

המגוון הביולוגי במערכות חקלאיות – ניטור ומשמעותו

תת נושא: פלחה

דוח לשנת 2016 ודוח מסכם למחקר כולו. שנת המחקר: 3 מתוך 3 שנים

השפעת ממשקי עיבוד שונים על השונות המרחבית והעיתית של מאפייני הפאזה הא-ביוטית והביוטית של הקרקע והגידול החקלאי - חיטה כמודל.

מוגש לקרן המדען הראשי במשרד החקלאות ולהנהלת המאר"ג

ע"י:

דרור מינץ המכון למדעי הקרקע, המים והסביבה-מינהל המחקר החקלאי.

אלי ארגמן התחנה לחקר הסחף - משרד החקלאות ופיתוח הכפר.

איתי רנן המעבדה האנטומולוגית לניטור אקולוגי, אוני' תל אביב.

רוחי רבינוביץ הגנת הצומח - מו"פ העמקים.

חנן איזנברג היחידה לעשבים רעים - מינהל המחקר החקלאי נווה יער.

ליאורה שאלתיאל-הרפז היחידה להגנת הצומח- מו"פ צפון lioraamit@bezeqint.net

תקציר

חריש הוא הממשק המקובל בגידולי שדה בישראל כאמצעי לאורור הקרקע, לשחרור נוטריינטים, ולהתמודדות עם פגעים בקרקע ובעיקר להקטנת השיבוש מעשבים רעים. אך לחריש יש גם השפעות שליליות רבות על הקרקע, כולל הידוק, הרס המבנה, פירוק מואץ של חומר אורגני וסחיפה של קרקע. לכן, לאחרונה החלו במספר אזורים בארץ לאמץ ממשק של אי-פליחה. במהלך שלוש שנות מחקר הצטרפנו למערכת ניסוי שנבנתה ע"י חקלאים וביוזמתם לבחינת ההשלכות של ממשקי עיבוד קרקע שונים (חריש מלא, חריש מופחת ואי-פליחה) על פרמטרים חקלאיים שעניינו אותם. **מטרות המחקר** של צוות המחקר היו: (1) להגדיר את השפעת הממשק החקלאי על הרכב ופונקציה של המיקרוביום הקרקעי (המגוון המיקרוביאלי והפעילות המיקרוביאלית בקרקע).

(2) לכמת את השפעת ממשק עיבוד הקרקע על ההרכב, התפקוד והמגוון הביולוגי של אוכלוסיית פרוקי הרגליים שוכני/הולכי קרקע ולהעריך את השפעתם על מגוון פרוקי הרגליים והעשבים המזיקים לגידול החקלאי. (3) לכמת את השפעת ממשק עיבוד הקרקע על הכמות והרכב של עשבים רעים שיופיעו בשדות פלחה תחת ממשקי העיבוד השונים ועל היבולים, כמותם ואיכותם.

שיטות העבודה: המחקר התבצע באזור רמת כוכב שבצפון עמק יזרעאל, בשדות של שלושה משקים: עין חרוד איחוד, עין חרוד מאוחד ומולדת, שהקצו שדות במיוחד לניסוי ארוך טווח שהחל בעונת 2012-2013. שיטות המחקר כללו: דיגום של הקרקע ובחינת מדדים פיזיקליים ומיקרוביאליים, איסוף חרקים שוכני קרקע בעזרת מלכודות נפילה, דיגום מזיקים בשדה על הגידול, דיגום "עשבים רעים" במהלך העונה ובנק זרעים בתום 3 שנות המחקר. כל זאת בהשוואה לחלקות בור הסמוכות לכל אחד מהשדות החקלאיים. **תוצאות המחקר** מצביעות על הבדלים ניכרים בין השטח הטבעי (חלקות הבור) לבין השטח החקלאי בכל הפרמטרים שנמדדו. מבין טיפולי העיבוד השונים, השטחים במשטר אי-הפליחה הם הקרובים יותר לשטחי הבור, כאשר מידת הדמיון לשטחי הבור עלתה משנה לשנה. השונות הגדולה בתפרוסת הגשמים וכמותם בין השנים, מחזור הזרעים התלת-שנתי והעובדה שלא הייתה אחידות בהצבת הניסוי בשטחים החקלאיים השונים מגבילה את האפשרות לקבלת מידע חד-משמעי מהמחקר, וביחוד לגבי ממשק החריש המופחת. אנו ממליצים לפיכך להמשיך בניטור ארוך-טווח במערכת זו.

מבוא ותאור הבעיה

ענף הפלחה בחקלאות הישראלית כולל שטח של כמיליון דונם, המעובד ברובו בחקלאות בעל. באופן כללי, יש חשיבות מכרעת לקיום מערכות אקולוגיות יציבות ונאות-קיימא, כדי לאפשר שימור קרקע ושמירה על יצרנות אופטימלית של תוצרת חקלאית (OECD, 2003). ע"פ מודל ה-OECD, אחד האמצעים האפקטיביים ביותר למניעת הידלדלות קרקע ונוזקי סחף הוא תכנון אסטרטגי של ממשק ניהול קרקע בר-קיימא. הסיבה העיקרית לכך נובעת מן העובדה כי במקרים רבים תהליכי הידלדלות הקרקע הינם סמויים מן העין, ולאחר זיהויים (לדוגמה – האצת תהליכי סחף קרקע כתוצאה מהידלדלות כימית ו/או פיסיקאלית) הם כמעט בלתי הפיכים.

פוריות הקרקע היא גם הבסיס לניצול מערכות אקולוגיות מורכבות, ומהווה שירות מערכת בסיסי, דומיננטי וחיוני לרווחת האדם. לחברת החיידקים בקרקע תפקיד משמעותי באספקת שירותים אקולוגיים. מחקרים רבים באקולוגיה של הקרקע הדגימו את חשיבותם של מארגי מזון מורכבים על תהליכים אקולוגיים, ועל יחסי הגומלין המתרחשים מעל ומתחת לפני הקרקע. יחסי גומלין אלו חשובים במיוחד במערכות מנוהלות, כגון מערכות חקלאיות, בהן מארגי המזון הבריאים תורמים למגוון של שירותי מערכת, וביניהם הפחתת השפעתם של מזיקים ועשבים רעים הפוגעים ברווחיות הגידולים. שירותי מערכת אלו כוללים טריפה של מזיקים מתחת ומעל לפני הקרקע ואכילה של זרעי העשבים הרעים. יש חשיבות רבה ליכולתנו להבין כיצד שירותי המערכת, הניתנים לחקלאי על ידי מארגי המזון בקרקע, מושפעים על ידי שינויים בממשק החקלאי. הגישה הרווחת בעשרים השנים האחרונות, מייחסת למעבר לממשק אי-פליחה (בניגוד לחריש) השפעה חיובית משמעותית על מארגי המזון בקרקע, המובילה ליציבות ולעליה במורכבות הטרופית, שחשובה לתפקוד הקרקע ולאיכות ומגוון השירותים שהיא יכולה "להעניק" לחקלאי. עם זאת, יש להבין שהמעבר משיטת עיבוד מעמיק של חריש לשיטת עיבוד של אי-פליחה דורש "תקופת הסתגלות", בה ייתכנו שינויים רבים בהרכב האוכלוסיות של האורגניזמים בקרקע וביחסים בין מרכיביהן השונים.

חריש הוא הממשק המקובל בגידולי שדה בישראל כאמצעי לאוורור הקרקע, לשחרור נוטריינטים, להתמודדות עם פגעים בקרקע, ובעיקר להקטנת השיבוש מעשבים רעים. אך לחריש יש גם השפעות שליליות רבות על הקרקע, כולל הידוק, הרס המבנה, פירוק מואץ של חומר אורגני וסחיפה של קרקע. לאור זאת, בשנים האחרונות החלו מספר אזורים בארץ לאמץ ממשק של אי-פליחה. פרט להשפעת השליליות של החריש על דלדול הקרקע, נמצאו גם השפעות שליליות על מגוון המינים בקרקע היות והחריש פוגע במגוון הטורפים שוכני קרקע, כגון עכבישים וחיפושיות ממשפחת הרצניתיים. כמו כן, נמצא שחריש מפחית את גודל אוכלוסיית החיפושיות בקרקע הניזונות מזרעים (Menalled 2007). מגוון מיני העשבים ויחסי המינים בבנק הזרעים בקרקע מושפעים מממשק עיבודי הקרקע באופן ישיר ועקיף כאחד. מאחר ובממשק של אי-פליחה לא ניתן להדביר עשבים בשיטות מכאניות, השימוש בקוטלי עשבים הוא האפשרות השכיחה ביותר. בארצות רבות, כגון ארה"ב, בהן מקובל ממשק אי-פליחה בשטחים נרחבים, נהוג ללוות אותו בשימוש מוגבר בקוטלי עשבים, בשל העלייה בשכיחות העשבים הרעים בשדות בהם מפסיקים לחרוש. לשימוש נרחב זה בקוטלי עשבים יש השפעות שליליות על מגוון המינים בקרקע. מכאן, שחריש מפחית בטווח הקצר את אוכלוסיית העשבים הרעים, אך באי-פליחה השימוש בקוטלי עשבים מונע את בניית אוכלוסיית שוכני הקרקע היכולים לצמצם את אוכלוסיית העשבים הרעים במערכת בריאה. לאור המורכבות הזו, **יעד המחקר** הוא לבחון את השפעת ממשקי עיבוד הקרקע השונים על פרמטרים פיזיקליים של הקרקע ועל המגוון הביולוגי בקרקע, ולבחון את התרומה של פרוקי-הרגליים המועילים בקרקע (הטורפים ואוכלי הזרעים) על התבססותם של עשבים רעים ומזיקים, ולבסוף גם על התוצאה החקלאית – כמות היבולים ואיכותם.

מטרות המחקר לתקופת הדו"ח:

1. לבחון, בעזרת מדדים איכותיים וכמותיים, את יעילות ממשק עיבודים משמרים ככלי ויסות לשירותי מערכת ושיפור איכות הקרקע.
2. להגדיר את השפעת הממשק החקלאי על ההרכב והפונקציה של המיקרוביום הקרקעי (המגוון המיקרוביאלי והפעילות המיקרוביאלית בקרקע).
3. לכמת את השפעת ממשק עיבוד הקרקע על ההרכב, התפקוד והמגוון הביולוגי של אוכלוסיית פרוקי הרגליים שוכני/הולכי קרקע, ולהעריך את השפעתם על מגוון פרוקי הרגליים והעשבים המזיקים לגידול החקלאי.
4. לכמת את השפעת ממשק עיבוד הקרקע על הכמות וההרכב של עשבים רעים שיופיעו בשדות פלחה תחת ממשקי העיבוד השונים, ועל היבולים, כמותם ואיכותם.

שיטות וחומרים

המחקר התבצע באזור רמת כוכב שבצפון עמק יזרעאל, בשדות של שלושה משקים: עין חרוד איחוד, עין חרוד מאוחד ומולדת, שהקצו שדות במיוחד לצורך ניסוי ארוך טווח מטעמם שהחל בעונת 2012-2013. בשדות פלחה אלו נהגו בשנים האחרונות בממשק של אי פליחה כדי למנוע אובדן קרקע, אך בגלל בעיה של זבליות החקלאים החליטו להציב מערכת ניסוי שתבחן לעומק את ההשלכות של אי-הפליחה. לשם כך הוצב ניסוי ובו שטחים המטופלים ב-3 ממשקים: בממשק **חריש (Tillage)** הקרקע נחרשת כל שנה. בממשק **החריש המופחת (Minimum tillage)** הקרקע נחרשת אחת ל-3 עד 4 שנים. בממשק **אי-פליחה, או ללא חריש (No tillage)** אין כלל עיבודים של הקרקע, והזרעים נזרעים לתוך השלף של היבול הקודם. גודלו של כל שדה כ-44 דונם, והוא מחולק ל-3 חלקות, בהן מתחלף הגידול לפי מחזור גידולים תלת-שנתי של: חיטה גרעינים, חיטה לתחמיץ וקטניות. בכל הממשקים מתבצעים טיפולי הגנת הצומח ע"פ הצורך. בממשק החקלאי המקובל באזור זה, קומפוסט ניתן במינון של 4 מ"ק לדונם אחת ל-3-4 שנים, לפני מחזור קטניות. בשנת 2014 השתלבנו אנו במערכת הניסוי שהחקלאים הקימו שנה קודם לכן, ופירוט הטיפולים שכל חלקה קיבלה במהלך שלוש שנות המחקר שלנו ובשנה שקדמה לכך מפורט להלן (טבלה 1). כדי שתוספת קומפוסט לא תהווה גורם משפיע בניסוי שלנו, בחרנו לדגום רק את החלקות שבשנת 2014 גידלו בהן קטניות (ולכן פוזר בהן קומפוסט לפני כן), כך שלא יתקיים מתן קומפוסט נוסף בחלקות אלו ב-3 שנות המחקר. כלומר, החלקות קבועות לאורך 3 שנות המחקר, אך הגידול בהן התחלף כמקובל במחזור הזרעים באזור זה. בשנת 2016 (שנת המחקר השלישית) גודלה בחלקות אלו חיטה לשחת.

במסגרת תכנית העיבודים הרב-שנתית המורכבת של הניסוי החקלאי אליו הצטרפנו, טיפולי החריש המלא (T) ואי-פליחה (NT) התקיימו בשלוש השנים בשלושת המשקים באופן אחיד. כצפוי מהגדרת הטיפולים, טיפול החריש המופחת (MT) היה שונה מהחריש המלא רק החל משנת המחקר השנייה בעין חרוד איחוד ומאוחד (מאחר ושני הטיפולים נחרשו לקראת שנת המחקר הראשונה). במולדת, לעומת זאת, טיפול החריש המופחת היה דומה לטיפול אי-הפליחה, מאחר והחריש הנוסף ניתן בו בפעם הראשונה ב-2013 ואז שוב רק בסוף 2016 (טבלה 1).

טבלה 1- פירוט טיפולי הפליחה ותוספת הקומפוסט במערכת הניסוי בכל שנות המחקר, לפניו ואחריו, במשקים עין חרוד איחוד (עח"א), עין חרוד מאוחד (עח"מ) ומולדת, בשלושת הטיפולים - חריש מלא (T) חריש מופחת (MT) וללא חריש (NT).

שנה ראשונה 2014		שנה שנייה 2015		שנה שלישית 2016		שנה רביעית כבר לא במארג-2017	
הגידול	עיבוד בשדה לקראת העונה (נעשה בסוף 2013)	הגידול	עיבוד בשדה לקראת העונה (נעשה בסוף 2014)	הגידול	עיבוד בשדה לקראת העונה (נעשה בסוף 2015)	הגידול	עיבוד בשדה לקראת העונה (נעשה בסוף 2016)
המחקר	הטיפול	המחקר	הטיפול	המחקר	הטיפול	המחקר	הטיפול
עח"א	T	עח"א	T	עח"א	T	עח"א	T
עח"מ	T	עח"מ	T	עח"מ	T	עח"מ	T
MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT
NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT
מולדת	T	מולדת	T	מולדת	T	מולדת	T
מולדת	MT	מולדת	MT	מולדת	MT	מולדת	MT
מולדת	NT	מולדת	NT	מולדת	NT	מולדת	NT

בשנת המחקר השלישית (2016), בכל חלקות הניסוי נערכו אותם עיבודים ובאותם המועדים, כדי לשמור על אחידות הניסוי: זריעת הדגן התבצעה ב- 25.11.2015. קציר השחת התבצע ב-7.4.2016. דישון של 4 יחידות חנקן יושם במהלך הזריעה. דישון ראש חנקני נוסף לא בוצע בגלל הבצורת. טיפול עשביה נעשה ב-24.12.2016, בתכשירים דרבי (6 סמ"ק/ד') ואואורה טורבו (30 סמ"ק/ד'). לא נעשו טיפולי הדברה כנגד מזיקים ומחלות כי לא היה צורך.

דיגום בשטחי הבור: בנוסף לדיגום בשדות החקלאיים, נבחר בסמוך לכל שדה, שטח בור (Uncultivated) שאינו מעובד כמה עשרות שנים, והוא מהווה את הביקורת הטבעית לשטח החקלאי. ליד השדה של **מולדת** נבחר שטח מסולע לא מעובד, הנמצא ממזרח לשדה. ליד השדה של **עין חרוד מאוחד** נבחר שטח הבור הנמצא ממזרח לשדה ומצפון לכביש הישן לכוכב ממערב לשדה. ליד השדה של **עין חרוד מאוחד** נבחר שטח הבור הנמצא ממזרח לשדה ומצפון לכביש הישן לכוכב הירדן.

מהלך הדיגום וניתוח הנתונים לכל אחת מקבוצות המחקר בשנת המחקר השלישית

1. דיגום קרקע

דגימות קרקע במהלך שנת המחקר השלישית נאספו בשני מחזורי דיגום – לאחר נביטה ולאחר קציר, בנובמבר 2015 ומאי 2016. בהתאם לנוהל הדיגום שנקבע, נאספו חמש דוגמאות קרקע מן האופק העליון (0-5 ס"מ) בכל חלקת ניסוי, בשני אתרים – מולדת (MO) ועין חרוד מאוחד (EHM) וזאת לאחר שניתוח תוצאות המעבדה שנערך לכל הדוגמאות, באתרים השונים בשנת המחקר הראשונה, הוחלט כי אתר המחקר בעין חרוד איחוד ייגרע ממערך הניטור הקרקעי, מכיוון שהשונות בתוך החלקות וביניהן גדולה ואינה מאפשרת השוואת מדדים איכותית וכמותית (טבלה 1). בנוסף לדיגום בשדות חקלאיים, נדגמו שדות הבור כביקורת בהשוואה לממשקים השונים. בדגימות הקרקע נבחנו מדדים ביוטיים וא-ביוטיים.

א. המדדים הא-ביוטיים של הקרקע: בכל דגימה נבדקו המרקם, מוליכות חשמלית, SAR, הרכב מלחים, PH, תכולת חומר אורגני, תכולת נוטריינטים, צפיפות גושית (משקל הקרקע \ נפח הקרקע – מדד שנותן אינדיקציה על

נקבוביות הקרקע וקשור באופן עקיף לחידור מים לקרקע נתונה), וכן נערכו בשדה בדיקות של מוליכות הידראולית (באמצעות אינפילטרומטר שדה), מדידות פנטרומטר רושם (0-100 ס"מ), ויציבות תלכידים.

ב. המדדים הבינטיים של הקרקע: בכל דגימה נבדקה פעילות מיקרוביאלית (נשימה, פעילות הידרוליטית), מגוון מיקרוביאלית (ספריית רצפי rRNA 16S בהיקף של 10,000 רצפים לכל דוגמה, בשיטת Illumina HiSeq 2000 והשוואה ביו-אינפורמטית למאגרי מידע בינלאומיים), ופרמטרים אקולוגיים כגון דומיננטיות חושבו מתוך הנתונים.

2. דיגום עשבים רעים

נגיעות בעשבים רעים בשדות - נבחנה 3 פעמים במהלך העונה, בתאריכים 13.11.15 (לפני זריעה), 25.1.16 (אחרי הצצה והתבססות) ובהשתבלות (21.3.16). הערכת שיבוש העשבייה נעשתה תוך כדי חציית החלקה לאורכה, ציון מיני העשבים והערכה של אחוז הכיסוי של כל מין.

בנק זרעים - בכל אחת מחלקות הטיפול בכל משק ומחלקות הבור הסמוכות נבחרו 5 נקודות דיגום ששטחן 1 מ"ר כל אחת. בכל נקודה נאספה השכבה העליונה (5 ס"מ עליונים) של הקרקע לשקית והקרקע מכל שקית נזרעה בנווה יער ב-5 עציצים בני 250 סמ"ק כל אחד. העציצים הוחזקו בתנאים מבוקרים במשך חודשיים עד לנביטת הזרעים וצימוח של עלים אמיתיים שאפשרו הגדרה של הצמחים.

3. דיגום פרוקי רגליים

א. פרוקי רגליים שוכני קרקע נדגמו פעמים במהלך השנה - אחרי הזריעה ולפני הקציר (אחרי החנטה), בעזרת מלכודות נפילה. בכל חלקה מוקמו 8 מלכודות-4 קרוב לשולי החלקה ו-4 במרכזה. פיזור המלכודות בשטח נעשה כך שהמרחק ביניהן עלה על 10 מטר. המלכודות הכילו נוזל ממית והושארו פתוחות למשך שבוע. החומר מוין והוגדר הגדרה ראשונית לרמת RTU (Relative Taxonomy Unit), (בדו"ח נשתמש במונח מין).

ב. פרוקי רגליים מזיקים בשדה - נדגמו אחת לחודש, מהצצה עד קציר. הדיגום נערך בכל שדה ע"י ניטור של המזיקים הבאים: חיפושיות למיניהן, צרעות דגן Cephidae, עש הדגן (*Syringopais temperatella*), דובון הקורים (*Ocnogyna loewii* L.). בנוסף, לאחר הצצת הגידול, בשלב של 6-10 עלים ראשונים, התבצע "ניטור כתמים" (על ידי חפירת בורות בקרקע) לכימות אוכלוסיות זבליות (*Paratriodonta Phyllopertha nazarena*, *olivier,l*). נגיעות עש דגן נבדקה על ידי ספירת עלים נגועים על חיטה/תלתן/בקיה ב"מהלך" לאורך 100 מטרים.

4. הפרמטרים החקלאיים - נמדדו בקציר, כאשר כל חלקה נקצרה בנפרד וחושב היבול בק"ג לדונם.

תוצאות

1. דיגום קרקע

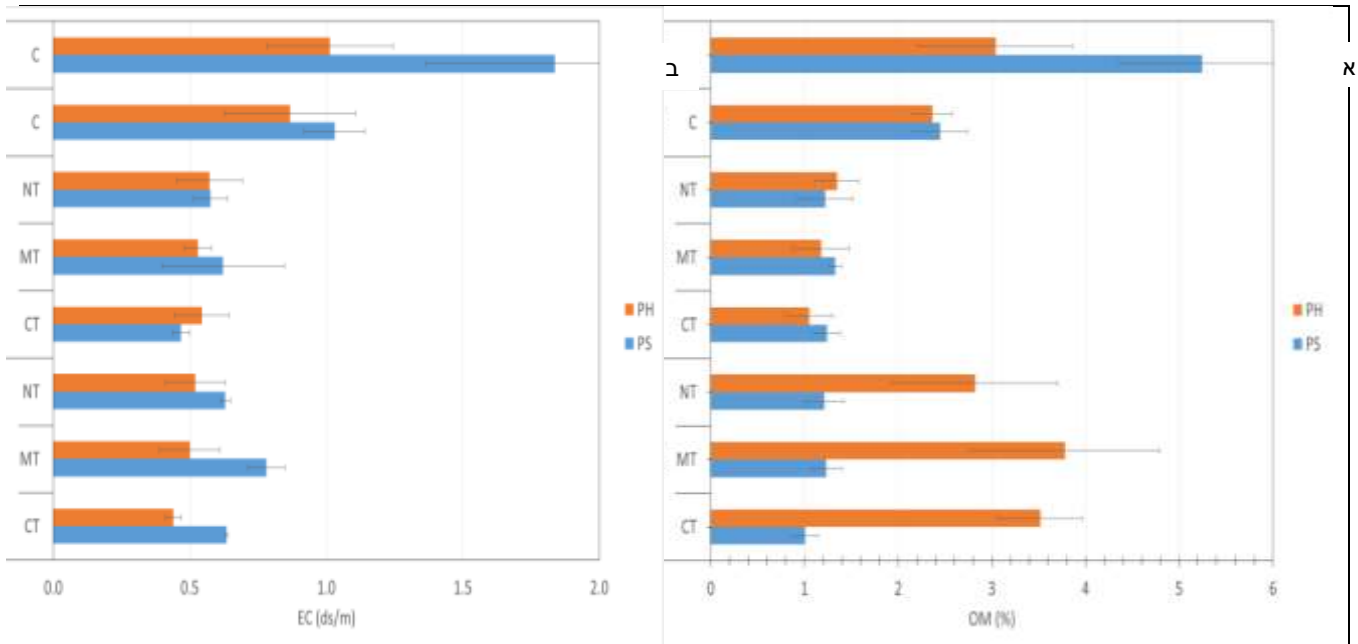
א. המדדים הא-ביוטיים של הקרקע - השוואה בין נתוני המעבדה של שתי תקופות הדיגום מראה כי קיימים הבדלים ניכרים בתכולת החומר האורגני (טבלה 2, איור 1א) בין חלקת הפליחה המיינמלית במולדת ובין יתר חלקות המחקר גם במהלך שנת הניטור השלישית, כמו בשתי שנות המחקר הראשונות. בניגוד לתוצאות תכולת חומר אורגני שנמדדה בשנה הקודמת, בכל הטיפולים בחלקות המחקר באתר מולדת נמדדה השנה עליה בתכולת החומר האורגני בסיום עונת הגידול בהשוואה לתחילתה. תכולת החומר האורגני בחלקות הפליחה ומיינמום הפליחה נמצאו דומות (וגבוהות בהשוואה לערכים המקובלים), בעוד שהעלייה בתכולת החומר האורגני בחלקת האי-פליחה הייתה מתונה יותר - זאת למרות שבפועל חלקות האי-פליחה ומיינמום הפליחה קיבלו למעשה אותו טיפול, ורק חלקת הפליחה, אשר נחרשה כל שנה, קיבלה בפועל טיפול אחר. באתר המחקר בעין חרוד מאוחד נמדדה עליה מתונה בטיפול האי-פליחה, בעוד שיתר הטיפולים הראו כי תכולת החומר האורגני ירדה בהשוואה

לתחילת העונה. בניגוד לעלייה שנמדדה בחלקות המחקר שבמולדת, תכולת החומר האורגני בחלקות הבור הייתה נמוכה בסיום העונה מאשר ראשיתה. השוואה בין חלקות הטיפול בעין חרוד מאוחד ובין חלקת הבור (ביקורת) מראה כי הדעיכה בתכולת החומר האורגני הייתה משמעותית יותר בחלקת הבור.

בניגוד לשנת המחקר הקודמת (2014-15), בכל הטיפולים ובאתרים השונים נמדדה ירידה של ערכי המוליכות החשמלית (המשקפת את ריכוז המלחים), כולל בחלקות הבור (טבלה 2, איור 1). ירידה זו משויכת לשטיפת מלחים מאופק הקרקע העליון. כצפוי, ריכוז המלחים הגבוה ביותר נמצא בחלקות הבור בהן הפרת פני הקרקע מינימלית. במקביל, גודל השינוי בין תחילת עונת הגידול וסיומה היה הגבוה ביותר. ההבדל בין טיפולי הפליחה השונים באתר מולדת היה גבוה בהשוואה לאתר עין חרוד מאוחד, למעט טיפול הפליחה, שם נמצאה עלייה קלה בריכוז המלחים.

טבלה 2: נתוני תכולת חומר אורגני (OM%) ומוליכות חשמלית (EC%) שנמדדו בראשית עונת הגידול לאחר זריעה (PS) ובסיום העונה לאחר קציר (PH), באתרים מולדת (MO), עין חרוד מאוחד (EHM), ובשדות הבור הסמוכים לכל אתר. CT – טיפול פליחה; MT – מינימום פליחה; MO – עין חרוד מאוחד; NT – אי פליחה; C – שדות בור.

Location	Interface	OM [%]				EC [ds/m]			
		PS	SD	PH	SD	PS	SD	PH	SD
MO	CT	1.01	0.13	3.52	0.45	0.63	0.01	0.44	0.03
	MT	1.23	0.17	3.78	1.01	0.78	0.07	0.50	0.11
	NT	1.21	0.21	2.82	0.88	0.63	0.02	0.52	0.11
EHM	CT	1.24	0.14	1.05	0.25	0.47	0.03	0.54	0.10
	MT	1.33	0.07	1.18	0.30	0.62	0.22	0.53	0.05
	NT	1.22	0.29	1.35	0.23	0.58	0.06	0.57	0.12
MO	C	2.45	0.29	2.37	0.21	1.03	0.11	0.87	0.24
EHM	C	5.25	0.89	3.04	0.82	1.84	0.47	1.01	0.23



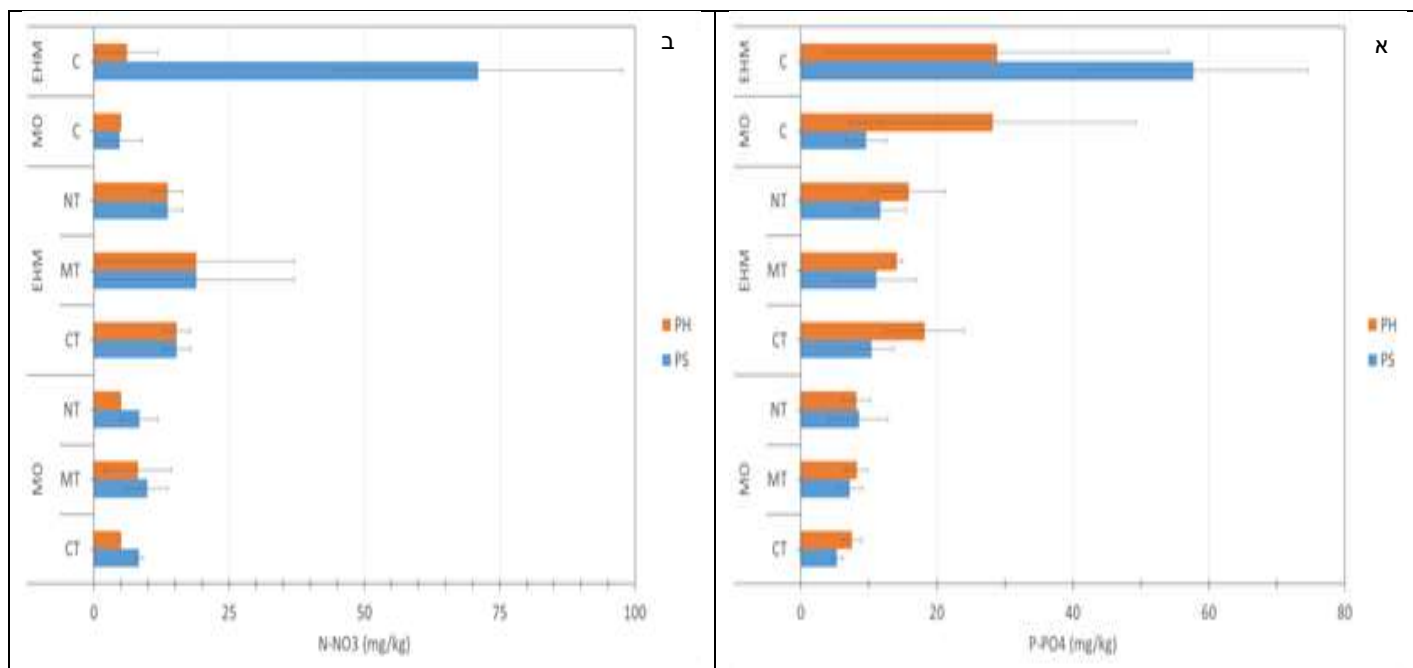
איור 1: התפלגות תכולת החומר האורגני (א) והתפלגות המוליכות החשמלית (ב) בין הטיפולים השונים בחלקות המחקר באתרים מולדת (MO) ועין חרוד מאוחד (EHM). PS – לאחר זריעה; PH – לאחר קציר; CT – טיפול פליחה; MT – מינימום פליחה; NT – אי פליחה; C – שדות בור.

נתוני זרחן וחנקן זמינים מופיעים בטבלה 3. ריכוז תכולת הזרחן בטיפולים השונים (איור 2א) באתר המחקר במולדת נמצא דומה בין הטיפולים, לעומת עין חרוד מאוחד שם תכולת הזרחן בסיום העונה נמצאה גבוהה באופן משמעותי מזו של תחילת העונה. ריכוז הזרחן שנמדד בסיום העונה בטיפול אי הפליחה בעין חרוד היה גבוה בהשוואה לשני הטיפולים (MT ו-NT). מגמה הפוכה נמדדה בחלקות הבור במולדת ועין חרוד מאוחד.

ריכוז ערכי החנקן הזמין (איור 2 ב) בחלקות הטיפול בשני האתרים ירד בהשוואה לתחילת עונת הגידול. גודל הירידה בחלקת הבור (ערך חריג באופן מובהק) בעין חרוד מאוחד היה גבוה באופן משמעותי ונובע ככל הנראה כתוצאה מרעיה של בע"ח שהייתה בחלקה המנוטרת.

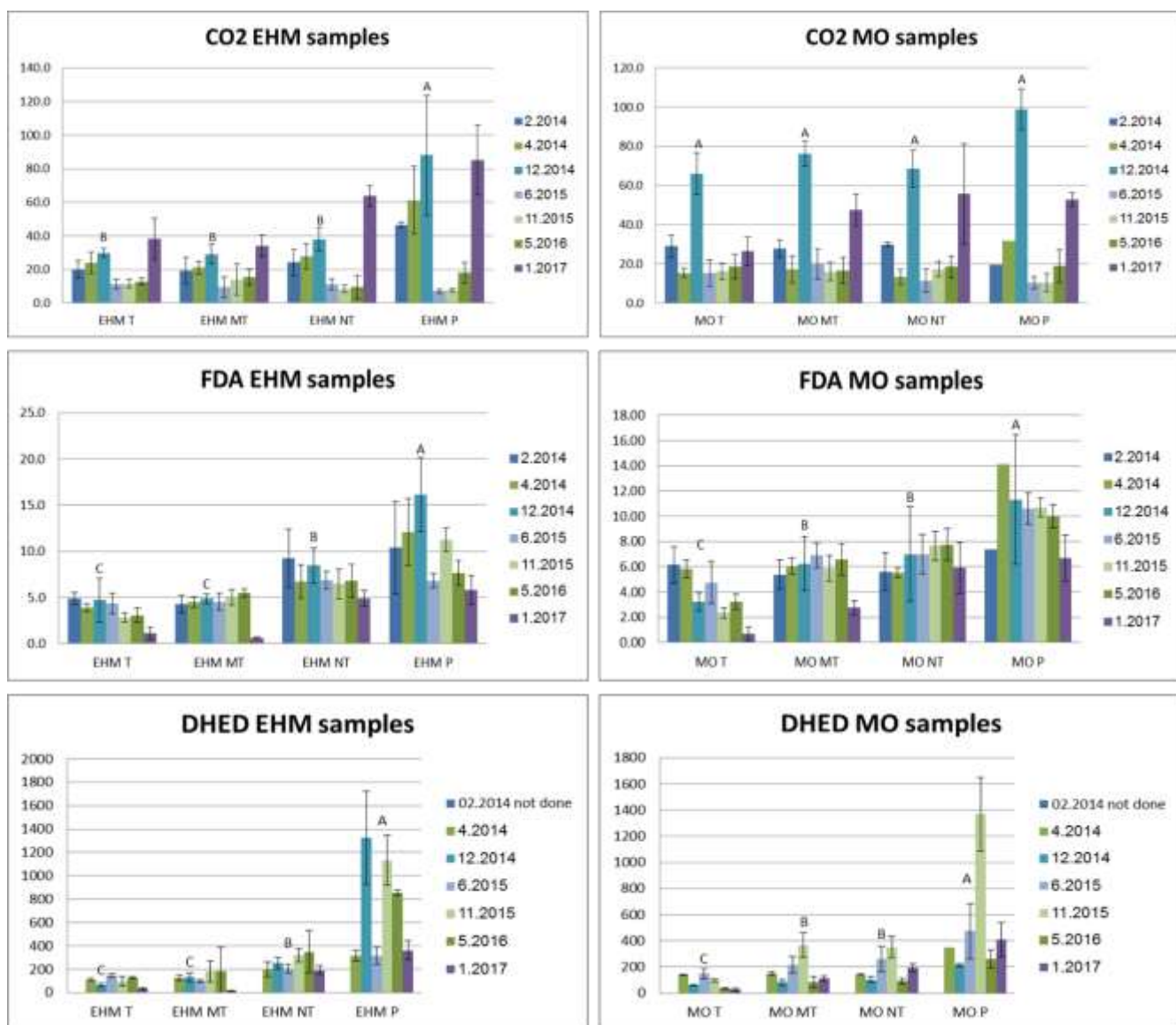
טבלה 3: נתוני זרחן וחנקן זמין שנמדדו בראשית עונת הגידול לאחר זריעה (PS), ובסיום העונה לאחר קציר (PH), באתרים מולדת ועין חרוד מאוחד. ND – חסר נתון\מתחת לסף הזיהוי; CT – טיפול פליחה; MT – מינימום פליחה; NT – אי פליחה.

Location	Interface	P-PO4 [mg/kg]				N-NO3 [mg/kg][
		PS	SD	PH	SD	PS	SD	PH	SD
MO	CT	5.32	0.82	7.54	1.45	8.32	0.76	5.00	0.00
	MT	7.20	1.91	8.22	1.64	9.84	3.81	8.13	6.25
	NT	8.54	4.29	8.18	2.04	8.40	3.40	5.00	0.00
EHM	CT	10.38	3.29	18.20	5.86	15.32	2.47	15.32	2.47
	MT	11.12	5.97	14.14	0.79	18.94	18.13	18.94	18.13
	NT	11.72	3.74	15.88	5.32	13.62	2.83	13.62	2.83
MO	C	9.60	3.03	28.23	21.08	4.80	4.11	5.00	N.D
EHM	C	57.77	16.86	28.90	25.21	71.03	26.73	6.07	5.74



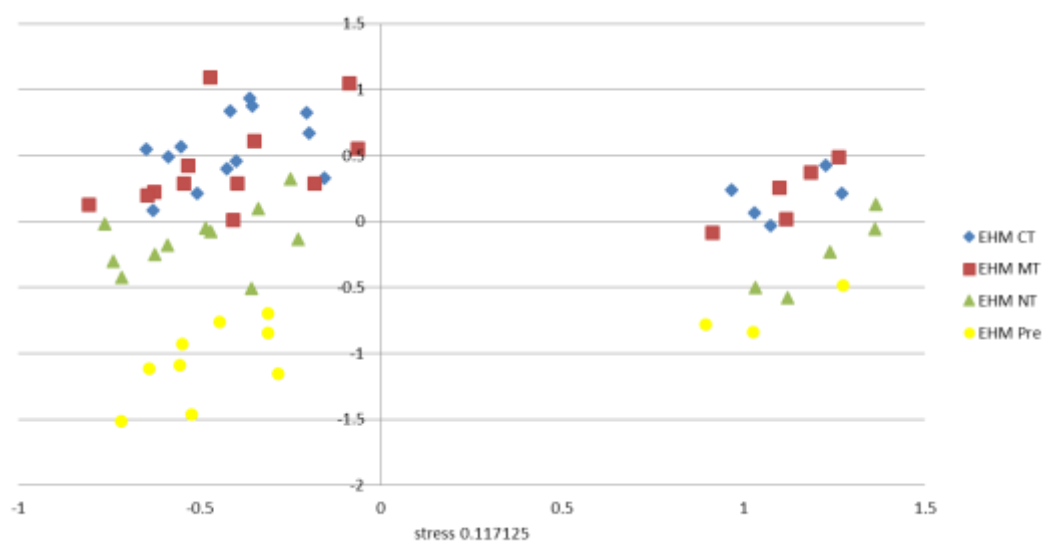
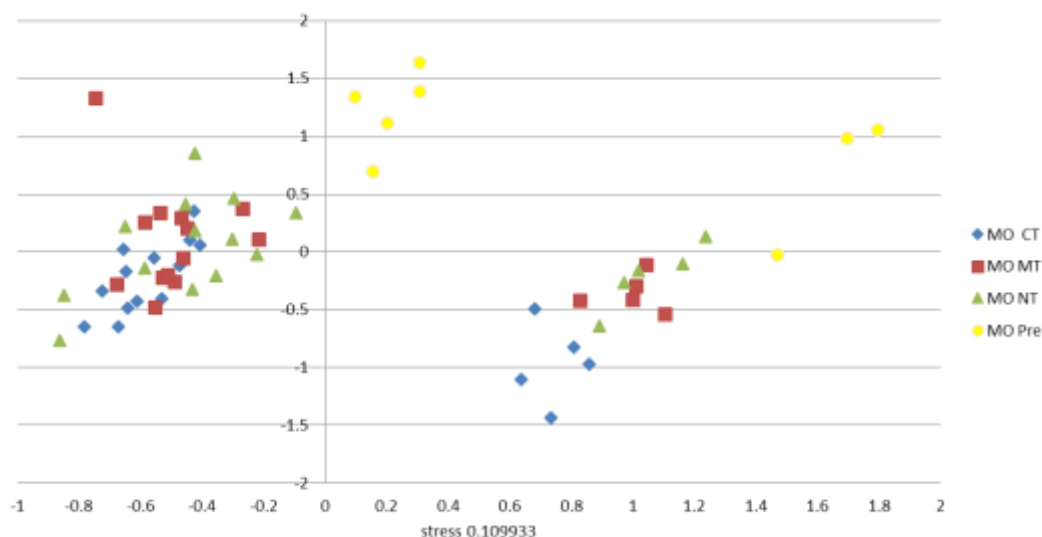
איור 2: התפלגות תכולת הזרחן (א) והתפלגות תכולת החנקן (ב) בין הטיפולים השונים בחלקות המחקר באתרי מולדת (MO) ועין חרוד מאוחד (EHM). PS – לאחר זריעה; PH – לאחר קציר; CT – טיפול פליחה; MT – מינימום פליחה; NT – אי פליחה; C – שדות בור.

ב. מדדים ביוטיים של הקרקע: נבדקו 3 מדדים כללים עבור פעילות מיקרואורגניזמים בקרקע: נשימה פיזית של הקרקע (CO₂), פעילות הידרוליטית (FDA) ופעילות חמיזור (dehydrogenase). בבדיקות הנשימה לא היה הבדל משמעותי בין הטיפולים בחלקת מולדת אך בחלקת עין חרוד מאוחד הייתה נשימה גבוהה יותר של קרקע הבור שאינה חקלאית לעומת החלקות החקלאיות. מהפעילות הפוטנציאליות- פעילות ההידרוליטית FDA והחמיזור ניתן ללמוד כי הפעילות המיקרוביאלית בכל הקרקעות הייתה משמעותית גבוהה יותר בקרקעות הבור הלא חקלאיות מאשר בקרקעות החקלאיות. במולדת הייתה פעילות גבוהה יותר בחלקות ללא פליחה ופליחה מינימלית לעומת פליחה מלאה. לעומת זאת, בעין חרוד מאוחד החלקות של הפליחה המלאה והפליחה המינימלית הראו פעילות נמוכה יותר משמעותית מהחלקות ללא פליחה, שלא נחרשו. (איור 3).



איור 3. פעילויות קרקע: פעילות נשימה (CO₂), הידרוליטית (FDA) וחמיזור (DHED) (ממוצע ± שגיאת תקן) בקרקעות מהטיפולים השונים כפי שנמצאה במועד הדיגום הראשון והשני. מקרא הטיפולים: T - חריש, MT - חריש מופחת, NT - אי פליחה ו-P - ביקורת של שטח בור. EHM - עין חרוד מאוחד, MO - מולדת. * בדיקת מובהקות סטטיסטית נעשתה עבור דוגמאות עד ה-01.2017

אנליזת NMDS של החברה המיקרוביאלית עבור דיגומים 2.2014, 4.2014, 12.2014, 6.2015, מצביעה על כך כי בקרקע לא חקלאית (בור) מופיע מגוון גבוה יותר של חיידקים מאשר בשטחים המעובדים, ושקיים מדרג בשטחים המעובדים, כאשר המגוון הנמוך יותר נמצא בשטחים שנחרשו כל שנה. תמונה זו בולטת במיוחד בשטחי מולדת (איור 4). בנוסף, דוגמאות מהדיגום של ה 6.2015 מתקבצות בנפרד כנראה עקב שינוי בתנאי הקרקע עקב שנה גשומה יותר, אך המדרג בין הטיפולים משתמר גם במקבץ דוגמאות זה.



איור 4. אנליזת PCoA של הטיפולים השונים ממועד הדיגום 2.2014, 4.2014, 12.2014, 6.2015. מקרא הטיפולים: CT- חריש, MT-חריש מופחת NT- אי פליחה Preו -ביקורת של קרקע בור. EHM- עין חרוד מאוחד MO- מולדת.

אנליזה סטטיסטית של מובהקות בין הטיפולים השוואה סטטיסטית של רמת השוני בין OTUs כמדד למינים שונים באוכלוסיות המיקרוביאליות בשיטת anosim על דוגמאות (עד הדיגום של 6.2015) הראתה כי קיימת מובהקות סטטיסטית להבדלים בין חלקות שלא נחרשו NT לבין חלקות החריש המלא או חלקות הבור. כאשר נבדקות בנפרד חלקות מולדת ועין חרוד מאוחד, ניתן לראות כי במולדת ישנו הבדל מובהק בין הקרקעות שלא

נחרשו לבין קרקע שעברה פליחה מלאה או לקרקע הבור, בעוד שבעין חרוד מאוחד יש הבדל מובהק בין הקרקע שלא נחרשה לכל יתר הטיפולים (איור 5).

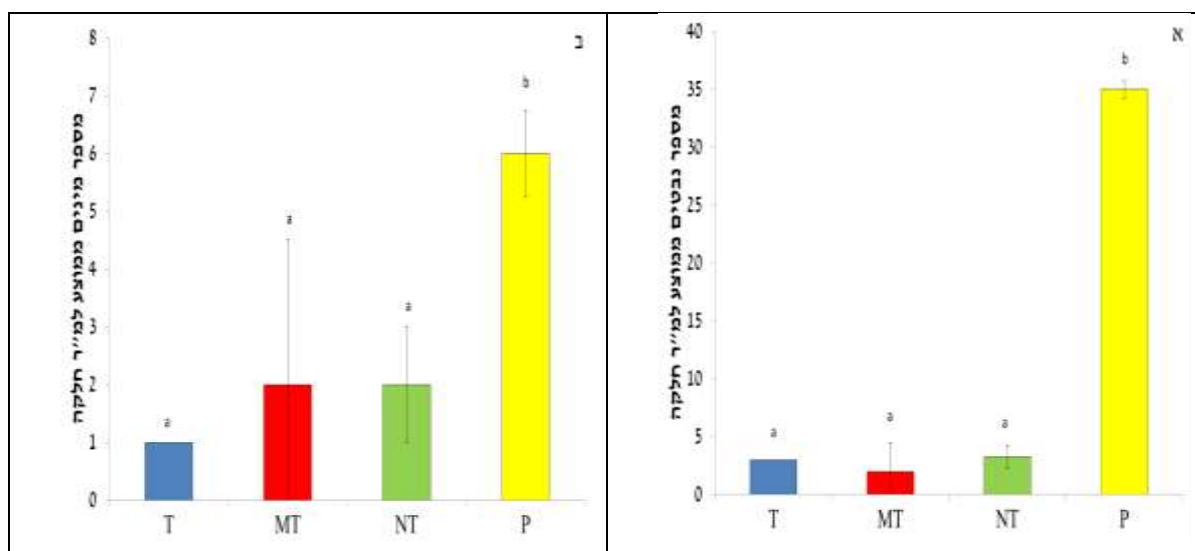
samples	p vlaue
EHM_CT_NT	0.001
EHM_MT_NT	0.028
EHM_Pre_NT	0.001
MO_CT_NT	0.016
MO_MT_NT	0.233
MO_Pre_NT	0.001
ALL_CT_NT	0.001
ALL_MT_NT	0.11
ALL_Pre_NT	0.001

איור 5. אנליזת ANOSIM לבדיקת מובהקות סטטיסטית בין האוכלוסיות המיקרוביאליות אחרי ריצוף בנפח גבוה וחלוקה לOTUs עד הדיגום 6.2015. מקרא הטיפולים: CT- חריש, MT-חריש מופחת NT- אי פליחה Pre - ביקורת של קרקע בור. EHM - עין חרוד מאוחד MO - מולדת.

בימים אלו מתבצעת אנליזה ביו-אינפורמטית לדוגמאות מדיגומים נוספים: 05.2016, 11.2015 יחד עם הרצפים שהתקבלו בדיגומים קודמים, על מנת לבדוק את מאפייני האוכלוסייה המיקרוביאלית.

2. דיגום עשבים רעים

בנק הזרעים. בחלקות הבור נמצאו במובהק יותר נבטים ויותר מינים של צמחי בר לעומת חלקות הטיפול החקלאיות, אך לא נמצאו הבדלים מובהקים בין טיפולי העיבוד השונים (איור 6)



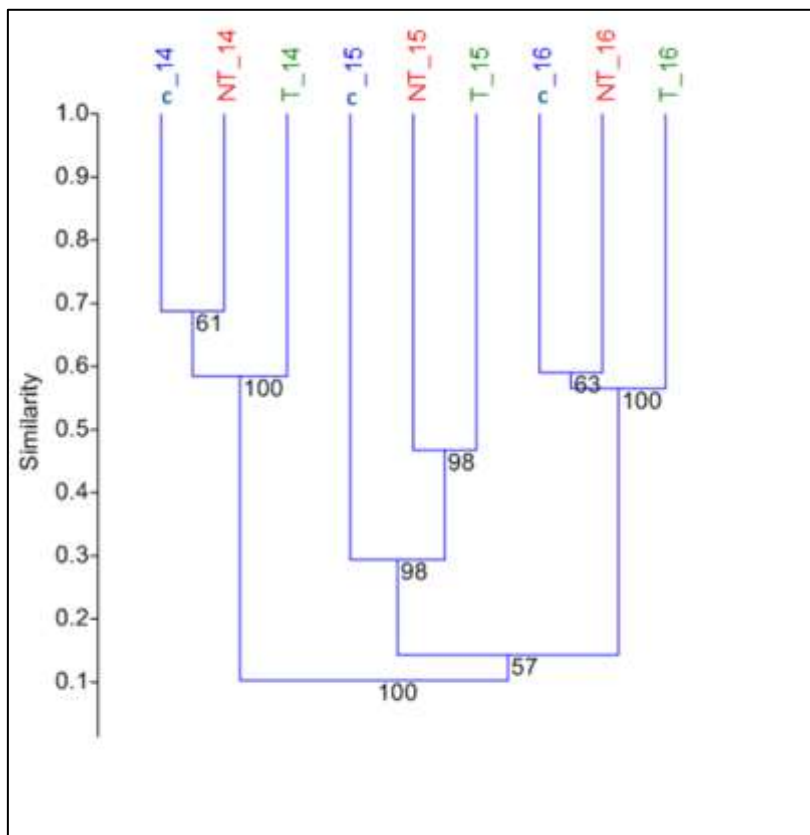
איור 6. מספר הנבטים (א) ומספר מיני הצמחים השונים (ב) במ"ר קרקע מכל אחת מחלקות הטיפול בשלושת המשקים (ממוצע ± שגיאת תקן). עמודות עם אותיות שונות נבדלות זו מזו ברמת מובהקות $p < 0.05$ ע"פ מבחן Tukey HSD. מקרא הטיפולים: T - חריש, MT - חריש מופחת, NT - אי פליחה ו-P - ביקורת של שטח בור.

נגיעות בעשבים רעים בשדות

בחלקות שנחרשו כל שנה נמצאו באופן מובהק פחות מינים של עשבים רעים (2.44 ± 0.53 ; ממוצע ושגיאת תקן) מאשר בחלקות החריש המופחת או בחלקות אי הפליחה (5.44 ± 0.68 ; 5.44 ± 1.04) בהתאמה, $F_{2,16}=17.7$, $p < 0.0001$). לעומת זאת לא נמצאו הבדלים באחוז הכיסוי בעשביה בין הטיפולים השונים, תוצאה סבירה לאור העובדה שהחלקות טופלו בקוטלי עשבים. תוצאות אלו מצביעות על כך שבשלוש שנות המחקר מספר מיני העשבים הרעים עלה בחלקות שלא נחרשו כל שנה.

3. דיגום פרוקי רגליים

א. פרוקי רגליים שוכני קרקע: בבחינת רמת הדמיון בחברות פרוקי רגליים בין טיפולי הפליחה השונים וחלקות הבור כביקורת, נמצא כי חלקות אי הפליחה דומות יותר לבור מאשר חלקות החריש. הדמיון בין הרכב החברה בטיפול אי הפליחה לחברת הבור מתרחק בדיגום 2015 ומתקרב שוב בדיגום 2016 (איור 7 וטבלה 4).



איור 7. דנדוגרמה של מידת הדמיון בחברת פרוקי רגליים בין חלקות טיפולי החריש השונים בהשוואה לחלקות הבור. Cluster analysis based on Bray-Curtis similarity index, paired group, Boot N=999, Coph.corr= 0.95 מקרא הטיפולים: T- חריש, NT- אי פליחה ו-C- ביקורת של קרקע בור.

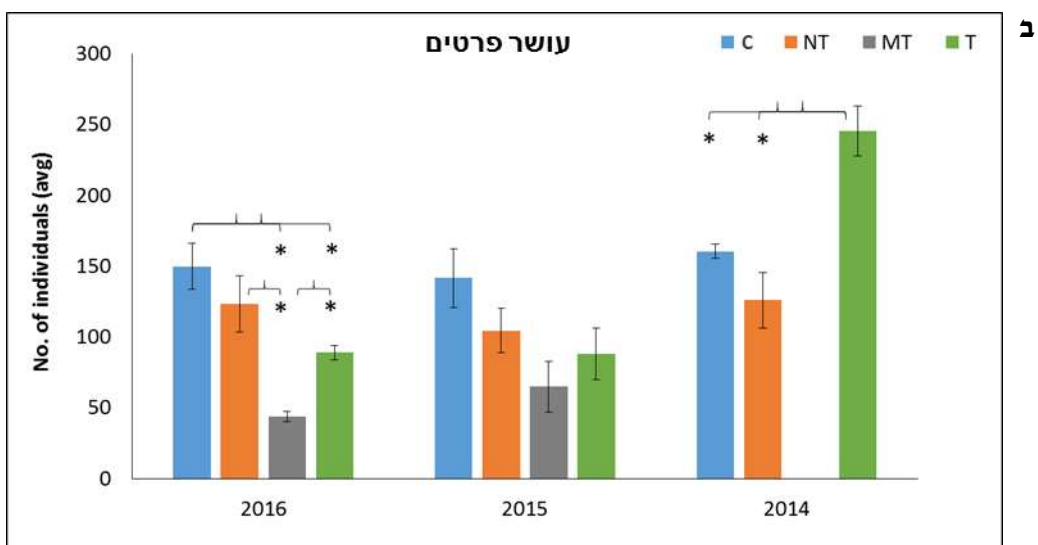
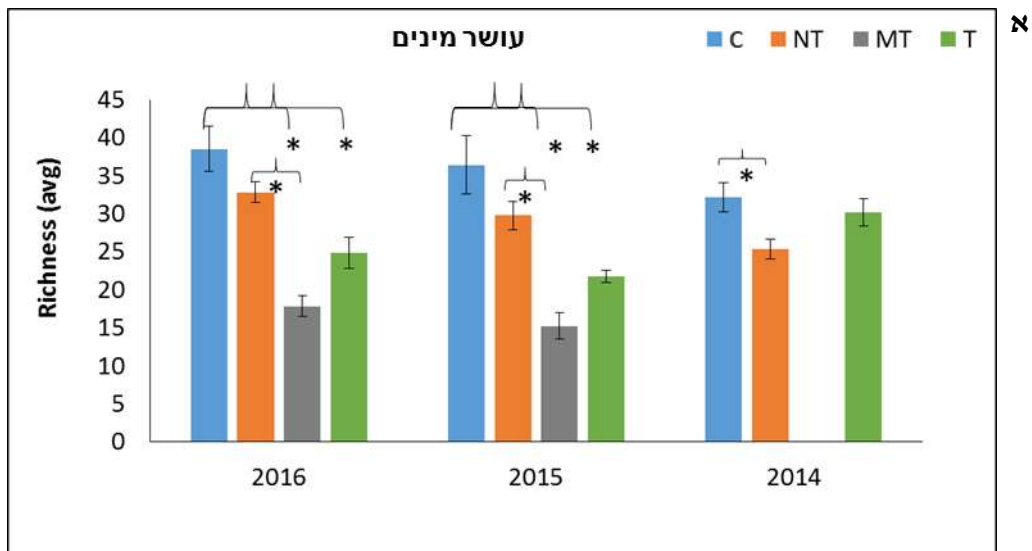
טבלה 4. ערכי דמיון (Bray-Curtis similarity index) של חברות פרוקי רגליים בטיפולים השונים לאורך שלוש שנות המחקר. מקרא הטיפולים: T- חריש, NT- אי פליחה ו-C- ביקורת של קרקע בור.

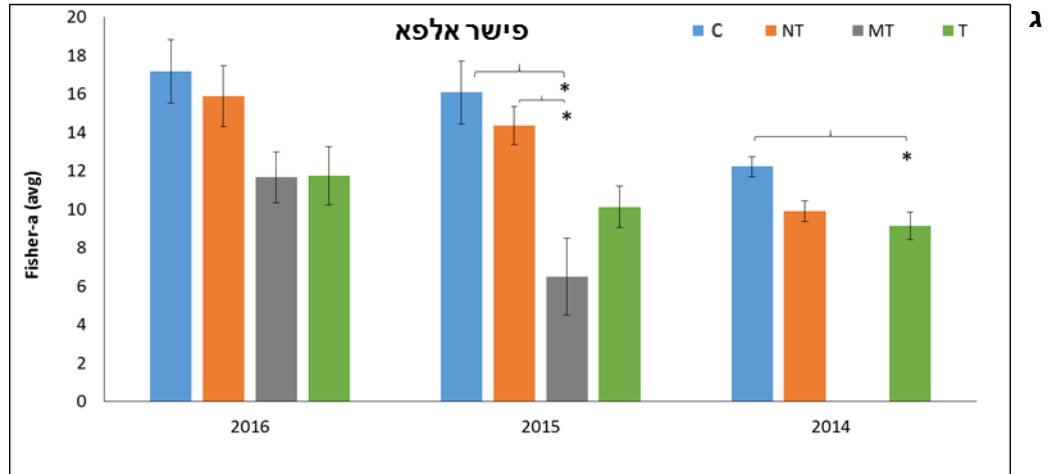
2014	C	NT	T
C	1.00	0.69	0.55
NT	0.69	1.00	0.62
T	0.55	0.62	1.00

2015	C	NT	T
C	1.00	0.33	0.26
NT	0.33	1.00	0.47
T	0.26	0.47	1.00

2016	C	NT	T
C	1.00	0.75	0.65
NT	0.75	1.00	0.70
T	0.65	0.70	1.00

כאשר בוחנים את הרכב החברה בטיפולים השונים בשלושה מדדים (מספר פרטים, עושר המינים ומדד המגוון פישר אלפא), נמצא כי לחלקות הבור הערכים הגבוהים ביותר בכל השנים ובכל הטיפולים, מלבד מספר פרטים בדיגום 2014. מבין טיפולי החקלאות, לטיפול אי הפליחה המדדים גבוהים ביותר, מלבד מספר פרטים ומספר מינים ב- 2014 (איור 8).

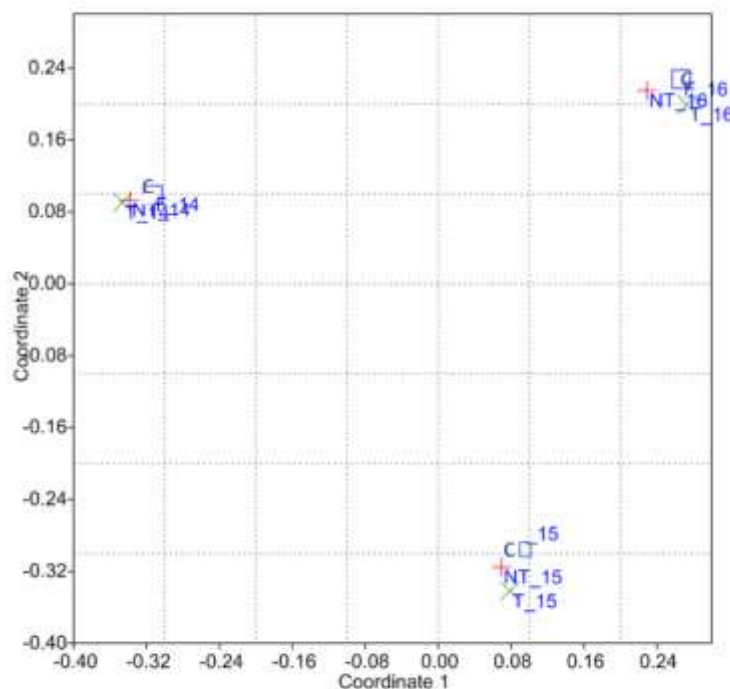




איור 8. הרכב החברה בטיפולים השונים בשלושת שנות המחקר ובשלושה מדדים: (א) עושר המינים, One-way ANOVA followed by Tukey's HSD, $F=4.3, p<0.05$ $F=8.29, p<0.05$: **2015** $F=19.84, p<0.05$: **2016**, $F=18.95, p<0.05$: **2014** (ב) מספר פרטים, One-way ANOVA followed by Tukey's HSD, $F=3.1, p>0.05$: **2014** $F=15.66, p<0.05$: **2015** $F=3.4, p>0.05$: **2016** Tukey's HSD, $F=8.2, p<0.05$: **2014** Box-Cox transformation, $F=4.8, p<0.05$: **2015**, $F=3.4, p>0.05$: **2016** (ג). מדד המגוון פישר אלפא, One-way ANOVA followed by Tukey's HSD, $F=8.2, p<0.05$: **2014** Box-Cox transformation, $F=4.8, p<0.05$: **2015**, $F=3.4, p>0.05$: **2016** טיפולים: T- חריש, NT- אי פליחה, MT- חריש מינימאלי ו C- ביקורת של קרקע בור.

מעניין לראות שבשנת 2014 מספר הפרטים הגבוה ביותר נמצא דווקא בחלקת החריש, אך בשנים שלאחר מכן מגמה זו השתנתה.

חשוב לציין שמההשוואה של הדמיון בהרכב החברות של פרקי הרגליים בין השנים, וכן בהשוואת כל הטיפולים בכל השנים יחדיו, עולה כי ההבדלים בהרכב החברה בין השנים משמעותיים יותר מאשר בין בטיפולים (דהיינו הטיפולים דומים יותר זה לזה בתוך כל שנה, ראה איור 9).



איור 9. אורדינציית הרכב החברות עבור כל שלושת השנים והטיפולים השונים: Adonis test- species*site, nMDS stress= 0.14, 2D, r²=0.8 p<0.01, species*treatment, r²=0.11, p<0.01, T- חריש, NT- אי פליחה MT- חריש מינימאלי ו C- ביקורת של קרקע בור.

בשלב זה של המחקר עדיין לא סיימנו את הצלבת המידע הטקסונומי עם מידע מהספרות לגבי התפקוד של המינים השונים ולכן אין בידינו כרגע די מידע על הגילדה של פרוקי הרגליים שנמצאו.

ב. פרוקי רגליים מזיקים בשדה : בשנת המחקר השלישית, נמצאו זבליות רק בחלקות של עין חרוד איחוד ועין חרוד מאוחד, ולא נמצאו כלל בחלקות של מולדת. ניתוח הנתונים המתייחס לכל הגידולים בכל חלקה, מצביע על כמות כפולה של דרני זבליות בטיפול אי-הפליחה (16.33±4.44 ממוצע ושגיאת תקן) לעומת טיפול החריש המלא (7.33±1.76) או החריש המופחת (8.66±3.33) אך הבדלים אלו אינם מובהקים. בנוסף לא נמצאו כלל מזיקים אחרים באף אחת מהחלקות במהלך העונה.

4. פרמטרים חקלאיים

יבול - עונת מחקר 2015-16 התאפיינה בכמות משקעים נמוכה באופן יחסי למוצע 310.3 מ"מ ולא נמצאו הבדלים מובהקים ביבול החציר בין הטיפולים.

5. תפוסת הגשמים במהלך עונות הניטור:

שלוש שנות המחקר התאפיינו בשונות גדולה בכמות ופיזור הגשמים (טבלה 10). הבדלים אלו השפיעו מן הסתם על כל הפרמטרים שנמדדו ובאו לידי ביטוי מובהק בהרכב חברת פרוקי הרגליים שהייתה שונה מאוד כל שנה (איור 9).

טבלה 10. כמות המשקעים השנתית והעונתית ברמת כוכב בשלוש שנות המחקר

שנת המחקר	הגידול בחלקת הניטור	כמות משקעים במהלך תקופת הגידול (מ"מ)	כמות משקעים שנתית (מ"מ)
2014	קטנית	63.1	244.6
2015	דגן	393.9	539.0
2016	דגן	310.3	338.8

מסקנות ודיון לסיכום שלוש שנות המחקר

תכלול תוצאות כל קבוצות המחקר מצביע על הבדלים ניכרים בין השטח הטבעי (חלקות הבור) לבין השטח החקלאי בכל הפרמטרים שנמדדו. מבין טיפולי העיבוד השונים, השטחים במשטר אי-הפליחה הם הקרובים יותר לשטחי הבור, כאשר מידת הדמיון עלתה משנה לשנה. מבחינת המדדים הא-ביוטיים של הקרקע, תכולת החומר האורגני הגבוהה ביותר נמצאה בחלקות הבור, והנמוכה ביותר בחלקות החריש. בכל חלקות המחקר נמדדה ירידה של תכולת החומר האורגני בסיום עונת הגידול, למעט שטח הבור הנמצא סמוך לאתר חלקות הגידול במולדת. במקביל, נמצא כי הפעילות המיקרוביאלית בכל הקרקעות הייתה גבוהה יותר בקרקעות הבור מאשר בקרקעות החקלאיות, וכן נמצאה מגמת מדרג במגוון המיקרוביאל, המצביעה על מגוון נמוך יותר בשטח שנחרש כל שנה לבין השטח בממשק העיבוד המינימאלי. כמו כן, ערכי מדדי המגוון של פרוקי הרגליים שנמדדו בחלקות הבור נמצאו גבוהים יחסית לחלקות החקלאיות. למרות ששלושת השדות שנבחרו הם ברמת כוכב, קיימים ביניהם

הבדלים ניכרים, כאשר חלקת עין חרוד איחוד שונה משתי החלקות הנוספות מבחינת פרמטרים א-ביוטיים של הקרקע, ולעומת זאת, מבחינת הרכב חברת פרוקי הרגליים, דווקא חלקת מולדת שונה משתי החלקות של עין חרוד איחוד ומאוחד. למרות השונות בין החלקות, ניכר מבחינת פרוקי הרגליים הקרקעיים שטיפולי האי-פליחה היו דומים יותר לבור מאשר הקרקעות שנחרשו. מבחינת פרוקי הרגליים המזיקים, בשנת המחקר השלישית באופן מפתיע לא נמצאו כמעט בכלל מזיקים, וזבליות נמצאו בכמות נמוכה, אך מתכלול שלוש שנות המחקר נראה שחריש מפחית את הנגיעות במזיק זה.

מבחינת השיבוש בעשבים רעים - למרות השונות בין החלקות, ניכר כי במשטר עיבוד של חריש מלא אוכלוסיית עשבי הבר היא המצומצמת ביותר, הן מבחינת מספר המינים והן מבחינת אחוז הכיסוי בשדה. ניכר גם, כי בין משטרי העיבוד חריש מופחת ואי-פליחה, ההבדל ניכר בעיקר באוכלוסיות העשבים המוקדמות והמאוחרות. מבחינת היבולים - בעונת המחקר הראשונה 2013-2014, שהתאפיינה בכמות ופיזור גשמים גרועים במיוחד, נמצא כי מדד היבול הושפע לטובה ממשטר אי-פליחה, כנראה בגלל כושר אחיזת מים גבוה יותר במשטר עיבוד זה. עונת מחקר 2014-2015 התאפיינה במשטר גשמים מיטבי מבחינת כמות הגשם ופיזורו ועונת המחקר השלישית -2015-2015 2015 שהתאפיינה בכמות גשמים בינונית (טבלה 10) לא נמצאו הבדלים בין היבולים בטיפולים השונים. אנו משערים שהתוצאות החקלאיות הן פונקציה של משטר הגשמים והעיבודים החקלאיים, כאשר בשנת בצורת חריש מעודד את יבוש הקרקע ומוביל להפחתה ביבולים, בעוד שבשנה ברוכת גשמים השיבוש בעשבים רעים גובר ומוביל לפחיתת יבולים בחלקות ללא חריש בהשוואה לחלקה שנחרשת. יש צורך בעוד נתונים על מנת להגיע למסקנות ברורות.

מסקנות להמשך המחקר:

מחזור הזרעים התלת-שנתי הוביל לכך שבכל שנה בחלקת הניסוי היה גידול אחר. הבדלים בין העונות ביחס לכמות המשקעים ותפרוסת הגשמים השפיעו באופן ישיר על תהליכים קרקעיים ועל פוטנציאל זמינות המים ואון הצימוח.

בשל חוסר האחידות הראשוני בטיפולים במשקים השונים, קשה לקבל תמונה חד משמעית לגבי השפעת הטיפולים השונים בכל המדדים שנמדדו.

לאור השילוב הנ"ל, ועל מנת שניתן יהיה להשוות תהליכים לאורך מחזור גידול אחד לפחות (או יותר), ראוי לקיים מערך ניטור ארוך טווח אשר יאפשר בחינה של מגוון המדדים התלויים באופן מובהק בתנאי סביבה וממשק אחידים. החקלאים שהעמידו את המערכת מתכוונים להמשיך ולהפעיל אותה עוד 7 שנים לפחות, וראוי לבחון איך להמשיך ולנטר מערכת זו.