

השפעת הקולחים על המיקרוביולוגיה של הקרקע: אינטראקציות עם חומר אורגני מומס,

מינרלים והצמח

301-0573-07

דו"ח סופי

מוגש על ידי:

דרור מיניץ

המכון למדעי הקרקע, המים והסביבה
מנהל המחקר החקלאי, מרכז ולקני

Center Sciences, Volcani Research Dror Minz, Institute for Soil, Water and Environmental
Dagan 50-250 Israel. E-mail: minz@volcani.agri.gov.il Bet P.O. Box 6

לריסה קאוטסקי

המכון למדעי הקרקע, המים והסביבה
מנהל המחקר החקלאי, מרכז ולקני

Center Sciences, Volcani Research Dror Minz, Institute for Soil, Water and Environmental
Dagan 50-250 Israel. E-mail: larisak@volcani.agri.gov.il Bet P.O. Box 6

אורי ירמיהו

המכון למדעי הקרקע, המים והסביבה
מנהל המחקר החקלאי, מרכז מחקר גילת

Yermiyahu U., Gilat Research Center, Agricultural Research Organization, Mobile Post Negev,
.Israel, 85280. Email: uri4@agri.gov.il

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

תעוד

חתימת החוקר _____.

תקציר:

השפעת השקיה בקולחים ומגוון מרכיבי הקולחים, הכוללים חומר אורגני (כמיצוי בוצה) מלחים (NaCl) ובורון, על הרכב ופעילות החברה המיקרוביאלית נמדדה בקרקעות חקלאיות בעזרת סדרת ניסויים שונים.

במערכת הניסויית הראשונה נבחנה ההשפעה של מרכיבים אלו על המיקרוביולוגיה של שתי קרקעות, האחת ממקור חקלאות עם העשרה בחומר אורגני והשנייה מחקלאות קונבנציונאלית. הניסויים נערכו במערכת מיקרוקוסמוס (דוגמאות קרקע קטנות) בשיטת דיגום "הרסני" בתנאים מבוקרים. הדוגמאות נאספו בזמן ההתחלה, לאחר שבוע וכל חודש לאורך חמישה חודשים. דוגמאות נלקחו למדידת פעילויות מיקרוביאליות מקובלות הכוללות פליטת דו-תחמוצת הפחמן (CO₂), ניטרופיקציה פוטנציאלית, פעילות הידרוליטית (fluorescein di-acetate, FDA), פליטת דו-תחמוצת הפחמן (hydrolysis) ופוטנציאל החמצון חיזור של החברה (dehydrogenase activity assay). בנוסף לבדיקת הפעילויות נמדדו מדדים כימיים ופיזיקאליים של הקרקע בתחילת הניסוי ובסופו הכוללים את ערך ההגבה (pH), ריכוז חומר אורגני בקרקע וכושר החזקת המים. כנגד, נבדקו הרכב החברה הבקטריאלית של הקרקעות בשיטות מולקולאריות הכוללות הפקת חומצות הגרעין מהקרקע, הגברת המקטע המקודד לגן 16s rRNA והמאפשר את זיהוי ואיפיון אוכלוסיות הבקטריה הנפוצות בקרקע. לצורך בחינת הרכב האוכלוסיות השולטות בחברות המיקרוביאליות בדוגמאות השונות שימשה שיטת ה-DGGE (*Denaturing gradient gel electrophoresis*).

בסדרת ניסויים שנייה נדגמו קרקעות משני אזורים בארץ ממטעים (מטע אפרסמון מבית אורן וזיתים מקדמה), שבהם הייתה השקיה בקולחים מול השקיה במים שפירים מדושנים. בקרקעות אלו נבחנו פעילויות מיקרוביאליות שונות וכן הרכב חברת החיידקים בשיטת הריצוף העמוק (במכשיר 454) של הגן 16s rRNA.

נמצא כי מערכות האינקובציה לא מייצגות היטב את המצב בשדה. בשדה נתגלו שינויים משמעותיים הן בפעילות המיקרוביאלית במהלך עונת ההשקיה והן בהרכב חברת החיידקים. שינויים אלו נעלמו בעונת החורף ושוב מחדש עם התחלת ההשקיה בכל שנה מחדש.

תוצאות:

סיכום שנה א' ו-ב':

במהלך שנה ראשונה של המחקר נבחנה, בשלב ראשון, השפעת הוספת חומר אורגני (ח"א) בעל מאפיינים "קולחימיים" (מיצוי מבוצע שפד"ן) לקרקע גרמוסול על הפעילויות המיקרוביאליות בקרקע. נבחנו פעילות הידרוליטית (FDA), פעילות אנזימי דה-הידרוגנז ונשימה. שיא הפעילויות היה במהלך השבועיים הראשונים, ותוספת ח"א העלתה את הפעילות עד פי שלושה יחסית לקרקע ללא תוספת חומר אורגני.

בשלב השני של המחקר נבחרו שתי קרקעות דומות הנבדלות אחת מהשנייה בתכולת הח"א שלהן. קרקעות אלו הושקו במים בעלי ריכוזים עולים של מלח, בורון והחומר האורגני שמקורו ממיצוי הבוצה. לאחר ההשקיה נבחנו הפעילויות המיקרוביאליות: פעילות הידרוליטית (FDA), פעילות אנזימי דה-הידרוגנז, ניטריפיקציה ונשימה.

הפעילויות בתלות בריכוזי מלח שונים: שתי הקרקעות הושקו במים בריכוזי מלח (NaCl) שונים: 0,5,20,50,100 mM והתוצאות הראו כי הפעילויות המיקרוביאליות בקרקע העשירה יותר בח"א גבוהות בערך פי 2 מאשר בקרקע הדומה אך הענייה יותר בחומר אורגני. בתנאי הניסוי האלו, הפעילויות המיקרוביאליות, בשני סוגי הקרקע, הגיעו לשיא בשבוע השלישי של האינקובציה. לא ניתן לראות השפעה ברורה של ריכוז המלח על הפעילויות המיקרוביאליות, אם כי ישנה נטייה קלה של פעילויות גבוהות במקצת בריכוזי מלח גבוהים בקרקע הענייה יותר בח"א.

פעילויות החברה המיקרוביאלית כתוצאה מהשקיה במים עם העשרה בבורון (B), בריכוזים שונים 0, 1, 5, 20 ו-50ppm, הראתה כי סוג הקרקע הינו הגורם המשמעותי ביותר (מועשרת בחומר אורגני מול רגילה) בקביעת עוצמת הפעילות. לעומת זאת, הטיפולים השונים של בורון לא הראו כל השפעה תלויה ריכוז על עוצמת פעילות החיידקים בקרקע. בחינת ריכוזים גבוהים יותר לא בוצעה כי ריכוזים אלו חסרי כל משמעות סביבתית וחקלאית. כאשר נבדקו באותו מערכת ניסויית השפעת חומר אורגני הדומה לזה הנמצא בקולחים (כמיצוי בוצת שפכים) בריכוזים של 0, 25, 50 ו-100% מתסנין הבוצה, נבדלה הפעילות בצורה ברורה, שוב, בין שתי סוגי הקרקעות. בפרמטרים מסוימים הקרקעות מועשרות חומר אורגני הראו ממוצע פעילויות גבוהה יותר (FDA ו-dehydrogenase) ולעיתים בקרקעות ללא העשרה נמדדה יותר פעילות (למשל, ניטריפיקציה פוטנציאלית). כפי שתואר בניסוי העשרה בבורון, לחומרים המדמים את מרכיבי הקולחים האורגניים (מיצוי בוצה) הייתה, בניסוי זה,

השפעה נמוכה יותר מאשר למקור הקרקע ובהשוואה למיצוי הבוצה אשר הודגרה בשלב הראשון בקרקע גרמוסול, מאחר ולא נצפו מגמות ברורות הייחודיות לריכוזים הגבוהים של המיצוי.

חומצות גרעין הופקו מקרקעות אשר הוכנסו להקפאה עמוקה לאורך כל הניסויים והדיגומים ונעשו בהם ריאקציות PCR להגברת הגן המקודד ל-16S rRNA לצורך הרצת ג'ל DGGE. בתוצאות עבור ניסוי העשרה ב-NaCl ראינו בברור כי הדוגמאות מתחלקות ראשית על פי סוג הקרקע (מועשרת בחומר אורגני/ לא מועשרת) לאורך כל מועדי הדיגום דבר המעיד על חברות מקור בעלות הרכב בקטריאלי שונה בין הקרקעות השונות. בתוך הקבוצות המתחלקות ע"פ סוג הקרקע ניתן לראות התקבצות לפי מועד הדיגום, זמן תחילת הניסוי מתקבץ נפרד מדגימות בסוף הניסוי. בקרקעות בעלות חומר אורגני לא ראינו התקבצות כלל של הדוגמאות לפי ריכוז המלחים. לאומת זאת בדוגמאות בעלות ריכוז חומר אורגני נמוך ראינו כי שתי החזרות המייצגות את דוגמאות ריכוזי המלח הגבוהים הופיעו בקרבה גבוהה אחת לשניה אם כי יחד עם אחת הדוגמאות של ריכוז מלח נמוך. תוצאות אלו הראו כי חברות באקטריאליות בקרקעות בעלות ריכוז חומר אורגני נמוך מושפעות יותר מעליה במליחות מאשר קרקעות בעלות ריכוז חומר אורגני גבוהה. תוצאות אלו תואמות את הממצעים אשר התקבלו בבדיקת פעילות ה-dehydrogenase, בשיטה זו נצפתה עליה קלה בפעילות דוגמאות קרקע בעלות חומר אורגני נמוך ומליחות גבוהה. אנליזה זהה נעשתה גם על קרקעות אליהם הוסף בורון בריכוזים שונים בה ראינו כי יש קרבה גבוהה יותר של דוגמאות מאותה קרקע מאשר דוגמאות על בסיס השפעת ריכוז הבורון. בניגוד להשפעת המלח, השפעת הבורון על החברות הבקטריאליות גבוהה יותר בקרקעות בעלות ריכוז חומר אורגני גבוהה. השפעת הבורון ניראה על פי התקבצות שתי החזרות המייצגות קרקעות עשירות בחומר אורגני ובורון בצורה ברורה ומרוחקת משאר הדוגמאות. בדומה לקרקעות עשירות בחומר אורגני, בקרקעות בעלות ריכוז חומר אורגני נמוך וריכוז בורון גבוהה ניתן גם כן לראות התקבצות אך לאותה קבוצה נוספה גם דגימה מריכוז בורון נמוך, אשר מעט מוריד ממובהקות ההשפעה. התפלגות החברה כתוצאה מהעשרה בבורון לא באה לידי ביטוי בבדיקת הפעילויות השונות כפי שנראה בהשפעת המליחות על הרכב החברה.

בניסוי הוספת מיצוי בוצה המדמה את הרכב החומרים האורגניים המצויים בקולחים בניגוד לשני הניסויים הקודמים נבדקו שלושה זמנים הכוללים זמן התחלה, לאחר שלושה חודשים וזמן סיום (חמישה חודשים). הבדל ניכר בין שתי סוגי הקרקעות נצפה בהרכב החברה הבקטריאלית. החברות הבקטריאליות לא הראו הבדלים משמעותיים

כתוצאה מהוספת מיצוי בוצה. תוצאות אלו תואמות את השפעת מיצוי הבוצה על הפעילויות של החברות המיקרוביאליות.

מתוך תוצאות השנתיים הראשונות של המחקר לא ניתן היה להסיק כי מרכיב כלשהו של הקולחים הנו בעל השפעה המדמה את ההשפעות על פעילות מיקרוביאלית בקרקע כפי שדווח בעבר מקרקעות שנדגמו בשטח. מסקנה זו הביאה להבנה כי בשל מבנה הניסויים, מערכות מיקרוקוסמוס לא מהוות מודל ראוי להשפעות קולחים על מיקרוביולוגיה של הקרקע. כדי ללמוד באופן משמעותי את ההשפעה, היה צורך לדגום קרקעות ממטעים בעלי היסטוריה של השקיה בקולחים בתנאי סביבה אמיתיים (מוליכות מים, תאחיזת מים, אוורור, טמפרטורה וכו'). בחרנו לבחון דוגמאות שנאספו משני מטעים בעלי היסטוריית השקיה בקולחים שונה, מאזורים אקלימיים ומגידולים שונים. תוצאות אנליזות אלו מתוארות בהמשך.

תוצאות אנליזה לדיגומי קרקעות ממטעים מושקי קולחים (שנה ג'):

לאורך שתי שנות מחקר נאספו קרקעות ממטע זיתים הסמוך לכפר הנוער קדמה (K) לבדיקת הרכב החברה המיקרוביאלית יחד עם בדיקות איכות קרקע ופעילות החברה המיקרוביאלית. ממטע נוסף המשמש לגידול אפרסמונים בישוב בית אורן (BO) נבחנו דוגמאות קרקע אשר נאספו במשך 5 שנים לצורך בדיקת הרכב החברה המיקרוביאלית בלבד. מטעים אלו הושקו במקביל במים שפירים אשר שימשו כביקורת לתנאי השקיה קונבנציונליים. משני סוגי הקרקעות, K ו-BO, הופק DNA ובוצעה אנליזת ריצוף מתקדם. על בסיס אנליזה זו הרכב החברה נותח הן על בסיס המינים המרכיבים את הקרקעות והן ברמת הדימיון בין הדוגמאות תחת השקיה שונה ועונות שונות. בקרקעות K מושקות הקולחים ניתן לראות בברור כי היה ריכוז הפחמן האורגני (TOC) גבוה יותר מאשר במים השפירים לאורך תקופת הניסוי, אם כי בשני מועדי הדיגום הראשונים לא היה הדבר משמעותי. בנוסף, ריכוז כלל צורוני החנקן בקרקעות היה לרוב גבוהה יותר בקרקעות אשר היו מושקות במי קולחים, פרט לדיגום של אוגוסט 2011 (איור 1). פעילות החברות המיקרוביאליות בקרקעות מושקות במי קולחים לעומת אלו המושקות במים שפירים הייתה גבוהה רק בניטריפיקציה ורק בסוף עונת ההשקיה (איור 2). לעומת חימצון האמוניה, פעילות של הידרוליזת מקרומולקולות אורגניות לא הראתה הבדל משמעותי בין סוגי ההשקיה השונים (איור 3). מבחינת הרכב החברה מיקרוביאלית, נראה כי גם בקרקעות K (איור 4) וגם בקרקעות BO (איור 5) יש עונתיות בהרכב

החברה הבקטריאלית. עונתיות זאת מתבטאת בכך שדוגמאות אשר נלקחו מסוף עונת ההשקיה מתקבצות יחד על בסיס סוג ההשקיה. לעומת זאת, בסוף עונת הגשמים הרכבי החברות המיקרוביאליות מתקבצים רק ע"פ העונתיות. אוכלוסיית הבקטריות השולטת בקרקעות K (איור 6) ובקרקעות BO (איור 7) הינן מקבוצת חיידקי אקטינובקטריה הגרם חיוביים. שכיחותם היחסית של חיידקי האקטינובקטריה יורדת בעונת ההשקיה בשתי סוגי הקרקעות, K ו-BO, ובשני טיפולי המים, קולחים ושפירים אך הירידה דרמטית יותר בהשקיה במי קולחים. בנוסף, ניתן לראות כי קבוצות בקטריה שונות מתוך אוכלוסיית הפרוטאובקטריה והגמטימונדלס שגשגו בעונת ההשקיה, בעיקר בדוגמאות אשר היו תחת השקיה במי קולחים.

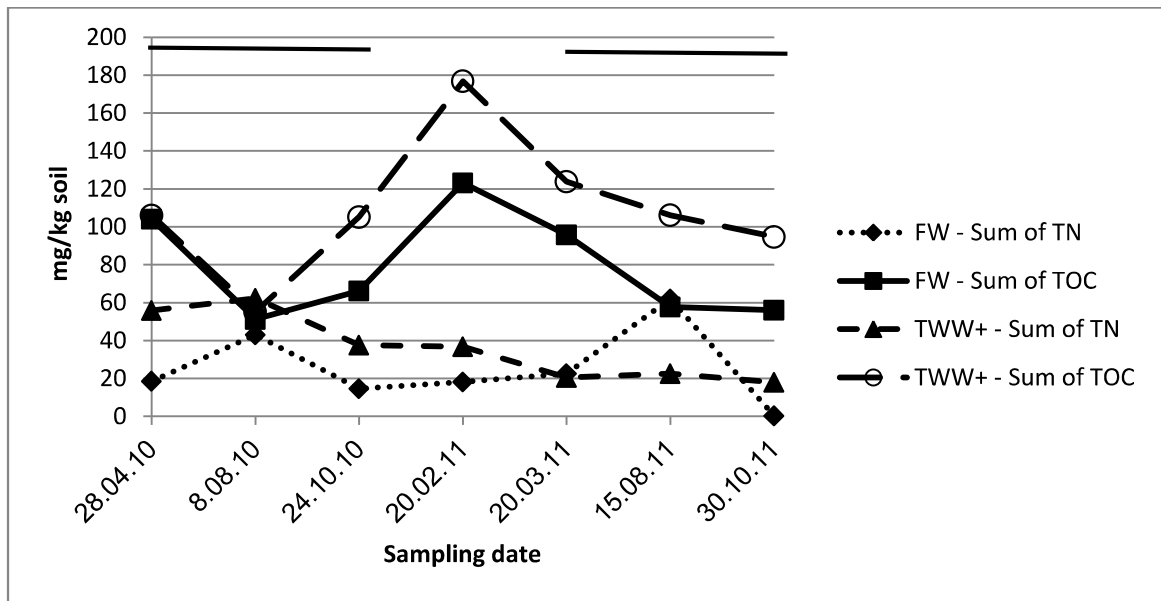
דיון:

במערכות ניסויי השדה ניתן לראות כי להשקיה במי קולחים השפעה משמעותית על הרכב חברת הבקטריות בקרקע. השפעה זו מתבטאת למשל בתפקוד חברת מחמצני האמוניה אשר אחראית על השלב הראשון בתהליך הניטריפיקציה אשר חשוב מאוד במחזור החנקן ולכן בשירותים האקולוגיים של חיידקי הקרקע. העלייה בפעילות זו הינה כנראה תוצאה של הריכוז הגבוה יותר של חנקן שנמדד בקרקעות שהושקו במי קולחים ביחס לאלו שהושקו במים שפירים. לעומת זאת, פעילות כללית יותר (FDA) אשר יכולה להתבצע ביעילות ע"י קבוצות רבות, שונות ומגוונות של בקטריות לא הראתה הבדל בין הטיפולים השונים על אף ההבדלים בריכוז החומר האורגני וכנראה גם באיכותו. בהשוואה לתוצאות הפעילות, ניתן לראות שקבוצות בקטריאליות מסוימות מושפעות לחיוב תחת משטר ההשקיה במי קולחים בעוד קבוצת הבקטריות הטבעית הגדולה של הקרקעות, האקטינובקטריה, מושפעת לרעה. אוכלוסיות אלו הן ככל הנראה האחראיות לפרוק החומר האורגני (המתבטא בפעילות ה-FDA) והן מתחלפות בצורה עונתית, כאשר כל חורף יש חזרה להרכב הטבעי של הקרקע וכל עונת השקיה חברה זו משתנה שוב באופן משמעותי. תפקיד זה לאוכלוסיות חיידקים שונות הינו דבר שכיח בחיידקים ומפגין את עמידות החברות הבקטריאליות בפני הפרעות סביבתיות, במקרה זה השקיה במי קולחים.

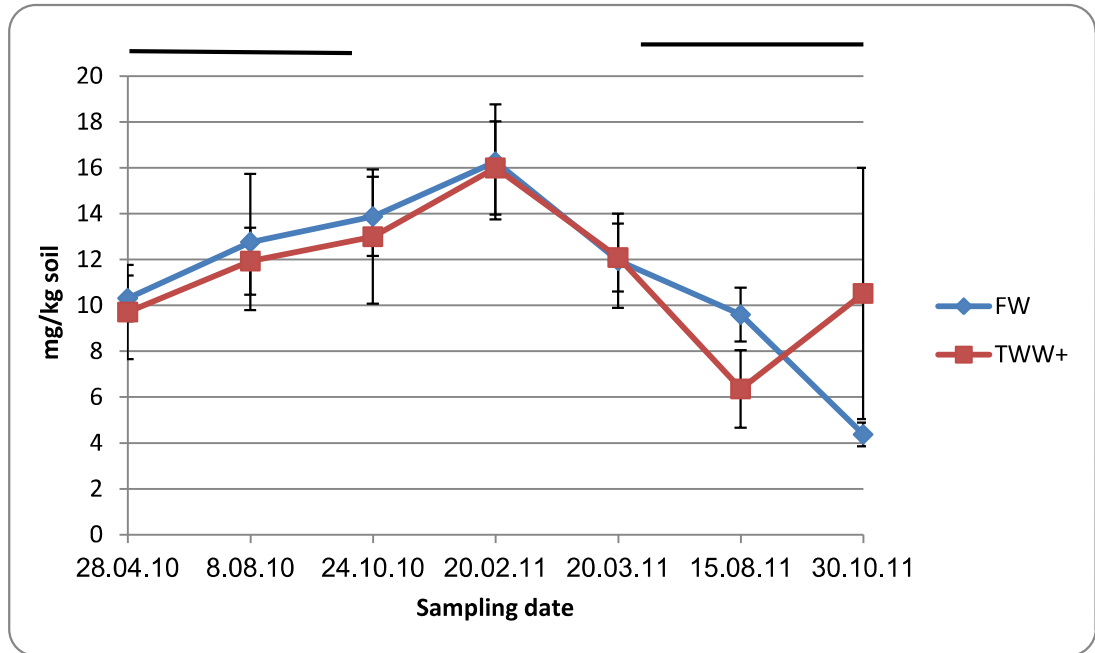
ניתן לראות כי במערכות הניסוי בהיקף של מטע ישנה השפעה של הקולחים הן ברמת הפעילות והן ברמת הרכב החברה הבקטריאלית. השפעה זו הייתה משולבת יחד עם העונתיות של חברת חיידקי הקרקע ונעלמה לאחר עונת הגשמים. יש לציין כי השינוי הגדול בחברת החיידקים ופעילותה כתוצאה מההשקיה בקולחים אמנם זמני, וחל

רק בעונת ההשקיה ונפסק בעונת החורף, אך הוא מתקיים בשיא עונת הגידול של הצמחים המושקים ולכן השפעותיו על הצמחים עלולה להיות משמעותית.

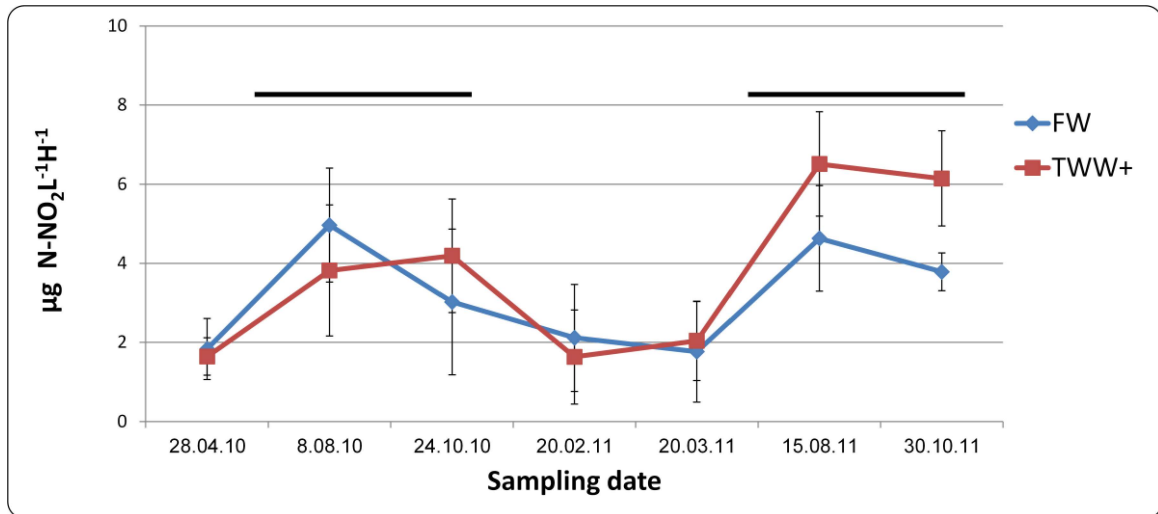
במערכת המיקרוקוזם לא ראינו עדות להשפעה זו בשתי הרמות גם לאחר חמישה חודשי השקיה. הבדלים אלו בין מערכת המאקרו למיקרו יכולים להיגרם ממספר בעיות טכניות במבנה הניסוי (למשל בגלל הכלים הקטנים יחסית, חדירת אויר לכל עומק הקרקע בשל מבנה המיקרוקוזם וארטיפקטים טכניים וביולוגיים שונים), אך לדעתנו נובעים בראש הראשונה עקב הבדלי הספיקה העצומים אליהם נחשפו הקרקעות. בעוד בניסוי המיקרוקוזם 100 גרם קרקע נחשף לכ-50 מ"ל תמיסת השקיה לאורך כשבוע השקיה, הקרקעות אשר נמצאות מתחת טפטפת במטעים השונים נחשפות לעשרות ליטרים בשבוע. לכן אנו נמנעים מלהסיק מסקנות משמעותיות מתוצאות ניסוי המיקרוקוזם.



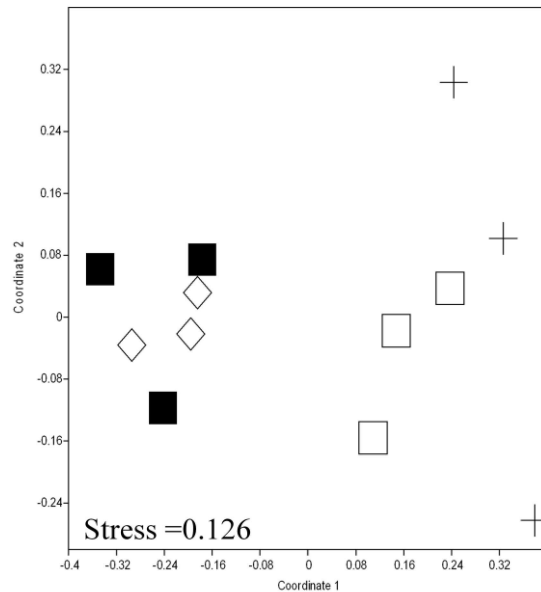
איור 1: השתנות ריכוז הפחמן האורגני וכלל החנקן בקרקעות מושקות קולחים ושפירים של מטע הזיתים בקדמה (K). עונת ההשקיה מצוינת בקו שחור.



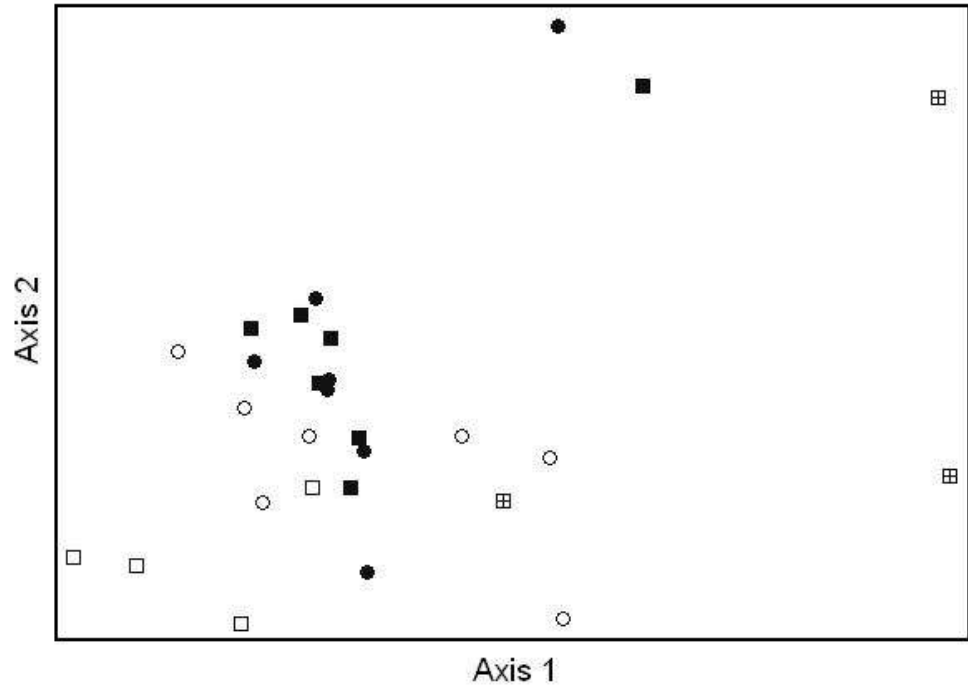
איור 2: קצב פעילות ההידרוליטית קרקעות K מושקות קולחים ושפירים של מטע הזיתים, הקצב נמדד על ידי אנליזת FDA. עונת ההשקיה מצוינת בקו שחור.



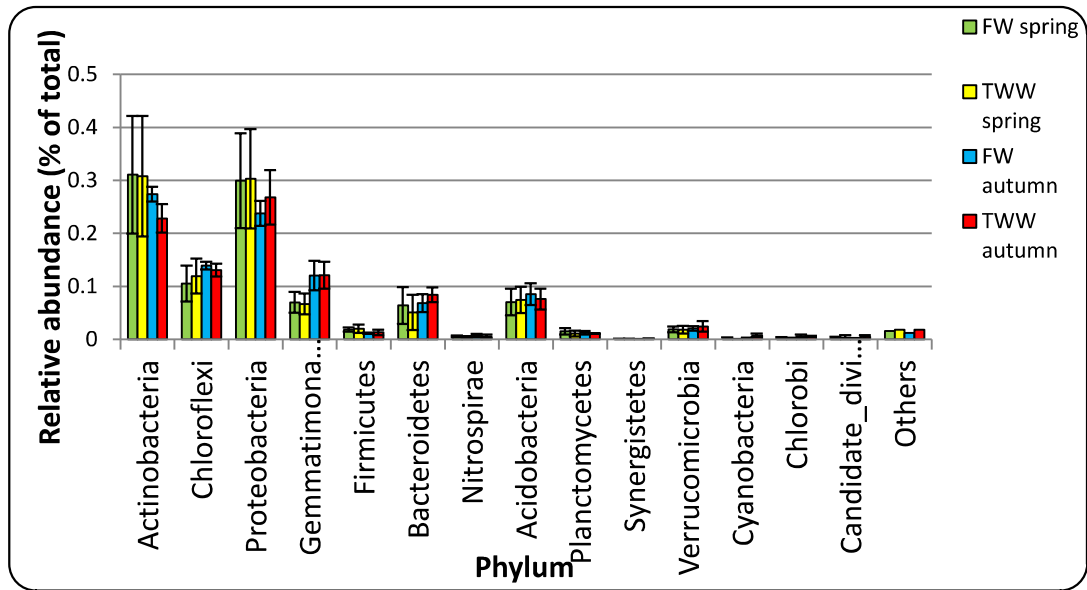
איור 3: קצב חימצון האמוניה לניטראט בקרקעות K מושקות קולחים ושפירים של מטע הזיתים. עונת ההשקיה מצוינת בקו שחור.



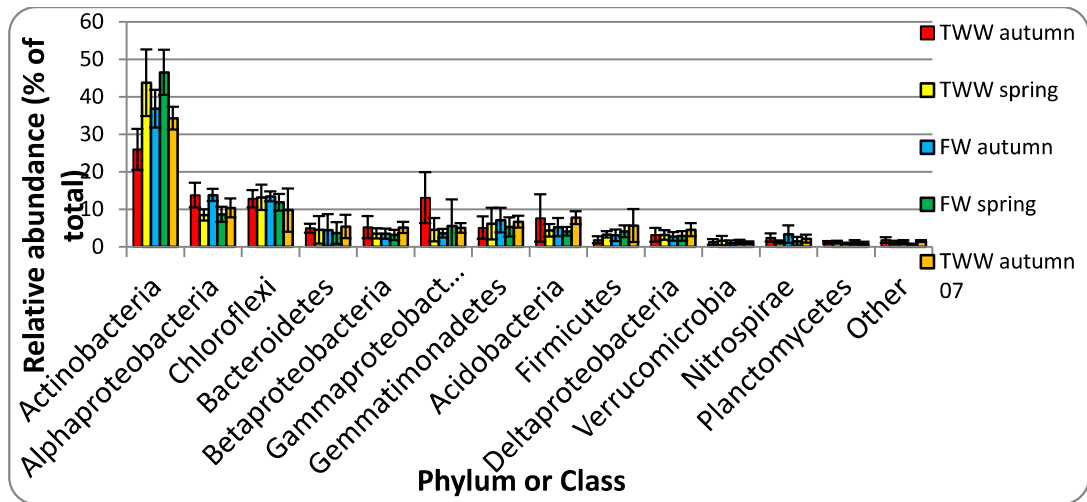
איור 4: אנליזת נתונים רב משתנית, MDS, המייצגת את הדמיון בין חברות בקטריאליות בדוגמאות שונות של קרקעות K מושקות קולחים ושפירים של מטע הזיתים. ריבועים מלאים מיצגים את הקרקעות מושקות מים שפירים בעונת האביב, יהלומים מיצגים את ההשקיה במי קולחים בעונת האביב, ריבועים ריקים מיצגים קרקעות מושקות במים שפירים בסתיו וצלבים מיצגים השקיה בקולחים בעונת הסתיו.



איור 5: אנליזת נתונים רב משתנית, nMDS, המייצגת את הדמיון בין חברות בקטריאליות בדוגמאות שונות של קרקעות BO מושקות קולחים ושפירים של מטע האפרסמונים. ריבועים מלאים מיצגים את הקרקעות מושקות במי קולחים בעונת האביב, עיגולים מלאים מיצגים את ההשקיה במים שפירים בעונת האביב, ריבועים ריקים מיצגים קרקעות מושקות במי קולחים בסתיו, עיגולים ריקים מיצגים השקיה במים שפירים בעונת הסתיו, וריבועים עם צלבים מיצגים השקיה בקולחים בעונת הסתיו של שנת 2007 בה שודרג המט"ש.



איור 6: התפלגות החברה הבקטריאלית ע"פ רמת המערכת בדוגמאות שונות של קרקעות K מושקות קולחים ושפירים של מטע הזיתים.



איור 7: התפלגות החברה הבקטריאלית ע"פ רמת המערכת בדוגמאות שונות של קרקעות BO מושקות קולחים ושפירים של מטע האפרסמונים.

סיכום עם שאלות מנחות

נא לענות על כל השאלות, בקצרה ולעניין, ב 3 עד 4 שורות מכסימום 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.

1. מטרת המחקר לתקופת הדו"ח תוך התייחסות לתוכנית העבודה.
מציאת השפעת מרכיבי קולחים על פעילויות מיקרוביאליות ומבנה החברה בקרקע קלה ענייה בחומר אורגני וקרקע אורגנית.
2. עיקרי הניסויים והתוצאות שהושגו בתקופה אליה מתייחס הדו"ח.
סוג הקרקע בעל חשיבות עליונה, מעל להשפעת מרכיבי הקולחים עצמם.
השקיה בקולחים משפיעה על הרכב ותפקוד חברות החיידקים בקרקע
המסקנות המדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו. האם הושגו מטרת המחקר בתקופת הדו"ח.
להשקיה בקולחים ישנה השפעה שונה על פעילות ומבנה חברת החיידקים בקרקע בקרקעות שונות. ההשפעה הנה על הרכב ופעילות החיידקים. ההשפעה נעלמת בעונת החורף אך שבה ומופיעה בעת ההשקיה בעונה הבאה.
3. הבעיות שנתרו לפתרון ו/או השינויים שחלו במהלך העבודה (טכנולוגיים, שיווקיים ואחרים); התייחסות המשך המחקר לגביהן, האם יושגו מטרת המחקר בתקופה שנתרה לביצוע תוכנית המחקר. לא ניתן היה לבחון את הקשר לצמת. נלמדה ההשפעה על חיידקי הקרקע בלבד
5. האם הוחל כבר בהפצת הידע שנוצר בתקופת הדו"ח - <u>יש לפרט</u> : פרסומים – כמקובל בביבליוגרפיה, פטנטים - יש לציין מס' פטנט, הרצאות וימי עיון - יש לפרט מקום ותאריך. מאמר בהכנה:
Frenk, S., Hadar, Y. and Minz, D. The effect of irrigation water type on agricultural soil microbiome: a temporal anthropogenic disturbance. In Prep הרצאות בכנסים:
S. Frenk, H. Elifantz, L. Kuatzky, A. Bar-Tal, Y. Hadar and D. Minz. Effect of irrigation with treated

wastewater and seasonality on structure and function of soil microbial community. The 39th annual conference of the Israel Society of Ecology and Environmental Sciences, Megido, Israel, 2011

S. Frenk, Y. Hadar and D. Minz. Treated waste water irrigation affects the soil microbiome seasonal dynamics. 14th International Symposium on Microbial Ecology, Copenhagen, Denmark 2012

D. Minz S. Frenk, L. Kuatzky and Y. Hadar. Short and long term effects of irrigation with treated wastewater on soil microbial community structure and function. 4th international congress EUROSIL 2012, Bari, Italy 2012

S. Frenk, Y. Hadar and D. Minz. Exploring the active vs. dormant bacterial community in soils irrigated with treated wastewater and fresh water. The Annual Meeting of the Israel Society for Microbiology, Bar Ilan University 2012

פרסום הדו"ח: אני ממליץ לפרסם את הדו"ח: (סמן אחת מהאופציות)

לפרסם