

דו"ח סופי לתכנית מחקר מספר 301-0635-09

## **השפעת השקיה בקולחים ותוספת בוצות שפכים לקרקע על יחסי נגר/סחף/גשם ותנועה עילית של מזהמים אי-אורגניים**

Effect of effluent irrigation on surface and vertical movement of pesticides in soil

מוגש לקרן המדען הראשי של משרד החקלאות, מו"פ קולחים

ע"י:

**מני בן-חור ופנחס פיין** - המכון למדעי הקרקע, המים והסביבה, מנהל המחקר החקלאי, בית דגן

**שמואל ארבל ומשה גטקר** – התחנה לחקר הסחף, משרד החקלאות, רופין

**אברהם זילברמן ואשר איזנקוט** – שירות הדרכה, משרד החקלאות

M. Ben-Hur, and P. Fine – Institute of Soils, Water, and Environmental Sciences, A.R.O.

[meni@volcani.agri.gov.il](mailto:meni@volcani.agri.gov.il)

S. Arbel, M. Gatkr – The Station of Erosion Research, Ministry of Agriculture, Roppin

A. Zilberman, A. Eizenkot - Extension Service, Ministry of Agriculture, P.O.B. 6, Bet Dagan

50250.

מהנדסים: חיים טנאו ולאח לייב

### **תקציר**

מטרת המחקר הנוכחי הייתה ללמוד את השפעת השקיה בקולחים לאחר טיפולים שונים ותוספת בוצות שפכים שונות לקרקע על הנגר, הסחף ותנועה עילית של מזהמים אי-אורגניים. המחקר כלל הרצות במדמה גם של קרקעות חמרה לס וורטיסול לאחר שהושקו בארבע רמות טיפול שונות של קולחים וניסוי בחלקות נגר בשדה בגשמים טבעיים בחורפים 2009-2010, 2010-2011 ו-2011-2012. הטיפולים בניסויי השדה כללו, ביקורת (קרקע ללא תוספת בוצה) ותוספת של שלושה סוגי בוצות שפכים שונות שהוספו בנפרד לקרקע בכמות של 1.5 טון חומר יבש לדונם. ההשקיה בקולחים השונים שינו את ההתכונות ההידראוליות של הקרקעות השונות, וע"י כך כמויות הנגר והסחף השתנו. תוספת הבוצות הקטינה את כמות הנגר והסחף לעומת טיפול הביקורת. הפחיתה הזו נבעה בעיקר מהעלייה ביציבות התלכידים בפני הקרקע שצמצמו את תהליך היווצרות הקרום ואת הירידה בערכי החידור של הקרקע. הקטנה בכמויות הסחף בטיפולי הבוצה מסוג ב' וקומפוסט בוצה נבעה מהפחיתה בכמות הנגר שהתקבלה בטיפולים אלו, שגרמה להקטנה ביכולת ההסעה ובכוחות החתירה של הנגר העילי, ומעלייה ביציבות מבנה תלכיד הקרקע. נמצא במחקר שלתוספת בוצה מסוג ב' או קומפוסט בוצה השפעה מטייבת מבחינת שימור קרקע והקטנה באיבודי מים מהשדה החקלאי כתוצאה מהקטנה בכמויות הנגר העילי. למרות שריכוז חומרי ההזנה במי הנגר עלו כתוצאה מתוספת הבוצות, ההשפעה השלילית לסביבה של תוספת קומפוסט בוצה ובוצה סוג ב' הייתה פחותה מכיוון שכמויות המקוראלמנטים שהוסעו מהשדה החקלאי עם מי הנגר למערכת האקולוגית לא השתנו או פחתו לעומת טיפול הביקורת.

### **הצהרת החוקר הראשי:**

הממצאים בדו"ח זה הינם תוצאות ניסויים. הניסויים מהווים המלצות לחקלאיים: לא

תאריך: 11.8.2011

חתימת החוקר

**1.0. מבוא**

השטחים הפתוחים בארץ מהווים את משטחי ההזנה למילוי חוזר של מי התהום, ואת מישורי הזרימה של הנגר העילי, כאשר השדות החקלאיים מהווים חלק גדול יחסית מכלל השטחים הללו. בעשורים האחרונים, עם הרחבת השימוש בקולחים להשקיה ותוספת בוצות שפכים לקרקע, חלים שינויים כימיים, פיסיקאליים וביולוגיים בקרקע בשטחים החקלאיים. שינויים אלו יכולים לגרום לשינויים משמעותיים ביחסי נגר/סחף/גשם, בתנועה העילית של מזהמים מהשטחים החקלאיים לעבר המערכת האקולוגית, במילוי החוזר של מי התהום ובכמות ובאיכות מקורות המים. מי קולחים מכילים מרכיבים שונים, כגון – מלחים, חומר אורגני מרחף ומסיס, חומרי הזנה, מיקרו-מזהמים (אי-אורגנים ואורגנים) ואוכלוסיות מיקרואורגניזמים מגוונות. כיום, יש מגמה לשדרג את איכות הקולחים ע"י שימש בטכנולוגיות מתקדמות, כגון – סינון של קולחים שניוניים דרך ממברנות עם גדלים שונים, כגון - מיקרו-פילטריציה (MF), אולטרה-פילטריציה (UF) וסינון עד לרמת התפלה בשיטת האוסמוזה ההפוכה (RO).

בוצת שפכים היא ברובה מאסה של חיידקים המוספת לקולחים במכון הטיפול ושאריות של חומרים אורגניים הומיים, מלחים ומזהמים שונים שמקורם מהשפכים המטופלים. מכאן שמציאת פיתרון הרחקה סביבתי לבוצות השפכים הוא חלק אינטגרלי בפרויקט השבת קולחים להשקיה בחקלאות. רשויות איכות הסביבה והחקלאות בארץ מעודדים הוספת בוצת שפכים לאחר טיפול לקרקע חקלאית, מתוך הכרה שהוספה זו מועילה לגידול ומהווה פיתרון הרחקה בטוח וסביבתי לבוצת השפכים. תכולת יסודות-המיקרו, כולל מתכות כבדות, בבוצת שפכים המופקות בישראל היא נמוכה בדרך כלל. עם זאת, זיבול ממושך בבוצת שפכים יכול לגרום להצטברות של יסודות אלו בקרקע, ובאירועי נגר הם יכולים לנוע בתנועה עילית למקורות מים עיליים ולמערכת האקולוגית.

השקיה ממושכת בקולחים ותוספות של בוצה לקרקע יכולות להשפיע על היווצרות נגר עילי וסחף קרקע ולגרום לתנועה עילית של מזהמים בשלושה אופנים עיקריים: (i) השפעה על המבנה והתכונות ההידראוליות של הקרקע; (ii) תוספות של מזהמים לקרקע מהקולחים והבוצה; (iii) שינויים בתנאים הסביבתיים של הקרקע, כגון - בריכוז ובהרכב החומר האורגני המסיס, בערכי ה-pH ובהרכב, בצפיפות ובפעילות של אוכלוסיית המיקרואורגניזמים בקרקע, היכולים לגרום לכך שמזהמים הנמצאים בקרקע באופן טבעי בפאזה המוצקה יעברו לפאזה המימית, וע"י כך תנועתם וזמינותם לצמח תגדל.

**2.0. מטרת המחקר**

המטרה הכללית של המחקר הנוכחי הייתה ללמוד את השפעת השקיה בקולחים ותוספת בוצות שפכים לאחר טיפולים שונים לקרקע על הנגר, הסחף ותנועה עילית של מזהמים אי-אורגניים.

**3.0. פירוט עיקרי הניסויים**

המחקר כלל שני חלקים עיקריים: (i) ניסוי בקרקעות מופרות במדמה גשם ו- (ii) ניסוי שדה בחלקות נגר בגשמים טבעיים.

**3.1. ניסוי במדמה גשם****3.1.1. השקיית הקרקעות בקולחים**

שלושה טיפוסים קרקע, חמרה מאזור השרון (קיבוץ רמת הכובש), לס מבקעת ערד (גד"ש הר חברון) וורטיסול מעמק יזרעאל (מרכז המחקר נווה יער) נלמדו בחלק זה של העבודה (טבלה 1). על מנת לטפל בשלושת טיפוסים הקרקע באתם סוגי קולחים, גידולים, ממשקי השקיה ותנאי אקלים, השקיית הקרקעות השונות בקולחים ברמות טיפול שונות נעשתה באותו שדה בבקעת ערד בחוות גד"ש הר חברון המאופיין באקלים מדברי עם ממוצע גשם רב שנתי של 160 מ"מ וההתאדות שנתית ממוצעת מגיגיות סוג A של 2,300 מ"מ. מכלי פלסטיק ריקים ומחוררים בתחתיתם ובנפח של 50 לי' למיכל הוצנעו בקרקע בסתיו בשדה הניסוי בחוות גד"ש הר חברון. הקרקעות, חמרה, לס וורטיסול נארזו במכלי הפלסטיק, בצפיפות של 1.5, 1.3 ו-1.3 ג'סמ"ק, בהתאמה, כאשר הוקפד שיהיה מגע ישיר בין הקרקע במכלים לבין הקרקע בשדה מתחת למכלים, וגובה פני הקרקע במכלים וגובה פני הקרקע בשדה יהיו דומים. הקרקעות במכלים נזרעו ידנית לעומק של 5 ס"מ בתירס בקיץ ובחיטה בחורף, כמחזור זרעים, למשך ארבע עונות גידול. הקרקעות במכלים הושקו בטפטוף במנה שבועית של 70 מ"מ במשך כל השנה ללא התחשבות בגשם, כאשר מנת השקיה זו אפשרה שטיפה של עודף המלחים מהקרקע. כל טיפוס קרקע הושקה בארבע סוגי קולחים ממכון הטיפול בשפכים של העיר ערד המבוסס על ברכות חמצון מאווררות (קולחים שניוניים, יקרא להלן OP), כאשר קולחים אלה לאחר הטיפול בבריכות החמצון נאגרו במאגר ליטוש (קולחים שיוניים לאחר בריכות ליטוש, יקרא להלן PP). בסמוך למאגר הליטוש נבנה מתקן פיילוט של אוניברסיטת בן-גוריון (פרופ' גדעון אורון) לטיפול במים, שכלל מתקן סינון באולטרא פילטריציה (יקרא להלן UF) ולאחריו מתקן סינון באוסמוזה הפוכה (יקרא להלן RO). השקיה זו של הקרקעות בקולחים ברמות השונות, OP, PP, UF ו-RO, הייתה שלב מקדים למחקר הנוכחי כדי לקבל קרקעות לאחר השקיה ברמות טיפול שונות. הקרקעות השונות לאחר גמר ההשקיה בקולחים עם רמות הטיפול השונות והתייבשותם הוצאו מהמכלים, נכתשו, נופו ונשמרו במחסן להמשך עבודה. תכונות כימיות ופיסיקאליות כלליות של הקולחים השונים והקרקעות לאחר ההשקיה בקולחים אלה מובאים בטבלאות 2 ו-3, בהתאמה.

### 3.1.2. הרצה במדמה גשם

הקרקעות, חמרה, לס וורטיסול, לאחר ההשקיה שלהם בשדה במי הקולחים השונים והניפוי שלהן בנפה בגודל  $> 4$  מ"מ נארזו בצפיפות גושית של 1.4 ג'סמ"ק במגשים באורך של 50 ס"מ ורוחב של 30 ס"מ המחוררים בתחתיתם, הונחו בשיפוע של 9% במדמה גשם. הקרקעות במגשים הורטבו תחילה מלמעלה בקצב הרטבה איטי של 8 מ"מ/שעה ע"י ערפול (טיפות גשם עם אנרגיה קינטית קרובה ל-0) עד להרוויית הקרקע בקירוב. לאחר מכן, הקרקעות הומטרו בסופת גשם של 69.2 מ"מ מים מסונתזים המחקים איכות מי גשם, כאשר תכונות הפיסיקאליות של הגשם היו: עוצמת גשם - 53 מ"מ/שעה, ממוצע קוטר טיפה - 1.9 mm, מהירות נפילת הטיפה -  $6.2 \text{ m s}^{-1}$  ואנרגיה קינטית -  $18.1 \text{ J mm}^{-1} \text{ m}^{-2}$ . כל הטיפולים (שלושת טיפוסים הקרקע וארבעה סוגי הקולחים) נבחנו בארבע חזרות לפחות. במהלך סופות הגשם עם אנרגיית הטיפות הגבוהה, התשטיף שחלחל דרך שכבת הקרקע ומי הנגר נאספו בפרקי זמן שונים במשך סופת הגשם, נפחם נמדד לקביעת ערכי החידור של הקרקע ושיעורי הנגר והסחף, כאשר כמות הסחף נקבעה ע"י יבוש מי הנגר ב-105 מ"צ. בדגימות של מי התשטיף והנגר שנדגמו בזמנים שונים במהלך סופת הגשם, נקבעו ערכי ה-pH וה-EC

וריקוז חומר אורגני מסיס (DOM), מקרו-אלמנטים ( $\text{NH}_4$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{PO}_4$ , K,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ , Ca, Mg, Na), ומיקרו-מזהמים (בורון ומתכות כבדות).

### 3.2. חלקות נגר בתנאי גשם טבעיים

ניסויי שדה נערכו בשני אתרים: (1) בשדה בעל באתר מכון וולקני באזור בית דגן עם מדרון אחיד (שיפוע של 4%~) ומפנה מערבי. (2) שדה בעל בבית הספר התיכון כדורי בגליל התחתון עם מדרון אחיד (שיפוע של 4%~) ומפנה דרומי. תכונות כלליות של הקרקעות בשני אתרי הניסוי מובאים בטבלה 4. הבוצות שנבחנו היו: (1) בוצה מעוכלת איירובית ממט"ש רעננה (תקרא בוצה סוג ב'), (2) קומפוסט בוצה שעברה ייצוב מוקדם בעיכול אל-אווירני מאתר "דלילה" ליד קיבוץ כפר מנחם (תקרא קומפוסט בוצה), (3) בוצה ממט"ש בית שמש שפוסטרה בסיד שמקורו באפר פצלי שמן (תקרא בוצת במ"ס). הבוצה ממט"ש רעננה מוגדרת כבוצה סוג ב' ושתי הבוצות האחרות מוגדרות כבוצה סוג א'. תכונות כלליות של בוצות אלה מוצגות בטבלה 5. בסתיו 2009 הוקמו 12 חלקות טיפול באתר בית דגן, ובסתיו 2010 הוקמו 6 חלקות טיפול בבית ספר כדורי. חלקות הטיפול היו בגודל של 16 מ"ר לחלקה, כאשר במרכז כל חלקת טיפול הוקמה חלקת נגר באורך 2.5 מ', רוחב 2 מ' ושטח כולל של 5 מ"ר. הטיפולים שנבחנו באתר בית דגן היו: ביקורת (קרקע ללא תוספת בוצה) ושלושה סוגי בוצות שפכים שהוספו בנפרד לקרקע בכמות של 1.5 טון חומר יבש לדונם. הוספת הבוצות השונות לקרקע באתר ניסוי זה נעשתה בסתיו 2009 ובסתיו 2010, כאשר אותן סוגי בוצה הוספו לאותן חלקות בשני מועדי ההוספה. לאחר פיזור הבוצות על פני הקרקע בשני המועדים, הבוצות הוצנעו בקרקע באופן ידני ע"י עיבוד השכבה העליונה (0-15 ס"מ) בקלשון. בחלקות הביקורת, פני הקרקע עובדו בקלשון באותם מועדים ובאופן דומה כפי שנעשה בחלקות שטופלו בבוצות השונות. הטיפולים שנבחנו באתר הניסוי בכדורי היו: ביקורת וקומפוסט בוצה, כאשר תוספת הבוצה באתר זה נעשתה רק בסתיו 2011, וכמות הבוצה והצנעתה בקרקע נעשתה כפי שנעשה באתר הניסוי בבית דגן.

בשני אתרי הניסוי, הטיפולים השונים נעשו בשלוש חזרות באקראיות גמורה, ופני הקרקע בחלקות הטיפול נשמרו חשופים מצמחיה ע"י ריסוסם בקוטלי עשבים. כמויות הגשם שירדו באזורי הניסוי נמדדו לאחר כל סופת גשם ע"י מדי גשם זעיר, שמוקמו בהצבה אופקית במרכז אתרי הניסוי. כמויות הנגר נמדדו מכל חלקות הטיפול לאחר כל סופת גשם, ומהם נלקחו דגימות מים למעבדה לקביעת ערכי ה-pH והמוליכות החשמלית (EC) וריקוז פחמן אורגני מסיס (DOC), מקרו-אלמנטים ( $\text{NH}_4$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{PO}_4$ , K) ומיקרו-מזהמים (בורון ומתכות כבדות). דגימות קרקע נלקחו מעומקים ובמועדים שונים ממרכז כל חלקת טיפול בשני אתרי הניסוי. בדגימות אלו נקבעה תכולת החומר האורגני הכללי, הרכב יונים במיצויים שונים וריקוז- $\text{N-NO}_3$ ,  $\text{NH}_4$ -N ו- $\text{P-PO}_4$  זמינים בקרקע.

על מנת לבחון את השפעת טיפולי הבוצה השונים על יציבות מבנה הקרקע, יציבות תלכידים נמדדה בדגימות קרקע שנלקחו מהשכבה 0-5 ס"מ, שבה חל הרס התלכידים והתפתחות הקרום במהלך סופות הגשם, מחלקות הטיפול באביב 2010 מאתר הניסוי בבית דגן ובתחילת הקיץ 2011 משני אתרי הניסוי. מדידת יציבות התלכידים כללה מספר מבחנים לבחינת רגישות הקרקע לתהליכי מיגוג (soil slaking), תפיחה ודיספרסיה. פירוט מבחנים אלו ואופן החישוב של ערכי המיגוג, התפיחה והדיספרסיה מובאים ב-(2).

המיקרוביולוגית בקרקע בחלקות הנגר השונות באתר בית דגן נקבעה ע"י מדידת שטף ה- $\text{CO}_2$  שנפלט מפני הקרקע בזמנים שונים במהלך חורף 2010-2011 לפי השיטה המתוארת ב- (1).

#### 4.0. דיון

##### ניסוי במדמה הגשם

ערכי החידור של קרקע חמרה שהושקתה בקולחים השונים כתלות בכמות הגשם המצטברת עם אנרגיית הטיפות הגבוהה  $18.1 \text{ J mm}^{-1} \text{ m}^{-2}$ , מובאים באיור 1. ערכי החידור של הקרקעות לס ובורטיסול אינם מוצגים עקב תבנית השפעה דומה של הגשם על ערכי החידור בקרקעות אלו. עלייה בכמות הגשם המצטברת הקטינה באופן כללי את ערכי החידור של הקרקע עד להגעה לערכי חידור סופיים (איור 1). ירידה זו בערכי החידור נבעה ממכות טיפות הגשם שגרמו להרס התלכידים בפני הקרקע, לדיספרסיה של החרסית ולהיווצרות קרום בעל צפיפות גבוהה ומוליכות הידראולית נמוכה. ההשקיה בסוגי הקולחים השונים השפיעה באופן שונה על הירידה בערכי החידור, כאשר השפעה זו התבטאה בהבדלים בקצב הירידה בערכי החידור ובערכי חידור סופיים (ערכי חידור שהתקבלו בסוף סופת הגשם) שונים (איור 1).

נגר עילי נוצר כאשר עוצמת הגשם גבוהה מערכי החידור ומהאוגר העיתי של פני הקרקע למים. ערכי החידור הסופיים וכמויות הנגר הכלליות שהתקבלו לכל סופת הגשם בחמרה, בלס ובורטיסול שהושקו בקולחים השונים מובאים באיור 2. ערכי החידור הסופיים בחמרה לכל טיפולי הקולחים השונים היו גבוהים לעומת הערכים שהתקבלו בלס ובורטיסול (איור 2A). מכאן, שהקרומים שהתפתחו בלס ובורטיסול היו בעלי מבנה צפוף יותר ומוליכות הידראולית נמוכה יותר מאשר בחמרה. בחמרה ובורטיסול, ערך החידור הסופי היה הגבוה ביותר וכמות הנגר הכללית הייתה הנמוכה ביותר בטיפול הקולחים OP לעומת טיפולי הקולחים האחרים (איור 2). לעומת זאת, בלס, לא נמצאו הבדלים מובהקים בערכי החידור הסופיים ובכמויות הנגר הכלליות בין טיפולי הקולחים השונים.

כמויות הסחף הכלליות שהתקבלו במהלך כל סופת הגשם בחמרה, בלס ובורטיסול שהושקו בקולחים השונים מובאים באיור 3. כמויות הסחף שהתקבלו בלס בכל טיפולי הקולחים השונים היו גבוהים מאשר בחמרה ובורטיסול (איור 3). בשלושת הקרקעות, כמות הסחף הייתה הנמוכה ביותר בטיפול הקולחים OP והגבוהה ביותר בטיפול UF. השפעה זו של השקיה בקולחים ברמות טיפול שונות על כמויות הנגר (איור 2) והסחף (איור 3) נבעה בעיקר מהשפעת השקיה זו על: (i) תכולת חומר אורגני כללית בקרקע – ריכוז החומר האורגני בקולחים היה גבוה יותר ככל שרמת הטיפול בו הייתה נמוכה יותר (טבלה 2), וכתוצאה מכך חלה, באופן כללי, עליה בתכולת החומר האורגני בקרקעות שהושקו בקולחים ברמות טיפול נמוכות יותר (טבלה 3A). עליה בתכולת החומר האורגני בקרקע הגדילה כנראה את יציבות מבנה הקרקע כפי שניתן לראות מירידה בערכי המיגוג של הקרקעות ככל שרמת הטיפול בקולחים המושקים הייתה נמוכה יותר (טבלה 6). (ii) ניתרון הקרקע - ערכי מנת ספיחת הנתרון (SAR) בקולחים OP, PP ו-UF היו גבוהים יחסית לעומת ערך נמוך יותר בקולחים RO (טבלה 2). כתוצאה מכך, ערכי ה-SAR היו גבוהים ודומים בקרקעות שהושקו ב-OP, PP ו-UF ונמוכים בקרקעות שהושקו ב-RO (טבלה 3A). כפי שנמצא בעבודות רבות אחרות, עלייה בניתרון הקרקע גורמת להחלשה ביציבות מבנה הקרקע ולעלייה ברגישות החרסית בה לעבור דיספרסיה. ניתן לראות שישנה התאמה טובה בין ערכי הדיספרסיה (טבלה 6) לבין כמויות הסחף הכלליות (איור 3) שהתקבלו

בקרקות השונות שהושקו בקולחים השונים. ערכי הדיספרסיה וכמויות הסחף הגבוהים בקרקעות שהושקו ב-UF לעומת הקרקעות שהושקו ב-PP ו-OP (טבלה 6 ואיור 3) נבעו בעיקר מתכולות חומר אורגני נמוכות בקרקעות שהושקו ב-UF לעומת הקרקעות שהושקו ב-PP ו-OP, כאשר ערכי ה-SAR בכל הקרקעות שהושקו בקולחים הללו היו גבוהים (טבלה 3A). כתוצאה מכך, המבנה של הקרקעות שהושקו ב-UF היה בלתי יציב ורגיש לדיספרסיה, שגרמה לערכי דיספרסיה (טבלה 6) וכמויות סחף (איור 3) גבוהים בקרקעות אלו לעומת הקרקעות שהושקו ב-PP ו-OP. ערכי הדיספרסיה וכמויות הסחף הגבוהים בקרקעות שהושקו ב-UF לעומת הקרקעות שהושקו ב-RO נבעו בעיקר מערכי ה-SAR הגבוהים בקרקעות שהושקו ב-UF לעומת הקרקעות שהושקו ב-RO, למרות שתכולת החומר האורגני בקרקעות שהושקו ב-UF הייתה גבוהה מאשר בקרקעות שהושקו ב-RO.

ערכי החידור הסופיים הנמוכים וכמויות הנגר הגבוהים בלס מאשר בחמרה ובורטיסול (איור 2) נבעו בעיקר מערכי ה-SAR (טבלה 3A) והדיספרסיה (טבלה 6) הגבוהים, באופן כללי, בלס לעומת החמרה והורטיסול לכל טיפול קולחים נתון, שגרמו להתפתחות מהירה של קרום צפוף ובעל מוליכות הידראולית נמוכה יחסית בלס במהלך סופות הגשם. במקרה זה, להבדל בתכולת החומר האורגני בקרקע בין טיפולי הקולחים השונים (טבלה 3A) היה כנראה השפעה זניחה על התפתחות הקרום, ערכי החידור הסופיים וכמויות הנגר. לעומת זאת, להבדלים בתכולת החומר האורגני בחמרה ובורטיסול בין טיפולי הקולחים הייתה השפעה על ערכי החידור הסופיים וכמויות הנגר, בעיקר לעלייה בתכולת החומר האורגני בטיפול OP שגרמה לעלייה בערך החידור הסופי ולהקטנה בכמויות הנגר.

ריכוזי חומרי ההזנה ( $\text{NH}_4$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{PO}_4$ , K) והמיקרו אלמנטים במי התשטיף ובמי הנגר העילי בשלושת הקרקעות שהושקו בקולחים השונים היו נמוכים מאוד (תוצאות לש מוצגות). מכאן ניתן להסיק, שהחשש מתנועה לעומק הקרקע ובפני הקרקע כתנועה עילית של מקרו- ומיקרו-אלמנטים במהלך גשמי החורף בקרקעות שהושקו בקיץ בקולחים ברמות טיפול שונות הוא נמוך. כנראה, שתהליכי ניטריפיקציה, דה-ניטריפיקציה, שיקוע וספיחה המתרחשים במרווח הזמן בין ההשקיה בקולחים בקיץ ועד לבוא הגשמים בחורף הקטינו את ריכוזי והתנועה של המקרו- והמיקרו-אלמנטים במהלך הגשמים.

#### **ניסויי שדה**

כמויות הנגר והסחף המצטברות כתלות בכמות הגשם המצטברת בחורף 2010-2011 מובאים באיור 4. תוספת בוצה מסוג ב' וקומפוסט בוצה לקרקע הקטינו באופן מובהק את הנגר העילי והסחף שהתקבלו בחורף זה (איור 4). השפעת הבוצות בהקטנת הנגר והסחף הייתה רבה בתחילת החורף שפחתה עם הזמן, כפי שניתן לראות מהתמתנות שיפוע העקומות באיור. תוצאות דומות התקבלו בחורפים 2009-2010 ו-2011-2012 (תוצאות לא מוצגות). תוספת בוצת קומפוסט הקטינה את כמויות הנגר והסחף גם באתר הניסוי בכדורי בחורף 2010-2011 ו-2011-2012 (תוצאות לא מוצגות), כאשר פחיתה זו בכמויות הנגר והסחף באתר כדורי הייתה, באופן יחסי, רבה יותר מאשר באתר הניסוי בבית דגן.

הנגר השנתי כאחוז מכמות הגשם השנתית ושיעורי הסחף השנתי (כמות הסחף השנתית ליחידת שטח למ"מ גשם) בטיפולי הבוצה השונים בחורפים 2009-2010, 2010-2011 ו-2011-2012 באתר הניסוי בבית דגן מובאים באיור 5. אחוזי הנגר ושיעורי הסחף השנתיים בטיפול הביקורת (ללא תוספת בוצה) היו שונים

בחורפים השונים (איור 5), כאשר הבדלים אלו נבעו כנראה מתכונות גשם שונות בחורפים השונים. הבוצות השונות הפחיתו את אחוז הנגר ושיעורי הסחף השנתיים בשלושת החורפים שנבחנו, כאשר ההשפעה הגדולה ביותר הייתה, באופן כללי, בטיפול של בוצה סוג ב' והקטנה ביותר בטיפול בוצת במ"ס. ההשפעה המשמעותית של הבוצות השונות בהפחתת הנגר העילי וסחף הקרקע גם בחורף 2011-2012, שבו לא הוספו בוצות לקרקע, (איור 5) מורה על כך, שלבוצות יש השפעה על הנגר והסחף גם שנה לאחר הוספתן לקרקע.

הנגר העילי והסחף הנוצרים בקרקעות חשופות בארץ בתנאי גשם נובעים מהרס המבנה של התלכידים בפני הקרקע כתוצאה ממכות טיפות הגשם. לכן יש חשיבות לבחון את השפעת טיפולי הבוצות השונות על יציבות התלכידים. על מנת לבחון את השפעת תוספת הבוצות השונות על יציבות התלכידים בפני הקרקע, מבחני דיספרסיה, תפיחה ומיגוג נעשו בדגימות קרקע שנלקחו בעומק של 0-5 ס"מ מחלקות הנגר השונות. ערכי הדיספרסיה של כל דגימות הקרקע, שנלקחו מהטיפולים השונים, היו נמוכים יחסית, ולא נמצאו הבדלים מובהקים בערכים אלו בין טיפולי הבוצה השונים והביקורת (תוצאות לא מוצגות). דבר דומה נמצא לגבי השפעת הבוצות על ערכי התפיחה של הקרקע (תוצאות לא מוצגות). ערכי הדיספרסיה והתפיחה הנמוכים שהתקבלו בטיפולים השונים נבעו בעיקר מתכולת החרסית הנמוכה ומערכי ESP נמוכים (>1.8%) בדגימות הקרקע שנבחנו (טבלה 5), כאשר הוספת הבוצות לקרקע לא העלתה את ערכי ה-ESP.

ערכים של קוטר ממוצע משוקלל (*MWD*) של תלכידים שנדגמו משכבת קרקע העליונה (0-2 ס"מ) בחלקות הנגר עם טיפולי הבוצה השונים והביקורת לאחר הרטבה מהירה ואיטית וערכי המיגוג (*SLV*) שלהם מובאים (באיור 6) עבור הדגימה שנעשתה מאתר בית דגן באביב 2010. ערכי מיגוג גבוהים מציינים רגישות גבוהה של הקרקע להרס תלכידים כתוצאה מכוחות המיגוג. בכל הטיפולים, ערכי ה-*MWD* בהרטבה מהירה היו נמוכים באופן מובהק מאשר בהרטבה איטית (איור 6). ערכי המיגוג בטיפולים ביקורת ובמ"ס היו גבוהים, 4.7 ו-4.58, בהתאמה, ונמוכים יותר, 3.1 ו-2.46, בטיפולים קומפוסט בוצה ובוצה סוג ב', בהתאמה (איור 6). מכאן, שתוספת הבוצות השונות לקרקע גרמו לייצוב התלכידים כנגד כוחות המיגוג, כאשר הייצוב הרב ביותר הייה בטיפול של בוצה סוג ב'.

תכולות החומר האורגני הכללי בקרקעות שנדגמו מעומקים ובמועדים שונים מחלקות הנגר עם טיפולי הבוצה השונים באתר הניסוי בבית דגן מובאים באיור 7. תוספת הבוצות השונות העלתה את תכולת החומר האורגני בשכבת הקרקע העליונה (0-2 ס"מ) לעומת טיפול הביקורת, כאשר העלייה הגדולה ביותר הייתה בטיפול של קומפוסט בוצה, והקטנה ביותר בטיפול במ"ס (איור 7). סביר להניח, שהבדלים אלו בתכולת החומר האורגני בקרקע לאחר הוספת הבוצות השונות נבעו מהתכולה השונה של החומר האורגני בבוצות עצמן ומרמת הייצוב שלו. תכולת החומר האורגני בבוצה מסוג ב', בבמ"ס ובקומפוסט בוצה הייתה 78.2%, 11.3% ו-44.7% (טבלה 5). תכולת החומר האורגני הנמוכה בשכבת הקרקע העליונה לאחר הוספת הבמ"ס (איור 7) נבעה בעיקר מתכולת החומר האורגני הנמוכה בבוצה זו. תכולת החומר האורגני הנמוכה יותר בקומפוסט בוצה מאשר בבוצה מסוג ב' (טבלה 5) נבעה בעיקר מפירוק החומר האורגני הפחות יציב בקומפוסט בוצה במהלך הקומפוסטציה. לכן, עם הוספת בוצה סוג ב' לקרקע חל פירוק רב ומהיר של החומר האורגני הלא יציב שמקורו מהבוצה, וכתוצאה מכך תכולת החומר האורגני השאריתית בשכבת הקרקע העליונה במקרה זה הייתה נמוכה יחסית (איור 7). הוספת קומפוסט בוצה עם חומר אורגני יציב לקרקע, לעומת זאת, גרמה לעלייה רבה יותר בתכולת החומר האורגני בקרקע (איור 7). עלייה זו בתכולת

החומר האורגני בשכבת הקרקע כתוצאה מהוספת הבוצות גרמה, כנראה, לעלייה בפעילות המיקרואורגניזמים בשכבת הקרקע העליונה שגרמה לשחרור מוגבר של פוליסכרידים טבעיים לקרקע. פוליסכרידים הינם מולקולות אורגניות גדולות יחסית ובעלות קבוצות פונקציונאליות שיכולות להיות בעלות מטען חשמלי שונה. מולקולות אלו יכולות להיספח לחלקיקי הקרקע בתלכידים ולייצב את המבנה שלהם.

ערכי שטף ה- $CO_2$  שהשתחרר מהקרקע בטיפול הבוצה השונים כולל טיפול הביקורת כתולדות בזמן המדידה לאחר הרטבת הקרקע מובאים באיור 8. מדידות אלו של ה- $CO_2$  נעשו במאי 2010 באתר הניסוי בבית דגן. עקב סיבה טכנית, מדידת שטף ה- $CO_2$  בטיפול במ"ס בתאריך המדידה הראשון לא נקבע, ולכן הוא אינו מוצג באיור. בכל הטיפולים, ערכי שטף ה- $CO_2$  היו גבוהים ביום המדידה הראשון, שירדו עם הזמן כתוצאה מהתייבשות הקרקע (איור 8). ערכים נמוכים שהתקבלו בטיפול הביקורת (איור 8) מורים על פעילות מועטה של מיקרואורגניזמים בקרקע בטיפול זה. לעומת זאת, הערכים בטיפולי הבוצות השונות היו גבוהים יותר מאשר בטיפול הביקורת, כאשר הערכים הגבוהים ביותר התקבלו בטיפול של בוצה מסוג ב' (איור 8). תוצאות אלו מורות על פעילות מוגברת של מיקרואורגניזמים בקרקע כתוצאה מהוספת הבוצות, כאשר הפעילות הגבוהה ביותר הייתה בטיפול בוצה מסוג ב'. פעילות זו של המיקרואורגניזמים בקרקע בטיפולי הבוצה השונים והביקורת (איור 8) תואמים את השפעת הבוצות השונות במניעת נגר וסחף (איורים 4 ו-5) ובהגדלת יציבות התלכידים כנגד כוחות המיגוג (איור 6).

תוספת הבוצות השונות העלו את ריכוז חומרי ההזנה  $NH_4$ ,  $NO_3$ ,  $PO_4$ , K בשכבת הקרקע העליונה (איור 9). עלייה זו בחומרי ההזנה בשכבת הקרקע העליונה גרמה לעלייה משמעותית בריכוזם במי הנגר בשלושת החורפים 2009-2010, 2010-2011 ו-2011-2012, כאשר העלייה הגבוהה ביותר הייתה בתוספת בוצה סוג ב' לקרקע (איור 10). אולם, חישוב הכמות של יסודות ההזנה שזרמו מחוץ לחלקות הנגר הראה, שכמותם הייתה פחותה בטיפולים של בוצה סוג ב' וקומפוסט בוצה מאשר בביקורת. דבר שנבע מהקטנת כמות הנגר בטיפולי בוצה אלו. ריכוז יסודות המיקרו בנגר בכל טיפולי הבוצה השונים היו נמוכים ולא גבוהים באופן מובהק מריכוזם בנגר בטיפול הביקורת.



טבלה 1 : תכונות כלליות של הקרקעות שנבחנו במדמה גשם לפני השקיה בקולחים. המספרים בסוגריים מציינים סטיית תקן אחת.

מיצוי עיסה רוויה			חומר אורגני	תכולת גיר	הרכב מכני			טיפוס קרקע
DOC	EC	pH			חול	סילט	חרסית	
מ"ג/לי	dS/m		גר/ק"ג	-----%				
42	0.3	7.7	1.3 (0.8)	~0	84	3	13	חמרה
62	2.2	8.2	8.4 (0.4)	26 (0.5)	50	20	30	לס
86	0.8	7.9	31 (0.5)	21 (1)	20	12	68	ורטיסול

טבלה 2 : איכות ממוצעת של מי הקולחים לאחר רמות טיפול שונות. המספרים בסוגריים מציינים סטיית תקן אחת.

TSS	TOC	K	P-PO <sub>4</sub>	N-NH <sub>4</sub>	N-NO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	EC	SAR	טיפול
----- מ"ג/לי		מא"ק/לי	----- מ"ג/לי			מא"ק/לי		dS/m		
90 (29)	140 (30)	1.3 (0.5)	7.3 (9.8)	41 (12)	~0	12.3 (3.0)	7.4 (1.4)	2.0 (0.2)	6.0 (1.2)	ברכות חמצון
9.2 (9.2)	92 (35)	1.0 (0.4)	8.7 (6.1)	30 (9)	0.4 (0.8)	12.3 (2.6)	7.5 (1.7)	2.0 (0.4)	6.0 (1.5)	ברכות ליטוש
5.3 (0.5)	34 (24)	1.1 (0.4)	4.1 (2.6)	28 (11)	2.2 (5.0)	11.1 (1.9)	6.8 (1.4)	1.8 (0.2)	5.5 (0.9)	אולטרה פילטרציה
~0	5.0 (1.6)	0.1 (0.1)	0.1 (0.2)	3.9 (2.7)	1.7 (2.3)	2.2 (2.6)	0.7 (0.4)	0.2 (0.1)	2.3 (1.1)	אוסמוזה הפוכה

טבלה 3 : תכונות הקרקע השונות לאחר השקיה בקולחים ברמות טיפול שונות

(A)

מנת ספיחת הנתרן (SAR) במי התשטיף*				תכולת חומר אורגני בקרקע				טיפוס קרקע
RO	UF	PP	OP	RO	UF	PP	OP	
----- מ"ג/לי ----- ---				----- גר"/ק"ג ----- ---				
1.6	3.1	3.1	2.4	2.8 (1.3)	5.1 (1.9)	8.7 (4)	7.1 (1.9)	חמרה
1.6		4.1	5.3	13.2 (1.4)	13.7 (3.5)	15.3 (2.3)	17.7 (2.9)	לס
1.4	3.7	3.6	4.3	25.3 (2.4)	25.5 (3.5)	35.1 (5.3)	33 (1.9)	ורטיסול

(B)

ערכי מוליכות חשמלית במיצוי מימי ביחס 1/3.3 מיס/קרקע				ערכי pH במיצוי מימי ביחס 1/3.3 מיס/קרקע				טיפוס קרקע
RO	UF	PP	OP	RO	UF	PP	OP	
----- מ"ג/לי ----- ---				----- % ----- ---				
0.24 (0.03)	0.19 (0.07)	0.32 (0.16)	0.19 (0.01)	6.9 (0.3)	8.3 (0.4)	7.8 (0.2)	7.7 (0.1)	חמרה
0.46 (0.02)	0.44 (0.09)	0.43 (0.01)	0.35 (0.05)	7.8 (0.07)	8.5 (0.08)	8.2 (0.01)	8.5 (0.1)	לס
0.41 (0.02)	0.42 (0.11)	0.4 (0.07)	0.35 (0.05)	7.6 (0.09)	8.0 (0.2)	8.0 (0.2)	8.2 (0.07)	ורטיסול

\* נמדד כערך ממוצע במי התשטיף שהתנקז מהקרקע במהלך סופת הגשם.

טבלה 4 : אנליזה מכאנית, תכולת גיר וחומר אורגני ואחוז נתרן ספוח (ESP) בקרקעות שנלמדו בניסויי השדה

ESP	תכולת חומר אורגני	תכולת גיר	הרכב מכני			אתר הניסוי
			חול	סילט	חרסית	

----- % -----						
0.8	0.7	1>	82	2	16	בית דגן
0.5	2.7	21.1	55	18	27	כדורי

טבלה 5 : תכונות כלליות של הבוצות השונות שנלמדו בניסויי השדה.

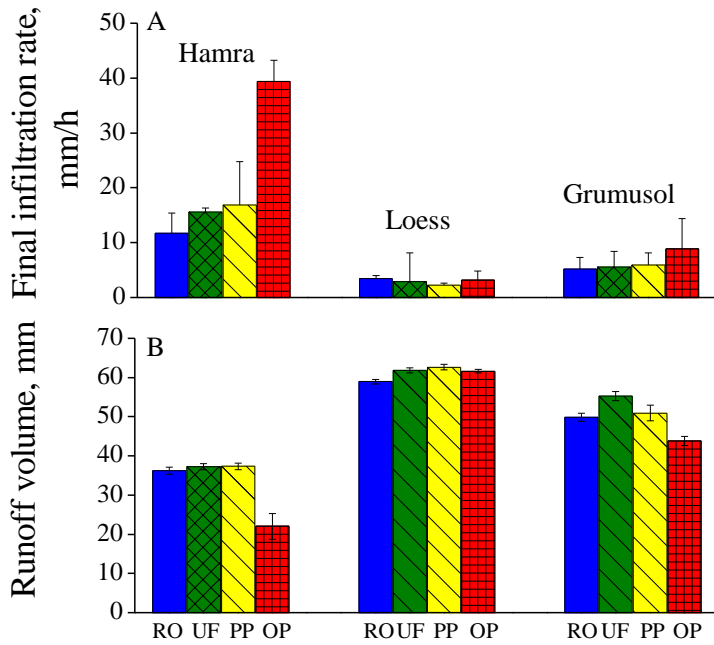
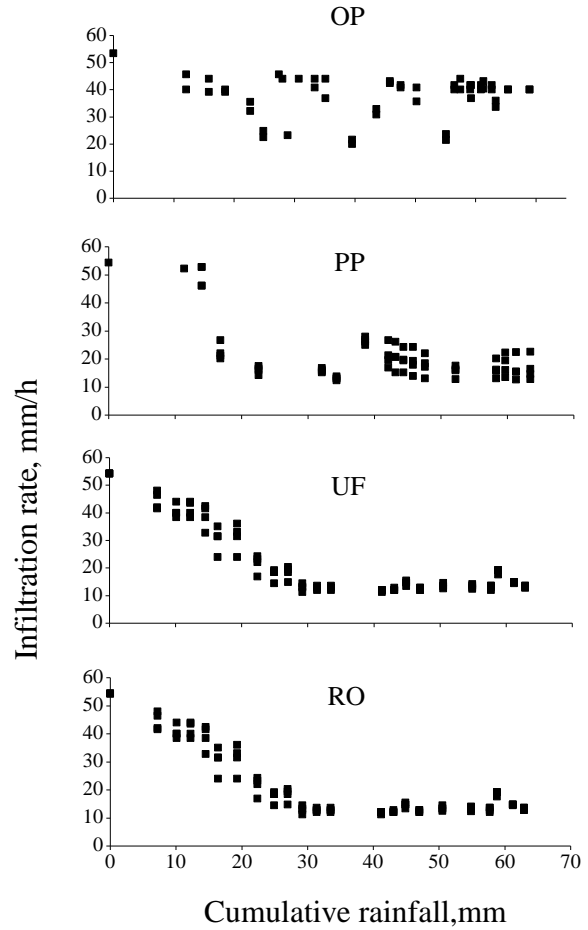
*מוליכות חשמלית	pH*	תכולת גיר	תכולת חומר אורגני	תכולת רטיבות	סוג בוצה
dS/m					
1.8	6.85	3.6	78.2	85.3	בוצה סוג ב'
4.8	8.11	11.1	44.7	36.2	קומפוסט בוצה
9.7	12.48	23.9	11.3	29.1	בוצה מטופלת בסיד

\*מיצוי מימי עם יחס מוצק/נוזל של 5/1

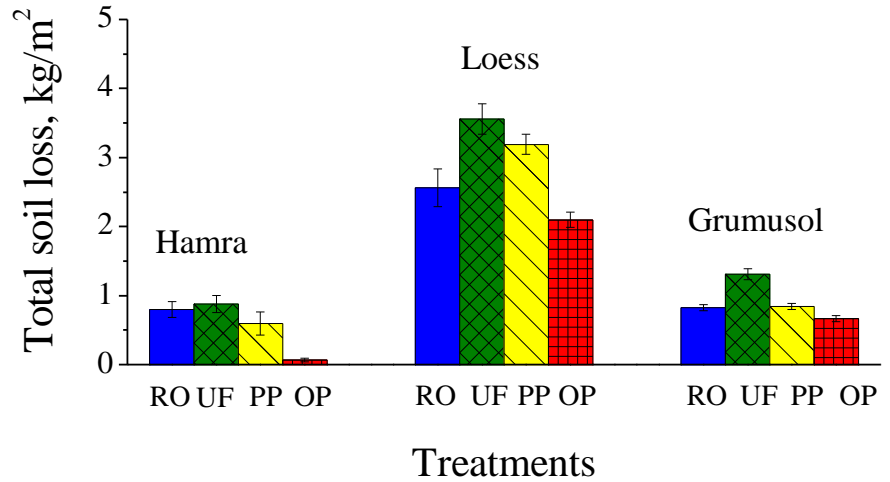
טבלה 6

ערכי דיספרסיה			ערכי מיגוג			טיפול הקולחים
ורטיסול	לס	חמרה	ורטיסול	לס	חמרה	
2.9	5.9	2.2	5.2	5.7	2.8	ברכות חמצון
3.4	10.0	2.5	4.8	4.1	2.7	ברכות ליטוש
6.3	17.8	8.3	2.8	2.6	1.3	אולטרה פילטרציה
3.2	4.4	6.5	1.5	2.1	1.35	אוסמוזה הפוכה

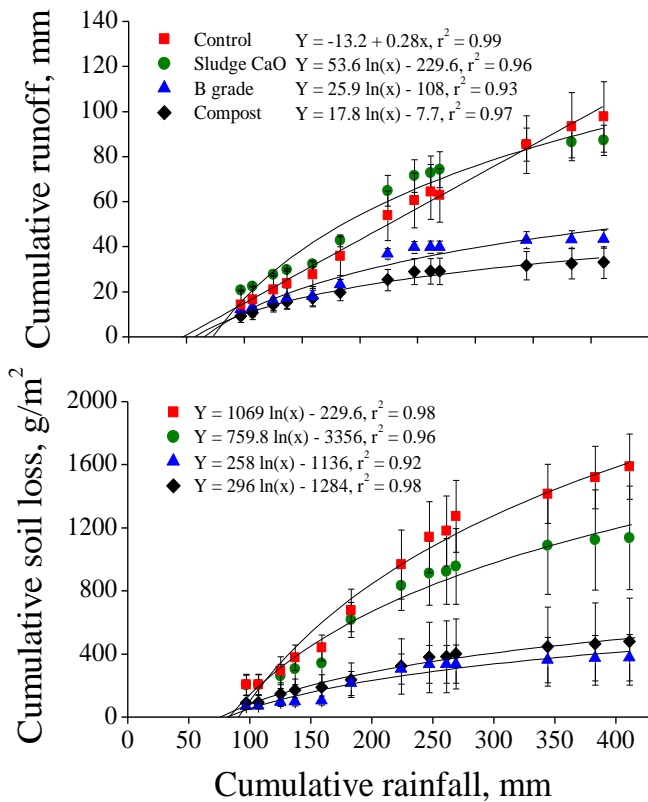
**איור 1:** ערכי חידור של קרקע חמרה כתלות בכמות הגשם המצטברת עבור טיפולי קולחים שונים, קולחים לאחר טיפול בריכות חימצון (OP), קולחים לאחר טיפול בבריכות ליטוש (PP), קולחים לאחר טיפול באולטרא-פילטריה (UF) וקולחים לאחר טיפול באוסמוזה הפוכה (RO).



**איור 2:** ערכי חידור סופיים וכמויות נגר כלליות בקרקעות חמרה, לס וורטיסול (Grumusol) עבור טיפולי קולחים שונים, קולחים לאחר טיפול בריכות חימצון (OP), קולחים לאחר טיפול בבריכות ליטוש (PP), קולחים לאחר טיפול באולטרא פילטריה (UF) וקולחים לאחר טיפול באוסמוזה הפוכה (RO). הקווים האנכיים בראש העמודות מציינים שתי שגיאות תקן.

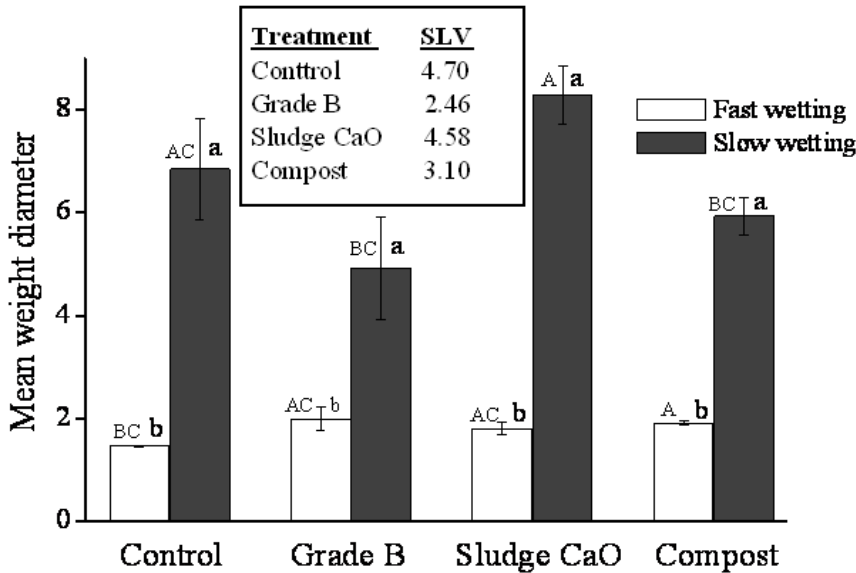
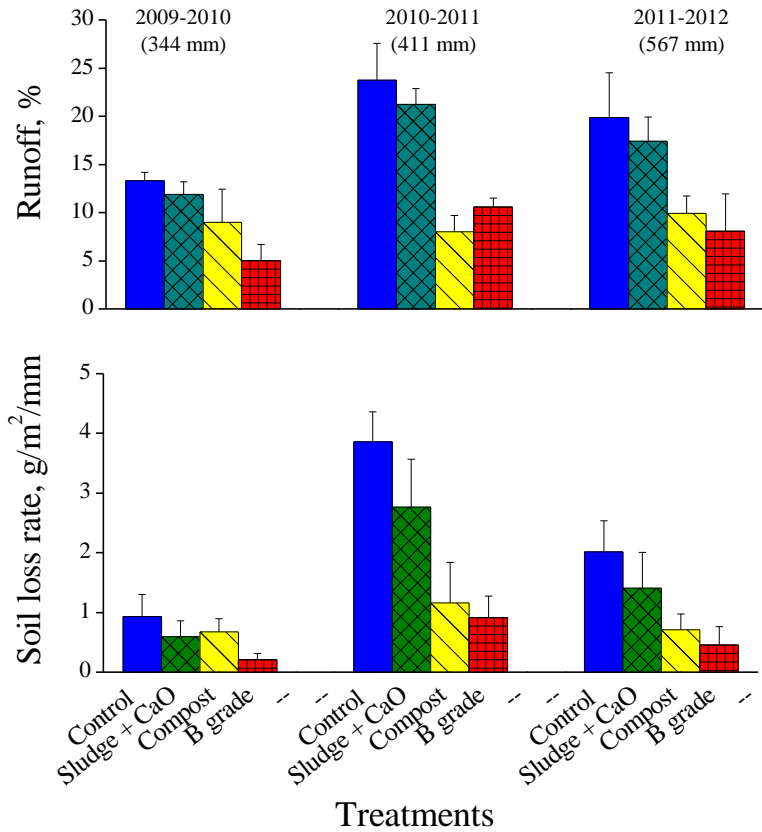


**איור 3:** כמויות סחף כלליות בקרקעות, חמרה, לס וורטיסול (Grumusol) עבור טיפולי קולחים שונים, קולחים לאחר טיפול בבריכות חימצון (OP), קולחים לאחר טיפול בבריכות ליטוש (PP), קולחים לאחר טיפול באולטרא פילטרציה (UF) וקולחים לאחר טיפול באוסמוזה הפוכה (RO). הקווים האנכיים בראש העמודות מציינים שתי שגיאות תקן.

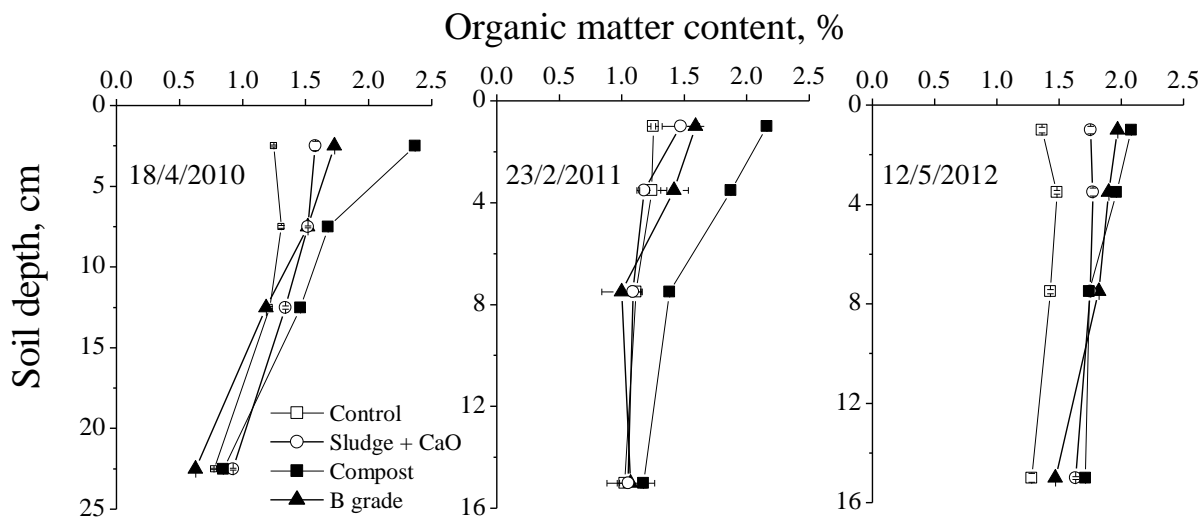


**איור 4:** כמויות נגר עילי וסחף קרקע כתלות בכמות הגשם המצטברת בחורף 2010-2011 בטיפולים, ביקורת (Control), בוצה סוג ב' (Grade B), בוצה במ"ס (Sludge CaO) ובוצה קומפוסט (Compost) באתר הניסוי בבית דגן. הקווים האנכיים מציינים שתי שגיאות תקן.

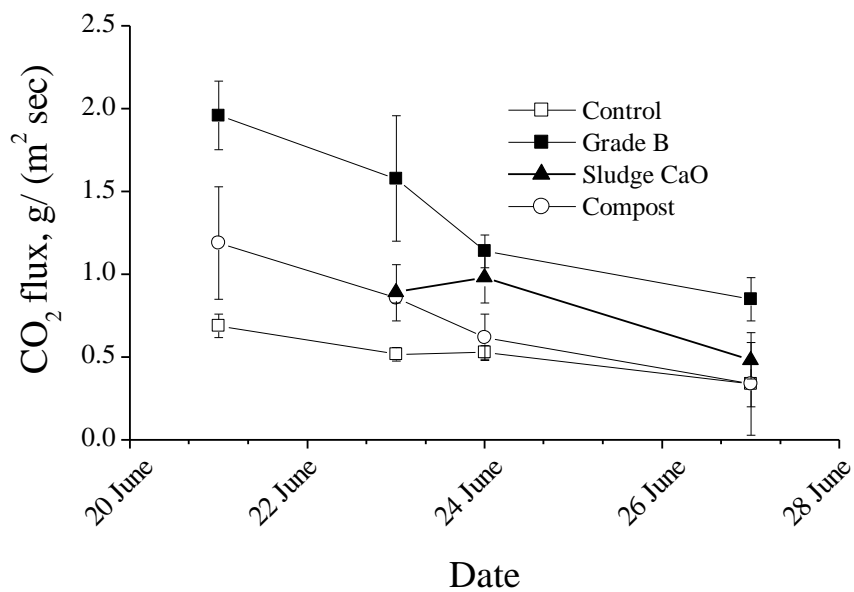
**איור 5:** הנגר השנתי כאחוז מכמות הגשם השנתית ושיעורי הסחף השנתי (כמות הסחף השנתית ליחידת שטח למ"מ גשם) בחורפים 2009-2010, 2010-2011 ו- 2011-2012 באתר הניסוי בבית דגן עבור הטיפולים, ביקורת (Control), בוצה סוג ב' (Grade B), ובוצה קומפוסט (Sludge CaO) והקווים האנכיים מציינים שתי שגיאות תקן.



**איור 6:** ערכי קוטר ממוצע משוקלל ( $MWD$ ) של תלכודי הקרקעות בטיפולים, ביקורת (Control), בוצה סוג ב' (Grade B), ובוצה קומפוסט (Compost), לאחר הרטבה מהירה ואיטית, וערכי המיגוג ( $SLV$ ) שלהם. הקווים האנכיים מציינים שתי שגיאות תקן. אותיות גדולות או קטנות שונות בראש העמודות מציינים הבדלים מובהקים ( $\alpha = 0.05$ ) בין הטיפולים השונים לכל שיעור הרטבה נתון ובין שיעורי ההרטבה לכל טיפול בוצה וביקורת נתון, בהתאמה.

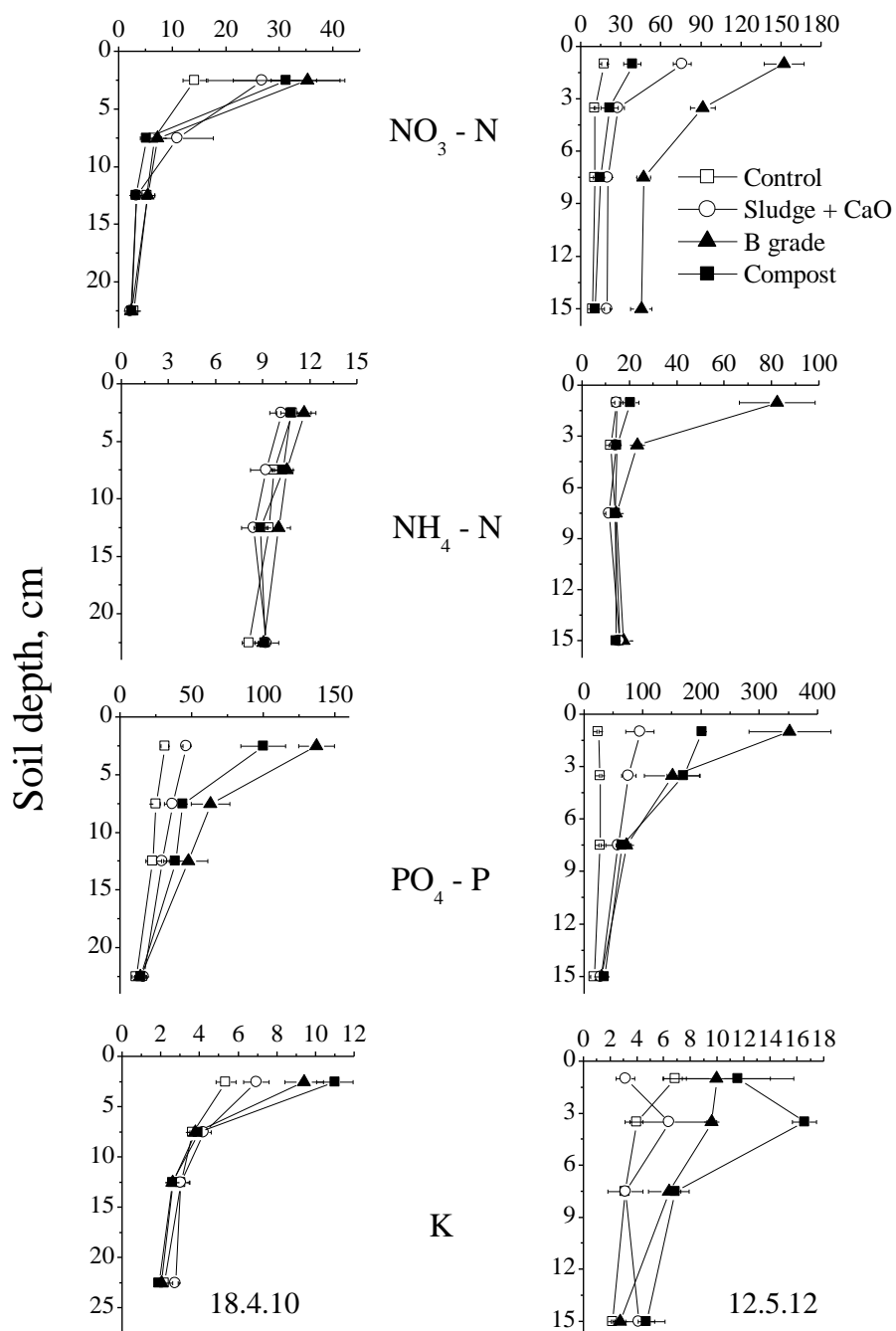


**איור 7:** תכולת חומר אורגני כללי בעומקים שונים בקרקע בתאריכי דגימה שונים באתר בבית דגן עבור הטיפולים עבור הטיפולים, ביקורת (Control), בוצה סוג ב' (Grade B), בוצה במ"ס (Sludge CaO) ובוצה קומפוסט (Compost). הקווים האופקיים מציינים שתי שגיאות תקן.



**איור 8:** שתף CO<sub>2</sub> מפני הקרקע בטיפולים, ביקורת (Control), בוצה סוג ב' (Grade B), בוצה במ"ס (Sludge CaO) ובוצה קומפוסט (Compost) בזמני מדידה שונים. הקווים האנכיים מציינים שתי שגיאות תקן.

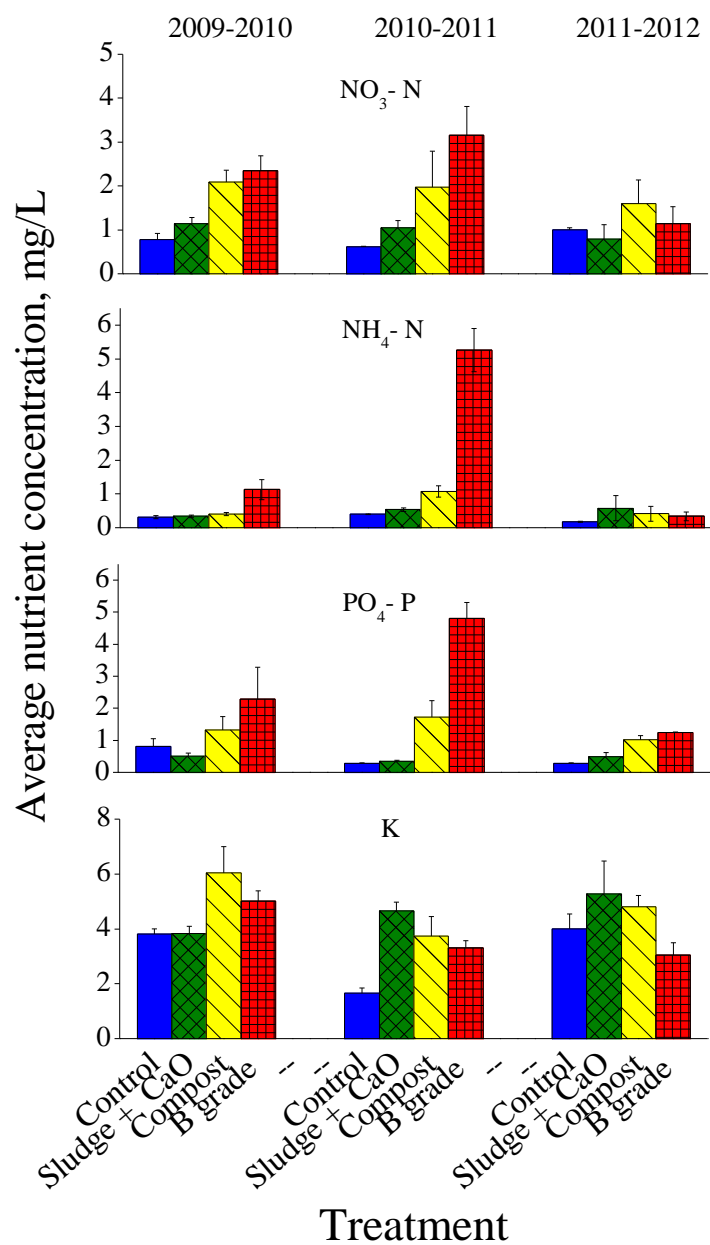
## Nutrient concentration, mg/kg



**איור 9:** ריכוזים זמינים של חומרי הזנה,  $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{NH}_4\text{-N}$ ,  $\text{PO}_4\text{-P}$  ו- K בעומקים שונים בקרקע בתאריכי דגימה שונים באתר בבית דגן עבור הטיפולים, ביקורת (Control), בוצה סוג ב' (Grade B), בוצת במ"ס (Sludge CaO) ובוצת קומפוסט (Compost). הקווים האופקיים מציינים שתי שגיאות תקן.



**איור 10:** ריכוזים ממוצעים של חומרי הזנה  $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{NH}_4\text{-N}$ ,  $\text{PO}_4\text{-P}$  ו- $\text{K}$  במי הנגר בחורפים 2009-2010, 2010-2011 ו-2011-2012 באתר בית דגן עבור הטיפולים, ביקורת (Control), בוצה (Sludge) סוג ב' (Grade B), בוצה במ"ס (Compost) ו- $\text{CaO}$  בוצה קומפוסט. הקווים האנכיים בראשי העמודות מציגים שגיאות תקן.



### סיכום עם שאלות מנחות

נא להתייחס לכל השאלות בקצרה ולעניין, ב-3 עד 4 שורות לכל שאלה (לא תובא בחשבון חריגה מגבולות המסגרת המודפסת). שיתוף הפעולה שלך יסייע לתהליך ההערכה של תוצאות המחקר.  
**הערה:** נא לציין הפנייה לדו"ח אם נכללו בו נקודות נוספות לאלה שבסיכום.

<b>מטרות המחקר תוך התייחסות לתוכנית העבודה:</b>
המטרה הכללית של המחקר הנוכחי הייתה ללמוד ולקבוע את השפעת השקיה בקולחים ותוספת בוצות שפכים לקרקע על הנגר, הסחף ותנועה עילית של מזהמים אי-אורגניים.
<b>עיקרי הניסויים והתוצאות:</b> המחקר כלל שני חלקים עיקריים: (i) ניסויי במדמה גשם בחמרה, לס וורטיסול לאחר שהקרקעות הושקו בקולחים ברמות טיפול שונות, מבריכות חימצון ועד אוסמוזה הפוכה ו- (ii) ניסויי שדה בחלקות נגר. חלקות נגר הוקמו בשדה בעל ובהם נבחנו הטיפולים ביקרות, תוספת בוצה סוג ב', בוצת קומפוסט ובוצה בתוספת סיד. כמויות נגר וסחף במהלך חורפים, 2009-2010, 2010-2011 ו- 2011-2012, יציבות תלכידים ותנועה עילית של מקרו- ומיקרו מזהמים במי הנגר נמדדו.
<b>מסקנות מדעיות והשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו. האם הושגו מטרות המחקר לתקופת הדוח?</b>
להשקיה בקולחים ברמות טיפול שונות הייתה השפעה על כמויות הנגר והסחף שהתקבלו במהלך סופת גשם, כאשר כמויות הנגר והסחף הגדולות ביותר התקבלו בהשקיה בקולחים לאחר אולטרה פילטריה והנמוכות ביותר לאחר אוסמוזה הפוכה.
תוספת הבוצות השונות הפחיתו את הנגר והסחף לעומת טיפול הביקורת, כאשר ההשפעה הגדולה ביותר הייתה בתוספת בוצה סוג ב' וקומפוסט בוצה. השפעה זו נבעה בעיקר מייצוב מבנה הקרקע עקב העלייה בפעילות של המיקרואורגניזמים בקרקע.
תוספת הבוצות העלו את ריכוז חומרי ההזנה במי הנגר גדילה את התנועה העילית במיוחד של הזרחות והאשלגן. מטרות המחקר הושגו ברובן.
<b>בעיות שנתרו לפתרון ו/או שינויים (טכנולוגיים, שיווקיים ואחרים) שחלו במהלך העבודה; התייחסות המשך המחקר לגביהן, האם יושגו מטרות המחקר בתקופה שנתורה לביצוע תוכנית המחקר?</b>
יש לבחון במחקר המשך את: 1. השפעת תוספת הבוצות על הנגר והסחף מספר חורפים לאחר יישומם בשדה. 2. השפעת תוספת הבוצות על הנגר והסחף במהלך הגידול ולא רק בקרקע חשופה כפי שנעשה במחקר הנוכחי.
הפצת הידע שנוצר בתקופת הדו"ח: <b>פרסומים בכתב</b> - ציטט ביבליוגרפי כמקובל בפרסום מאמר מדעי; <b>פנטטים</b> - יש לציין שם ומס' פטנט; <b>הרצאות וימי עיון</b> - יש לפרט מקום, תאריך, ציטוט ביבליוגרפי של התקציר כמקובל בפרסום מאמר מדעי.
בן-חור, מ', פיין פ', לייב ל', טנאו ח', ארבל ש', גטקר מ', זילברמן א', איזנקוט א'. 2012. השפעת תוספת בוצות שפכים בשטחים חקלאיים על מבנה הקרקע, נגר עילי וסחף. 2012. אופקים בגיאוגרפיה, 78: 141-152
פרסום הדוח: אני ממליץ לפרסם את הדוח: (סמן אחת מהאופציות)
ללא הגבלה (בספריות ובאינטרנט)

\*יש לענות על שאלה זו רק בדוח שנה ראשונה במחקר שאושר לשנתיים, או בדוח שנה שניה במחקר שאושר לשלוש

שנים



**ביבליוגרפיה**

1. בן-חור, מ', פיין, פ', לייב ל', טנאו, ח', ארבל, ש', גטקר, מ', זילברמן, א', איזינקוט, א'. 2011. השפעת תוספת בוצות שפכים בשטחים חקלאיים על מבנה קרקע, נגר עילי וסחף. אופקים בגיאוגרפיה 78: 152-141
2. Ben-Hur, M., G. Yolcu, H. Uysal, M. Lado, and A. Paz (2009). Aust. J. Soil Res. 47:688-696.