

מחקר ארוך טווח להבנת השפעת הממשק האורגני על פוריות הקרקע

תכנית מס. 11-0814-256

Soil fertility under Organic management - A long-term study

דוח לשנת המחקר השלישית המוגש

למדען הראשי של משרד החקלאות

צוות היגוי - חקלאות אורגנית 3482 - 02

ע"י

מיכאל רביב מינהל המחקר החקלאי, המכון למדעי הצמח, נווה יער

mraviv@volcani.agri.gov.il

חנן איזנברג	מינהל המחקר החקלאי, המכון להגנת הצומח, נווה יער.
אלון בן גל	מינהל המחקר החקלאי, המכון למדעי הקרקע, המים והסביבה, גילת.
אשר בר-טל	מינהל המחקר החקלאי, המכון למדעי הקרקע, המים והסביבה, מרכז וולקני.
אורי ירמיהו	מינהל המחקר החקלאי, המכון למדעי הקרקע, המים והסביבה, גילת.
יעל לאור	מינהל המחקר החקלאי, המכון למדעי הקרקע, המים והסביבה, נווה יער.
גיא לוי	מינהל המחקר החקלאי, המכון למדעי הקרקע, המים והסביבה, מרכז וולקני.
דרור מינץ	מינהל המחקר החקלאי, המכון למדעי הקרקע, המים והסביבה, מרכז וולקני.
לאה צרור	מינהל המחקר החקלאי, המכון להגנת הצומח, גילת.

יולי 2012

אב תשע"ב

הממצאים בדו"ח זה הינם תוצאות ניסויים ואינם מהווים המלצות לחקלאים

חתימת החוקר

תקציר

מחקר רב-שנתי זה הוזמן ע"י ועדת ההיגוי לחקלאות אורגנית מתוך כוונה שיימשך 9 שנים, מהן אושרו עד כה 6. המחקר מתקיים בחלקות קבועות שהוקמו בשני אזורים שונים: גילת (אקלים סמי-ארידי, קרקע לס) ונווה יער (אקלים ים תיכוני, קרקע גרומוסול). המחקר מכסה את רב ההיבטים המכתיבים את פוריות הקרקע בממשק אורגני: פיסיקה, כימיה, ביולוגיה, אקולוגיה ופתולוגיה של הקרקע, עשביה, השקיה ודישון. תכונות קרקע מרכזיות מתועדות לאורך השנים במטרה להגדיר קשרים בין השתנותן עם הזמן לבין מדדי פוריות הקרקע. מטרת המחקר היא לימוד הגורמים והמנגנונים המשפיעים על פוטנציאל הפוריות של קרקעות המעובדות בממשק אורגני והקשרים הקיימים ביניהם ופיתוח אסטרטגיות לטיפול מכוון של פוריות הקרקע. בשני אתרי המחקר הוגדרו חלקות אחידות אשר הוסבו עם התחלת המחקר לממשק אורגני. חלקות זהות מטופלות מבחינת השקיה ומחזור גידולים באופן זהה לחלקות האורגניות, כמקובל בחקלאות הקונבנציונאלית ומשמשות כביקורות. בממשק האורגני נבחנו 3 רמות יישום של קומפוסט. השוואת סדרות הנתונים הנבדקות תשמש כמדד מרכזי להבנת קצב בניית פוריות הקרקע לאורך זמן בתנאי חקלאות אורגנית. בשנת המחקר השלישית המשכנו לבצע את כל הטיפולים והבדיקות המתוכננים. בהדרגה מתחילים להתפתח הבדלים בין הטיפולים, אם כי רובם עדיין אינם מובהקים, סטטיסטית, בשלב זה.

1. מבוא ותיאור הבעיה

פוטנציאל פוריות הקרקע מוגדר כיכולת ייצור הביומאסה שלה, ללא מתן תשומות חיצוניות (מלבד מים ושאריות 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. מכאן נגזר כי על מנת להגיע למסקנות אמינות ושימיות יש לערוך מדידות וניסויים ארוכי-טווח באזורי ארץ שונים. בבסיס התוכנית נמצאת ההנחה כי פוריות קרקע קשורה, בין היתר, בתכולת החומר האורגני בה וזו, מצידה, תלויה בגורמים נשלטים כגון כמות החומר האורגני המיושם ותדירות היישום, מימשק עיבודים ומחזור הגידולים ובגורמים שאינם נשלטים כגון האקלים וסוג הקרקע. נושא זה ייבחן מדי שנה לאורך 9 שנים (מהם אושרו 6 ע"י המדען) בכל הטיפולים ובשני האתרים. במקביל מבוצעת בחינת פוריות בפועל על רקע מתן תשומות, כמקובל. השוואת סדרות נתונים אלו תשמש כמדד מרכזי להבנת קצב בניית פוריות הקרקע לאורך זמן.

אחד הגורמים העיקריים הקובעים את פוריות הקרקע הוא מידת השפעת פעילותה של אוכלוסיית הקרקע על תכונותיה הפיסיקאליות, לרבות הנקבוביות, תנועת המים וקיבול השדה (1). אלו בתורם משפיעים על האיוורור, הנגר והסחף (2). ממשק אורגני מבוסס על תשומות תדירות (בדרך כלל אחת לשנה) של חומר אורגני וצפוי שממשק זה יתרום לשיפור בתכונות הפיזיקאליות של הקרקע (3). מחקר ארוך-טווח (22 שנים) שהסתיים לאחרונה במכון Rodale בארה"ב הראה שחקלאות אורגנית תורמת לשיפור ביציבות מבנה הקרקע, לעליה בכשר תאחיזת המים של הקרקע ולהקטנת רגישותה לסחף (4). 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 (5). 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 האיוורור (6). 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 (1). עם זאת, תוספת חוזרת ומתמשכת של קומפוסטים גורמת לעליה בת-קיימא ביציבות התלכידים (7). 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 (5). יש לזכור, עם זאת, שתשומות גבוהות של חומר אורגני לקרקע עלולות לגרום להתפתחות תנאים הידרופוביים (8) ולפגיעה בפיזור המים בקרקע (תופעת האיבוב [fingering] (9)).

כאמור, אחד הגורמים העיקריים הקובעים את פוריות הקרקע הוא מידת ואופי פעילותם של אורגניזמים ומיקרואורגניזמים בקרקע. קרקע פורייה מתאפיינת בתכולה גבוהה של חומר אורגני (ח"א), המשמש מקור לאנרגיה ולפחמן הדרוש לקיומם של מיקרואורגניזמים, פאונה ומזופאונה כמו פרוטוזואה, אצות, פטריות, פרוקי רגליים, תולעים נמטודות ואחרים. יישום קומפוסט המכיל חומרי מזון זמינים מגדיל את מספר המיקרואורגניזמים בקרקע ואת רמת הפעילות שלהם וכן יש לו השפעה על מבנה חבורות המיקרואורגניזמים בקרקע. ההשפעה היא דו-כיוונית שכן תהליכי הפרוק של הקומפוסט או כל חומר אורגני מוסף אחר בקרקע משפיעים על אוכלוסיות הקרקע ובו זמנית תלויים בפעילותן של האוכלוסיות ובדינמיות שלהן. עודף החנקן הנוצר כתוצאה מפירוק התרכובות האורגניות על ידי המיקרואורגניזמים (מינרליזציה) משתחרר לקרקע כחנקן מינרלי הזמין לצמח. הרכב הקומפוסט מושפע מחומרי הגלם מהם הוא מיוצר ומתהליך הקומפוסטציה, וקיימת שונות

רבה בהרכב קומפוסטים המיועדים לשימוש בחקלאות אורגנית (10).

פרק המבוא בא להדגיש כי גורם המפתח בשינויים החלים בחומר האורגני המיושם לקרקע הן חברות המיקרואורגניזמים המאפיינים אותה והשינויים החלים בהם עם הזמן. אנו נלמד את השינויים החלים בחברת האורגניזמים בקרקע עם התקדמות הסבת החלקה לממשק אורגני. חשוב לציין כי בעולם נערכו כמה ניסויים בהיקף ובמשך דומים, אך כמעט כולם בוצעו בתנאי אקלים ממוזג-קר (צפון אירופה וארה"ב) (11,12) 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 (13).

2. מטרת המחקר בשנה ג'

מטרת העל של המחקר היא לימוד מירב הגורמים והמנגנונים המשפיעים על פוטנציאל הפוריות של קרקעות המעובדות במימשק אורגני והקשרים הקיימים ביניהם, ופיתוח אסטרטגיות לטיפול מכוון של פוריות הקרקע במימשק זה. על מנת להגיע למטרות אלו, הוצבו לפרויקט היעדים הבאים:

1. בחינת השפעת הממשק האורגני על מגוון תכונות כימיות פיסיקליות וביולוגיות של הקרקע, כולל ריכוזי יסודות הזנה ותכולת ח"א, מבנה ותכונות הידראוליות, פעילות מיקרוביאלית והרכב אוכלוסיית המיקרואורגניזמים.

2. בחינת הקשר בין התכונות שנמדדו בסעיף 1 לבין פוריותה הפוטנציאלית של הקרקע.

3. ניסוח המלצות מעשיות מפורטות להשגת מיצוי מירבי של פוטנציאל פוריות הקרקע במימשק אורגני, תוך אופטימיזציה של מחזור הגידולים, העיבודים ומינוני ומועדי היישום של תשומות אורגניות שונות.

מטרת העבודה בשנה השלישית היתה תיעוד המצב העכשווי, והשוואתו למצב שתועד בזמן אפס כפונקציה של הטיפולים השונים. בפועל בוצעה השוואה בין הטיפולים האורגניים לטיפול הביקורת בדיגומי סתיו 2011 ואביב 2012.

3. תוצאות

כאמור, המחקר מבוצע בשני אתרים: **גילת** (אקלים סמי-ארידי, קרקע לס) ו**תווה יער** (אקלים ים תיכוני, קרקע גרומוסול). בכל אחד מאתרים אלו הוגדרו חלקות אחידות שהיו נתונות לפני תחילת המחקר בממשק גידול רגיל. לאחר תחילת המחקר גודלו בחלקות אלו קטניות (תלתן "תבור" בגילת ובקיה "פופני" בנווה יער). לאחר שיא הפריחה הצמחים נקצרו והוצנעו כזבל ירוק. לאחר מכן סומנו חלקות הניסוי ובכל החלקות האורגניות פוזרה מנה אחידה של קומפוסט (6 מ"ק/דונם) והוצנעה. בחלקות אלו לא נעשה שימוש בחומרים סינטטיים להזברה ולדישון. יתרת השטח מטופל כמקובל בחקלאות הקונבנציונאלית ומשמש כביקורת. הדישון בחלקות הביקורת מותאם לתנאי הגידול והאזור, בהסתמך על בדיקות הקרקע שבוצעו. הביקורת מטופלת מבחינת

השקיה ומחזור גידולים באופן זה לטיפול שינתן לחלקות האורגניות. החל מהשנה השנייה (2011) ניתנו בחלקות האורגניות רמות הקומפוסט הבאות: 2, 4 ו- 6 מ"ק/דונם\שנה, לטיפולים 1, 2 ו- 3, בהתאמה. טיפול זה ניתן גם בשנה השלישית. הגורם שייבדק, אפוא, יהיה רמת תשומת החומר האורגני (קומפוסט). עד כה בדיקות הקרקע לא הראו צורך במתן דישון אורגני, בנוסף לקומפוסט. דישון כזה יינתן בהמשך במטרה להשלים את מנת החנקן הזמין המצויה בקומפוסט עד לרמת צרכי הגידול.

מחזור גידולים: מחזור הגידולים מותאם לתנאי כל אחד מהאזורים, ואחיד לאורך תקופת המחקר. בגילת המחזור מתבסס על גידול מטייב (תלתן), חיטה, תפוחי אדמה וגזר, במחזור תלת-שנתי. בנווה יער המחזור מתבסס על גידול מטייב (בקיה), חיטה לתחמיץ עם תירס בדו-גידול וחמניות, במחזור תלת-שנתי. בשני האתרים מתבצע מחזור אחיד לאורך כל 9 השנים וזאת על מנת להקטין את השונות הנגזרת מהשפעת הגידול על תוצאות הבדיקות השונות. מבוצעת תוכנית דיגום אחידה לשני האתרים עבור כל הפרמטרים הנמדדים מבחינת האיכות הסטטיסטית של הנתונים, כך שינתן ביטוי אחיד לשונות שבין החלקות באותו טיפול. בדוח שנה א' הובאה תוכנית זו בצורה מפורטת.

מבנה השטח הנבדק: הועמדו 5 חזרות לטיפול. גודל חלקה: 18 מ' רוחב X 30 מ' אורך = 540 מ"ר. 4 טיפולים X 5 חזרות = 20 חלקות. השטח בכל אחד מהאתרים הכללי הוא כ- 12 דונם. המדגמים נלקחים מתוך 3 קידוחים שמתבצעים לאורך אלכסון של כל חלקה (או מ- 3-5 נקודות דיגום משטח החלקה כאשר הדיגום מתבצע ללא קידוחים משכבת הקרקע של עד 30 ס"מ) ולפחות 2 מ' משולי כל חלקה, על מנת למנוע אפקט שוליים. הניסוי הועמד בשיטת בלוקים באקראי. מפת הטיפולים הובאה בדוח שנה ב'.

פירוט הבדיקות שהתבצעו בשנה השלישית

בדיקות קומפוסט: עם הגעת הקומפוסטים נבדקה בגילת נוכחותם של מספר פתוגנים (דוררת, ריזוקטוניה, פיתיום). בכל שנות המחקר עד כה, ובשני האתרים הקומפוסטים נמצאו נקיים מהפתוגנים שנבדקו. אנליזות כימיות של הקומפוסטים שיושמו בשנה המחקר השלישית בוצעו במעבדת שרות שדה, נווה יער. התוצאות מובאות בטבלה מס. 1 בנספח.

שלא כבשנה הקודמת, הקומפוסטים שיושמו בשני האתרים היו בעלי תכונות דומות למדי. הקומפוסט שיושם בנווה יער היה מעט יותר עשיר בחנקן ובזרחן כלליים, ויותר בשל, כפי שהדבר בא לידי ביטוי ביחס חנקן/אמון גבוה יותר. עם זאת, שני מקורות הקומפוסט היו דלים, יחסית הן בחומר אורגני והן בחנקן וככאלה, קומפוסטים שאינם אופטימאליים עבור חקלאות אורגנית.

בדיקות קרקע (הזנה): בהתאם לתוכנית הדיגום שתוכננה, נלקחו מדגמי קרקע מחלקות הניסוי במועדים הבאים: בנווה יער נלקחו מדגמים ביוני 2011, קודם להוספת ולהצנעת הקומפוסט, באוקטובר 2011, לאחר קציר התירס, ובמרס 2012, קודם לפיזור הקומפוסט. בגילת נלקחו מדגמי קרקע במאי ובדצמבר 2011, לאחר פיזור הקומפוסט שבוצע בנובמבר וביוני 2012. לראשונה בשנה זו גם הבדיקות שנעשו בנווה יער מייצגות את ארבעת הטיפולים: ביקורת מסחרית ושלוש רמות של קומפוסט: 2, 4 ו- 6 מ"ק/דונם. זאת מאחר שבנווה יער, בשל תוכנית הגידולים השונה, טיפולי הקומפוסט הדיפרנציאליים יושמו רק לאחר הדיגום של אביב 2011.

בשני מועדי הדגימה בוצעו הבדיקות השגרתיות במיצוי תמיסת הקרקע שנעשה ביחס קבוע של מים לקרקע (5 ל- 1) שכללו את המדדים הבאים: חומציות, מוליכות חשמלית והרכב היונים:

כלוריד, סולפט, ביקרבונט, נתרן, אשלגן, סידן, מגניון, בורון. החנקן המינרלי הזמין (אמון וחנקן) נקבע במיצוי ב-1N KCl. בדיגום הראשון נקבעו המדדים הנוספים הבאים שיקבעו גם בהמשך אחת בשנה: זרחן זמין במיצוי אולסן, חומר אורגני מסיס במיצוי במים, חנקן כללי, תכולת פחמן אורגני. תוצאות האנליזות מופיעות בנספח, **איורים 1-6**.

איור 1 מציג את מצב היונים המסיסים בקרקע גילת, במאי 2011, 10 חודשים לאחר מועד פיזור הקומפוסט הראשון. ניתן לראות השפעה של טיפולי הקומפוסט על ריכוזי הזרחן הזמין ואשלגן מסיס ועל מרכיבי המליחות. **באיור 2** מוצגת תמונה מקבילה מיוני 2011 עבור קרקע נווה יער, אך זאת קודם לפיזור הדיפרנציאלי הראשון. גם במקרה זה ניתן לראות כי בהשוואה לטיפול הביקורת, יש ליישום הקומפוסט השפעה על ריכוזי הזרחן הזמין והאשלגן המסיס והשפעה מסוימת על מרכיבי המליחות.

בשל העובדה שהדיגום בגילת נעשה לאחר שני יישומי קומפוסט, בעוד שהדיגום בנווה יער נעשה שנה וחדשיים לאחר יישום אחד בלבד, ריכוזי האמון, החנקן והזרחן הזמינים וכן ה-EC וה-pH היו גבוהים בקרקע גילת מאשר בקרקע נווה יער. לעומת זאת ריכוז האשלגן המסיס וכן ריכוז הנתרן והכלור היו גבוהים יותר בקרקע נווה יער, התאמה לתכונות הקומפוסט שיושם.

בהשוואה לביקורת המדושנת, יישום הקומפוסט בקרקעות גילת ונווה יער גרם לעליה ב-EC ובריכוז הנתרן, הכלור והזרחן, אך היה בעל השפעה מינימאלית על ריכוזי היונים המסיסים האחרים. חשוב לציין כי למרות העובדה שטרם יושמו דשנים חנקניים אורגניים, לא נפלו ריכוזי האמון והחנקן בטיפולים אלו בהשוואה לטיפול הביקורת המדושן.

איור 3 מציג את ריכוזי החנקן, האמון והזרחן, **ואיור 4** את ה-EC ואת ריכוזי האשלגן, הנתרן והכלור בקרקע גילת במועד הדגימה של דצמבר 2011, כחודש לאחר יישום הקומפוסט. ניתן להבחין בבירור בתרומת הקומפוסט למליחות ולריכוזי כל היונים מלבד לריכוז יוני החנקן. כאמור (וראה **טבלה 1**) הדבר עשוי להיות קשור למצב בשלות הקומפוסט שיושם בגילת, אך כמובן גם לעובדה שטיפול הביקורת דושן בדישון חנקני. **איורים 5 ו 6** מציגים תמונה מקבילה לגבי המצב בקרקע נווה יער בחודש נובמבר 2011. בשונה מהמצב בגילת, מדגם זה בוצע כחצי שנה לאחר יישום הקומפוסט, כאשר בין שני המועדים גודל בשטח תירס – צרכן גדול של יסודות הזנה ובמיוחד חנקן. בהתאם, ניתן לראות כי ריכוזי החנקן והאמון נמוכים בהרבה בטיפול הקומפוסט בהשוואה לטיפול הביקורת. עם זאת, תרומת הקומפוסט עדיין ניכרת בהקשר של המוליכות החשמלית וריכוזי האשלגן, הנתרן והכלור. הדבר נובע מכך שהקומפוסט אשר יושם בנווה יער היה מלוח למדי (ראה **טבלה 1, דוח שנה ב'**) ומכך שבין מועד יישומו למועד הדגימה לא ירד גשם. כתוצאה מהשקייית התירס חלה אמנם הדחה מסויימת, אל מתחת לשכבת הקרקע העליונה, אך לא מעבר לכך.

מדדים פיזיקאליים: על פי תכנית העבודה המקורית לא בוצעו בשנה זו מדידות של תכונות פיזיקאליות. מדידות נוספות תבוצענה, ותשווינה למועד תחילת הניסוי ולמצב בביקורת בשנים הרביעית והתשיעית של המחקר.

פעילות מיקרוביאלית כללית בקרקע: הפעילות המיקרוביאלית הכללית בקרקע אופיינה באמצעות שלושה מדדים: א. פעילות הידרוליטית (מבחן FDA). ב. נשימה (פליטת CO₂) ו- ג. פעילות האנזים דהידרוגינאז (מזרז תגובות חמצון של תרכובות אורגניות בקרקע). שלושת המבחנים בוצעו עבור דגימות קרקע עד לעומק של 30 ס"מ, תוך הפרדה בין 3 שכבות: 0-5, 5-15 ו- 15-30 ס"מ.

הבדיקות בוצעו פעם אחת באביב בכל שנה. תוצאות אביב 2010 פורסמו בדו"ח שנה ב'. בקצרה, בשנת 2010, לאחר שפוזר קומפוסט במנה אחידה של 6 מ"ק לדונם בכל הטיפולים האורגניים, לא נצפתה השפעה גדולה של הפיזור על שלושת מדדי הפעילות. ברוב המדידות, הערכים בממשק האורגני היו גבוהים מעט מאלה שבממשק הקונבנציונלי אך הבדלים היו מובהקים רק בחלק משכבות הקרקע ובדרך כלל לא בשני אתרי הניסוי. בדו"ח הנוכחי מוצגות תוצאות דיגום אביב 2011 ואביב 2012.

נוה יער: באיור 7 מוצגות התוצאות שהתקבלו עבור קרקע נוח יער באביב 2011 ו-2012. הדיגום באביב 2011 בוצע כשנה לאחר יישום מנת הקומפוסט האחידה בכל הטיפולים האורגניים, אך לפני יישום הקומפוסט לפי תוכנית המינונים. לכן ההשוואה במועד זה היא בין טיפול הביקורת לבין הממוצעים של כל הטיפולים האורגניים. לא התקבלו הבדלים מובהקים בין החלקה הקונבנציונלית לבין הטיפולים האורגניים באף אחד מהמדדים. שנה לאחר מכן, באביב 2012, כשנה לאחר היישום הראשון של קומפוסט לפי תוכנית המינונים, עדיין קשה לראות הבדלים משמעותיים בין הטיפולים השונים. ניתן לראות עלייה מסוימת בפעילות ה-FDA בטיפולים האורגניים (בעיקר במינון הגבוה של הקומפוסט) יחסית לטיפול הביקורת.

גילת: באיור 8 מוצגות התוצאות שהתקבלו עבור קרקע גילת באביב 2011 ו-2012. הדיגום באביב 2011 בוצע כ-10 חודשים לאחר היישום הראשון של קומפוסט לפי תוכנית המינונים. לא התקבלו הבדלים מובהקים בין הטיפולים האורגניים וטיפול הביקורת באף אחד מהמדדים. שנה לאחר מכן, באביב 2012, כ-7 חודשים לאחר היישום הראשון של קומפוסט לפי תוכנית המינונים, עדיין קשה לראות הבדלים משמעותיים בין הטיפולים השונים אך ניתן לראות עלייה מסוימת בשלושת המדדים בטיפולים האורגניים (בעיקר במינון הגבוה של הקומפוסט) יחסית לטיפול הביקורת.

לסיכום, ההשפעות של הממשק האורגני על מדדי הפעילות המיקרוביאלית אינן מובהקות בתום שלוש השנים הראשונות למחקר. עם זאת נראה שיש תחילת מגמה של ערכי פעילות גבוהים יותר בטיפולים האורגניים, בפרט במינון הגבוה של קומפוסט.

פתולוגיה של הקרקע: בסוף עונת הגידול השנייה נלקחו בגילת דגימות של שרשי צמחים ונבדקו לנוכחות פתוגנים (עם דגש על דוררת). לא היה ממצא פתולוגי. כמו כן, בדגימות קרקע (מעומק 5 - 30 ס"מ) שנלקחו הן בגילת והן בנווה יער ונבדקו לנוכחות פתוגנים שוכני קרקע, בשיטות מיקרוביולוגיות קלאסיות, לא נמצאה נגיעות בדוררת או ריזוקטוניה.

בניית פושר דיכוי: הנושא נבדק בתחילת המחקר, דווח בשנה ב' ויבדק שוב לאחר 4 ו-8 שנים מתחילת המחקר.

הערכות עשבייה: מטרת חלק זה של המחקר היא בחינת השפעת הטיפולים על אוכלוסיית העשבים מבחינת מגוון מינים וכמותם. לצורך זה נערכו תצפיות לאפיון אוכלוסיית העשבים. הדיגום הראשון בוצע בנובמבר 2011. התוצאות מובאות באיור 10 בנספח. בדיגום זה נצפו בגילת 4 מיני עשבים (לעומת 11 מינים בשנה הקודמת) ואילו בנווה יער נמצאו רק שלושה מינים, כפי שנמצא בשנה הקודמת. בחלקות בהן כמות הקומפוסט היתה גבוהה ניכר היה שיבוש גבוה בעשבים כפי שניתן לראות באיור 10 ובתמונה 1. המין הנפוץ ביותר בגילת הוא כף אווז ותפוצתו עולה עם העלייה בכמויות הקומפוסט. מקרה זה שכיח בקרקעות דלות בחומר אורגני (גילת), בהן הוספת קומפוסט מגדילה את תפוצת העשבים, בעיקר עשבים "אוהבי חנקן" כמו כף אווז.

בדיגום האביב (אפריל 2012) מספר מיני העשבים עלה בנווה יער ל- 25 מינים, ללא הבדל משמעותי בין הטיפולים השונים. בנווה יער לא ניכר הבדל מובהק בין הטיפולים השונים, הן מבחינת הכיסוי בעשבים והן מבחינת מגוון המינים. המין הנפוץ בנווה יער הוא חבלבל השדות. גם במקרה זה יהיה מעניין לראות אם העלייה במספר המינים תימשך בעתיד ואילו עשבים יתבססו. בכל אופן דרושות עוד כמה שנות מחקר לבחינת טענה זאת, היות שמטרת המחקר מההיבט של עשבים היא לעקוב אחר הדינאמיקה של האוכלוסייה ושינוי ברמת השיבוש לאורך זמן. סטיית התקן הגבוהה מצביעה על שונות גבוהה בשיבוש בעשבים בין חלקות הניסוי. יש לציין כי למרות שההנחה המקובלת היא שתוספת חנקן שמקורה בקומפוסט תורמת להתפתחות העשבייה, לא מצאנו בשלב זה אישוש להנחה זאת מבדיקות החנקן בקרקע.

בדיקות להערכת פוטנציאל פוריות: מדי שנה באביב, במקביל למועד הדיגום הראשון עבור המדדים הכימיים, נלקחת דגימת קרקע מעומק 0-30 ס"מ מכל אחת מהחלקות (סה"כ 20 דגימות לאתר). הדגימה נלקחת באופן מקובץ מאזורים שונים בחלקה, מובאת לחממה בנווה יער ומוכנסת לחמישה מיכלי גידול לכל דגימה שבהם מגודל תירס (*Zea mays*) כגידול מבחן. הגידול נעשה בתנאי השקיה, אך ללא כל דישון. לאחר פרק זמן של חודשיים נקבעת הביומאסה שנוצרה. תוצאות המבחן של השנה השנייה של קרקע גילת מוצגות ב**טבלה 2** ושל קרקע נווה יער ב**טבלה 3** בנספח המצורף. במקרה של קרקע נווה יער, מאחר שהמדגמים נלקחו קודם לחלוקה דיפרנציאלית של הקומפוסט, בוצעה השוואה רק בין טיפול הביקורת וכלל טיפולי הקומפוסט. במקרה של קרקע גילת, ההבדלים הניכרים שנמצאו בין הטיפולים לא היו מובהקים, סטטיסטית כתוצאה מהשונות הרבה. במקרה של קרקע נווה יער לא נמצאו כל הבדלים בין קרקע הביקורת לקרקע המטופלת בקומפוסט. בשנה זו נמצא כי הצמחים שגדלו בקרקע נווה יער צברו משקל כפול ומעלה, בהשוואה לאלו שגודלו בקרקע גילת. כזכור בשנה הקודמת התוצאה היתה שונה, אך יש לזכור שבנגוד לשנה הקודמת בה נערכו המבחנים במועדים שונים (עם עדיפות אקלימית למבחן שנערך לקרקע גילת על זו של נווה יער) הפעם המבחן נערך במקביל. יתכן שההבדל מלמד על יתרון מסויים לקרקע נווה יער, אך עדיין מוקדם לקבוע זאת סופית, בשל בעיות מתודולוגיות המאפיינות מבחן זה.

תוצאות גידול חיטה – גילת: במהלך הגידול ניתן היה להבחין בעיכוב של התפתחות צמחי החיטה בחלקות ההיקש (ללא קומפוסט). ביטוי לכך התקבל גם במשקל היבש של הצמחים בתום הגידול, אם כי בשל השונות הגבוהה בין החלקות ההבדל אינו מובהק (**איור 11**). לעומת זאת הבדל מובהק התקבל במשקל הגרעינים שהיה נמוך בחלקות ההיקש בשיעור של 22 עד 31% בהשוואה לחלקות בהן יושם הקומפוסט. בין טיפולי הקומפוסט לא היה הבדל מובהק במשקל הגרעינים. בשלב זה לא ניתן עדיין להעריך מהם הגורמים להבדל בין ההיקש לבין טיפולי הקומפוסט. טיפול ההיקש דושן בחנקן ולעומת זאת טיפולי הקומפוסט מכילים גם מינרלים חיוניים נוספים כגון זרחן ואשלגן. תוצאות האנליזות המינרליות של הצמחים יוכלו להצביע האם ההבדלים נגרמו כתוצאה ממחסור ביסוד הזנה זה או אחר. בשלב כתיבת הדו"ח טרם התקבלו תוצאות האנליזה.

תוצאות גידול תירס – נווה יער: ב 10.7.11 בוצעה זריעת תירס מהזן W8632, לפי 10,000 זרעים לדונם. במהלך הגידול היתה בעיית עשבייה ובוצע עישוב ידני, חלקי. בנוסף זוהה נובר התירס, ובוצעו כנגדו 3 ריסוסים בחומרים המותרים בחקלאות אורגנית (פרוביט, L.Q. 215, וטרייסר). ב - 15.9.11 נדגם תירס למשקל טרי ויבש, ולמדידת חנקן, אשלגן וזרחן. מכל חלקה נדגם שטח של 5

מ"ר. ב - 2.11.11 נקצר התירס לשחת. תוצאות המדידה מובאות בטבלה 4 בנספח. לא היה הבדל מובהק בין היבול שהתקבל בחלקת הביקורת (דישון כימי) לבין שלושת הטיפולים האורגניים שדושונו במינונים השונים של הקומפוסט. תכולת המקרואלמנטים בדגימות הצמחים שנלקחו מובאת בטבלה 5 בנספח. הכמות הכללית של היסודות שנצרכו ע"י צמחי התירס בטיפולים השונים מובאת בטבלה 6 בנספח. משתי טבלאות אלו ניתן ללמוד בבירור כי זמינות היסודות ובייחוד הזרחן והאשלגן היתה רבה במידה ניכרת בטיפולים שקיבלו קומפוסט. על פי בדיקות הקרקע שנערכו עד כה, נקבע כי היה צורך לדשן את טיפול הביקורת בחנקן בלבד, וכך אמנם בוצע. המסקנה הנגזרת מתוצאות אלו היא כי במועד הדישון הבא יוספו גם זרחן ואשלגן לחלקת הביקורת.

4. פרוט הפרסומים המדעיים : טרם פורסמו מאמרים הנובעים ממחקר זה.

מראי מקום

1. Sort, X., and J.M. Alcaniz. 1999. Effects of sewage sludge amendment on soil aggregation. Land Degrad. Develop. 10:3-12.
2. 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.
3. 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.
4. Pimentel, D., P. Hepperly, J. Hanson, D. Doubs and R. Seidel. 2005. Environmental, energetic and economic comparisons of organic and conventional farming systems. BioSci. 55:573-582.
5. 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.
6. Pagliai, L., and M. Vittori-Antisari. 1993. Influence of waste organic matter on soil micro- and macrostructure. Bioresour. Tech. 45:203-213.
7. 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.
8. Berglund, K., and L. Persson. 1996. Water repellence of cultivated organic soils. Acta Agric. Scandinavica 46:145-152.

9. 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.
10. הדס א, (1996) הזנה חנקנית בחקלאות אורגנית – גלגולו של חומר אורגני בקרקע. מחקר חקלאי בישראל, ח' (1-2): 151-175.
11. 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
12. 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.
13. 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.

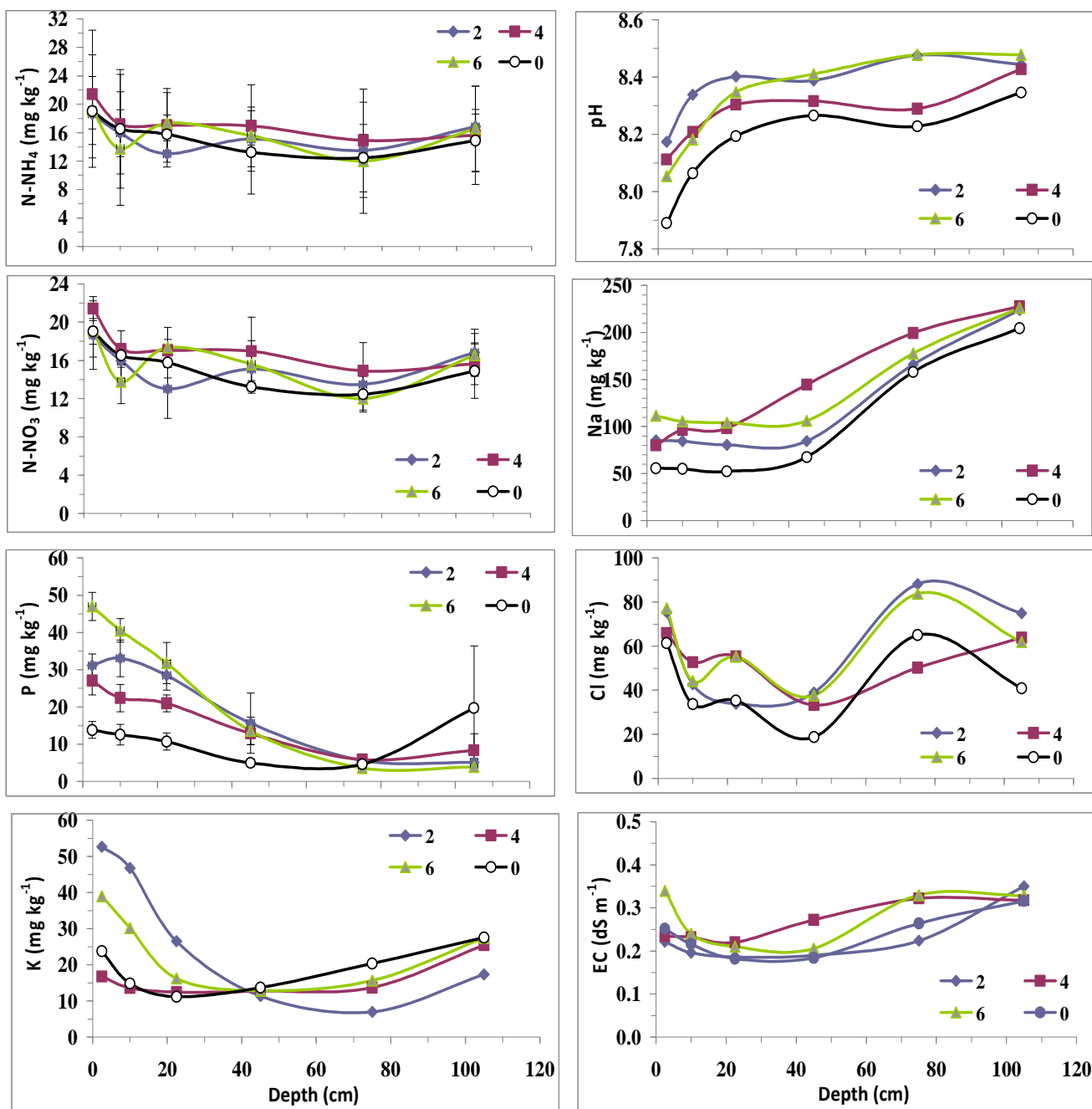
סיכום עם שאלות מנחות

מטרות המחקר תוך התייחסות לתוכנית העבודה.
מטרת העבודה בשנה השלישית היא תיעוד המצב, השוואתו לזמן אפס והמשך הגידול במחזור.
עיקרי הניסויים והתוצאות: המדידות והניסויים מתבצעים כסדרם.
מסקנות מדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו. האם הושגו מטרות המחקר לתקופת הדוח?
המחקר מתקדם על פי התכנית אך טרם ניתן להעלות מסקנות מדעיות.
בעיות שנתרו לפתרון ו/או שינויים (טכנולוגיים, שיווקיים ואחרים) שחלו במהלך העבודה; התייחסות המשך המחקר לגביהן, האם יושגו מטרות המחקר בתקופה שנתרה לביצוע תוכנית המחקר?
מאחר שהמדובר הוא במחקר ארוך טווח קשה להתייחס בשלב כה מוקדם לשאלה זו.
הפצת הידע שנוצר בתקופת הדו"ח: פרסומים בכתב - ציטוט ביבליוגרפי כמקובל בפרסום מאמר מדעי; פטנטים - יש לציין שם ומס' פטנט; הרצאות וימי עיון - יש לפרט מקום, תאריך, ציטוט ביבליוגרפי של התקציר כמקובל בפרסום מאמר מדעי.
ראה סעיף 4 בדוח.
פרסום הדוח: אני ממליץ לפרסם את הדוח: (סמן אחת מהאופציות)
< רק בספריות
< ללא הגבלה (בספריות ובאינטרנט)
< חסוי – לא לפרסם.
האם בכוונתך להגיש תוכנית המשך בתום תקופת המחקר הנוכחי? תוכנית זו אושרה ל-6 שנים. בכוונתנו לבקש הארכתה ל 9 שנים, כפי שהוצע מלכתחילה ע"י ועדת ההיגוי שהזמינה מחקר זה.

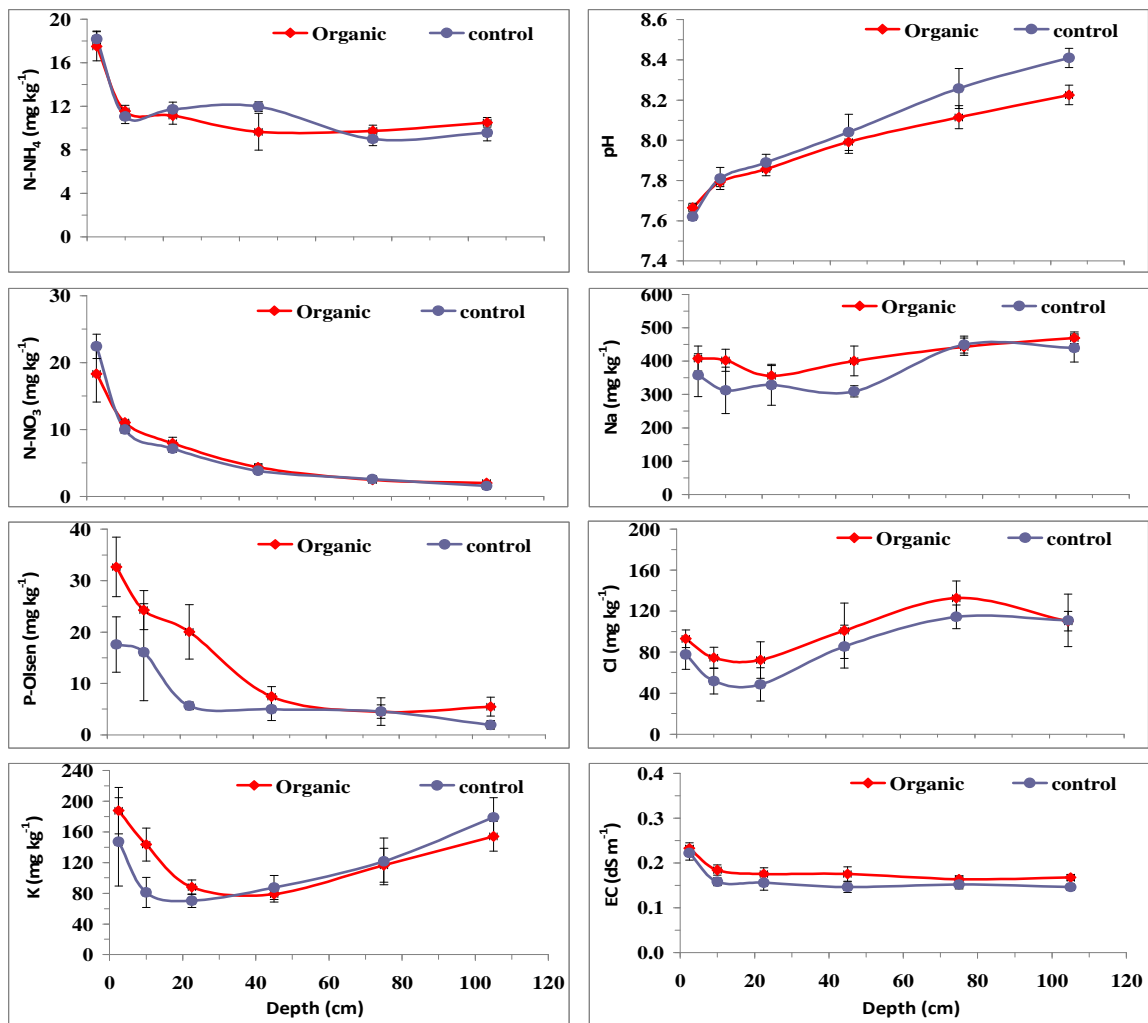
נספח איורים לדוח המחקר:

מחקר ארוך טווח להבנת השפעת המימשק האורגני על פוריות הקרקע

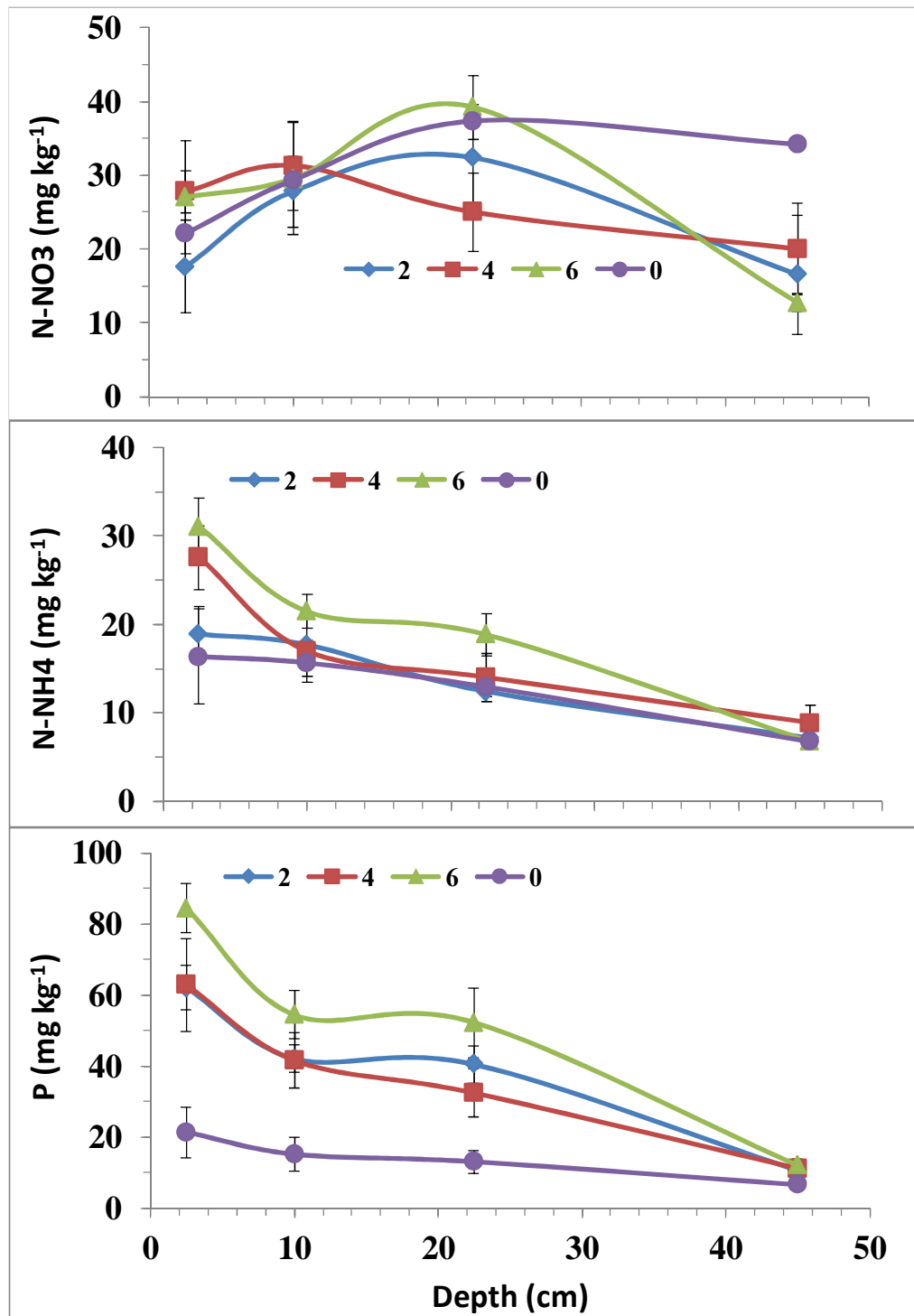
תכנית מס. 256-0814-11



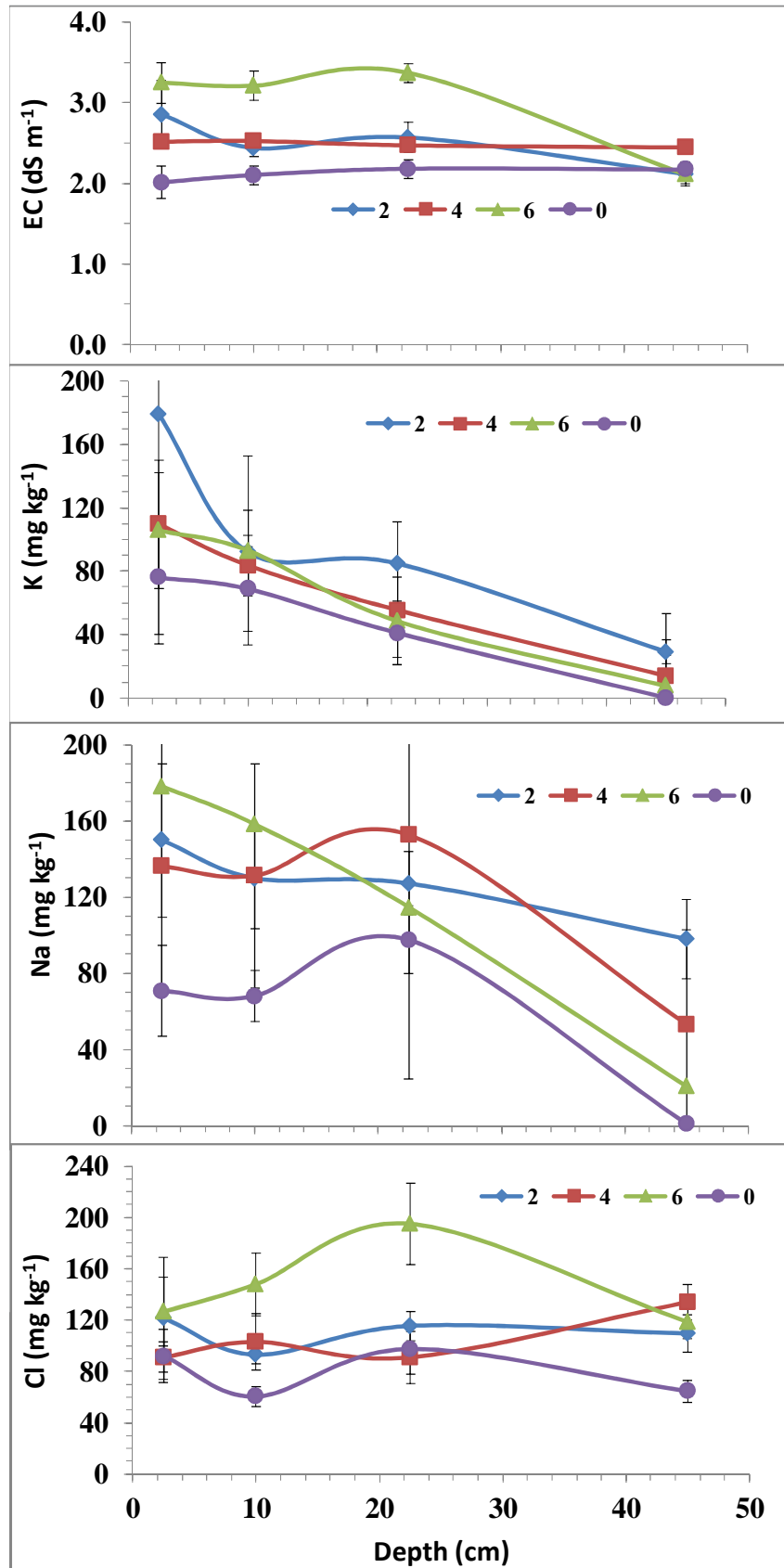
איור 1. גילת - חתך של תכונות כימיות נבחרות של הקרקע: חנקן זמין (אמון וחנקן), זרחן זמין ואשלגן מסיס, מרכיבי מליחות (נתרן, כלור ו-EC) ו-pH. הדיגום בוצע במאי 2011, 10 חודשים לאחר פיזור דיפרנציאלי ראשון של קומפוסט לפי תוכנית המינונים.



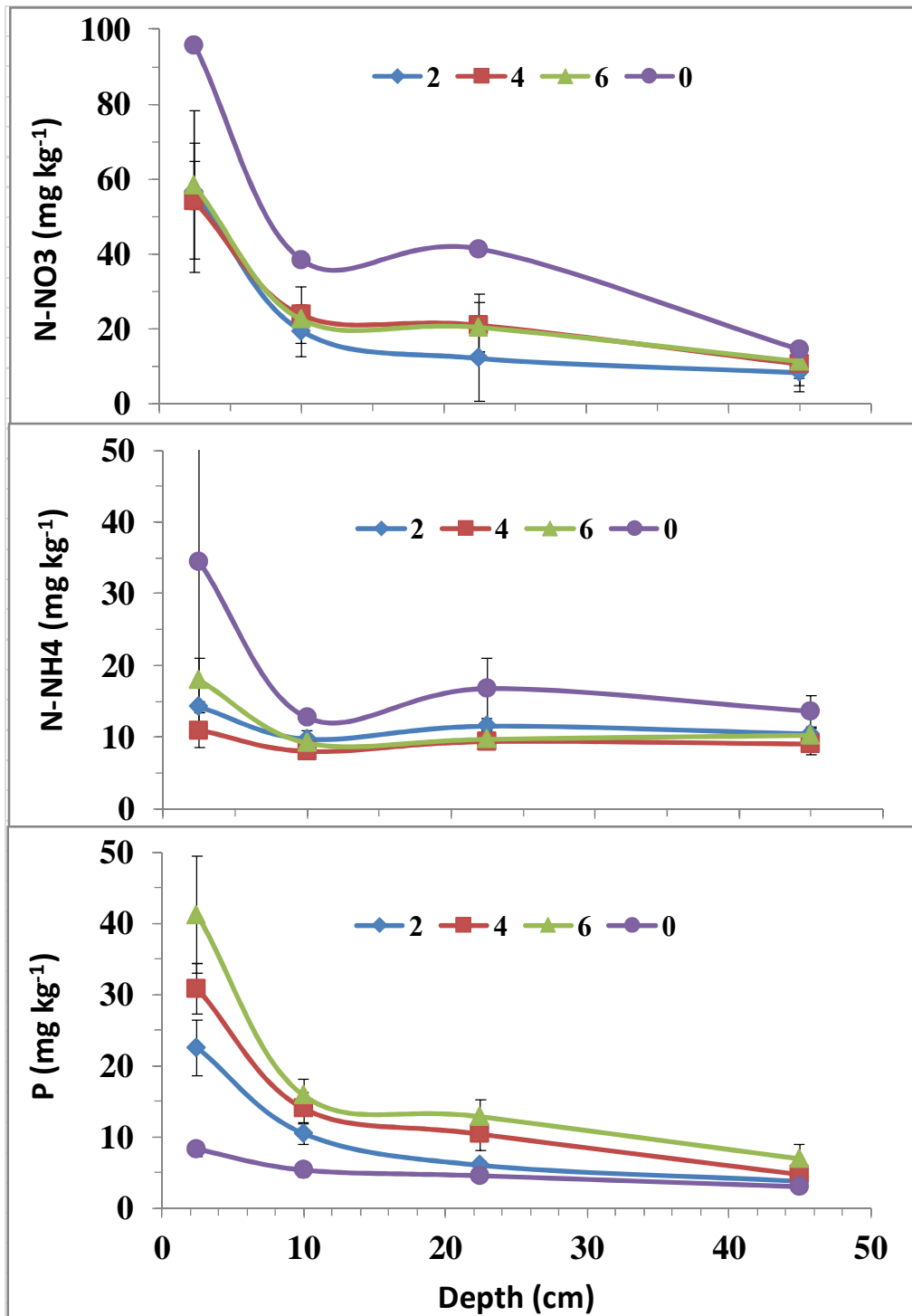
איור 2. נווה יער - חתך של תכונות כימיות נבחרות של הקרקע: חנקן זמין (אמון וחנקה), זרחן זמין ואשלגן מסיס, מרכיבי מליחות (נתרן, כלור ו-EC) ו-pH. הדיגום בוצע ביוני 2011, כשנה וחודשיים לאחר שניתן הפיזור הראשון של קומפוסט לכל החלקות האורגניות (6 מ"ק לדונם), אך טרם הפיזור הדיפרנציאלי הראשון של קומפוסט לפי תוכנית המינונים.



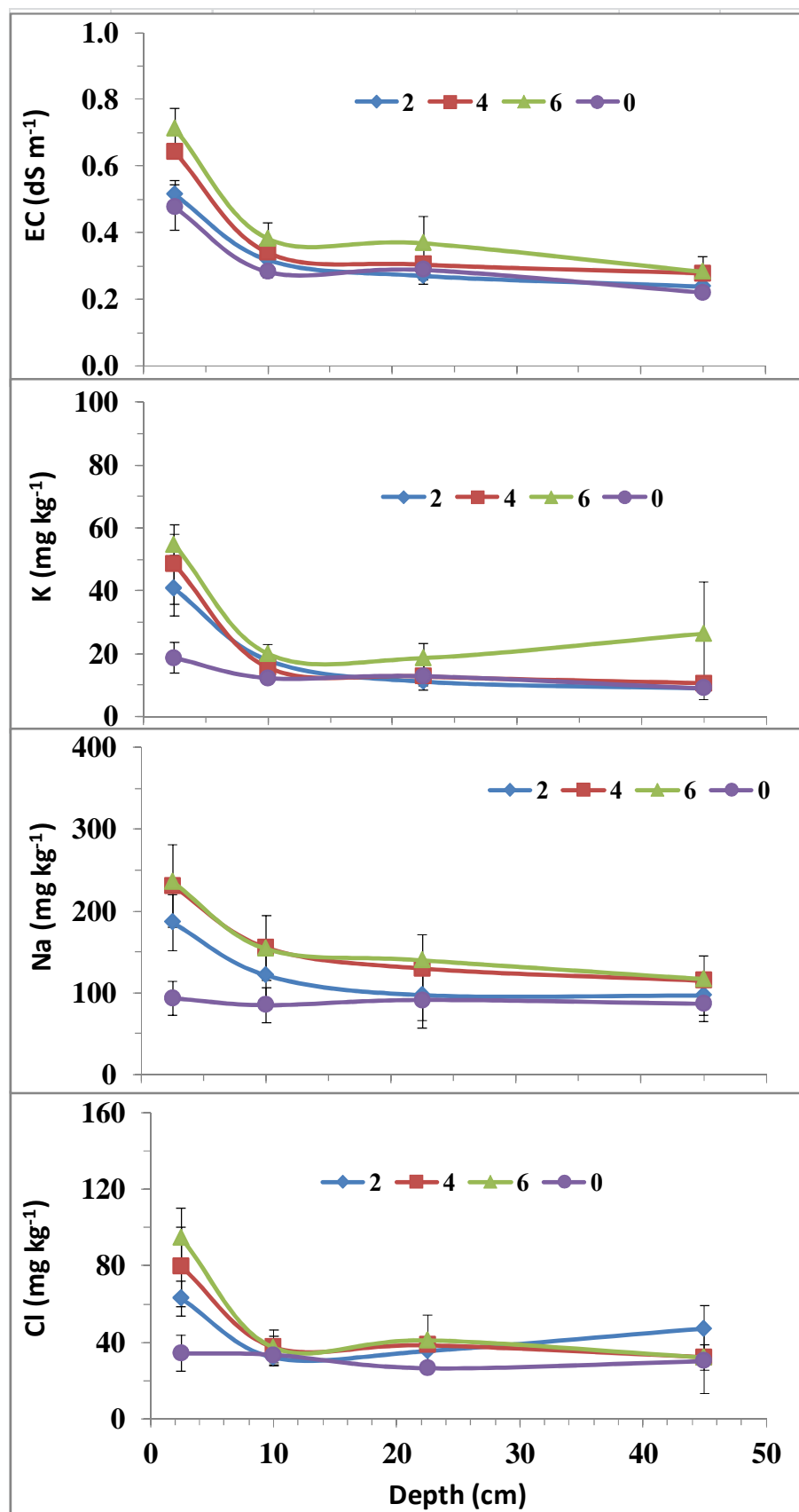
איור 3. זמינות חנקן (אמון וחנקת) במיצוי ב- 1NKCl וזרחן במיצוי אולסן בחתך קרקע גילת, דצמבר 2011.



איור 4. המוליכות החשמלית וריכוזי אשלגן, נתרן וכלור במיצוי מימי (יחס 10:1) של חתך קרקע גילת, דצמבר 2011.

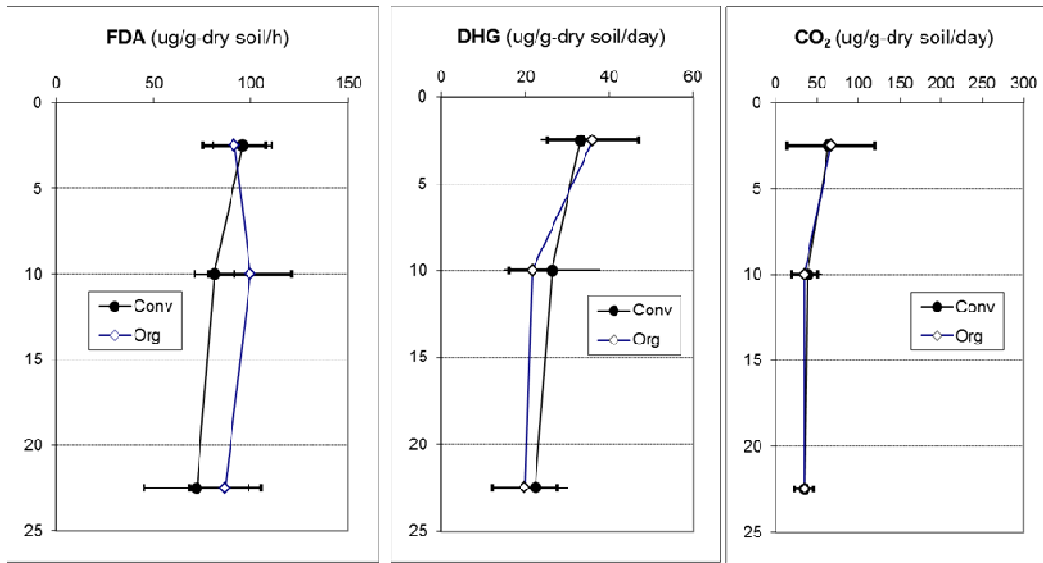


איור 5. זמינות חנקן (אמון וחנקת) במיצוי ב-1NKCl וזרחן במיצוי אולסן בחתך קרקע נווה יער, נובמבר 2011.

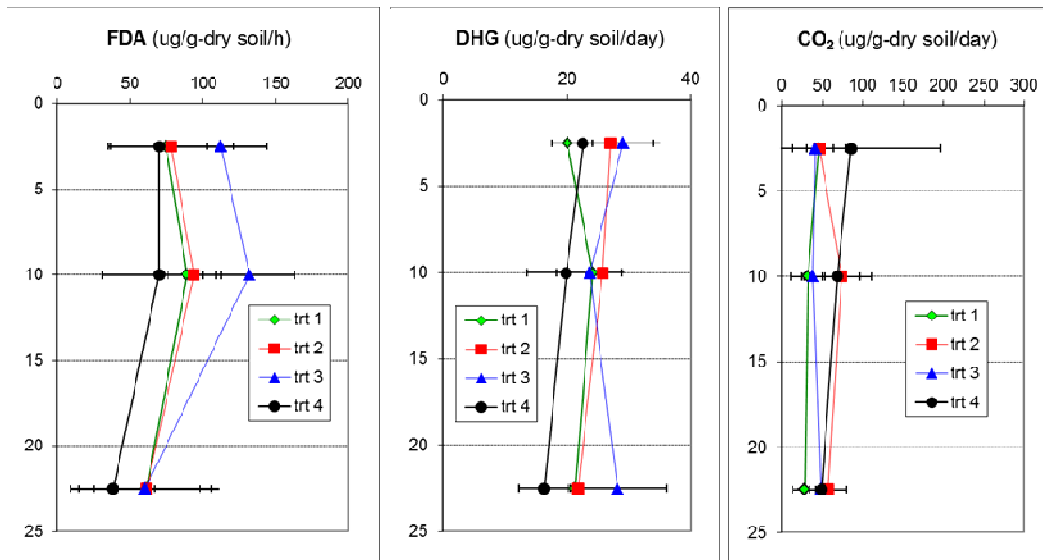


איור 6. המוליכות החשמלית וריכוזי אשלגן, נתרן וכלור במיצוי מימי (יחס 10:1) של חתך קרקע נווה יער, נובמבר 2011.

נוה יער – יוני 2011
דיגום לפני יישום קומפוסט לפי תוכנית המינונים



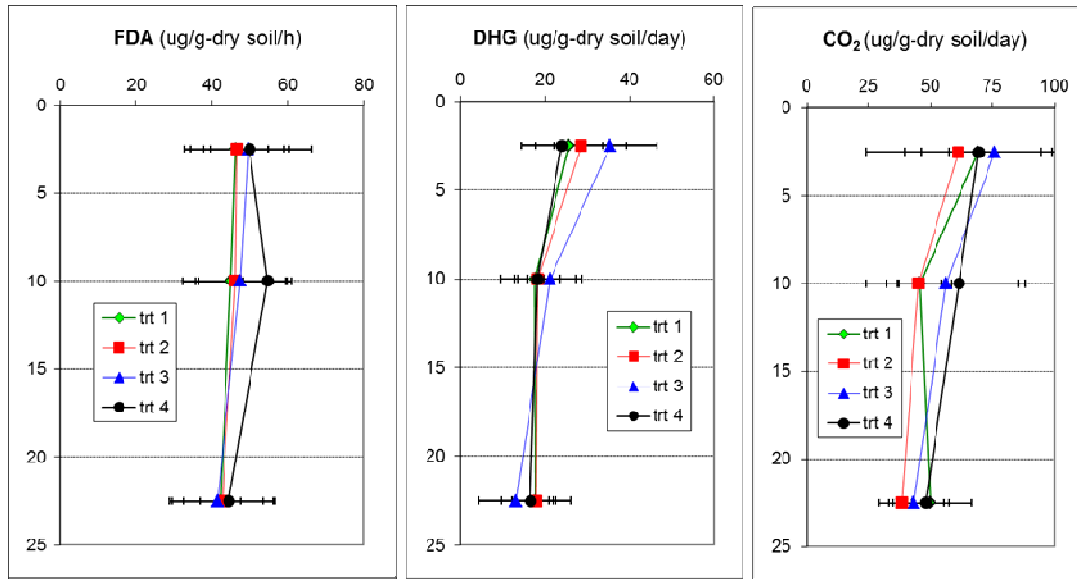
נוה יער – מרץ 2012
דיגום לאחר יישום ראשון של קומפוסט לפי תוכנית המינונים



איור 7. מדדי פעילות מיקרוביאלית בקרקע נוה יער בדיגום אביב 2011 (כשנה לאחר יישום אחד של קומפוסט בכל הטיפולים האורגניים, אך לפני יישום הקומפוסט לפי תוכנית המינונים ולכן ההשוואה היא בין טיפול הביקורת והממוצעים של כל הטיפולים האורגניים) ובאביב 2012 (כשנה לאחר היישום הראשון של קומפוסט לפי תוכנית המינונים). Org – ממשק אורגני. Conv – ממשק קונבנציונלי. טיפול 1 : 2 מ"ק לדומם. טיפול 2 : 4 מ"ק לדונם. טיפול 3 : 6 מ"ק לדונם. טיפול 4 : ביקורת.

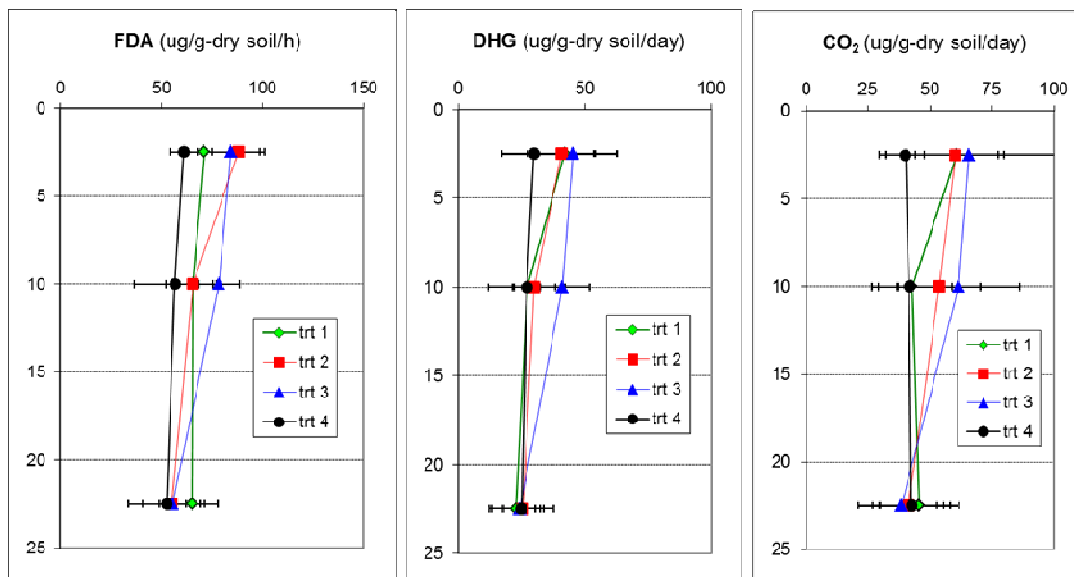
גילת – מאי 2011

דיגום לאחר יישום ראשון של קומפוסט לפי תוכנית המינונים

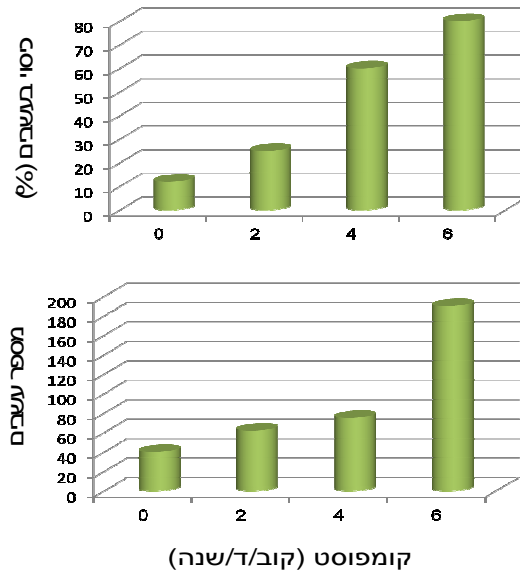


גילת – מאי 2012

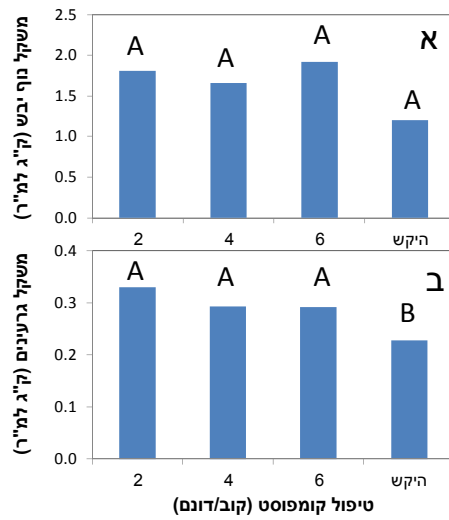
דיגום לאחר יישום שני של קומפוסט לפי תוכנית המינונים



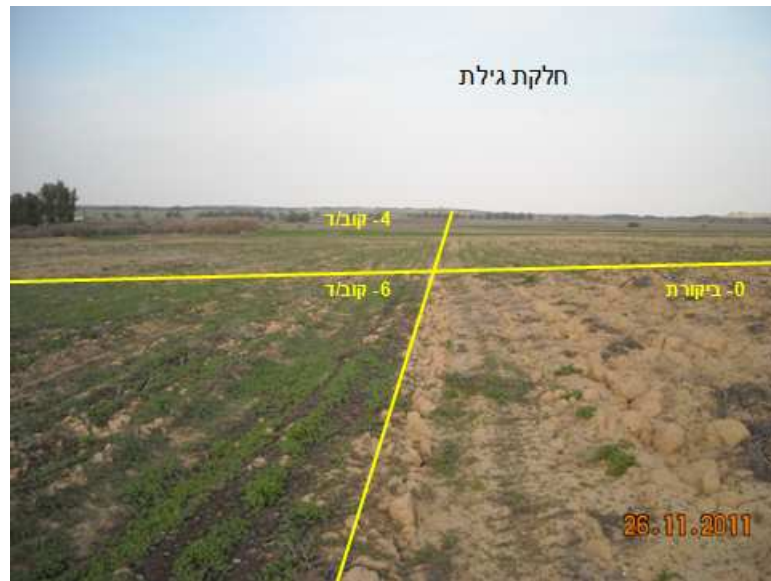
איור 8. מדדי פעילות מיקרוביאלית בקרקע גילת בדיגום אביב 2011 (כ- 10 חודשים לאחר היישום הראשון של קומפוסט לפי תוכנית המינונים) ובאביב 2012 (כ- 7 חודשים לאחר היישום הראשון של קומפוסט לפי תוכנית המינונים). טיפול 1 : 2 מ"ק לדונם. טיפול 2 : 4 מ"ק לדונם. טיפול 3 : 6 מ"ק לדונם. טיפול 4 : ביקורת.



איור 10. השפעת מינון הקומפוסט על מידת הכיסוי בעשבי בר כאחוז מהשטח ועל מספר מיני העשבים (נובמבר 2011, גילת).



איור 11: אתר הניסוי בגילת. משקל ח"י של צמחי חיטה (א) ומשקל גרעינים (ב) כתלות בטיפול יישום קומפוסט. ערכים מיצגים ממוצע של 5 חזרות. אותיות שונות מייצגות הבדל בין הטיפולים במבחן שונות חד גורמי.



תמונה 1: מצב העשבייה בגילת, נובמבר 2011.

נספח טבלאות לדוח המחקר:
מחקר ארוך טווח להבנת השפעת המימשק האורגני על פוריות הקרקע
תכנית מס. 11-0814-256

טבלה 1: אנליזה כימית ובדיקת פעילות ביולוגית של הקומפוסטים שיושמו בגילת ובנווה יער בסתיו 2011 (גילת) ואביב 2012 (נווה יער).

תכונה/אתר	גילת	נווה יער
משקל נפחי (גרם/סמ"ק)	0.57	0.58
חומר אורגני (% משקלי)	36.2	40.0
חנקן כללי (% משקלי)	1.32	1.68
יחס C\N	14.0	16.1
זרחן כללי (% משקלי)	0.98	1.21
אשלגן כללי (% משקלי)	2.26	2.43
במיצוי מימי 1:10		
pH	7.3	7.5
EC (dS m ⁻¹)	7.32	9.20
N-NO ₃ ⁻ (mg l ⁻¹)	4.8	14.0
N-NH ₄ ⁺ (mg l ⁻¹)	40.9	28.0
Ratio N-NO ₃ ⁻ / N-NH ₄ ⁺	0.12	0.50
K ⁺ (mmol _c l ⁻¹)	31.0	37.6
P-PO ₄ ⁺³ (mg l ⁻¹)	97.1	65.4
נשימה (CO ₂ mg/g DW/day)	ל.ג.	0.90
קצב פליטת חום (Joule g ⁻¹ DM/12 h)	ל.ג.	10.3

טבלה 2: תוצאות ניסוי הערכת פוטנציאל הפוריות של הטיפולים השונים בקרקע גילת, קיץ 2011.

טיפול	משקל טרי (גרם/צמח)	משקל יבש (גרם/צמח)	% חמר יבש	גובה ממוצע (ס"מ)
ביקורת (דישון כימי)	23.88 a*	4.57 a	19.1	38.6 a
קומפוסט 2 מ"ק/דונם	29.36 a	5.55 a	18.9	42.2 a
קומפוסט 4 מ"ק/דונם	26.87 a	5.43 a	20.2	41.3 a
קומפוסט 6 מ"ק/דונם	36.37 a	5.86 a	16.1	36.7 a

* אותיות זהות ליד התוצאה מסמנות כי אין הבדל מובהק, סטטיסטית, בין הטיפולים השונים ($P \leq 0.05$).

טבלה 3: תוצאות ניסוי הערכת פוטנציאל הפוריות של הטיפולים השונים בקרקע נווה יער, קיץ 2011.

טיפול	משקל טרי (גרם/צמח)	משקל יבש (גרם/צמח)	% חמר יבש	גובה ממוצע (ס"מ)
ביקורת (דישון כימי)	73.54a*	10.66a	14.5	65.5a
ממוצע טיפולי קומפוסט	75.40a	11.59a	15.4	61.7a

* אותיות זהות ליד התוצאה מסמנות כי אין הבדל מובהק, סטטיסטית, בין הטיפולים השונים ($P \leq 0.05$).

טבלה 4: סיכום נתוני יכול תירס בנווה יער, קיץ 2011. תוצאות קציר מדגמי שבוע ב - 15.9.2011.

טיפול	משקל טרי (ק"ג/מ"ר)	משקל יבש (ק"ג/מ"ר)	% חמר יבש
ביקורת (דישון כימי)	4.8 a*	0.97 a	20
קומפוסט 2 מ"ק/דונם	5.2 a	1.26 a	24
קומפוסט 4 מ"ק/דונם	5.7 a	1.14 a	22
קומפוסט 6 מ"ק/דונם	5.7 a	1.27 a	20

* אותיות זהות ליד התוצאה מסמנות כי אין הבדל מובהק, סטטיסטית, בין הטיפולים השונים ($P \leq 0.05$).

טבלה 5: תכולת חנקן, זרחן ואשלגן (% בחומר יבש) במדגמי התירס, נווה יער, קיץ 2011.

טיפול	N	P	K
ביקורת (דישון כימי)	1.02	0.17	0.98
קומפוסט 2 מ"ק/דונם	0.99	0.19	1.07
קומפוסט 4 מ"ק/דונם	0.90	0.17	1.18
קומפוסט 6 מ"ק/דונם	0.95	0.19	1.12

טבלה 6: יכול יסודות ההזנה העיקריים בגרם למ"ר. מחושב עבור מדגמי תירס נווה יער, קיץ 2011.

טיפול	N	P	K
ביקורת (דישון כימי)	9.9	1.65	9.5
קומפוסט 2 מ"ק/דונם	12.5	2.39	13.5
קומפוסט 4 מ"ק/דונם	10.3	1.94	13.5
קומפוסט 6 מ"ק/דונם	12.1	2.41	14.2