית רב-שנתית לבדיקות קרקע וצמח. תיעוד של הדינמיקה ארוכת הטווח בתכונות הקרקע מתבסס על סדרת קידוחי אביב (עד לעומק 120 ס"מ) וקידוחי סתיו (עד לעומק 60 ס"מ) מידי שנה. כדי לחקור את הדינמיקה קצרת הטווח של כלל הפחמן והחנקן האורגנים בקרקע ושל פרקציות נוספות שלהם לאחר היישום של מנות הקומפוסט, בוצעו דיגומי קרקע תכופים יותר (אחת למספר שבועות) משכבת הקרקע

העליונה (0-30 ס"מ). באופן דומה כדי לחקור את הדינמיקה של אוכלוסיית המיקרואורגניזמים בקרקע לאחר יישום הקומפוט או הדשן בוצעו דיגומי קרקע תכופים לעומק של 0-10 ס"מ בכל החלקות, הדוגמאות הועברו למקפוא במעבדה ונשמרו בו בטמפ' של -80°C עד התחלת בצוע אנליזות ה-DNA המולקולאריות לניתוח של מגוון המינים.

כמויות היבול (ביומסה) ותכולת הנוטריינטים בגידולים מתועדים בתום כל עונת גידול. בנוסף, מידי שנה התבצע מבחן פוטנציאל פוריות בתנאי חממה. בשנת 2016 בוצע מבחן פוריות בשדה על ידי גידול תירס כצמח בוחן ללא תוספת קומפוסט וואו דשן.

3. תוצאות

3.1. פוריות הקרקע בפועל - יבול צמחי ויבול היסודות בשדה: בשנים 2010 עד 2016 היו שמונה גדולים עוקבים בנווה יער ושבעה בגילת. בשני האתרים לא הייתה מגמה ברורה של השפעת מנות הקומפוסט על יבול הגידולים השונים בשדה שמוצג כיבול היחסי לביקורת בכל מחזור גידול (איור 2, נספח). בנווה יער בשלושה מחזורי גידול היה היבול בטיפול הקומפוסט גבוה ב-40-20% מטיפול הביקורת אך הפער לא היה מובהק ולא היו הבדלים בין טיפולי הקומפוסט. בגילת היבול בטיפול הקומפוסט היה גבוה מאשר בביקורת בארבעה מחזורי גידול (בשניים מהם באופן מובהק) אך בשני מחזורי גידול דווקא בביקורת היבול היה גבוה יותר (אחד מהם במובהק) ולא הייתה השפעה מובהקת למנת הקומפוסט. בשני האתרים גדול התירס האחרון בשנת 2016 ללא יישום קומפוסט וואו דשן קונבנציונלי לפני הגדול לא נמצאה השפעה מובהקת להיסטוריה של הטיפולים.

הטיפולים לא השפיעו במגמה קבועה ובאופן מובהק על ריכוזי יסודות ההזנה הראשיים חנקן, זרחן ואשלגן בצמחים בשדה בנווה יער ובגילת (טבלה 3). בהשוואה של יבול היסודות בין הטיפולים השונים יש מגמה של עליה ביבולי הזרחן והאשלגן עם העליה במנת הקומפוסט בשני האתרים. היבול המצטבר בכל מחזורי הגדול בתקופה 2010-2016 של זרחן בנווה יער עלה מהביקורת למנת הקומפוסט המרבית מ-146 ל-176 ק"ג/הקטר ויבול האשלגן עלה מ-1132 ל-1364 ק"ג/הקטר. באופן דומה בגילת היבול המצטבר של זרחן עלה מ-119 ל-163 ק"ג/הקטר ויבול האשלגן עלה מ-1091 ל-1265 ק"ג/הקטר.

טבלה 3 . ריכוזי ויבולי יסודות ההזנה חנקן, זרחן ואשלגן בגידולים השונים בחלקות הניסוי בנווה יער ובגילת בתקופה 2010-2016. אותיות שונות מציינות הבדלים מובהקים בין טיפולים ($P \leq 0.05$).

Year	2010	2011	Newe Ya'ar			2013	2014	2015	2016		2016				
			Wheat	Corn	sunflower				wheat	wheat		vetch	corn		
					stems									heads	seeds
N	0 Control	1.25	1.02	0.69	a	1.32	2.09	2.42	1.96	1.70	a	2.31	ab	0.53	
	% 20 m ³ /ha	1.13	0.99	0.38	b	1.14	1.90	2.44	1.95	1.25	b	2.34	a	0.43	
	40 m ³ /ha	1.31	0.90	0.48	ab	1.40	1.99	2.09	2.22	1.39	b	2.09	ab	0.54	
	60 m ³ /ha	1.16	0.95	0.45	ab	1.33	1.96	2.61	2.10	1.42	b	1.89	b	0.54	
P	0 Control	0.20	0.17	0.11		0.22	0.37	0.37	b	0.24	0.21	0.25	b	0.16	
	% 20 m ³ /ha	0.23	0.19	0.08		0.34	0.44	0.39	ab	0.25	0.22	0.30	a	0.17	
	40 m ³ /ha	0.21	0.17	0.11		0.35	0.42	0.35	b	0.27	0.25	0.28	ab	0.18	
	60 m ³ /ha	0.21	0.19	0.12		0.39	0.40	0.45	ab	0.26	0.24	0.26	ab	0.17	
K	0 Control	1.57	0.98	2.69	c	4.28	1.07	2.66	2.21	1.75		2.26		1.01	
	% 20 m ³ /ha	1.63	1.07	3.80	ab	4.33	1.11	2.87	2.42	1.70		2.40		1.04	
	40 m ³ /ha	1.71	1.18	3.35	bc	4.26	1.12	2.74	2.50	1.80		2.38		0.86	
	60 m ³ /ha	1.59	1.12	4.52	a	4.33	1.12	2.86	2.70	1.92		2.34		0.99	

Year	2010	2011	Newe Ya'ar			2013	2014	2015	2016		2016	2010-2016						
			Wheat	Corn	2012				vetch	wheat			wheat	vetch	corn	Total		
					stems												heads	seeds
Compost Dose																		
N	0 Control	142	96	104		182	118	113	99		76	ab	930					
	kg/ha 20 m ³ /ha	102	124	80		185	106	96	136		51	b		879				
	40 m ³ /ha	156	102	95		161	110	107	120		82	a		934				
	60 m ³ /ha	124	120	94		201	108	115	111		74	ab		946				
P	0 Control	21	16	19		27.9	14.7	14.2	b	10.6	b	22.5	146					
	kg/ha 20 m ³ /ha	20	23	19		30.5	12.7	17.0	ab	17.8	a	20.3	161					
	40 m ³ /ha	24	19	22		26.7	13.5	19.0	ab	16.2	ab	26.7	167					
	60 m ³ /ha	22	24	22		35.2	14.1	19.8	a	16.0	ab	22.7	176					
K	0 Control	173	95	166	b	199	142	116		96		144	1132					
	kg/ha 20 m ³ /ha	147	135	202	ab	224	120	131		138		121	1218					
	40 m ³ /ha	190	134	204	ab	216	126	138		137		132	1277					
	60 m ³ /ha	161	142	266	a	222	141	156		138		138	1364					

Year	Compost	Gilat													
		2010			2012			2013		2014		2015			
		Potato			wheat			corn		wheat		Potato			
dose	stems+ leaves	tubers	grains	straw			cobs	stems	grains		leaves	tubers			
N	Control	2.76	a	1.43	3.32	1.23		2.71	2.02	2.61	b	2.26	1.34		
%	20 m ³ /ha	2.13	b	1.34	3.10	0.94		2.40	1.38	2.98	ab	2.00	1.32		
	40 m ³ /ha	2.29	b	1.25	3.19	0.94		2.45	1.47	2.89	ab	2.08	1.47		
	60 m ³ /ha	2.31	b	1.25	3.31	1.05		2.33	1.37	2.67	a	2.21	1.52		
P	Control	0.14	b	0.23	0.47	b	0.12	0.40	0.18	0.32	c	0.12	0.20	b	
%	20 m ³ /ha	0.17	a	0.26	0.49	ab	0.16	0.37	0.18	0.39	b	0.11	0.21	ab	
	40 m ³ /ha	0.17	b	0.26	0.51	a	0.18	0.39	0.18	0.37	ab	0.10	0.21	ab	
	60 m ³ /ha	0.20	b	0.27	0.52	a	0.19	0.39	0.19	0.35	a	0.10	0.23	a	
K	Control	6.05		2.58	0.50	b	2.80	1.80	3.89	0.26		5.21	b	2.67	c
%	20 m ³ /ha	5.12		2.67	0.54	ab	2.84	1.46	2.95	0.27		5.02	ab	2.78	bc
	40 m ³ /ha	4.97		2.67	0.55	ab	2.67	1.65	3.52	0.26		5.85	ab	2.87	b
	60 m ³ /ha	5.78		2.62	0.56	a	3.10	1.41	2.83	0.26		6.09	a	2.91	a

* grains only

		Gilat							
Year		2016				2016			
Compost		wheat				corn			
dose		grains	straw		cobs		stems		
<u>N</u>	Control	3.01	0.94		1.38		0.63		
%	20 m ³ /ha	2.78	0.82		1.31		0.79		
	40 m ³ /ha	2.97	1.03		1.25		0.88		
	60 m ³ /ha	2.86	1.09		1.34		0.95		
<u>P</u>	Control	0.43	0.10	ab	0.29		0.18	b	
%	20 m ³ /ha	0.42	0.09	b	0.34		0.36	a	
	40 m ³ /ha	0.44	0.12	ab	0.30		0.33	ab	
	60 m ³ /ha	0.43	0.13	a	0.30		0.28	ab	
<u>K</u>	Control	0.52	2.31		0.92		1.55		
%	20 m ³ /ha	0.56	2.32		1.13		1.60		
	40 m ³ /ha	0.55	2.42		0.88		1.64		
	60 m ³ /ha	0.58	2.46		0.90		1.56		

Year	Gilat											
	2010		2012			2013		2014		2015		
Compost	Potato		wheat			corn		wheat		Potato		
dose	stems+ leaves	tubers	grains	straw		cobs	stems	grains	leaves		tubers	
N kg/ha	Control	52		75	b	85		128		120	47	
	20 m ³ /ha	62		101	a	110		115		100	* 57	
	40 m ³ /ha	64		94	a	95		121		105	54	
	60 m ³ /ha	61		96	a	127		134		101	48	
P kg/ha	Control	7.8	b	10.6	b	8.7	b	12.8		14.5	5.1	
	20 m ³ /ha	11.5	ab	16.1	a	19.1	a	15.7		13.2	6.0	
	40 m ³ /ha	12.7	a	14.8	a	17.9	ab	15.8		13.4	6.0	
	60 m ³ /ha	12.6	a	15.2	a	23.8	a	19.8		13.4	5.5	
K kg/ha	Control	97	b	11.3	b	195	b	214		12.1	a 103	
	20 m ³ /ha	125	ab	17.8	a	331	ab	196		10.0	b 142	
	40 m ³ /ha	136	a	16.1	a	266	ab	240		9.6	b 141	
	60 m ³ /ha	130	ab	16.3	a	380	a	194		9.3	b 122	

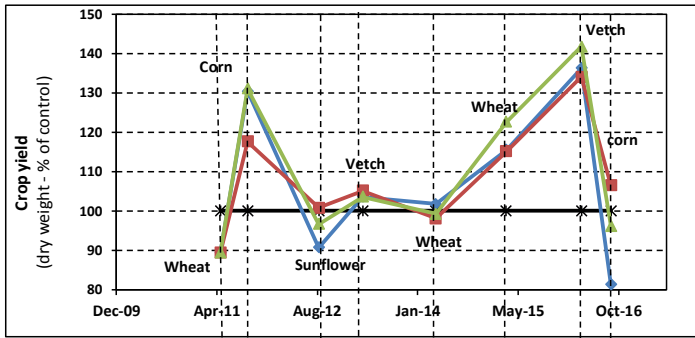
* grains only

Year		2016			2016			2010-2016
Compost		wheat			corn			Total
dose	grains	straw		cobs		stems		
N kg/ha	Control							
	20 m ³ /ha	23.8	20.4		75	a	153	779
	40 m ³ /ha	22.2	22.5		38	b	100	730
	60 m ³ /ha	26.7	20.9		54	ab	188	823
P kg/ha	Control	20.4	27.6		54	ab	177	845
	20 m ³ /ha	3.4	2.2		15.6		38	119
	40 m ³ /ha	3.4	2.5		9.7		51	148
	60 m ³ /ha	4.0	2.5		13.4		57	158
K kg/ha	Control	3.3	3.5		11.9		55	163
	20 m ³ /ha	4.0	59.3		50	a	346	1091
	40 m ³ /ha	4.5	63.7		32	b	208	1131
	60 m ³ /ha	4.8	62.3		38	ab	322	1236
		4.3	68.2		36	ab	304	1265

3.2 פוטנציאל פוריות הקרקע (תירס כצמח בוחן): בקרקע נווה יער הביומסה של התירס הייתה גבוהה באופן מובהק מאשר הביקורת ברוב מועדי הגידול אך לא היו הבדלים בין מנות הקומפוסט ואילו בקרקע גילת הייתה עליה הדרגתית במשקל מהביקורת ובהתאם לרמות הקומפוסט כאשר ברוב המועדים התקבלו הבדלים מובהקים בין הביקורת למנת הקומפוסט הגבוהה ביותר (איור 2).

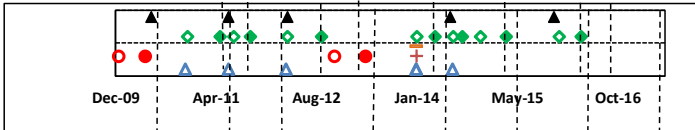
בניתוח של השפעת הטיפולים בכל המועדים ביחד בנווה יער יישום קומפוסט העלה את היבול היחסי ב-50% , כאשר היבול בביקורת נמוך באופן מובהק מכל טיפולי הקומפוסט אך בין מנות הקומפוסט לא היו הבדלים מובהקים (איור 3).

בגילת ההשפעה היחסית של הקומפוסט דומה, 40-70%, אך ההבדל בין מנת הקומפוסט הגבוהה ביותר למנה הנמוכה ביותר מובהק וגם ההבדל בין המנה הנמוכה והבינונית לבין הביקורת מובהק. ברוב מועדי המבחן ריכוזי היסודות בנוף הצמחים בשתי הקרקעות לא הושפעו באופן מובהק מן הטיפולים, אך בכמות היסודות בחלק מהמועדים נמצאה השפעה של מנת הקומפוסט על יבולי הזרחן והאשלגן (טבלה 4). כאשר סוכמים את כלל יבול היסודות בכל מועדי בצוע מבחן הפוריות מתקבלת השפעה ניכרת של הטיפולים על הזרחן והאשלגן בשתי הקרקעות: בנווה יער יבול הזרחן עלה מ-158 ל-254 ק"ג/הקטר ויבול האשלגן עלה מ-2313 ל-3776 ק"ג/הקטר בתגובה לעליה בכמות הקומפוסט מ-0 ל-60 מ"ק/הקטר, בגילת יבול הזרחן עלה מ-189 ל-279 ק"ג/הקטר ויבול האשלגן עלה מ-3071 ל-4114 ק"ג/הקטר. בנווה יער גם יבול החנקן עלה מ-893 ל-1381, עם העליה במנת הקומפוסט מ-0 ל-60 מ"ק/הקטר.

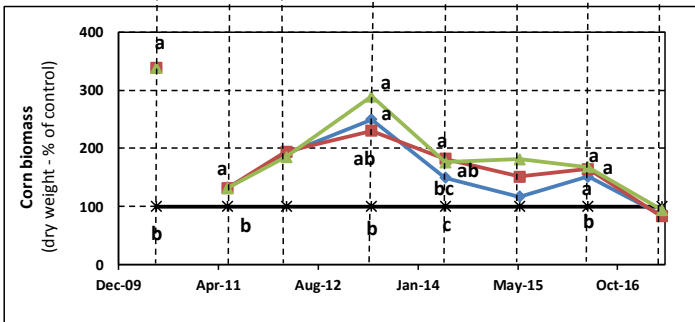


**Neve Ya'ar
Actual fertility**

- ▲— 20 m3/ha
- 40 m3/ha
- ◆— 60 m3/ha
- *— Control

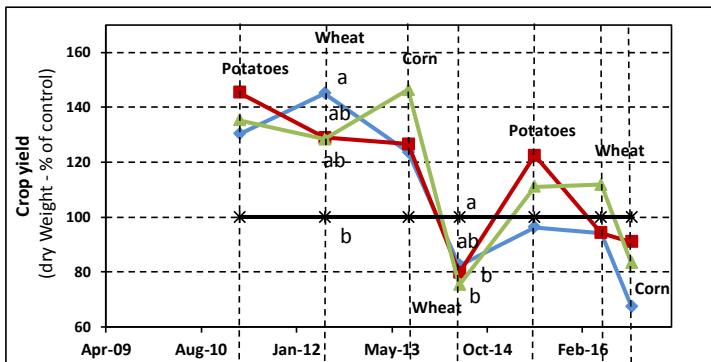


- ▲ Compost
- ◆ Crops - seed
- Crops - harvest
- Green manure - seed
- Green manure - incorporation
- ▲ N fertilization (control)
- + P fertilization (control)
- * K fertilization (control)



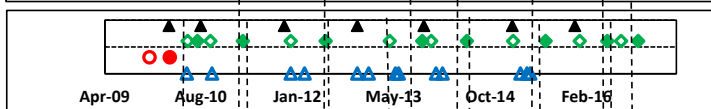
**Neve Ya'ar
Potential fertility**

- ▲— 20 m3/ha
- 40 m3/ha
- ◆— 60 m3/ha
- *— Control

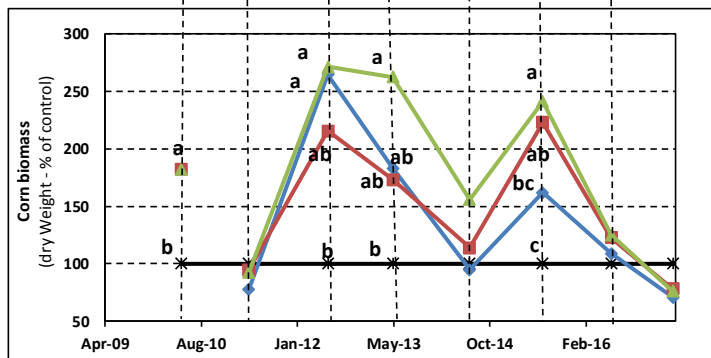


**Gilat
Actual fertility**

- ▲— 20 m3/ha
- 40 m3/ha
- ◆— 60 m3/ha
- *— Control



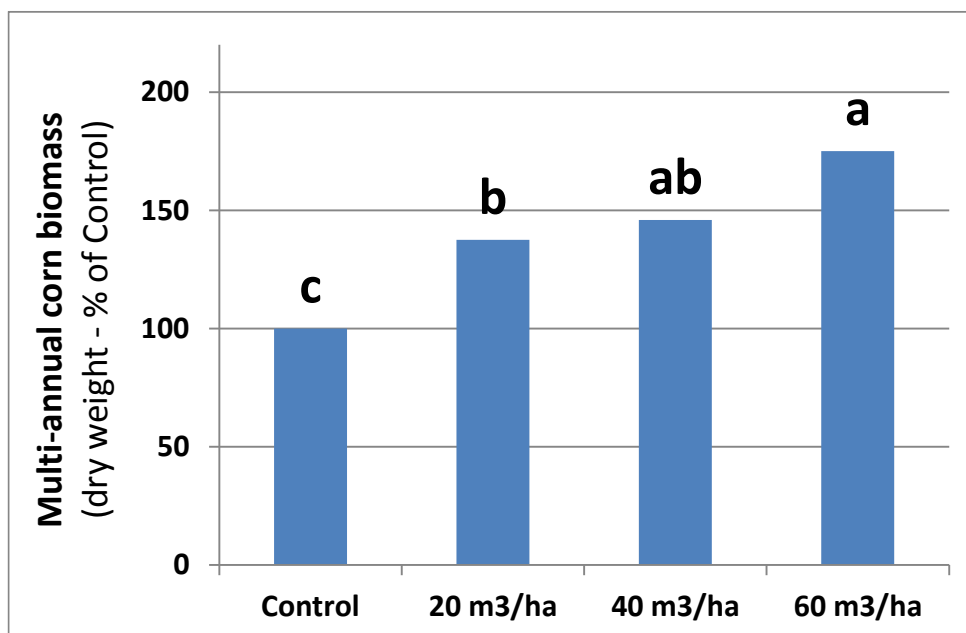
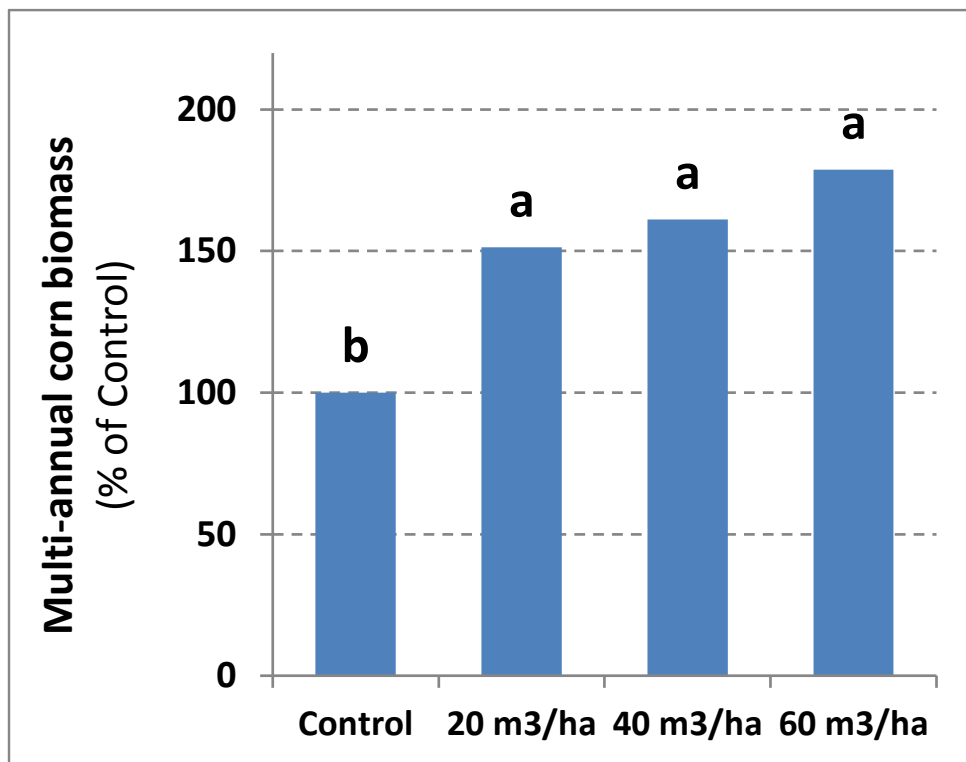
- ▲ Compost
- ◆ Crops - seed
- Crops - harvest
- Green manure - seed
- Green manure - incorporation
- ▲ N fertilization (control)



**Gilat
Potential fertility**

- ▲— 20 m3/ha
- 40 m3/ha
- ◆— 60 m3/ha
- *— Control

איור 2. השפעת מנת הקומפוסט על יבול ביומסה (חומר יבש) של תירס יחסית לטיפול הביקורת במבחן פוריות בעציצים (potential fertility) ושל הגידולים בניסוי השדה (actual fertility) כתלות בזמן בנווה יער (איור עליון) ובגילת (איור תחתון).



איור 3. השפעת מנת הקומפוסט על היבול הממוצע של ביומסה (חומר יבש) של תירס יחסית לטיפול הביקורת במבחן פוריות בעציצים בנווה יער (איור עליון) ובגילת (איור תחתון).

טבלה 4. ריכוזי ויבולי יסודות ההזנה חנקן, זרחן ואשלגן בתירס במבחן פוריות קרקע בעציצים בחממה.

Newe Ya'ar

	Year	2011	2012*	2013	2014	2015	2016	2017	
<u>N</u>	Control	1.27	1.33	1.22	1.11	0.96	0.76	1.13	
%	20 m ³ /ha	0.94	1.03	1.05	0.91	0.83	0.63	0.89	
	40 m ³ /ha	1.11	1.23	1.03	0.88	0.76	0.53	0.86	
	60 m ³ /ha	1.28	0.60	1.22	0.86	0.82	0.59	0.83	
<u>P</u>	Control	0.14	0.17	0.20	0.19	0.20	0.17	0.24	a
%	20 m ³ /ha	0.12	0.20	0.18	0.17	0.20	0.16	0.22	ab
	40 m ³ /ha	0.12	0.14	0.20	0.15	0.21	0.15	0.18	b
	60 m ³ /ha	0.16	0.08	0.19	0.17	0.20	0.19	0.18	b
<u>K</u>	Control	3.72	ab	2.78	2.70	2.45	2.96	2.73	2.95
%	20 m ³ /ha	3.02	b	3.63	2.44	2.39	2.93	2.65	2.94
	40 m ³ /ha	3.63	ab	3.99	2.46	2.29	2.85	2.79	2.79
	60 m ³ /ha	4.03	a	2.41	2.26	2.23	2.94	2.74	2.87

Newe Ya'ar

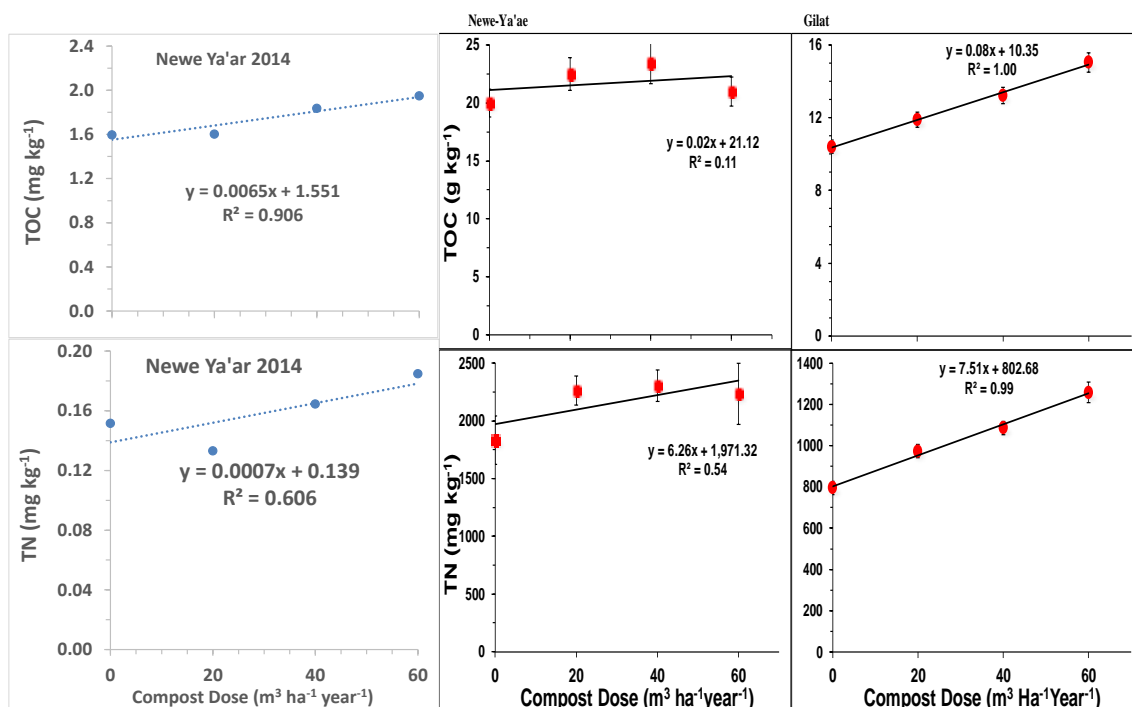
	Year	2011		2012*	2013	2014	2015		2016		2017		
<u>N</u>	Control	119	ab	58	170	176	89		89		193	893	
mg/plant	20 m ³ /ha	96	b	85	382	220	89		109		126	1108	
	40 m ³ /ha	123	ab	104	331	274	110		103		123	1167	
	60 m ³ /ha	183	a	48	520	246	137		115		133	1381	
<u>P</u>	Control	13.1		7.2	28.7	29.4	18.2	b	20.1	b	41.7	a	158
mg/plant	20 m ³ /ha	12.2		16.7	67.0	39.3	21.3	ab	27.9	a	31.6	ab	216
	40 m ³ /ha	13.9		11.6	63.5	43.2	29.2	ab	27.9	ab	25.6	b	215
	60 m ³ /ha	22.8		6.5	78.9	47.4	32.7	a	36.1	ab	29.4	ab	254
<u>K</u>	Control	346	b	121	364	382	274	b	314	b	512		2313
mg/plant	20 m ³ /ha	314	b	301	847	552	315	b	460	a	430		3219
	40 m ³ /ha	415	ab	337	772	655	402	ab	535	a	401		3518
	60 m ³ /ha	581	a	194	909	608	491	a	528	ab	465		3776

Gilat

	Year	2011		2012*	2013		2014	2015	2016	2017	
<u>N</u>	Control	1.45	a	1.13	0.83		0.92	1.02	0.83	0.92	a
%	20 m ³ /ha	0.68	b	0.57	0.57		0.92	0.86	0.65	0.84	ab
	40 m ³ /ha	0.81	b	0.83	0.87		0.77	0.85	0.60	0.70	b
	60 m ³ /ha	0.65	b	0.61	0.82		0.85	0.76	0.59	0.74	b
<u>P</u>	Control	0.21	a	0.23	0.16		0.19	0.14	0.19	0.20	b
%	20 m ³ /ha	0.10	b	0.17	0.16		0.20	0.19	0.22	0.24	ab
	40 m ³ /ha	0.09	b	0.20	0.26		0.19	0.14	0.20	0.28	a
	60 m ³ /ha	0.09	b	0.12	0.20		0.19	0.15	0.19	0.27	a
<u>K</u>	Control	4.28	a	2.50	2.77	a	2.48	3.48	3.27	3.59	
%	20 m ³ /ha	2.74	b	2.38	2.38	b	2.48	3.31	3.22	3.48	
	40 m ³ /ha	2.66	b	2.45	2.50	b	2.49	3.44	3.32	3.29	
	60 m ³ /ha	2.97	b	2.49	2.51	ab	2.47	3.23	3.15	3.40	

N mg/plant	Control	90	a	63	139	162	66	134	283	a	938
	20 m ³ /ha	30	b	84	172	148	89	113	182	b	819
	40 m ³ /ha	42	ab	100	230	149	116	117	165	b	920
	60 m ³ /ha	35	b	93	343	228	114	119	175	b	1107
P mg/plant	Control	13.4		13.0	26.1	32.6	10.4	31.2	61.8		189
	20 m ³ /ha	4.5		24.7	45.7	32.3	19.3	37.3	51.1		215
	40 m ³ /ha	4.8		24.0	62.5	37.0	18.9	37.8	65.4		250
	60 m ³ /ha	4.9		18.8	82.1	48.0	22.9	38.5	63.6		279
K mg/plant	Control	258		140	420	423	219	518	1094		3071
	20 m ³ /ha	130		353	664	399	339	554	758		3196
	40 m ³ /ha	146		296	660	487	478	643	791		3502
	60 m ³ /ha	161		378	1015	655	485	625	795		4114

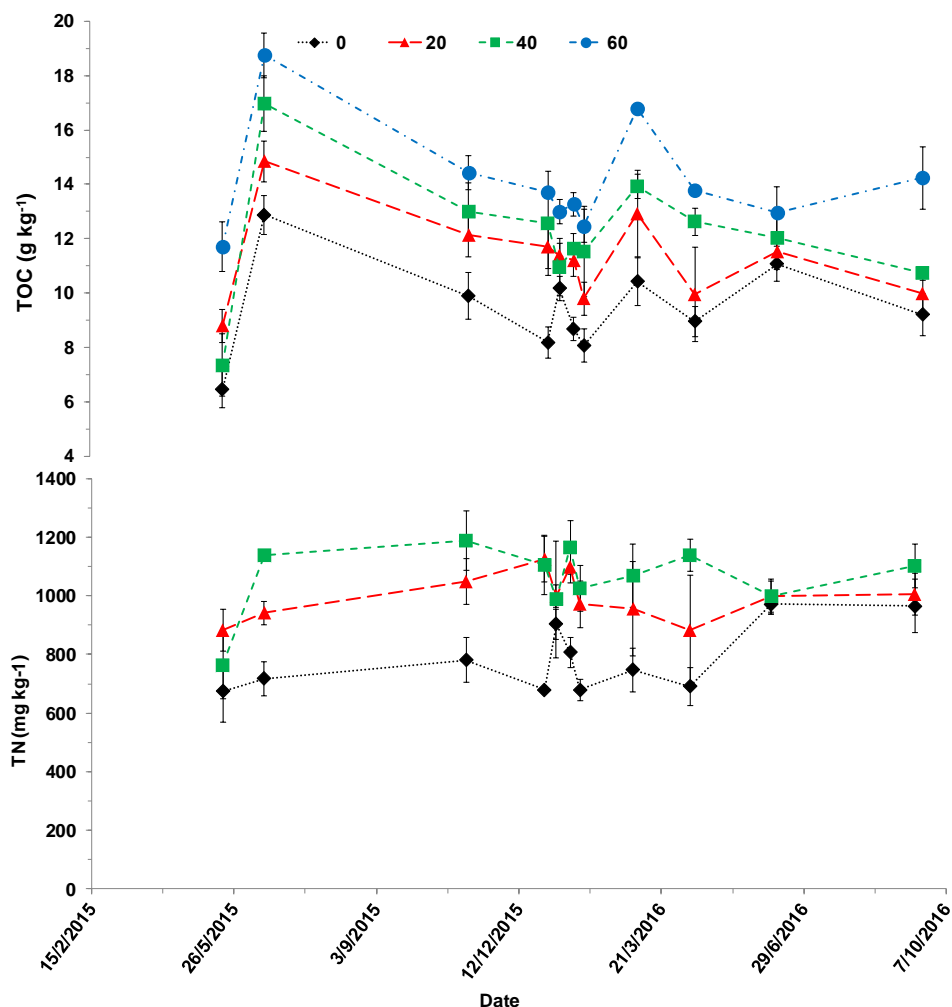
3.3. החומר האורגני הקרקע: בשני האתרים יישום קומפוסט ברמה הגבוהה ביותר העלה את ריכוזי הפחמן והחנקן האורגניים בשכבת הקרקע העליונה לעומת הדישון הקונבנציונלי (איור 4). בנווה יער, בטיפול האורגני שקיבל את מנת הקומפוסט הגבוהה ביותר, מתחילת הניסוי עד מאי 2013 נמצאה עלייה מ-1.4% ל-2.4% בתכולת הפחמן האורגני, ועליה מ-0.16% ל-0.23% בחנקן האורגני בשכבת הקרקע העליונה (0-5 ס"מ) ועליה דומה בשכבת הקרקע 5-15 ס"מ, בעוד שבטיפול הביקורת עד אוקטובר 2012 תכולת הפחמן והחנקן האורגני לא השתנו ונשארו 1.4% ו-0.14%, בהתאמה, וכעבור שנה במאי 2013 עלו ל-1.8% ו-0.17% (בהתאמה (Sharma et al, 2017b). העליה בביקורת בתקופה שבין מאי 2012 למאי 2013 נובעת כנראה מהטמנת הבקיה כזבל ירוק (Sharma et al, 2017b). יש לציין שבאנליזות של החומר האורגני המוצק בקרקע נווה יער ב-FTIR ב-2012 הצביעו על שינוי באופי החומר האורגני כתוצאה מיישום קומפוסט, והשינוי היה פרופורציונלי למנת הקומפוסט וההשפעה הייתה בכל החתך הנבדק עד 60 ס"מ (Sharma et al, 2017a). ב-2013, לאחר עונה של גדול בקיה ויישום שלה בקרקע כ"זבל ירוק" ההבדלים בין הטיפולים הצטמצמו מאוד (Sharma et al, 2017b). ממצאים אלה מצביעים על כך שלממשק של "זבל ירוק" ישנה השפעה דומה ליישום קומפוסט וגם עוצמת ההשפעה דומה למנת קומפוסט גבוהה (Sharma et al, 2017b). בשנת 2014 נמצאה תלות לינארית בין ריכוזי הפחמן האורגני והחנקן הכללי בקרקע למנת הקומפוסט ואילו בהמשך (ממוצע דגימות ביוני 2015 ובספטמבר 2016) השיפועים של התלות בין הפחמן האורגני והחנקן הכללי למנת הקומפוסט קטנים יותר ומקדם ההתאמה נמוך יותר (איור 4). השינוי נובע מירידה בריכוזים במנות יישום הקומפוסט הגבוהות מחד ועליה בריכוזים בטיפול הביקורת.



איור 4. השפעת מנת הקומפוסט על ריכוזי הפחמן האורגני והחנקן הכללי בקרקע: (שמאל) נווה יער (ממוצע שתי דיגומי קרקע במאי 2014 וספטמבר 2014, בכל מועד 4 חזרות לטיפול); (מרכז) נווה יער (ממוצע שתי דיגומי קרקע בין יוני 2015 לספטמבר 2016, בכל מועד 5 חזרות לטיפול); (ימין) גילת (ממוצע שישה דיגומי קרקע בין יוני 2015 לספטמבר 2016, בכל מועד 5 חזרות לטיפול).

בגילת, בטיפול האורגני שקיבל את מנת הקומפוסט הגבוהה ביותר, מתחילת הניסוי עד ספטמבר 2016 תכולת הפחמן האורגני בשכבת הקרקע העליונה (0-15 ס"מ) גדלה מ-0.74% ל-1.50%, והחנקן הכללי מ-0.09% ל-0.13%, בעוד שבטיפול הביקורת תכולת הפחמן האורגני והחנקן הכללי בקרקע גדלו במידה קטנה כ-1.00% ו-

0.08%, בהתאמה, (איור 4). בשנת 2015-2016 נמצאה תלות לינארית בין ריכוזי הפחמן האורגני והחנקן הכללי בקרקע למנת הקומפוסט עם שיפועים גדולים בהרבה מאשר בנווה יער ומקדמי מתאם גבוהים (איור 4). מעקב של הדינמיקה קצרת הטווח בכמות הפחמן האורגני והחנקן הכללי בשדה בגילת מראה שההבדלים בין הטיפולים נשמרים לכל אורך השנה (איור 5).

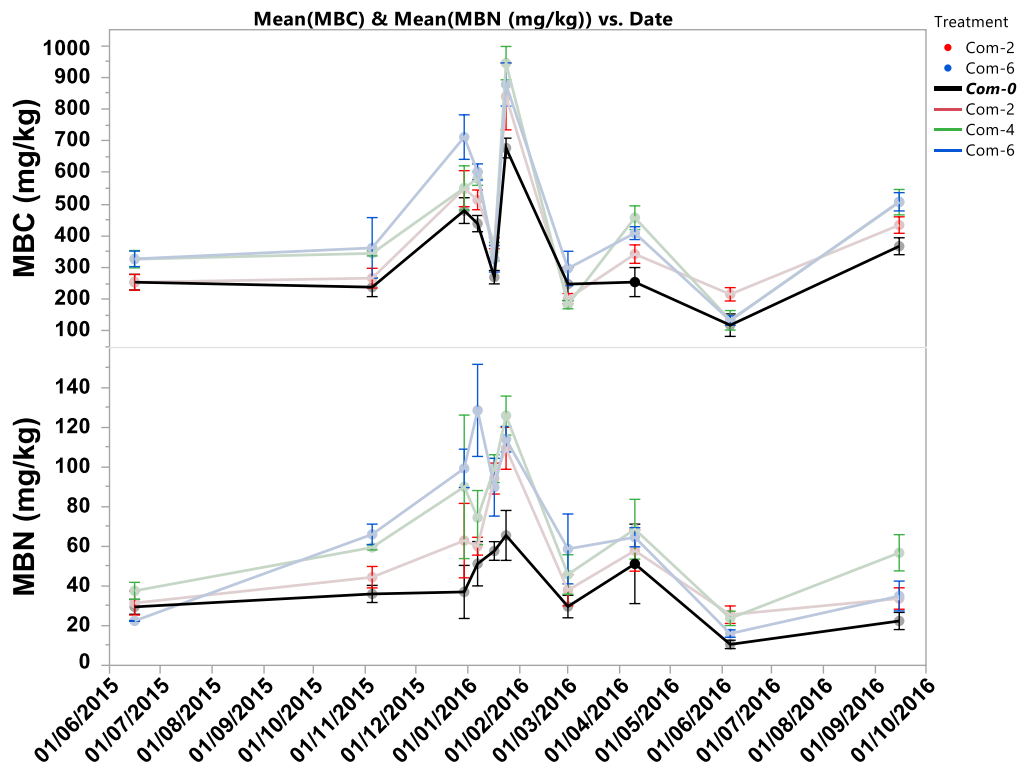


איור 5. השפעת מנת הקומפוסט השנתית (הערכים במקרא במ"קדונם) על הדינמיקה קצרת טווח בשכבת הקרקע 0-15 ס"מ של פחמן אורגני כללי וחנקן כללי בגילת (מיוני 2015 עד נובמבר 2017).

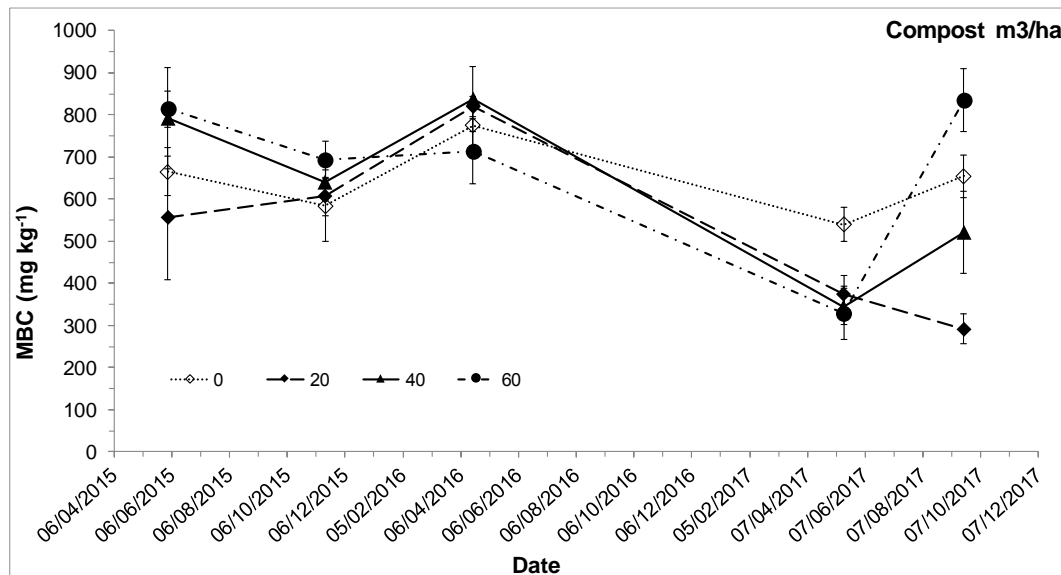
עוצמת השינויים בפחמן והחנקן המיקרוביאליים בגילת בעקבות יישום קומפוסט או אוריאה בסוף דצמבר 2015 גדולה הרבה יותר מאשר בפחמן האורגני והחנקן הכללי וגם היא מתקיימת לתקופה קצרה של מספר שבועות לאחר היישום (איור 6). לעומת זאת בנווה-יער עוצמת השינויים בפחמן המיקרוביאלי הייתה קטנה יחסית ולא הייתה השפעה עקבית לאורך זמן של הטיפולים על ריכוזי הפחמן המיקרוביאלי. בשתי הקרקעות ריכוזי הפחמן האורגני המומס (DOC) לכל משך המדידות (בגילת - מאי 2015 עד אוקטובר 2017, בנווה יער נובמבר 2015 עד ספטמבר 2017) היו מדורגים בהתאם לרמת הקומפוסט (איור 7), כאשר בגילת התקבל שיא לאחר יישום הקומפוסט בדומה לפחמן המיקרוביאלי. בשתי הקרקעות טיפולי הקומפוסט השפיעו באופן דומה אם כי בעוצמה פחותה על ריכוזי החנקן הכללי המומס באותה תקופה (איור 7). יש לציין שלמרות שבקרקע נווה יער ריכוזי הפחמן האורגני והחנקן הכללי גבוהים מאשר בגילת (איור 4), ריכוזי הפחמן האורגני והחנקן הכללי המסיס בגילת גבוהים מאשר בנווה יער (איור 7), כנראה כתוצאה מהשפעת מרקם הקרקע. בקרקע החרסיתית בנווה יער החומר האורגני

המומס נספח לשטח הפנים הגדול של חלקיקי הקרקע ולכן חלק קטן יותר נמצא בפאזה המימית מאשר בקרקע הקלה יותר של גילת.

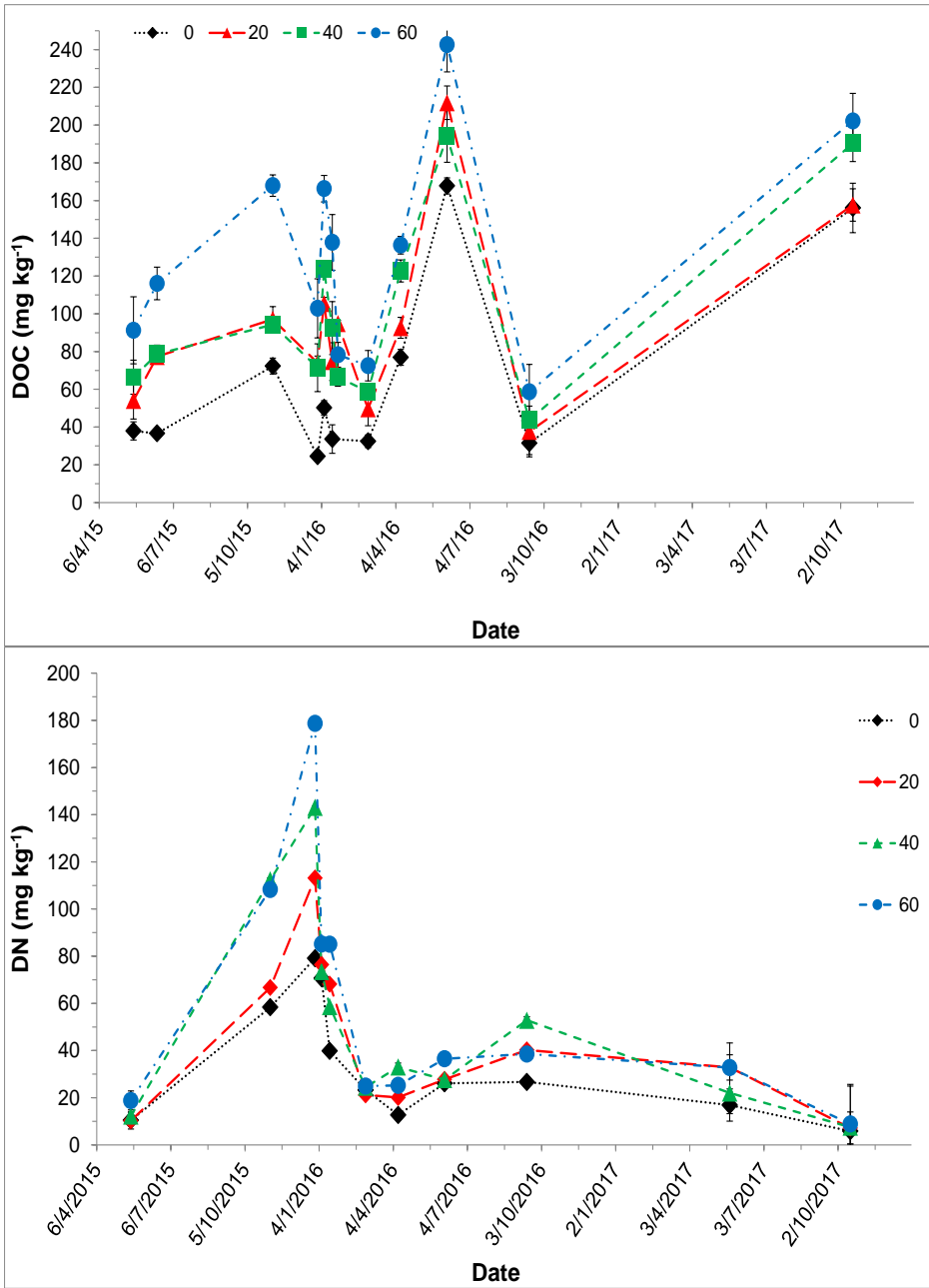
A



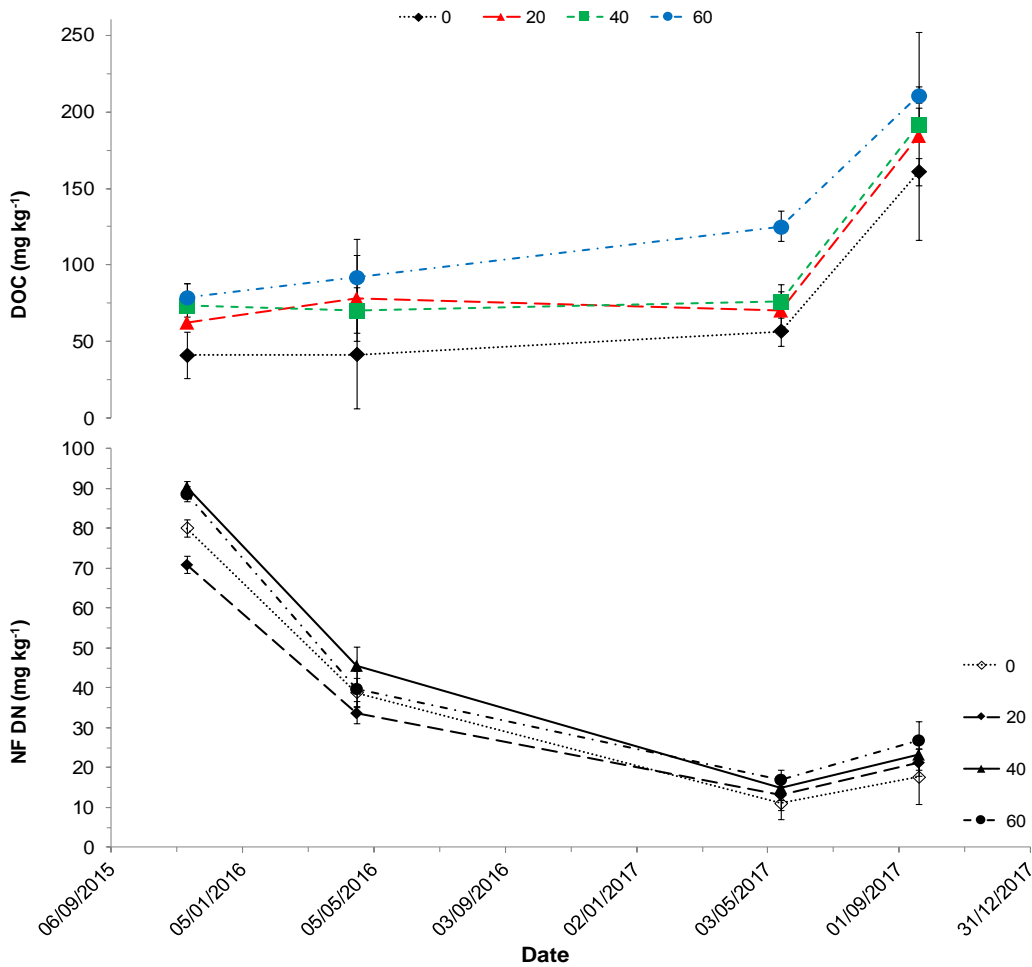
B



איור 6. השפעת מנת הקומפוסט השנתית (הערכים במקרא במ"ק/דונם) על הדינמיקה קצרת טווח בשכבת הקרקע 0-15 ס"מ של פחמן וחנקן מיקרוביאלי בגילת (A) ובנווה יער (B) מיוני 2015 עד נובמבר 2017.

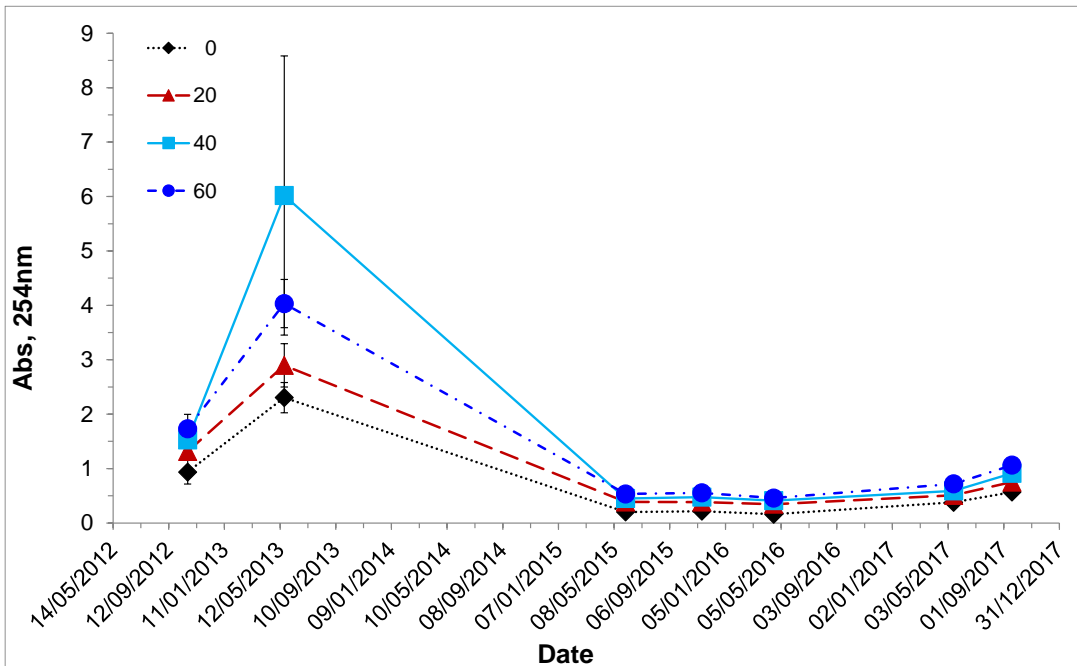
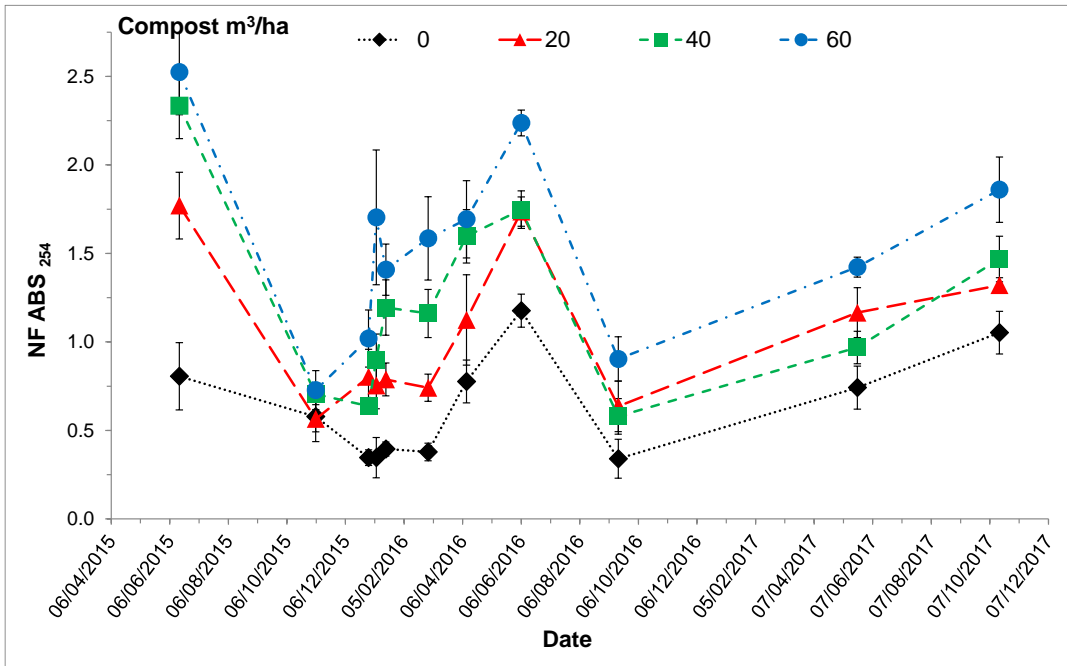


נווה יער



איור 7. השפעת מנת הקומפוסט השנתית (הערכים במקרא במ"ק/דונם) על הדינמיקה קצרת טווח בשכבת הקרקע 0-15 ס"מ של הפרקציה המסיסה של פחמן אורגני וחנקן כללי בגילת ובנווה יער מיוני 2015 עד נובמבר 2017.

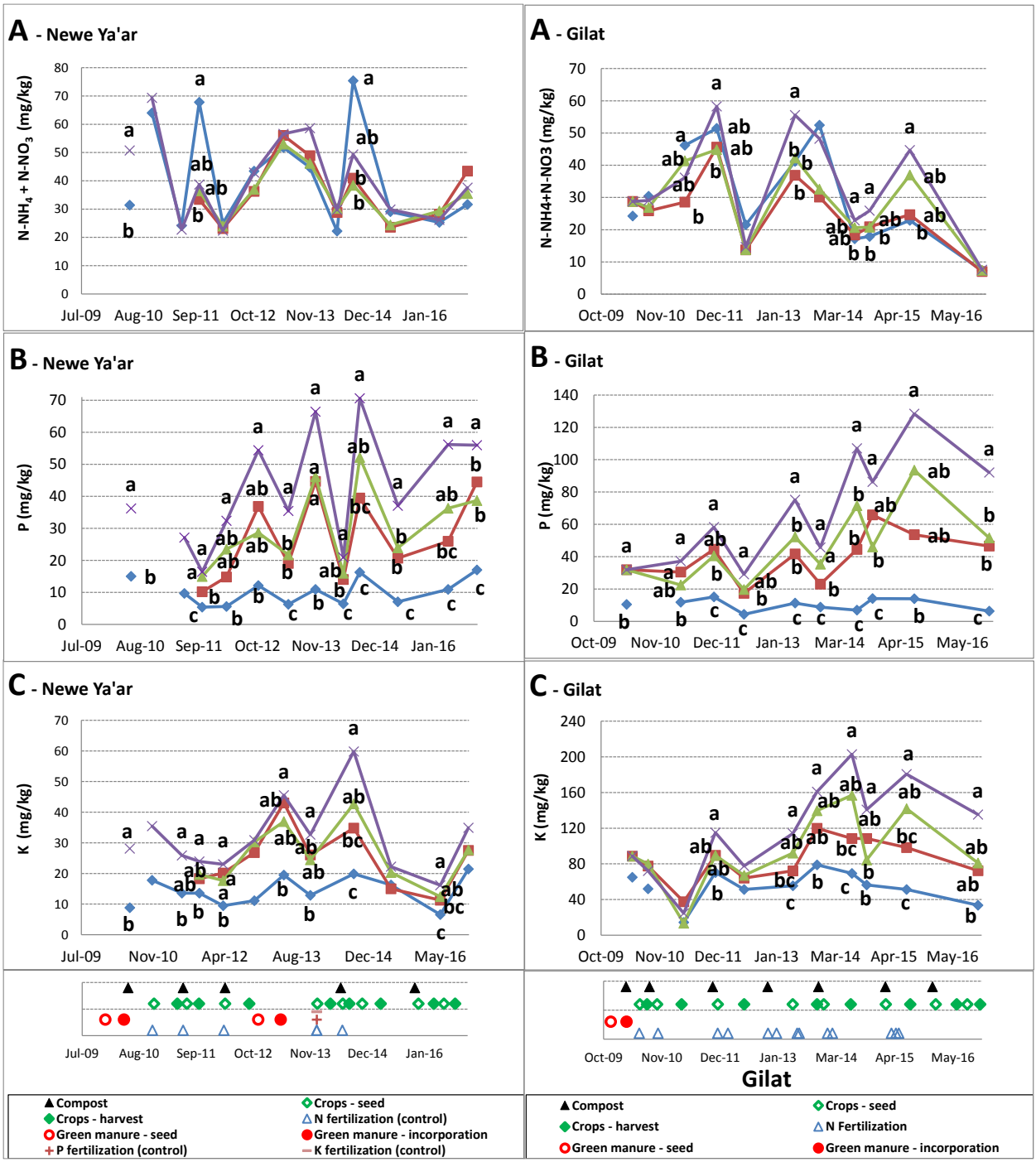
מקובל שהבליעה באורך גל 254 נ"מ בתמיסות מימיות של קרקע נובעת מתרכובות אורגניות ארומטיות ולכן ככל שהערכים גבוהים יותר הריכוז של תרכובות אלו גבוה יותר. הדינמיקה של הבליעה באורך גל 254 נ"מ בתמיסת הקרקע בגילת במשך אותה תקופה דומה לזו של ריכוזי הפחמן האורגני המסיס והפחמן והחנקן המיקרוביאליים עם שיא גדול מיד לאחר יישום הקומפוסט והשפעה עקבית של הטיפולים (איור 8). גם בנווה יער השפעת רמת הקומפוסט על ערכי הבליעה הייתה באותה מגמה ועקבית במשך כל תקופת המדידה. כלומר יישום קומפוסט העלה את הריכוז של תרכובות אורגניות ארומטיות בתמיסת הקרקע בהתאמה לתוצאות הקודמות שפרסמנו על הקרקע בנווה יער (Sharma et al, 2017a).



איור 8. השפעת מנת הקומפוסט השנתית (הערכים במקרא במ"ק/דונם) על הדינמיקה קצרת טווח בשכבת הקרקע 0-15 ס"מ של בליעה באורך גל 254 ננומטר בגילת ובנווה יער מיוני 2015 עד נובמבר 2017.

3.4. יסודות ההזנה חנקן, זרחן ואשלגן בקרקע.

ריכוזי הזרחן והאשלגן הזמינים בשכבות העליונות של הקרקע (0-30 ס"מ) בגילת ושל הזרחן בנווה יער גבוהים יותר ככול שמנת הקומפוסט גבוהה יותר וההצטברות שלהם נמשכת עם הזמן (איור 9).

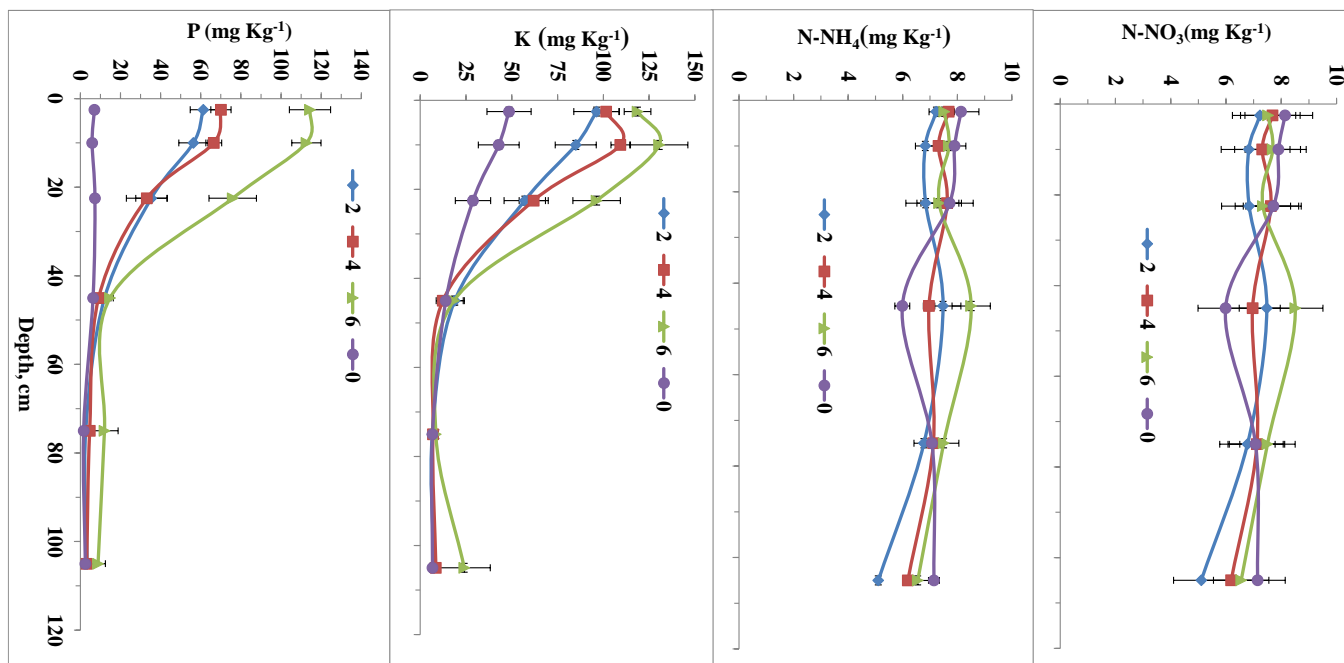


איור 9. ריכוזי חנקן מינרלי (אמון+חנק), זרחן, אשלגן זמינים בשכבת הקרקע העליונה (0-30 ס"מ) כתלות בזמן מתחילת הניסויים בנווה יער וגילת (יוני ומאי 2010) עד הדיגום האחרון (נובמבר ואוקטובר 2016), בהתאמה (אמון וחנקן – מיצוי ב- 1N KCl, זרחן – מיצוי אולסן, אשלגן - מיצוי מימי של הקרקע ביחס 5:1).

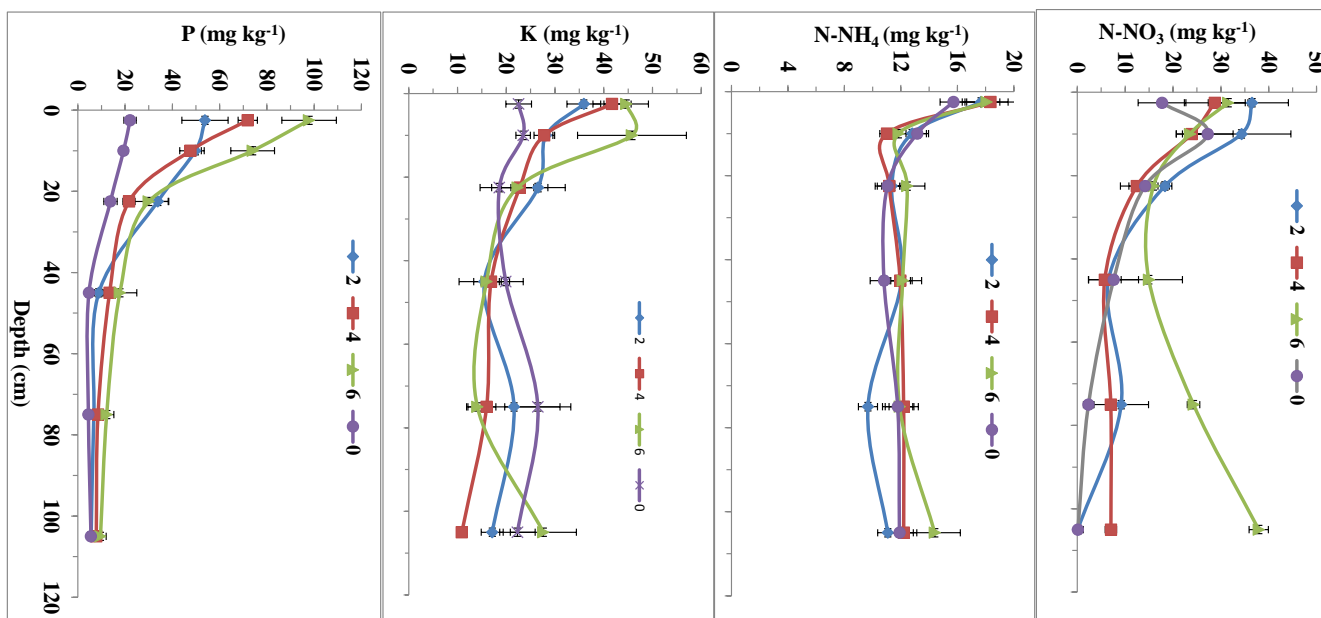
בנווה יער בשנים הראשונות האשלגן הצטבר בטיפול הקומפוסט ובהתאם למנה אולם בשנתיים האחרונות הייתה פחיתה שלו בכל מנות הקומפוסט. הסיבה לכך אינה ברורה ואנו חוזרים על האנליזות בשנים אלו כדי לברר שלא מדובר בשגיאה אנליטית. השפעת הטיפולים על ריכוזי החנקן הזמין בקרקע (אמון+חנקן במיצוי ב- 1N KCl) בנווה יער אינה עקבית ובמרבית המועדים אינה מובהקת חוץ משני מועדים שבהם הריכוז בדישון הקונבנציונלי

היה גבוה באופן מובהק מאשר בטיפול הקומפוסט. בגילת במרבית המועדים ריכוזי החנקן הזמין בקרקע במנת הקומפוסט הגבוהה היה גדול באופן מובהק מאשר במנת הקומפוסט הנמוכה והמיקום של הדישון הקונבנציונלי ללא קומפוסט השנה ממועד למועד.

גילת נובמבר 2016



נווה יער אוקטובר 2016



איור 10. זרחן, אשלגן וחנקן מינרלי (אמון וחנקא) זמינים בחתכי קרקע מנווה יער וגילת בדיגום הקרקע האחרון (נווה יער אוקטובר 2016 ובגילת נובמבר 2016). (אמון וחנקא – מיצוי ב- 1N KCl, זרחן – מיצוי אולסן, אשלגן – מיצוי מימי של הקרקע ביחס 5:1).

בבחינה של השפעת הטיפולים על התפלגות ריכוזי הזרחן הזמין והאשלגן המסיס בחתך הקרקע בגילת בולטת העליה בריכוזיהם עם מנת הקומפוסט בשלוש השכבות העליונות, 0-5, 5-15, 15-30 ס"מ, ואילו בנווה יער נמצאו הבדלים מובהקים בשתי השכבות העליונות בלבד (איור 10). תוצאות אלו בהתאמה לפרקציית החרסית וקבול הקטיונים הגבוהים יותר בנווה יער מאשר בגילת ולכן עיכוב התנועה לעומק בקרקע נווה יער. התוצאות האלו נמצאות בהתאמה לתוצאות מהדו"ח הקודם. בשתי הקרקעות ההבדלים בין הטיפולים בצורות המינרליות של החנקן הזמין (חנקה ואמון) בכל החתך קטנים יחסית. הסיבות לכך הן: חלק גדול יחסית של החנקן מהקומפוסט נשאר כחנקן אורגני, צריכה גבוהה של חנקן מינרלי על ידי הצמחים גורמת לכך שבסוף עונת הגדול ההבדלים בין הטיפולים מצטמצמים מאוד ויש הפסדים אפשריים של חנקן בשטיפה ובפליטת גזי חנקן. דיגום הקרקע ב-נובמבר 2016 נעשה יותר משנה לאחר היישום האחרון של קומפוסט, כך שהוא מייצג את ההשפעות של יישום הקומפוסט בעונות הקודמות. מחד גיסא עליית ריכוזי האשלגן הזמין בקרקע לאחר יישום הקומפוסט רצויה ומהווה חלק משיפור פוריות הקרקע על ידי הטיפולים האורגניים, אך מאידך האשלגן בתמיסת הקרקע תורם למליחות הכללית של הקרקע שאינה רצויה ובנוסף עלול לגרום לפגיעה במבנה הקרקע (ראה בהמשך ה-דו"ח). גם העליה בזמינות הזרחן תורמת לפוריות הקרקע, אך המשך הצטברות לרמות גבוהות מעל 100 מ"ג/ק"ג כפי שנמצא במנת הקומפוסט הגבוהה ביותר בשכבת הקרקע העליונה בגילת ובנווה יער, עלול לגרום למחסור באבץ ומיקרואלמנטים אחרים כתוצאה מהקטנת זמינותם בקרקע על ידי יצירת מלחים קשי תמס או הפרעות בתנועה שלהם מהשורש לנוף בצמח.

3.5 נתון ואשלגן ספוחים ויציבות התלכידים

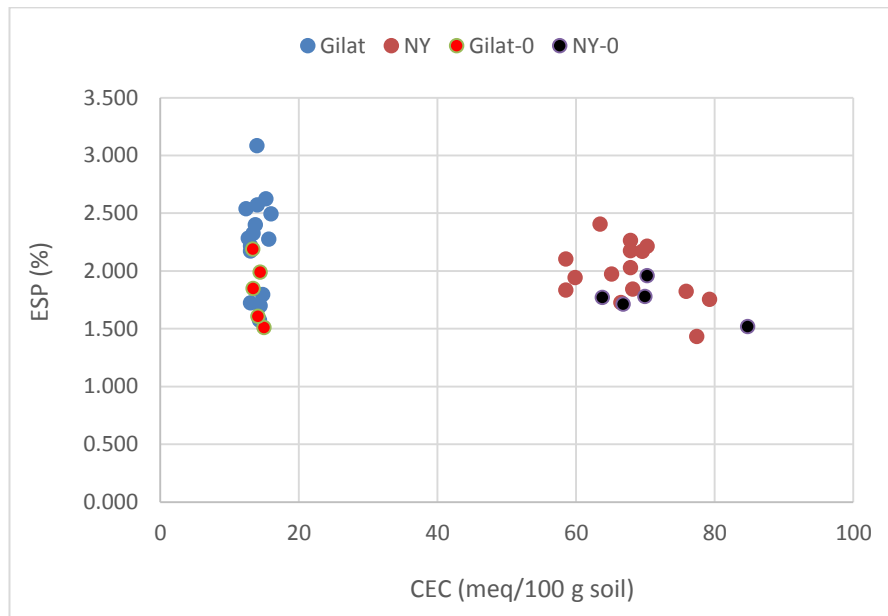
במהלך חודשים ספטמבר ואוקטובר 2017 בוצע דיגום קרקע לעומק 0-10 ס"מ בכל חלקות הניסוי בשני אתרי הניסוי נווה יער וגילת. הדיגום כלל איסוף תלכידים מפני השטח ולקיחת דוגמאות מופרות.

התלכידים שנלקחו מפני השטח נלקחו לבדיקת טומוגרפיה ממוחשבת בשילוב עם עיבוד תמונה תלת-ממדי (Three-dimensional x-ray imaging (micro-CT scanning)) במכשיר CT הנמצא בצב"מ של מינהל המחקר החקלאי, לצורך אפיון נקבוביות והתפלגות גודל נקבובים.

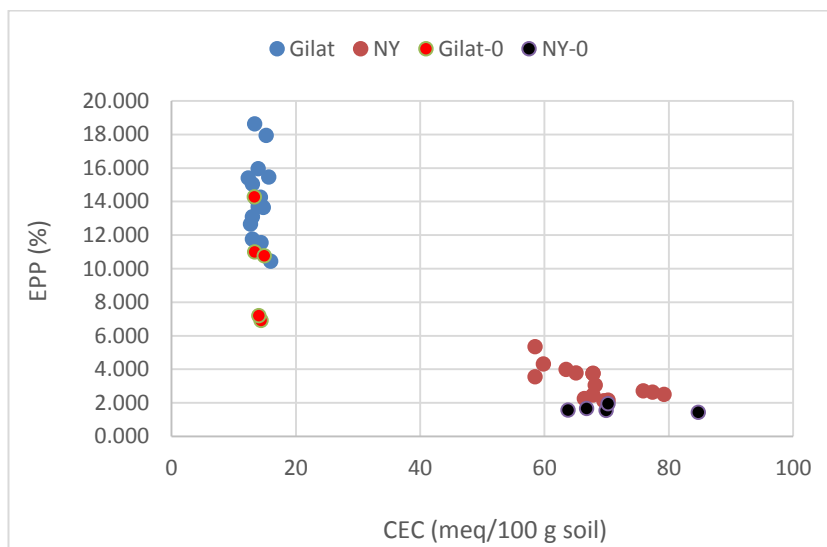
בדוגמאות הקרקע שנלקחו בדיגום המופר נקבעו קיבול והרכב קטיונים חליפיים. בנוסף נערך מבחן יציבות תלכידים על ידי חשיפת תלכיד קרקע (0.5-1.0 מ"מ) ל-10 דקות של אנרגיה שמקורה בערבול (stirring) ולקביעת התפלגות גודל החלקיקים בעזרת מכשיר לייזר. יציבות התלכידים מבוטאת על ידי גודל התלכיד החציוני $[D(0.5)]$.

תוצאות בדיקות ה-CT נמצאות בשלב ניתוח התוצאות לכן לא ניתן לדווח עליהן בשלב זה.

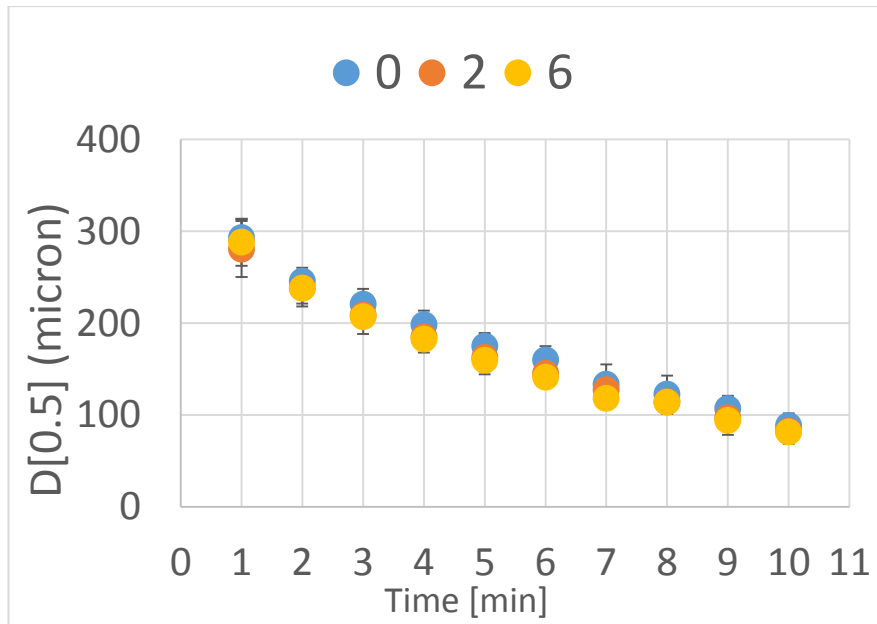
השפעות מימשק אורגני במשך כ-8 שנים על הנתרן הספוח (ESP) והאשלגן הספוח (EPP) מוצגות באיורים 11 ו-12 בהתאמה. לטיפול הקומפוסט לא הייתה השפעה מובהקת על ה-ESP, הן בקרקע החרסיתית מנווה יער והן בקרקע הלס מגילת. בשתי הקרקעות נשמרו ערכי ESP נמוכים (>3.1) שאינם צפויים להשפיע על יציבות מבנה הקרקע. מאידך תוספת רבת שנים של קומפוסט גרמה לעליה מובהקת ב-EPP של שתי הקרקעות שנבחנו (איור 12), בהתאמה להשפעתם על ריכוזי האשלגן המסיס בקרקע (איור 10). בקרקע החרסיתית מנווה יער טיפולי הקומפוסט הכפילו את ה-EPP מ 1.63 ± 0.08 בביקורת ל 3.22 ± 0.23 בטיפול הקומפוסט. אולם, ערכי EPP אלו נמוכים ואין להם השפעה על תכונות קרקע פיזיקליות. בקרקע הלס מגילת טיפולי הקומפוסט גרמו לעליה של כ-40% בערכי ה-EPP מ 10.03 ± 1.22 בביקורת ל 14.24 ± 0.57 בטיפול הקומפוסט. מאיור 12 ניתן גם לראות שערכי ה-EPP בגילת >20 כך שאין לצפות, על סמך הידוע כיום, שהצטברות האשלגן בקרקע זו בעיקבות מימשק חקלאות אורגנית צפוי לגרום להרעה ביציבות מבנה הקרקע ותכונותיה הפיזיקליות וההידראוליות.



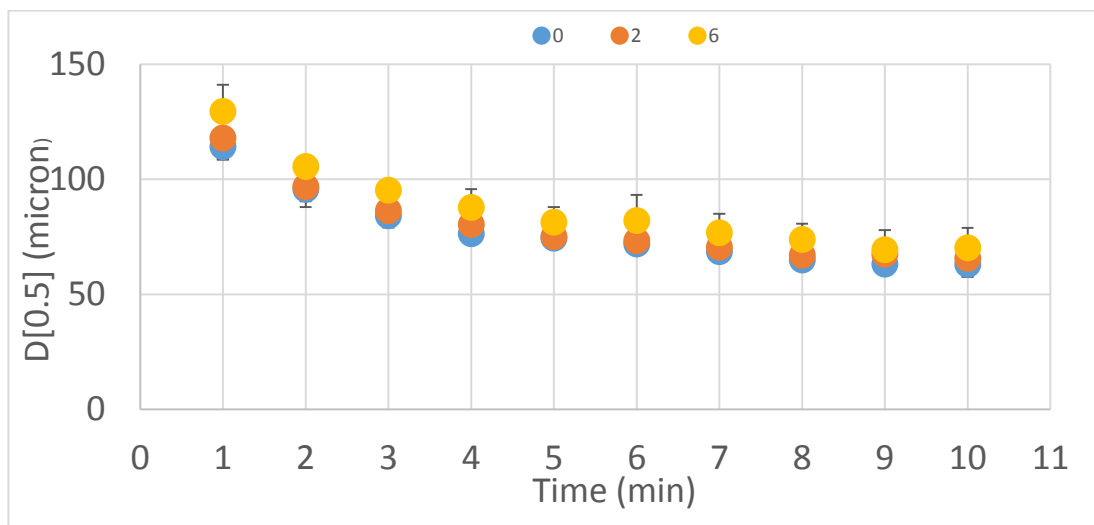
איור 11. השפעת תוספת קומפוסט על ה ESP של הקרקע בדוגמאות מגילת ומנווה יער. ההפרדה בין דוגמאות הקרקע מגילת ומנווה יער היא על סמך קיבול הקטיונים החליפיים בקרקע (CEC).



איור 12. השפעת תוספת קומפוסט על ה EPP של הקרקע בדוגמאות מגילת ומנווה יער. ההפרדה בין דוגמאות הקרקע מגילת ומנווה יער היא על סמך קיבול הקטיונים החליפיים בקרקע (CEC).



איור 13. השפעת תוספת קומפוסט על יציבות התלכידים (מבוטאת על ידי גודל תלכיד חציוני $D[0.5]$) בקרקע החרסיתית מנווה יער בטיפולים של 0, 2 ו 6 מ"ק/ד'.

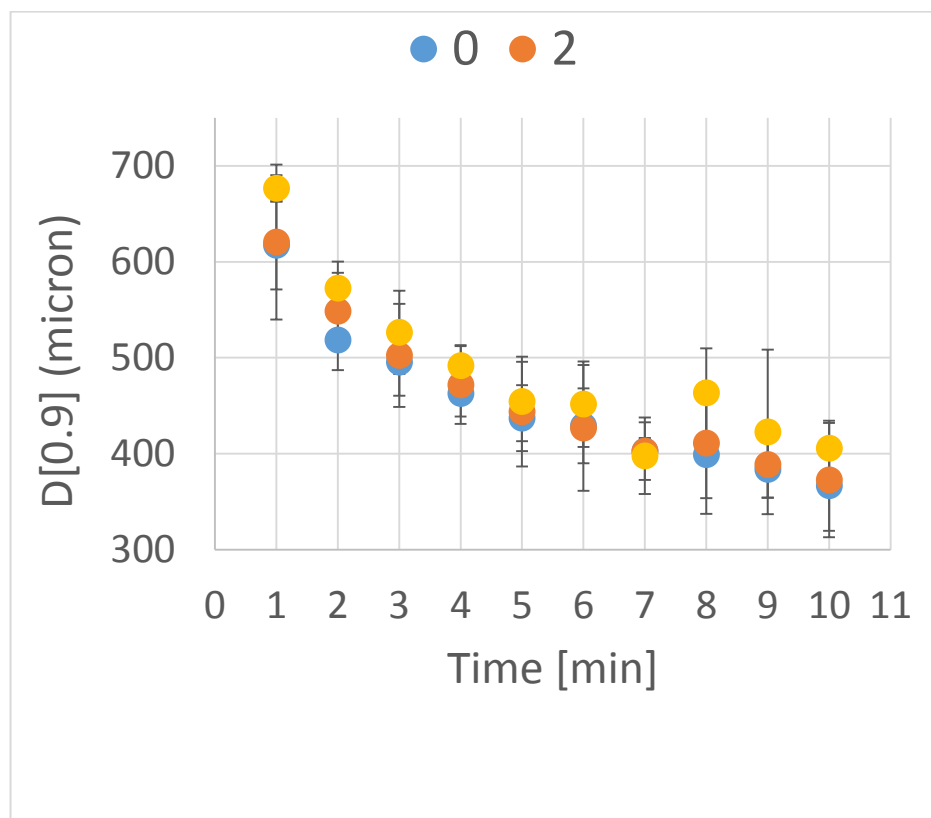


איור 14. השפעת תוספת קומפוסט על יציבות התלכידים (מבוטאת על ידי גודל תלכיד חציוני $D[0.5]$) בקרקע הלס מגילת בטיפולים של 0, 2 ו 6 מ"ק/ד'.

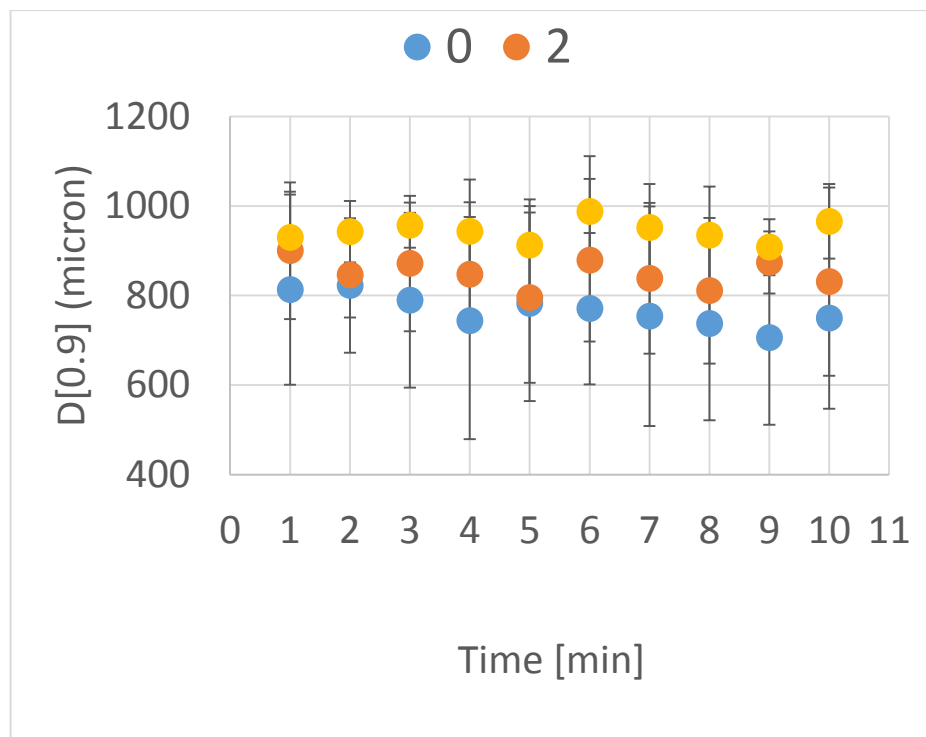
השפעת מימשק החקלאות האורגנית על יציבות התלכידים מוצג באיורים 13 ו 14 עבור דוגמאות הקרקע מנווה יער ומגילת, בהתאמה. התוצאות מראות שתוספת קומפוסט לא תרמה לשיפור ביציבות התלכידים בשתי הקרקעות. יציבות תלכידים מושפעת מאוד מתכולת חומר אורגני. לה היה שוני ביציבות התלכידים בין הטיפולים השונים גם במקרים בהם נמצא הבדל מובהק בתכולת החומר האורגני בין טיפולי הקומפוסט והביקורת, כ- 0.4% בקרקע הלס מגילת (~17% חרסית) והבדל של 0.6% בקרקע החרסיתית (~60% חרסית) מנווה יער. כנראה הבדל זה לא היה גדול מספיק בשביל להשפיע באופן משמעותי על יציבות התלכידים. אולם, אין התאמה בין התוצאות שהתקבלו בדיגום הנוכחי לתוצאות שדווחו בשנת 2015 (בר טל וחובריו, 2015) ובהן נצפה שהוספת קומפוסט כן שיפרה את יציבות התלכידים בהשוואה לטיפול הביקורת. בשני המקרים השתמשנו באותה שיטה לבדיקת יציבות

תלכידים, אולם בשנת 2015 מבחן יציבות התלכידים נערך על דוגמאות קרקע >2 מ"מ בעוד השנה הבדיקה בוצעה בתלכידים בגודל 0.5-1.0 מ"מ. השימוש בתלכידים בטווח גודל צר ומוגדר כפי שנעה השנה הגדיל את יציבות התלכידים לגודל תלכיד חציוני של 280 ו 130 מיקרון בקרקעות נווה יער וגילת בהתאמה (איורים 13 ו-14) בהשוואה לגודל חלקיק חציוני של 120 ו-90 מיקרון בקרקעות נווה יער וגילת בהתאמה בשנת 2015. הסבר אפשרי לכך שבשנת 2015 נצפו הבדלים בין הטיפולים טמון בעובדה ששימוש חלקיקים בעלי טווח גודל רחב (>2 מ"מ) מאפשר הכללת טווח רחב של תלכידים בקבוצות גודל שונות שכנראה גם מאופיינות ביציבות שונה כתלות בטיפולים שנבחנו. לעומת זאת, כאשר נבחרו תלכידים בטווח גודל צר, שיחד עם היעדר או הבדל קטן בתכולת חומר אורגני, גרמה לכך שיציבותם האינהרנטית הייתה גבוהה ולא הושפעה מתוספת של קומפוסט.

בחינה של יציבות התלכידים על פי גודל תלכיד D[0.9] (גודל תלכיד ש 90% מהתלכידים קטנים ממנו) מראה בשתי הקרקעות (ובייחוד בקרקע הלס מגילת) שלהוספת קומפוסט בשיעור 6 מ"ק/ד' הייתה השפעה חיובית על הגדלת יציבות הלכידים (איורים 15 ו 16). בקרקע הלס נצפתה גם מגמה שלהוספת קומפוסט בשיעור 2 מ"ק/ד' הייתה גם כן השפעה חיובית על הגדלת יציבות הלכידים בהשוואה לטיפול הביקורת (איור 16). תוצאות אלו מצביעות על כך שתרומת הקומפוסט ליציבות תלכידים באה לידי ביטוי בעיקר בתלכידים גדולים ופחות בתלכידים בעלי גודל קטן.



איור 15. השפעת תוספת קומפוסט על יציבות התלכידים (מבוטאת על ידי גודל תלכיד D [0.9]) בקרקע החרסיתית מנווה יער בטיפולים של 0, 2 ו 6 מ"ק/ד'.



איור 16. השפעת תוספת קומפוסט על יציבות התלכידים (מבוטאת על ידי גודל תלכיד $D[0.9]$) בקרקע הלס מגילת בטיפולים של 0, 2 ו 6 מ"ק/ד'.

3.6. תכונות מיקרוביאליות של הקרקע

3.6.1. מדדים כלליים לפעילות מיקרוביאלית. בדיגום האביב נבדקו שלושה מדדים לפעילות מיקרוביאלית: פעילות הידרוליטית (הידרוליזה של פלורסצין דיאצטט, FDA), פעילות האנזים דיהדרוגנו (DHG) ופעילות נשימה (פליטת פד"ח (פחמן דו-חמצני - CO_2)). תוצאות ה-FDA וה-DHG מוצגות בטבלה 5 ותוצאות פליטת הפד"ח בטבלה 6. **טיפול הקומפוסט הגבירו את** פעילות האנזים דיהדרוגנו בגילת לעומת הביקורת באופן מובהק. הפעילות ההידרוליטית בקרקע גילת הייתה גבוהה יותר ככל שמנת הקומפוסט עלתה כאשר הבדלים מובהקים התקבלו רק בין הביקורת למנת הקומפוסט הגבוהה ביותר בדגימה בנובמבר 2016. השפעות הטיפולים על הפעילות המיקרוביאליות בנווה יער היו קטנות יותר ובדרך כלל לא מובהקות, חוץ מאשר במועד הראשון לאחר יישום הקומפוסט בדצמבר 2015, שבו הפעילות ההידרוליטית בשתי רמות הקומפוסט הגבוהות הייתה גבוהה באופן מובהק מאשר במנת הקומפוסט הנמוכה ופעילות הדיהדרוגנו הייתה גבוהה באופן מובהק בשתי מנות הקומפוסט הגבוהות ביותר מאשר בביקורת. לעומת זאת מדד פליטת הפד"ח לא היו הבדלים מובהקים בין הטיפולים בכל המועדים שנבדקו. יש לציין שמדד זה נמצא כמדד בעייתי בקרקעות המכילות גיר, כי תהליכים כימיים בקרקע, בעיקר תהליך הניטריפיקציה, עשויים לגרום להמסת גיר ושחרור פד"ח לאטמוספירה (Tamir et al. 2011).

טבלה 5. מדדי פעילות מיקרוביאלית בקרקעות נווה יער וגילת בעומק 0-30 ס"מ (פרט ל 2015 ששם זה 0-15 ס"מ) ב- 2015 ובשני מועדים ב- 2016. אותיות שונות מציינות הבדלים מובהקים בין טיפולים ($P \leq 0.05$). המדדים הם: פעילות הידרוליטית (מבחן FDA) ופעילות האנזים דיהדרוגנו (DHG).

	Newe Ya'ar				Newe Ya'ar			
	FDA				DHG			
Compost dose (m ³ ha ⁻¹)	0	20	40	60	0	20	40	60
Date	(μg g ⁻¹ soil hr ⁻¹)				(μg g ⁻¹ soil day ⁻¹)			
06/12/2015	85.0ab	75.0b	103.4a	101.0a	8.1b	12.8ab	15.9a	14.9a
10/05/2016	83.8	86.1	87.2	87.2	12.3	14.9	16.0	16.3
06/11/2016	72.2	68.6	67.5	66.3	15.8	17.4	18.1	19.8
Average	80.3	76.6	86.0	84.8	12.1	15.0	16.7	17.0
	Gilat				Gilat			
	FDA				DHG			
Compost dose (m ³ ha ⁻¹)	0	20	40	60	0	20	40	60
Date	(μg g ⁻¹ soil hr ⁻¹)				(μg g ⁻¹ soil day ⁻¹)			
29/12/2015	62.9	78.0	70.3	76.1	12.9b	19.5ab	18.1ab	21.3a
27/11/2016	54.2b	66.2ab	65.9ab	70.1a	17.2b	33.0a	31.8a	28.6a
Average	58.5	72.1	68.1	73.1	15.0b	26.2a	25.0a	24.9a

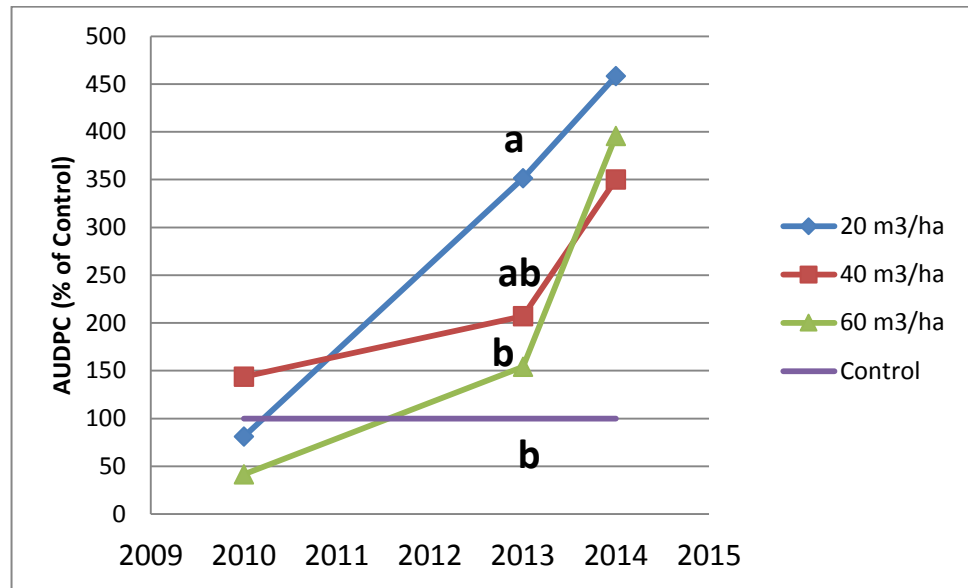
טבלה 6. נשימת קרקע, פליטת פד"ח מהקרקע בעומק 0-30 ס"מ (פרט ל 2015 שם נעשה ממוצע ל 0-15 ולא ל 0-30 ס"מ).

Year	Trt.	Newe Ya'ar	Gilat
		CO ₂	CO ₂
		µg/g dry soil/day	µg/g dry soil/day
2010	20 m ³ /ha	139	46
	40 m ³ /ha	139	46
	60 m ³ /ha	139	46
	Control	109	45
2011	20 m ³ /ha	40	51
	40 m ³ /ha	40	44
	60 m ³ /ha	40	53
	Control	41	56
2012	20 m ³ /ha	32	52
	40 m ³ /ha	61	53
	60 m ³ /ha	44	56
	Control	62	47
2013	20 m ³ /ha	90	41
	40 m ³ /ha	96	44
	60 m ³ /ha	49	54
	Control	53	50
2014	20 m ³ /ha	50	45
	40 m ³ /ha	44	53
	60 m ³ /ha	52	50
	Control	39	44
2015*	20 m ³ /ha	81	108
	40 m ³ /ha	97	90
	60 m ³ /ha	93	108
	Control	82	64

3.6.2. סופרסיביות של הקרקע

השפעת מנת הקומפוסט על הסופרסיביות של קרקע נווה יער לפוזריום נבדקה בשתילי מלון שאולחו על ידי פוזריום *Fusarium oxysporum* f. sp. *Melonis*. המינונים של האינקולום: בשנה 2010 – 150,000, 2013 – 300,000, 2014 – 300,000 נבגים לסמ"ק. כל מבחן סופרסיביות נמשך 22 ימים. תוצאות המבחנים מוצגות באיור 17. ב 2010, לאחר מתן 6 קוב לדונם לכל הטיפולים האורגניים, לא היו הבדלים בין הטיפולים. שיערנו שהגורם לתוצאה זו היה מינון נמוך מדי של האינקולום ולכן בשנים הבאות הגדלנו את מנת האינקולום. בניגוד למה שציפינו על סמך מחקר קודם (Yogev et al. 2011) ומחקרם נוספים במבחן שבצענו ב- 2013 הביקורת הייתה יותר בריאה משאר הטיפולים, כלומר הסופרסיביות של קרקע הביקורת הייתה גבוהה משל טיפולי הקומפוסט, כאשר ההבדל בינה למינון הקומפוסט הנמוך, מובהק. ב 2014 התקבלה אותה מגמה, של ביקורת יותר בריאה, ומינון הקומפוסט הנמוך הכי פגוע מהמחלה, אך ההבדל לא היה מובהק. בניסויים שנערכו במקביל בטיפולים השונים מהחלקה בגילת, נמצא שהקרקע עצמה לא רגישה לפוזריום של מלון. התוצאות הללו מצביעות על כך שכנראה יישום קומפוסט בשדה בקרקע נווה יער לא תרם לסופרסיביות של הקרקע או שהמבחן שבחרנו לא התאים לשתי הקרקעות.

איור 17. סיכום מבחני סופרסיביות לקרקע נווה יער במבחן ביולוגי של אילוח קרקע על ידי פוזריום ובדיקת עוצמת המחלה בצמחי מלון.



Newe Ya'ar soil suppressivity tests: Area under the disease progress curve (AUDPC), in three periods. In each year, treatments with the same letter do not differ significantly. Absence of letters means no significant difference between the treatments. (Tukey-Kramer HSD, P<0.05).

3.6.3 חברת החיידקים

מאחר וחברת החיידקים מגיבה מיד למצב חומרי ההזנה והממשק החקלאי של הקרקע, הרכב האוכלוסייה ושכיחות טקסונומית של חיידקים שונים מהווה סמן להערכת פוריות ופונקציונליות הקרקע. הוכח בעבר שלדישון אורגני ומינרלי ישנה השפעה על הרכב אוכלוסיית חיידקי הקרקע בטווח הקצר או הארוך אך כמעט ולא נעשו עבודות על הדינמיקה של שינוי חברת החיידקים בתגובה לדישון, לאורך זמן. על מנת לבדוק את חברת החיידקים בניסוי, בטרם יישום הקומפוסט בשנת הניסוי נדגמה קרקע מהחלקות השונות (Pre), ולאחריו נערכו דיגומים במרווחים קצובים, תחילה כל שבוע, ובהמשך כל חודשיים. מטרת המחקר הייתה לבחון את ההשפעה קצרת הטווח ליישום הקומפוסט, כמו גם את ההשפעה ארוכת הטווח, עד לשנה מתחילת הניסוי.

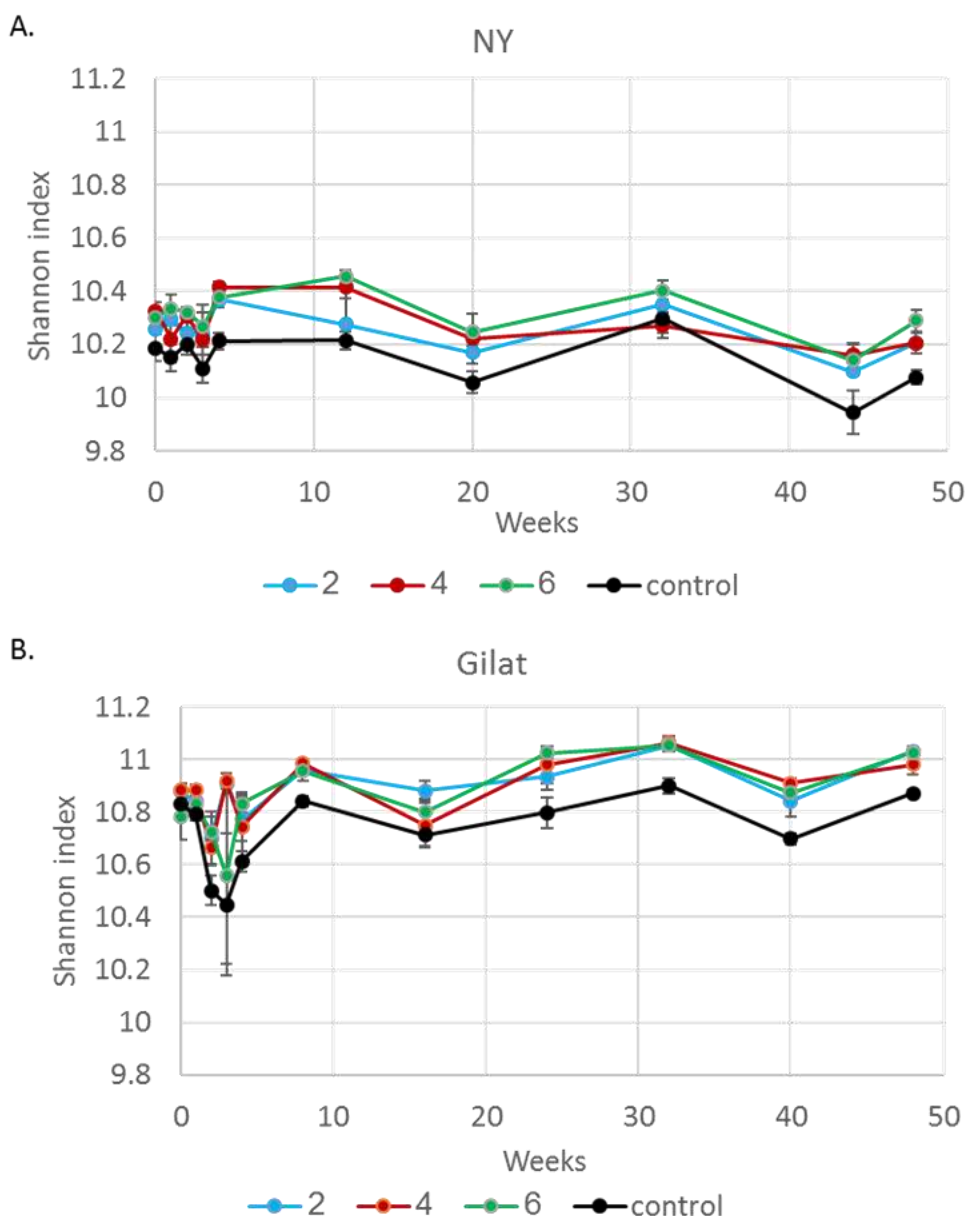
הופק דני"א מהקרקע, הוגבר סמן גנטי המשמש לזיהוי מבנה חברת החיידקים (הגן המקודד לתת היחידה הקטנה של הרני"א הריבוזומאלי-16S rRNA) ונשלח לריצוף. אנליזה זו מאפשרת לנו לבחון את מבנה והרכב אוכלוסיית החיידקים בקרקע, לזהות את המגוון שלה, את הקבוצות השונות המרכיבות אותה, ואת הדימיון/ השוני בין הדוגמאות השונות.

התוצאות שהתקבלו באנליזה זו הדגימו כיצד חברת החיידקים משתנה בין הטיפולים השונים ומגיבה לסוג הדשן (דישון כימי בביקורת לעומת קומפוסט) ולמנת הקומפוסט. ראשית, נבדק מגוון חברת החיידקים בחלקות השונות לאורך שלבי הניסוי (איור 17). מגוון ועושר חברת החיידקים בקרקע משמש רבות כמדד לפוריות קרקע המעיד על

טיבה, מאחר וחיידקי הקרקע משפיעים על מיחזור ופירוק תרכובות אורגניות וזמינותם הם משפיעים על עמידות הצמחים בפני עקות סביבתיות או מפני פתוגנים השוכנים בקרקע ועל זמינותם של חומרי ההזנה לצמח.

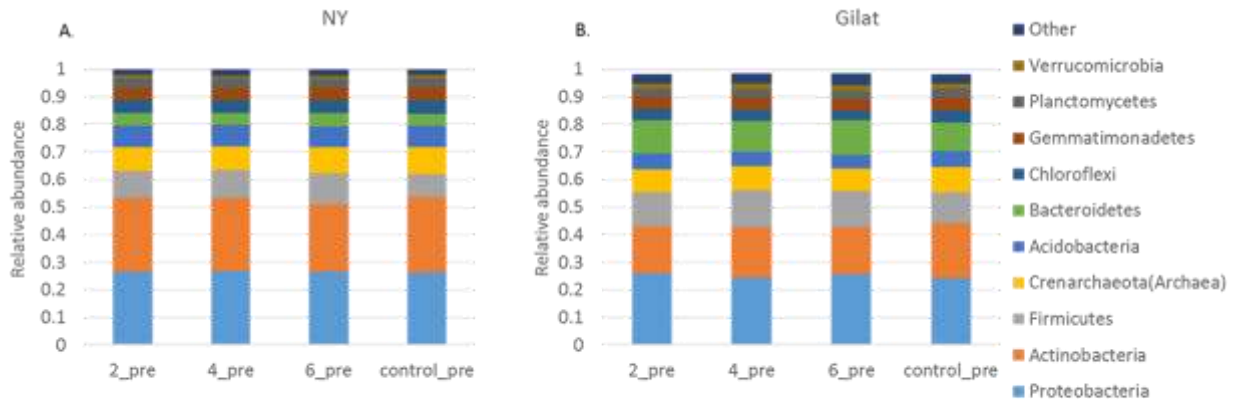
בחלקת הניסוי נווה יער (איור 18 A), ניתן לראות כי יישום של קומפוסט (טיפולים 2,4 ו-6 קוב לדונם) או דישון כימי (control) לא השפיעו באופן מובהק בטווח זמן קצר על מגוון חברת החיידקים. מדד זה הראה שינויים בערכים הנמדדים לאורך העונה אך לא ניתן לאבחן מגמה התלויה בזמן מהטיפול. לעומת זאת בטווח הארוך, הטיפולים השונים נבדלו האחד מהשני. טיפול הביקורת- דישון כימי, הכיל מגוון מיני חיידקים נמוך באופן מובהק לעומת טיפולי הקומפוסט.

בחלקת הניסוי בגילת (איור 18 B) נראה כי יישום הקומפוסט או הדישון הובילו לירידה משמעותית במגוון חברת החיידקים לאחר שבועיים ממועד הטיפול. השפעה זו הייתה קצרת טווח, ובשבוע לאחר מכן, ניתן לראות כי בטיפולים 2 ו-4 קוב לדונם חלה עליה במגוון חברת החיידקים בקרקע. בטיפול הקומפוסט במנה הגבוהה (6 קוב לדונם) כמו גם בדישון הכימי, העלייה וההתאוששות במגוון חברת החיידקים חלה רק לאחר כשבועיים. ייתכן כי תוספת של משאבים רבים לקרקע גורמים לשגשוג מהיר של חיידקים היודעים לנצל את שפע הנוטריינטים הזמינים, ובכך מורידה את המגוון באופן זמני, עד אשר חברת החיידקים מתאימה את עצמה מחדש לסביבה שנוצרה. באופן דומה לחברת החיידקים בנווה יער, אף בגילת טיפול הביקורת, דישון כימי, התאפיין בחברת חיידקים פחות מגוונת באופן מובהק לאורך כל העונה. באופן כללי, ניתן לראות כי חברת החיידקים בגילת מגוונת בהשוואה לחברת החיידקים בנווה יער. בשתי חלקות הניסוי, דישון כימי אופיין במגוון נמוך יותר של חברת החיידקים בקרקע בהשוואה לטיפולי הקומפוסט השונים.



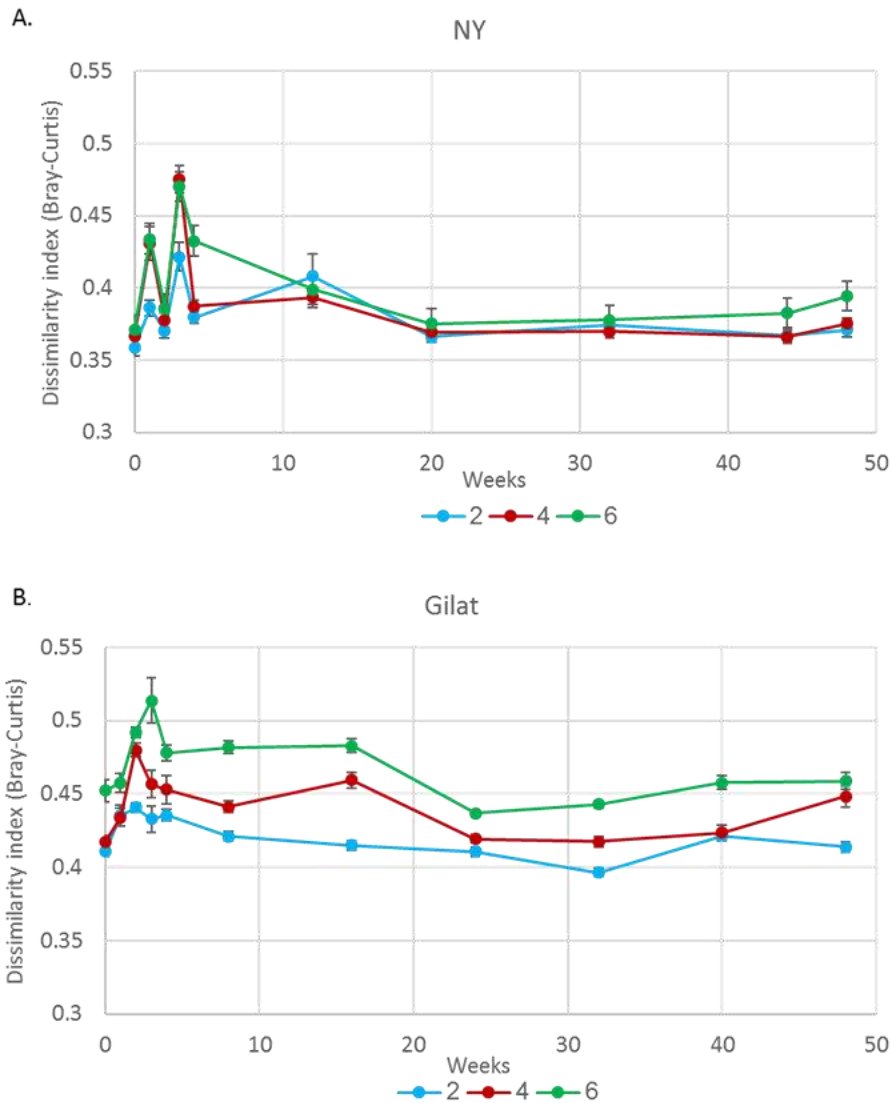
איור 18: מדד מגוון המינים של חברת החיידקים בקרקע. מגוון המינים מיוצג על ידי מדד Shannon-Weaver - המבטא את מגוון מיני החיידקים שקובצו על פי 97% דמיון ברצף הגן המקודד לגן של תת היחידה הקטנה של הריבוזום (16S rRNA). הטיפולים השונים: 2, 4 ו-6 קוב קומפוסט לדונם לעומת טיפול הביקורת- דישון כימי, מוצגים עבור חלקת הניסוי בנווה יער (A) ובגילת (B).

חברת החיידקים בקרקע אופיינה לעומק וזוהו קבוצות טקסונומיות שונות ברמת המערכה עבור כל חלקה (איור 19) לפני פיזור הקומפוסט. אנליזה זו ממחישה את ההבדלים בין החלקות השונות לפני ישום הדשן. בחלקת הניסוי בנווה יער (איור A 19) ניתן לראות כי לא חלו הבדלים מובהקים בקבוצות הטקסונומיות של החיידקים העיקריים בין הטיפולים השונים לפני יישום הקומפוסט או הדישון (pre). אותה מגמה נראתה גם בחלקת הניסוי בגילת (איור B 19). שתי החלקות נבדלו זו מזו בשכיחות היחסית של מערכות החיידקים הנפוצות בקרקע של כל חלקה. בנווה יער, השכיחות היחסית של חיידקים ממערכת ה- Actinobacteria הייתה גבוהה יותר בהשוואה לשכיחותם בחלקת הניסוי בגילת. בהתאמה, בגילת שכיחותם היחסית של קבוצות אחרות עלתה, ובעיקר Bacteroidetes.



איור 19: שכיחותם היחסית של מערכות החיידקים העיקריות (המהוות למעלה מ- 2% מכלל חברת החיידקים) בחלקת הניסוי בנווה יער (A) ובגילת (B). שכיחותם היחסית של קבוצות החיידקים השונות מוצגת עבור דוגמאות שנלקחו בטרם חל יישום של קומפוסט או דישון בשנת הניסוי הנוכחית.

כדי לבחון את ההשפעה של מנת הקומפוסט משלב יישום הקומפוסט ועד לשנה מהטיפול, נבדק הדמיון בין חברות החיידקים לאורך כל שלבי הניסוי. ההשוואה מציגה עד כמה חברת החיידקים שונה מטיפול הביקורת בכל נקודת זמן (איור 20). אנליזה זו מדגימה לנו את ההבדלים בין הטיפולים השונים ללא ההשפעה של תנאי האקלים המשתנים. אלו אמורים להשפיע באופן דומה על הטיפולים השונים ובכללם הביקורת, כך שהשוואה זו מראה את השינויים הנובעים מהטיפולים עצמם ולא מתנאי מזג האוויר והעונתיות. בשתי החלקות, בנווה יער (איור 20A) ובגילת (איור 20B), נראה כי תחילה חלה עלייה משמעותית באי שיוויון בין הדוגמאות השונות. כלומר, יישום הקומפוסט הוביל לחברת חיידקים שונה בין טיפולי הקומפוסט לבין טיפול הביקורת. עלייה זו הייתה מהירה, אך חברות החיידקים חזרו לרמת דימיון דומה לזו של הביקורת בהתאמה למצב ששרר בטרם הושם הקומפוסט תוך כ- 4 חודשים. בחלקת הניסוי בגילת, ניתן לראות כי השוני בהשוואה לביקורת היה תלוי במנת הקומפוסט, כאשר לאורך זמן הניסוי ההבדלים הגדולים ביותר נצפו בין הביקורת לבין מנת קומפוסט של 6 קוב לדונם, לעומת 2 ו- 4 קוב קומפוסט לדונם.



איור 20. מדד אי- שיוויון בין הרכב אוכלוסיות החיידקים בקרקע, בהשוואה לטיפול ביקורת- דישון כימי. אי השיוויון חושב על סמך מדד Bray-Curtis בין כל הטיפולים השונים, ועבור כל נקודת זמן. הטיפולים השונים: 2, 4 ו- 6 קוב קומפוסט לדונם לעומת טיפול הביקורת- דישון כימי, מוצגים עבור חלקת הניסוי בנווה יער (A) ובגילת (B).

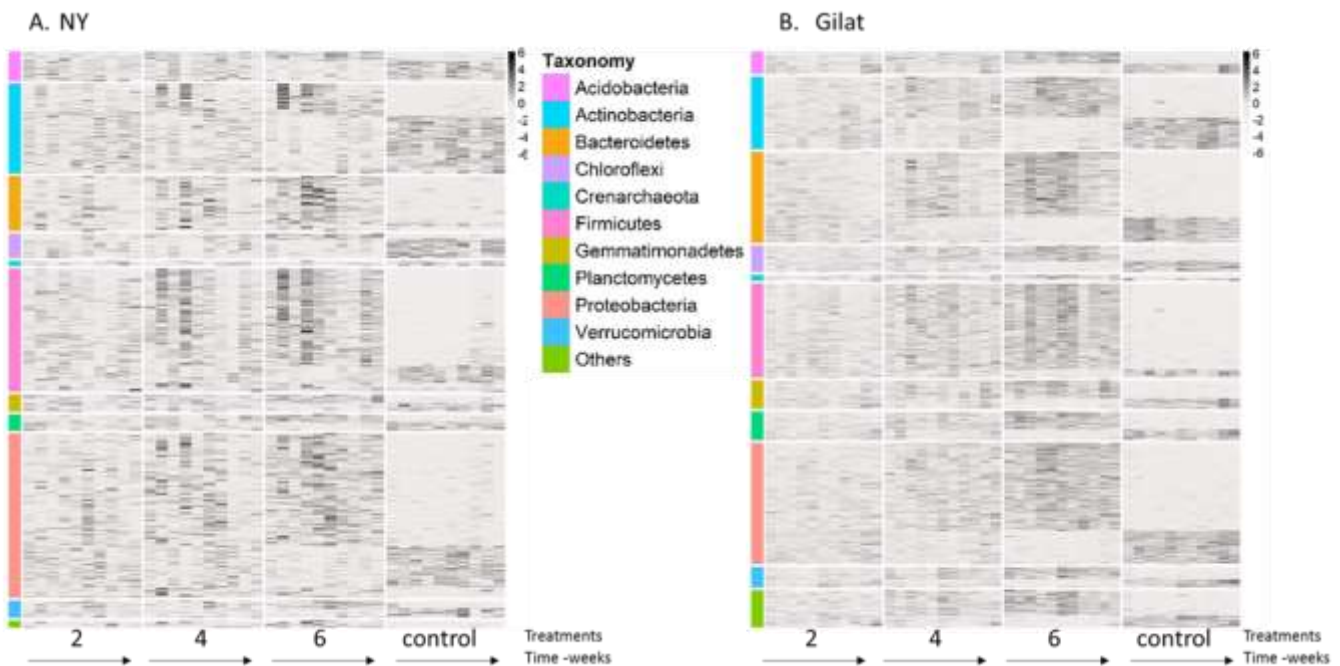
חברת החיידקים חולקה לרמה טקסונומית ברזולוציה גבוהה, על סמך אחוזי דמיון של 97% ברצף תת היחידה של הגן המקודד לריבוזום. כל קבוצות החיידקים שנבדלו באופן מובהק (Kruskal-Wallis non parametric test,) בין טיפול הביקורת לבין אחד מהטיפולים השונים (2, 4, ו- 6 קוב קומפוסט לדונם) מוצגות באיור 21. החיידקים השונים חולקו ומוינו בהתאם לשיוך הטקסונומי ברמת המערכה. כל שורה בתרשים מייצגת מין אחד של חיידק שהשתנה באופן מובהק בין הטיפולים השונים, וכל טור בתרשים מייצג נקודת זמן אחת לפני ישום הקומפוסט ועד שבוע 48 מיישומו. תרשים זה מאפשר לנו לבדוק האם דישון בקומפוסט ברמות שונות לעומת דישון כימי גורם לשינוי משמעותי של חיידקים מקבוצות טקסונומיות שונות בעלות מאפיינים שונים ואת הדינמיקה שלהם לאורך זמן. ככל שהשכיחות עולה כך צבע המשבצת כהה יותר. בחלקת הניסוי בנווה יער (איור 21A), רוב המינים המשתייכים ל- Actinobacteria היו נפוצים באופן מובהק יותר בחלקות הביקורת לעומת הקומפוסט. מיעוט החיידקים שהיו נפוצים יותר בטיפול הקומפוסט מתוך מערכה זו, הציגו את העלייה המשמעותית ביותר בריכוזם היחסי כתגובה לטיפול הקומפוסט. קבוצות חיידקים המשתייכים ל- Chloroflexi

או ל- Acidobacteria התאפיינו אף הם בשכיחות גבוהה יחסית בטיפול הדישון הכימי לעומת הקומפוסט. לעומתם, Bacteroidetes ו- Firmicutes היו נפוצים יותר בטיפול הקומפוסט לאורך הניסוי. ניתן לראות כי העליה בשכיחותם היחסית של קבוצות אלו כתוצאה מיישום הקומפוסט נבדלה בזמן התגובה. בעוד ששכיחותם של מרבית מיני ה- Firmicutes עלתה באופן מידי כתוצאה מטיפול הקומפוסט, התגובה של רבים מהחיידקים המשתייכים ל- Bacteroidetes חלה מאוחר יותר- לאחר שלושה שבועות או יותר.

בחלקת הניסוי בגילת (איור 21B), שכיחותם היחסית של Firmicutes עלתה באופן מובהק יותר בטיפול הקומפוסט לעומת הביקורת וגם עלתה יותר ככל שמנת הקומפוסט המיושם עלתה. בקבוצות הטקסונומיות האחרות, לא ניתן היה להצביע על מגמה ברורה בה קבוצת חיידקים עלתה באופן משמעותי יותר בתגובה לטיפול מסוים. דינמיקת העלייה בשכיחות היחסית של החיידקים השונים בחלקה זו לא השתנתה באופן משמעותי. נראה כי ההבדלים בחברת החיידקים בסביבה זו התקבעו כתוצאה מהשנים הרבות בו ניתנו הטיפולים השונים, ולא ניתן להבחין במגמת עליה מיד לאחר הטיפולים השונים.

מעניין לציין כי בשתי החלקות, חברות החיידקים השתנו באופן מובהק בין טיפולי הקומפוסט לביקורת כתלות במנת הקומפוסט. ניתן לראות כי השינוי משמעותי יותר ככל שמנת הקומפוסט גבוהה יותר.

קבוצת החיידקים העיקרית שהושפעה מיישום הקומפוסט הייתה חיידקים המשתייכים למערכת ה- Firmicutes. בעוד שהשכיחות היחסית שלהם באוכלוסיית החיידקים הכללית נעה בסביבות ה- 10% (איור 18 בנספח), בהתבוננות בקבוצות החיידקים שהושפעו באופן מובהק מטיפול הקומפוסט (איור 21), חיידקים ממערכת זו מהווים 17% בגילת לעומת 22% בנווה יער.

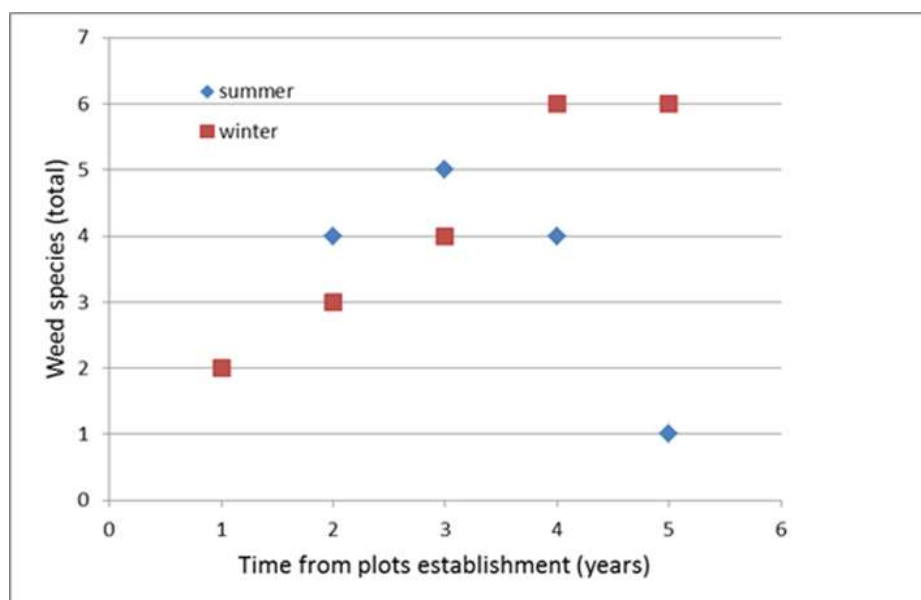
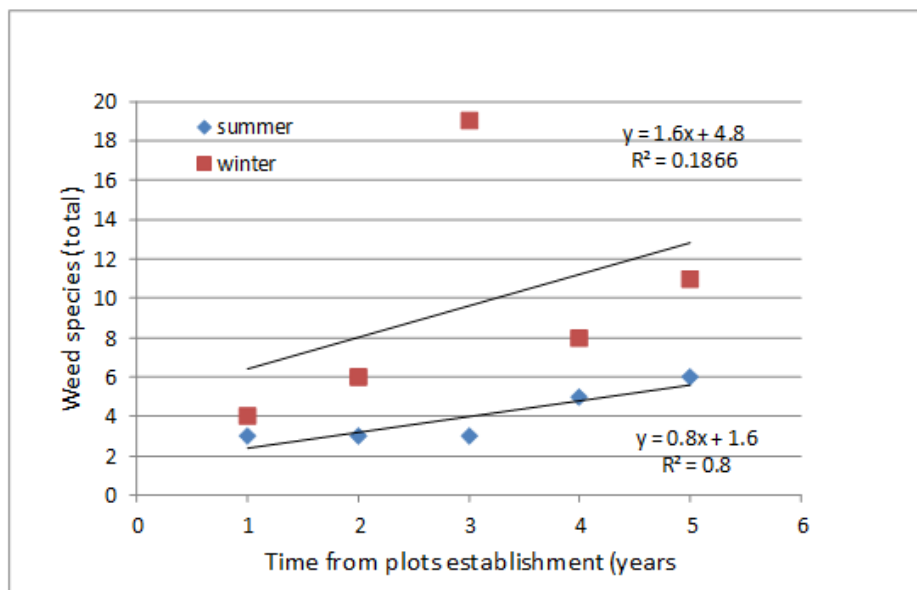


איור 21: מפת חום (Heatmap) בה שכיחות חיידקים מוצגת לאורך שלבי הניסוי השונים, עבור הטיפולים השונים, בחלקת הניסוי בנווה יער (A) ובגילת (B). שכיחות החיידקים המוצגים נבדלה באופן מובהק בין טיפולי הקומפוסט השונים לבין טיפול הביקורת (2,4,6 Control), לאורך 48 שבועות הניסוי (כפי שמציין החץ) במבחן לא פרמטרי Kruskal-Wallis. מוצגים מיני החיידקים שהשתנו ברמת מובהקות של 0.05 עבור חלקת הניסוי בנווה יער, ו- 0.001 עבור חלקת הניסוי בגילת.

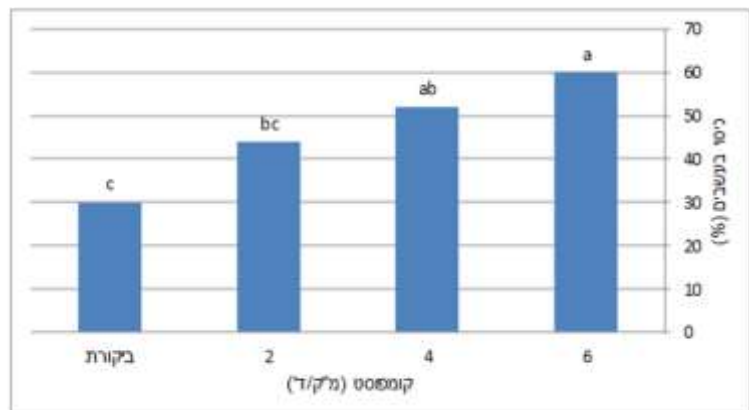
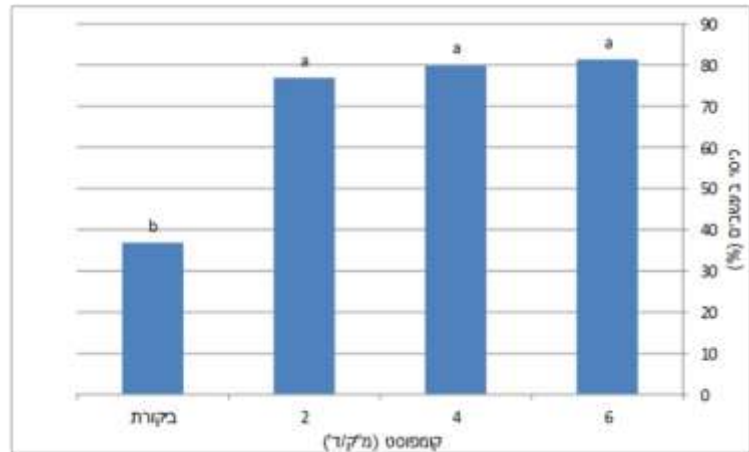
3.7 עשבים - מגוון מינים וכיסוי עשבים: בחלקות הפוריות בנווה יער נראתה עליה במגוון מיני העשבים ובכיסוי העשבים בחלקות שטופלו בקומפוסט ובמידה פחותה בחלקות הביקורת שטופלו בדשן כימי (איורים 22 ו-23). לעומת זאת בגילת, על אף שתוספת קומפוסט העלתה את הכיסוי בעשבים (איור 23) לא נמצאה עלייה במגוון המינים (איור 21). ייתכן כי הכיסוי בעשבים יכול להוות מדד לפוריות הקרקע. בחלקת הניסוי בנווה יער בחורף, ממוצע אחוז הכיסוי בעשבים נע בין 50-70 אחוז. כיסוי העשבים בטיפול הביקורת היה נמוך בהשוואה לטיפולי הקומפוסט ללא הבדל בין הטיפולים. מיני העשבים שנצפו בנווה יער כללו: כף אווז, לוף, כוכבית מצויה, דרדר, עשן, חרדל, עולש, גדילן, נזמית, חבלבל וחלמית. בקיץ כיסוי העשבים נע בין 37-81 אחוז כאשר בביקורת הכיסוי היה נמוך באופן מובהק לעומת כיסוי גבוה בטיפולי הקומפוסט (איור 23). מיני העשבים שנצפו בקיץ כוללים: סלנום זיתני, ינבוט, חלמית, רגלת הגינה, חבלבל וירבוז.

בניסוי שנערך בגילת כיסוי העשבים בחורף נע בין 30-60 אחוז. גם כאן בחלקות הביקורת הכיסוי היה נמוך לעומת הטיפולים. ככל שכמות הקומפוסט הייתה גדולה יותר כך השיבוש בעשבים היה גבוה יותר (איור 23). המינים שנראו בגילת כללו רגלת הגינה, ינבוט, חלמית, שלח הערבות, כף אווז ושיבולת שועל.

ההתמודדות עם עשבים בחקלאות אורגנית הינה משימה מורכבת בגלל אמצעי ההדברה המועטים הזמינים לחקלאי. בשנים 2015 ו-2016, ניסינו לצמצם את בעיית העשבייה על ידי בצוע מספר מחזורים של הנבטת העשבייה בהשקיה ותיחוח הקרקע לאחר הצצת העשבייה בעונת הקיץ. כדי לבצע ממשק זה לא גדלנו גדול חקלאי בעונות הקיץ של השנים 2015 ו-2016. אנו מניחים כי ממשק זה צמצם את בנק הזרעים בקרקע. תכנית מחקר בנושא הדברת עשבים רעים בחקלאות אורגנית הוגשה לקרן המדען הראשי של משרד החקלאות ואם תאושר התשתית של החלקות הקבועות שהקמנו תשמש את המחקר הזה.



איור 22. שינוי במגוון המינים עם הזמן בחלקת הפוריות בנווה יער (איור עליון) ובגילת (איור תחתון).



איור 23. כיסוי עשבי קיץ כתלות במנת הקומפוסט בחלקות נווה יער בשנת 2014 (איור עליון), וכיסוי עשבי חורף (וכמה מיני קיץ) בחלקות גילת (איור תחתון) בשנת 2014. אותיות שונות מצביעות על הבדל מובהק לפי מבחן Tukey Kremer.

סיכום ומסקנות

עיקרי התוצאות: 1. פוריות הקרקע בפועל: למעט מקרים בודדים, הטיפוליים האורגניים לא נתנו יבולים מופחתים בהשוואה לביקורת שטופלה בדשן כימי. אולם, למנות הקומפוסט לא הייתה השפעה מובהקת ועקבית על היבול בשדה. 2. פוטנציאל פוריות (תירס כצמח בוחן): על פי ייצור הביומסה של תירס כצמח בוחן בעציצים יישום קומפוסט העלה את פוריות הקרקע בשני אתרי הניסוי כאשר בגילת הפוריות עלתה עם הגדלת מנת הקומפוסט מ-0 עד 6 מ"ק קומפוסט לדונם ואילו בנווה יער לא היו הבדלים מובהקים בין מנות הקומפוסט. גם על פי יבולי היסודות חנקן, זרחן ואשלגן בצמחים התקבלה בשני האתרים עליה ניכרת בפוריות הקרקע עם העליה במנת הקומפוסט. 3. החומר האורגני הקרקע: ריכוזי הפחמן והחנקן האורגניים בשכבת הקרקע העליונה בשני האתרים עלו באופן לינארי עם מנת הקומפוסט, כאשר בגילת התגובה למנת הקומפוסט גדולה יותר מאשר בנווה יער. בטווח זמן קצר אחרי יישום קומפוסט במנות שונות הייתה השפעה גדולה למנת הקומפוסט על פחמן וחנקן אורגניים מסיסים ועל הפחמן והחנקן המיקרוביאליים. לכל אורך העונה מנות הקומפוסט השפיעו באופן מובהק על פחמן וחנקן אורגניים מומסים. בנוסף הגדלת מנת הקומפוסט גרמה להגדלת הבליעה באורך גל 254 נ"מ שמצביעה על עלייה במרכיב הרומטי של החומר האורגני בקרקע. 4. יסודות ההזנה בקרקע: ככל שמנת הקומפוסט הייתה גבוהה יותר וככל שנמשך היישום שלהן עלו ריכוזי הזרחן הזמין והאשלגן בשכבות הקרקע העליונות 0-30 ס"מ בגילת ובנווה יער. 5. תכונות כימו-פיזיקליות של הקרקע - בקרקע גילת יישום קומפוסט

במנה הגבוהה גרם לעליה בערכי ה-ESP וה-EPP, כאשר טווח ערכי ה-ESP נמוך מתחת לערך הסף לנוק לקרקע ואילו ההשפעה על ה- EPP גדולה והערכים הגבוהים בתחום הנחשב מזיק למבנה הקרקע ואילו בנווה יער ההשפעה של הטיפוליים הייתה קטנה. בחינה של יציבות התלכידים על פי גודל תלכיד D[0.9] (גודל תלכיד ש 90% מהתלכידים קטנים ממנו) מראה בשתי הקרקעות (ובייחוד בקרקע הלס מגילת) שלהוספת קומפוסט בשיעור 6 מ"ק/ד' הייתה השפעה חיובית על הגדלת יציבות התלכידים. בקרקע הלס נצפתה גם מגמה שלהוספת קומפוסט בשיעור 2 מ"ק/ד' הייתה גם כן השפעה חיובית על הגדלת יציבות התלכידים בהשוואה לטיפול הביקורת. תוצאות מצביעות על כך שתרומת הקומפוסט ליציבות תלכידים באה לידי ביטוי בעיקר בתלכידים גדולים ופחות בתלכידים בעלי גודל קטן. 6. **תכונות מיקרוביאליות של הקרקע:** הפעילות המיקרוביאלית בטיפוליים הקומפוסט לפי מדדי פעילות הידרוליטית ודהידרוגנו הייתה גבוהה באופן מובהק מאשר בביקורת בקרקע גילת ומגמה דומה התקבלה בקרקע נווה יער. אוכלוסיית החיידקים בקרקע המטופלת בקומפוסט מאופיינת במגוון גבוה יותר, הנשמר לאורך זמן. יציבות חברת החיידקים בקרקע כתגובה לשינויים הנגרמים מדישון נראית גבוהה יותר בריכוזים נמוכים של קומפוסט. מצד שני, השינוי שחל בחברת החיידקים פרופורציונאלי למנת הקומפוסט המיושם. 7. **עשבים רעים:** בכל הטיפולים מגוון המינים של עשבים רעים עלה עם הזמן. בקרקע נווה יער % הכיסוי בעשבים רעים היה גבוה בכל טיפולי הקומפוסט מאשר בביקורת ובגילת התקבלה תגובה לינארית של עליה ב-% הכיסוי כתלות במנת הקומפוסט. 8. **מחלות קרקע:** במהלך הניסוי נעשה מעקב אחר מחלות צמחים הקשורות בקרקע, אך לא התגלו הבדלים משמעותיים בין הטיפולים.

מסקנות עיקריות - בקרקע קלה ודלה בחומר אורגני, קרקע גילת, פוריות הקרקע עלתה ככל שמנת הקומפוסט הייתה גבוהה יותר. בהתאמה בקרקע זו תכולת הפחמן האורגני והחנקן הכללי בקרקע עלו באופן חד ככל שמנת הקומפוסט הייתה גבוהה. בקרקע חרסיתית שתכולת החומר האורגני בה הייתה גבוהה יותר הפוריות עלתה מיישום קומפוסט, אך לא היה הבדל מובהק בין רמות הקומפוסט. כך גם העליה בכמות הפחמן האורגני והחנקן הכללי בקרקע. המסקנה היא שבקרקע קלה השפעת יישום החומר האורגני ניכרת יותר ויש יתרון למנה גדולה יחסית של קומפוסט. יישום הקומפוסט משפיע גם על תכונות החומר האורגני בקרקע כפי שהתבטא בתכונות הבליעה ב-254 ננומטר, בריכוזי פרקציות מסיסות של חומר אורגני בקרקע ובתכונות החומר האורגני המוצק. ממשק של זבל ירוק משפיע על החומר האורגני בקרקע באופן דומה ליישום קומפוסט במנה גבוהה. יישום קומפוסט משפיע על הרכב אוכלוסיית המיקרואורגניזמים בקרקע, מגוון המינים עולה עם העליה במנת הקומפוסט במיוחד בקרקע הקלה. יש לחקור את ההשלכות של נושא זה. יישום קומפוסט נמשך גורם להצטברות רמות גבוהות של זרחן ואשלגן בקרקע ויש לבחון את השפעת ההצטברות לטווח ארוך. יישום הקומפוסט במנות גדולות העלה את יציבות התלכידים הגדולים בלבד. יש להמשיך לחקור את השפעת יישום קומפוסט טווח ארוך על מבנה הקרקע ותכונותיה הפיזיקליות. יישום קומפוסט נמשך העלה מאוד את הכיסוי של הקרקע בעשביה. מכל ההיבטים שנבחנו, נושא העשבים התברר כשימה קשה במיוחד שמחייבת אותנו לחשיבה מחודשת בכל הקשור למחזור הגידולים ולממשק הגידול. בשנת 2016 בצענו פעולות הנבטת עשבים חוזרות ונשנות בין עונות הגידול ותוצאות מהלך זה בשלבי ניתוח. בנוסף הוגשה תכנית מחקר להתמודדות עם בעיות העשביה בחקלאות אורגנית על ידי שני אמצעים מיכניים: מקלטרת אצבעות ושלחוב.

ביבליוגרפיה

בר-טל, א., ג. לוי, ה. הלר, מ. רביב, י. לאור, א. ירמיהו. 2014. גורמי ממשק חקלאי וסביבה המשפיעים על פליטות גזי חממה מהקרקע בחקלאות אורגנית. דו"ח שנה 2 למדען הראשי של משרד החקלאות והכפר. הדס א, (1996) הזנה חנקנית בחקלאות אורגנית – גלגולו של חומר אורגני בקרקע. מחקר חקלאי בישראל, ח' (1-2) : 151-175.

- Annabi, S. Houot, C. Francou, M. Poitrenaud and Y. Le Bissonnais 2007. Soil Aggregate Stability Improvement with Urban Composts of Different Maturities. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 71: 413-423.
- Bending, G.D., Turner, M.K., Rayns, F., Marx, M.C. and Wood, M. 2004. Microbial and biochemical soil quality indicators and their potential for differentiating areas under contrasting agricultural management regimes. *Soil Biol. Biochem.* 36(11): 1785-1792
- Berglund, K., and L. Persson. 1996. Water repellence of cultivated organic soils. *Acta Agric. Scandinavica* 46:145-152.
- Celik, I., I. Ortas and S. Kilic. 2004. Effects of compost, Mycorrhiza, manure and fertilizer on some physical properties of a Chromoxerert soil. *Soil Till. Res.* 78:59-67.
- Diepeningen, A.D. van, Vos, O.J. de, Korthals, G.W. and Bruggen, A.H.C van. 2006. Effects of organic versus conventional management on chemical and biological parameters in agricultural soils. *Applied Soil Ecology* 31(1/2): 120-135.
- Doerr, S.H., R.A. Shakesby, and R.P.D. Walsh. 2000. Soil water repellency: Its causes, characteristics and hydro-morphological significance. *Erath Sci. Reviews*, 51:33-65.
- Eshel, G., G.J. Levy, U. Mingelgrin, and M.J. Singer. 2004. Critical Evaluation of the Use of Laser Diffraction for Particle-Size Distribution Analysis. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 68:736-743.
- Levy, G. J., Mamendov, A. I., 2002. High-Energy-Moisture-Characteristics aggregate stability as a predictor for seal formation. *Soil. Sci. Soc.* 66, 1603-1609.
- Mäder, P. Fliessbach, A. Dubois, D. Gunst, L. Fried, P. Niggli, U. 2002. Soil Fertility and Biodiversity in Organic Farming. *Science* 296, (5573): 1694-1697.
- Metzger, L. 1986. Effect of the organic components of sewage sludge on soil physical properties. PhD thesis, submitted to the Hebrew Univ. of Jerusalem, Israel.
- Milgroom, J., Soriano, M.A., Garrido, J.M., Gomez, J.A. and Fereres, E. 2007. The influence of a shift from conventional to organic olive farming on soil management and erosion risk in southern Spain. *Renewable Agric. Food Systems* 22(1): 1-10.
- Pagliai, L., and M. Vittori-Antisari. 1993. Influence of waste organic matter on soil micro- and macrostructure. *Bioresour. Tech.* 45:203-213.
- Pimentel, D., P. Hepperly, J. Hanson, D. Douds and R. Seidel. 2005. Environmental, energetic and economic comparisons of organic and conventional farming systems. *BioSci.* 55:573-582.
- Sharma, P., Laor, Y., Raviv, M., Medina, S., Saadi, I., Krasnovsky, A., Vager, M., Levy, G., Bar-Tal, A., Borisover, M. (2017a). Compositional characteristics of organic matter and its water-extractable components across a profile of organically managed soil. *Geoderma.* 286(1):73-82.

- Sharma, P., Laor, Y., Raviv, M., Medina, S., Saadi, I., Krasnovsky, A., Vager, M., Levy, G., Bar-Tal, A., Borisover, M. (2017b). Green manure as part of organic management cycle: effects on changes in organic matter characteristics across the soil profile. *Geoderma*. 305:197-207.
- Sort, X., and J.M. Alcaniz. 1999. Effects of sewage sludge amendment on soil aggregation. *Land Degrad. Develop.* 10:3-12.
- Stockdale, E.A., Shepherd, M.A., Fortune, S., Cuttle, S.P. 2002. Soil fertility in organic farming systems - fundamentally different? *Soil Use and Management*. 18, 301-308.
- Tamir, G., Shenker, M., Heller, H., Bloom, P.R., Fine, P. and Bar-Tal, A. 2011. Can soil carbonate dissolution lead to overestimation of soil respiration? *Soil Sci. Soc. Am. J.* 75:1414-1422
- Yogev, A, Laor, Y., Katan, J., Hadar, Y., Cohen, R., Medina, S., Raviv, M. 2011. Does organic farming increase soil suppression against *Fusarium* wilt of melon? *Organic Agriculture* 1 (4), 203-216.