

**בחינה ארוכת טווח של יישום זבלי רפתות מוצקים ושפכי רפתות כזבל נזולי בגידולי מספוא  
בממשק עיבוד של אי-פליחה ופליחה כפתרון הרחקה יעיל, כלכלי וסביבתי**

**דו"ח מחקר מסכם (2014-2020)**

**שותפי מחקר:**

רואי בן-דוד<sup>1</sup> – (עובד תקן), טיפוח תבואות חורף ([roib@volcani.agri.gov.il](mailto:roib@volcani.agri.gov.il)).

מני בן-חור<sup>2</sup> – (עובד תקן), כימאי פיסקאלי של הקרקע.

אלי ארגמן<sup>3</sup> – (עובד תקן) שימור קרקע.

רן לאטי<sup>4</sup> – (עובד תקן), חקר עשבים רעים.

הלל מלכה<sup>5</sup> – (עובד תקן) ענף הבקר, שרות ההדרכה והמקצוע משרד החקלאות.

אור רם<sup>5</sup> – (עובדת תקן) גידולי שדה, שרות ההדרכה והמקצוע משרד החקלאות.

אשר איזנקוט<sup>5</sup> – (עובד תקן) גידולי שדה, שרות ההדרכה והמקצוע משרד החקלאות.

אהרן בללו<sup>1</sup> – (עובד תקן) טכנאי, מספוא.

כאמל נאשף<sup>1</sup> – (עובד תקן) טכנאי, טיפוח תבואות חורף.

אפרת הדס<sup>5</sup> – (עובדת תקן) כלכלנית - מנהלת ההשקעות, משרד החקלאות.

<sup>1</sup> מחלקה לירקות גידולי שדה, מכון למדעי הצמח, מנהל המחקר החקלאי; <sup>2</sup> המכון למדעי הקרקע, המים והסביבה, מרכז וולקני; <sup>3</sup> התחנה לחקר הסחף, האגף לשימור קרקע וניקוז, משרד החקלאות ופיתוח הכפר; <sup>4</sup>

היחידה לחקר עשבים, המחלקה למחלות צמחים וחקר עשבים, מנהל המחקר החקלאי, מרכז נווה יער; <sup>5</sup> שרות ההדרכה והמקצוע משרד החקלאות.

**תקציר**

תוספת זבלי רפתות בשדות חקלאיים הנה בעלת חשיבות, הן בהיבט הקרקעי (תוספת חומר אורגני ומניעת סחף) והן בהזנה המינרלית של גידול הפלחה. מכיוון שגידול המספוא לתחמיץ אינו ל"מאכל טרי", יישום פרש בקר בשטחי פלחה המיועדים לדגן למספוא משמש פתרון קצה אידיאלי לבעיית הצטברות הזבלים ברפת. ממשק עיבוד אי-פליחה משולב (אפ"מ) (הכולל ממשק אי-פליחה של מספר שנים ברצף, ולאחר מכן פליחה עם הצנעת זבלים ולא פסולות אורגניות אחרות), מהווה ממשק בר-קיימא לניהול חקלאי באזורים רבים בארץ, המונע או מקטין תהליכי נגר וסחף בשדה המאיצים את הידלדלות הקרקע. ממשק זה עשוי להוות פתרון סביבתי וכלכלי לבעיה מרכזית של רפתות החלב בישראל, שהיא סילוק וטיפול בפרש. מכאן, הצורך לבחון את יעילות ממשק זה באופן מחקרי. המחקר המוצע בהצעה הנוכחית הינו מחקר המשך של שלוש שנות מחקר שנעשו בשנים 2014, 2015 ו-2016. המחקר הנוכחי יתמקד ביישום ארוך טווח של ממשק אי-פליחה משולב (אפ"מ) עם הצנעת

זבלים בגידולי דגן שונים למספוא חורפי ומטרתיו הן: [1] בחינה ארוכת טווח של תרומת תוספת זבלי רפתות על ייצור הביומסה הצמחית למספוא דגן חורפי בהיבט של יבול ואיכות התחמיץ ובהיבט של סניטציה (נוכחות פתוגניים) ואילוח בעשבייה. [2] בחינה השוואתית ארוכת טווח בין גידולי דגן שונים למספוא (חיטה, שעורה וחיטפון) והתאמתם לממשק האפ"מ. [3] לימוד ארוך טווח של השפעת יישום זבלי רפתות וחיפוי חלקי של הקרקע בקש בממשקי עיבוד שונים על שיפור יציבות מבנה הקרקע, יחסי נגר/סחף/ גשם ויחסי מים/צמח/קרקע בשדות פלחה והשתנותה עם הזמן. [4] הערכה כלכלית של ממשק אי-פליחה משולב מבחינה אגרונומית ושימור איכות הקרקע. מערך המחקר המוצע יכול ניסוי שדה למדידת נגר וסחף מחלקות טיפול ויציבות תלכידים בשדה מסחרי ברמות מנשה, שם נפוצים גידולי פלחה והקרקע מועדת לתהליכי נגר וסחף מואצים. ניסוי השדה המוצע נערך שלוש שנים רצופות באותן חלקות טיפול שיישמו בסתיו 2014 (ראה פירוט בהמשך, ואיור נספח 1). בשנה הראשונה והשלישית (שנה שניה, גידול קטנית) יבחנו בחינה השוואתית שני גידולי דגן למספוא מתוך השלוש: חיטה שעורה וחיטפון. במחקר שמהווה למעשה הרחבה והמשך של מחקר קודם בו נבחנו יחסי הגומלין גשם-נגר-סחף בממשקי עיבוד שונים והשפעתם על ייצרנות מספוא. נמצא שתוספת זבלים מובילה למיתון שיעורי הנגר והסחף בטווח הקצר (שלוש שנים), וכן לשיפור בביצועי הגידול שתוצאותיו ניכרות גם לאחר חמש שנים לאחר היישום. הממצאים עבור תוספת הקומפוסט מראים כי יעילות הטיפול פוחתת באופן ניכר לאחר ארבע שנים בעוד שתוספת זבל מרבצים הובילה לשיפור בביצועי הגידול גם לאחר חמש שנים ושש שנים מהצנעת הזבלים. זיבול בזבל מדרכים הראה יתרון בעיקר תחת יישום כל שלוש שנים בהשוואה לטיפול הביקורת (ללא זיבול). טיפול הזבל הנוזלי ביישום עונתי נותן תוספת יציבה של יבול בהשוואה לטיפול הביקורת הצמוד לו (אי-פליחה ללא תוספת זבל) על אף שיתרון זה לרוב אינו מובהק. לאורך המחקר ארוך הטווח (6 עונות) לא אותרו השפעות שליליות ליישומי הזבל [[אין השפעה על פתוגנים בשחת (נבחן סוף עונה ראשונה בלבד) או על אוכלוסיית העשבים הרעים (נבחן לאורך כל עונות הגידול)]. מחד יש לבחון ממשקי זיבול אלו באזורי גידול נוספים לפני שמבצעים הסקת מסקנות גורפת. מאידך, ניתן לקבוע בהסתמך על ממצאי דו"ח כי מצאנו את טיפולי הזיבול (מרבצים, ומדרכים) כבעלי תרומה חיובית לייצרנות מספוא, טיב הקרקע וצמצום נגר וסחף קרקע. כמו כן הוכחה ייתכנות ראשונית של פיזור נזלי רפש מהרפת כטיפול זיבול עונתי בשדות דגן חורפי למספוא.

## טבלה 1: טיפולים

#	טיפול	כמות זבל	מועד תוספת זבל
1	קומפוסט זבל רפתות (75% ח"י) בממשק אי-פליחה	5 מ"ק / דונם	2014
2	זבל מרבצים (25% ח"י) בממשק אי-פליחה	5 מ"ק / דונם	2014
3	זבל מרבצים בממשק פליחה	5 מ"ק / דונם	2014, 2017
4	זבל מרבצים בממשק פליחה	5 מ"ק / דונם	2014
5	ביקורת- ממשק אי-פליחה ללא תוספת זבל	ללא	ללא
6	זבל מדרכים (40% ח"י) בממשק אי-פליחה	5 מ"ק / דונם	2014, 2017
7	ביקורת- ממשק פליחה ללא תוספת זבל	ללא	ללא
8	שפכי רפתות (1% ח"י) כזבל נוזלי בממשק פליחה	18 מ"ק / דונם	כל שנה

**מטרות מחקר פרטניות: (1)** בחינת ארוכת טווח של תרומת פרש רפתות מוצק לאחר טיפולים שונים על ייצור הביומסה הצמחית למספוא דגן חורפי בהיבט של יבול המספוא, ייצור חומר יבש ואיכותו. **(2)** בחינה שנתית של השפעת שפכי רפתות כפרש נוזלי על ייצור הביומסה וגידול המספוא. **(3)** בחינת השוואתית של גידולי דגן שונים למספוא (חיטה, שעורה וחיטפון) והתאמתם לממשק אי-פליחה כולל בחינת זני מספוא חדשים. **(4)** לימוד ובחינה כמותית של השפעת יישום זבל בקר מוצקים ונוזליים לאחר טיפולים שונים בממשק עיבוד אי-פליחה ופליחה על יציבות מבנה הקרקע, יחסי נגר/סחף/גשם ויחסי מים/צמח/קרקע בשדות פלחה והשתנותה עם הזמן.

## מהלך המחקר ותוצאות

מבנה חלקות הניסוי: מערך הניסוי הוקם בשדות גד"ש הרי מגידו, סמוך לקיבוץ רמות מנשה, כלל שישה טיפולים (טבלה 1), שלוש חזרות לכל טיפול (סה"כ, 18 חלקות), באורך 70 מ' ורוחב של 10 מ' לכל חלקה, בשיפוע של כ- 5% לאורך מדרון בשדה חקלאי (איור 1). באתר הניסוי מוקם מד גשם משדר ומד גשם זעיר למדידה של גשם סופתי. מהלך הגידולים במחזור הגידולים בתקופת המחקר הראשונה היה – בקיה + תלתן (2014-15), חיטה (2015-16), שיבולת (2016-17). מהלך הגידולים בתקופת המחקר השנייה היה שעורה (2017-18), בקיה + תלתן (2018-19) וחיטה (2019-20). בכל עונת גידול בוצע מיפוי אווירי על ידי רחפן. כל המידע הקרקעי ונקודות העניין (חלקות הנגר וכד') עוגנו על ידי RTK ברזולוציה מרחבית של מינימלית של 1.0 ס"מ ברשת UTM (WGS84). חלקות הניסוי צולמו על ידי רחפן ליצירת אורתופוטו ברזולוציה גבוהה (>2.0 ס"מ/פיקסל) ארבע פעמים במהלך עונת הגידול – [1] מיד לאחר זריעה; [2] כחודש לאחר הצצה התבססות הגידול; [3] לקראת שיא עונת הגידול; [4] לקראת קציר.

## מבנה ותבנית הניסוי-

גורם ראשי- טיפול האפ"מ - 8 טיפולים (ראה טבלה מס' 1) עם 3 חזרות לכל טיפול. גודל כל חזרה (סטריפ) 70 מ' \* 10 מ' (ר' איור מס' 1). בין כל סטריפ יש 2 מ' הפרדה טכנית בתוספת תילום רדוד. סימון הסטריפים מחודש מבוצע לפני כל עונת גידול מחדש לפי נ.צ מדויק, על מנת לשמר את אפקט הטיפול הרלוונטי שבוצע באותו תא שטח במדויק. בעונת 2018-19 גודלה תערובת של בקיה עם תלתן לשחת, כמקובל כל שנה רביעית, על מנת לשמור על מחזור הזרעים המסחרי (ב-3 העונות הקודמות גודלה חיטה בשטח הניסוי העיקרי, כאשר בחלקות "מעלה" גודלה שיבולת שועל בעונת 2017-18, ושעורה וחיטה בעונת 2016-17).

בדומה למודל הניסוי בחמש העונות הראשונות בנוסף לגורם ראשי - טיפול האפ"מ. נבחן גם גורם משני- סוג הדגן: בחלק הצפוני העליון של כל החזרות מוקמו חלקות קטנות (חלקות "מעלה") שנזרעות בנפרד לצרכי השוואת בין גידולים/זנים. בעונת 2019-20 נזרעה בזריעה מסחרית חיטה מזן "גדרה 152" בחלקות המורד (מזרעה משקית AMAZONE CAYENA 6001C). בחלקות ה"מעלה" נזרע אותו זן חיטה ושני זני חיטפון- חיטפון 1 (זן שגודל כבר בארץ) וזן אינטרודוקציה חדש X1010- המאופיין באון צימוח ראשוני גבוה. כל חלקת ניסוי במעלה היתה ברוב של מזרעה- 4 מ' (מזרעה טורית מסוג DONDER), ונזרעה בניצב למורד לרוחב כל סטריפ (10 מ'). בכל סטריפ חולקו באקראיות מיקומי חלקות החיטה וקווי החיטפון על מנת לנטרל השפעות הקשורות במיקום המרחבי של החלקה ביחס לשיפוע. תוכננה הפרדה של 1 מ' בין חלקות זנים סמוכות ו-2 מ' מרווח בין סטריפים (חזרות של טיפולי האפ"מ). דיגומים נערכו ב 16/1, 12/3 ו- 21/4, כאשר בשונה מעונת 2018-19, נעשתה הפרדה בעונה זו בין המעלה (חלקות טיפוח קטנות) למורד (חלקה מסחרית). מדדים פיזיולוגיים נלקחו באופן דומה לעונה קודמת, ובנוסף במועד הראשון (16/1) והאחרון (21/4) נסרקו תת-חלקות המעלה ע"י חיישן היפרספקטרי (חזרה טכנית אחת לכל טיפול בניסוי, סה"כ 24 דגימות).

## סיכום תוצאות רב עונתי (בדגש על העונה האחרונה 2019-20):

**אפיון תכונות הקרקע בטיפולים השונים:** בסיום כל עונת גידול נדגמו הקרקעות בשני עומקים – 0-5 ס"מ ו- 5-15 ס"מ בשלוש נקודות לאורך המדרון בכל טיפול וחזרה (איור 1). מכל חלקת ניסוי וחזרה נדגמו שלוש דגימות לאורך המדרון בשלוש חזרות על פני שטח של 1.0 מ"ר כ"א (סה"כ 108 דוגמאות). תכונות כימיות כלליות במיצוי מימי של הקרקעות בטיפולי הזבל והעיבוד השונים נבחנו בתנאי מעבדה. במהלך כל עונת הגידול לא נמצא הבדל מובהק בתכונות הכימיות של ערכי EC, pH ו- SAR בעקבות טיפולי הזבלים ועיבודי הקרקע (תוצאות לא מוצגות). לעומת זאת, תוספת זבל המרבצים הובילה לעליה מובהקת של תכולת החומר האורגני בקרקע בהשוואה לטיפול הביקורת (פליחה ללא תוספת זבל בקר, טיפול מס' 7 בטבלה 1) בשני עומקי הדיגום שנבחנו לכל אורך עונת הניטור (איור 2). תכולת החומר האורגני הממוצע בחלקות העיבוד המשמר נמדדה היתה 5.8% בהשוואה ל- 4.5% בחלקות העיבוד

הקונבנציונלי, ללא הבדל מובהק בין ממשקי העיבוד. בבדיקת תכולת פחמן אורגני כללי ומסיס, ערך הגבה ומוליכות חשמלית שנבחנו בכל הטיפולים לבחינת השפעת הטיפול על תכונות הקרקע, בעונת הניטור הראשונה (2017-18), נמצא שתכולת הפחמן הכללי בטיפול מס' 3 (יישום חוזר של זבל מרבצים) היתה הגבוהה ביותר (43.9 גר'ק"ג) בהשוואה לתכולה הנמוכה ביותר שנמדדה בטיפול הביקורת 5 (30.7 גר'ק"ג). לא נמצאו הבדלים מובהקים בין יתר הטיפולים בעונה זו וכן במהלך עונות הגידול העוקבות. תכולת הפחמן האורגני המסיס הגבוהה ביותר ( $p = 0.003$ ) נמצאה בטיפולים 1-3 בהשוואה ליתר הטיפולים. בין יתר הטיפולים לא נמצאו הבדלים מובהקים ( $p > 0.05$ ). ערך הגבה הגבוה ביותר והמוליכות החשמלית הנמוכה ביותר נמדדו בטיפול 5 (7.87, 414.7 מיקרוסימנס"מ,  $p < 0.0001$ , בהתאמה). ערך הגבה הנמוך ביותר והמוליכות החשמלית הגבוהה ביותר נמדדו בטיפול 3 (7.55, 1073.8 מיקרוסימנס"מ,  $p > 0.0001$ , בהתאמה). בכל הטיפולים, תכולת הפחמן האורגני הכללי היתה גבוהה יותר באופק הקרקע העליון. מאידך, תכולת הפחמן האורגני המסיס לא הושפעה באופן מובהק מעומק הקרקע אך היתה גבוהה במעט באופק העליון בהשוואה לתחתון. ערך הגבה היה גבוה והמוליכות החשמלית נמוכה באופן מובהק באופק 5-15 ס"מ (7.7, 7.83 [ $p < 0.0001$ ] ו-661.6, 520.0 מיקרוסימנס"מ, בהתאמה). לאורך כל עונות הניטור, בריכוזי  $N-NO_3$  ו- $N-NH_4$ , הזמינים לצמח באופקים הנבחנו, לא נמצאו הבדלים מובהקים בין הטיפולים השונים (תוצאות לא מוצגות). מאידך, בין השנים נמדדו הבדלים גדולים ללא מגמה ברורה. ככל הנראה, הבדלים אלו נובעים מתוספת דישון חנקתי שניתנו במהלך הזריעה (ולאו לאחר בדיקת 4\3 עלים), יחד עם תהליכי ניטריפיקציה, דהניטריפיקציה ושטיפה של יונים אלו. בדומה לתכולות החומר האורגני בקרקע (איור 2), ערכים ממוצעים של ריכוזי זרחן ( $P-PO_4$ ) בקרקע בטיפולי הזבלים ובטיפולים ללא זבלים בשכבות 0-5 ו-5-15 ס"מ נדגמו בסיום כל עונת גידול (איור 3) עבור השנים מ-2015 ועד 2020 (במהלך שש עונות גידול). ריכוזי הזרחן בקרקעות עם טיפולי הזבל בשתי שכבות הקרקע בשנת 2015 היו גבוהים באופן מובהק ( $p < 0.05$ ) מאשר בטיפולים ללא זבלים (איור 3). מכיוון שחלקות הניסוי לא דושנו בזרחן במהלך כל שנות המחקר, סביר להניח שהתכולה הגבוהה זו של הזרחן בקרקעות בטיפולי הזבל, נבעה מפירוק החומר האורגני שמקורו מהזבלים ושקיעת מלחי הזרחן בקרקע. מכאן, שריכוזי הזרחן בקרקע יכולים לשמש כעדות לפרוק החומר האורגני, שמקורו מזבלי הרפתות בקרקע. ריכוזי הזרחן הממוצעים בקרקעות עם טיפולי הזבל היו גבוהים באופן ניכר מאשר בקרקעות ללא זבלים בשתי שכבות הקרקע, 0-5 ו-5-15 ס"מ, בשנים הראשונות לאחר יישום הזבלים, כאשר הבדלים אלה הצטמצמו עם השנים; בתחילה, חלה ירידה מתונה עם הזמן בתכולת הזרחן בטיפולי הזבל, כאשר פחיתה זו גברה באופן משמעותי משנת 2018, במיוחד בשכבת הקרקע העליונה. בשנת 2020 ריכוזי הזרחן בקרקע בטיפולי הזבל ובקרקע ללא זבלים היו דומים בשתי שכבות הקרקע. תוצאות אלו של ריכוזי הזרחן תואמות לשינוי עם הזמן, שנצפתה בתכולת החומר האורגני בקרקעות בטיפולי הזבל לעומת הקרקעות ללא זיבול (איור 3).

**כימות הנגר והסחף בשדה:** כמויות המשקעים לעונה נתונה, ומאפייני הגידול במהלך עונות הניטור מוצגות בטבלה 2. כמות המשקעים העונתית (ספט'-מאי) בעונות הגידול 2018-19 ו-2019-20 היו גבוהות באופן מובהק מהממוצע הרב שנתי של האזור (655 מ"מ).

**טבלה 1:** תיאור מאפייני הגידול ומס' סופות הגשם שנמדדו במהלך עונות הניטור. כמות המשקעים במהלך עונת הגידול מחושבת משלב הזריעה ועד לקציר

עונת גשם במהלך	מס' סופות גשם מנוטרות	גשם	גידול	כמות גשם עונתית	עונת גשם במהלך
				(ספט' – מאי)	עונת הגידול
(מ"מ)				(מ"מ)	חודשי גידול
226.8	3	גשם	שיבולת שועל	667.6	01.2018-04.2018
557.0	7	גשם	בקיה + תלתן	920.2	01.2019-04.2019
801.3	8	גשם	חיטה	968.0	12.2019-04.2020

מכיוון שניסוי השדה התבצע בחלקה מסחרית של גד"ש הרי מגידו, מועדי הזריעה ואופי הגידול נקבעו על ידי המגדל והיו שונים בכל עונה (לדוגמה, בגלל עיכוב ניכר של תחילת עונת המשקעים, זריעת השעורה בעונת הגידול 2017-18 בוצעה בסוף חודש ינו' 2018). שיעורי הסחף, הנגר ויחסי הנגר-גשם היו שונים באופן ניכר במהלך ובין העונות ונבעו, בין היתר ממספר סופות הגשם שהתרחשו בכל עונה, עיתוי המשקעים, כמות ועצמת הגשם. בעונת הגידול הראשונה, כמות הסחף, הנגר ויחסי הנגר-גשם הגדולים ביותר נמדדו בטיפול הפליחה ללא תוספת חומר מטייב (טיפול 7) בעוד שהערכים הנמוכים ביותר נמדדו הנמוכה ביותר בטיפול בו בוצע יישום חוזר של זבל מרבצים (טבלה 3). גם במהלך העונה העוקבת נמדדו ערכים נמוכים בטיפול 3 בהשוואה לכל הטיפולים.

השוואה בין משקי העיבוד לא הצביעה על הבדלים מובהקים ( $p > 0.05$ ), לאורך עונות הניטור, בין שיעורי הנגר, הסחף ויחסי הגשם-נגר (איור 4 ב'). למרות זאת, נמצאה עלייה מובהקת ( $p < 0.05$ ) של מדדים אלה בין עונות הגידול כאשר קצב השינוי של ממשק אי הפליחה היה מתון יותר בהשוואה לממשק פליחה.

השוואה בין טיפולי הזיבול (ביקורת, קומפוסט וזבל מרבצים), לאורך עונות הגידול, הראתה כי בעונות הגידול 2017-18 ו-2018-19 שיעורי הנגר, הסחף ויחסי הנגר-גשם של תוספת זבל המרבצים הובילה לירידה במדדים אלה בהשוואה לטיפולים להם לא הוסף חומר מטייב ( $p < 0.05$ ) בעוד שבעונות הגידול 2019-20 לא נמצא הבדל מובהק (איור 4 א').

השוואה בין תוספת זבל מרבצים, בעונות הגידול 2017-18, ליתר הטיפולים (טבלה 3) מראה כי יישום חוזר של זבל מרבצים הוביל בשתי העונות הראשונות לירידה מובהקת של המדדים הנבחנים בהשוואה לביקורת (פליחה ללא תוספת חומר מטייב) אך דומה לטיפול בו יושם זבל מרבצים בעונות הגידול 2014-2015. בעונות העוקבות לא נמצא הבדל מובהק בין החלקות בהן בוצע יישום חוזר של זבל מרבצים ובין

חלקות הביקורת. בחינה של מדדים אלו עבור תוספת חד-פעמית של קומפוסט (עונת 2014-15) לא הצביעה על מגמה ברורה בין העונות.

**השפעת ממשקי הזבל והעיבוד יעל יצרנות מספוא:** בשלוש שנות הניסוי 2018-2020 ועם שלושה גידולים שונים, יבול השחת היה הגבוה ביותר בטיפול 3 (עיבוד מזערי ותוספת זבל אורגני בשנת 2017) והיה נמוך ביותר בטיפול 5 (עיבוד מזערי ללא תוספת זבל; טבלה 3). בכל השנים האלה, טיפול 3 נבדל מטיפול 5 בצורה מובהקת והיה גבוה ממנו בכ-50% (שיבולת שועל ב-2018, חיטה ב-2020) ובכ-100% (בקיה + תלתן ב-2019). באף אחת מהשנים לא נמצאו הבדלים מובהקים בין הטיפולים שקיבלו תוספת זבל אורגני (טיפולים 1-4). שתי הביקורות ללא תוספת זבל (טיפולי 5 ו-7) גם כן היו דומים בכל אחת מהשנים. אחוז החנקן בשחת חיטה ב-2020 היה דומה בין כל הטיפולים (1.20-1.34%;  $p=0.461$ ; תוצאות לא הוצגו).

לא נמצא הבדל מובהק ביבול בין ממשקי העיבוד בטיפולים בהם יושם זבל מרבצים הן בחלקות להן הוסף זבל מרבצים בעונת הגידול 2014-15 והן בחלקות בהם בוצע יישום חוזר (טיפול 3) בעונת הגידול 2017-18 ( $p=0.704$ , תוצאות אינן מוצגות). בנוסף, באף אחת מהשנים לא נמצא הבדל מובהק ביבול השחת בין ממשקי העיבוד להם לא הוסף חומר מטייב (טיפולים 5 ו-7) למרות שהיבול בחלקות בפליחה היה גבוה לכל אורך עונות הגידול.

ניטור ביצועי הגידול בוצע שלוש פעמים בכל עונה – [1] לאחר הצצה והתבססות הגידול (ינואר); [2] לקראת שיא הצימוח (מרץ); [3] לקראת קציר (אפריל). כבר בחודש מרץ של כל שנה, נמצאו ערכי ביומסה גבוהים ביותר בטיפול 3 והערכים הנמוכים ביותר בטיפול 5 או 7 (בצורה מובהקת סטטיסטית לגבי שיבולת שועל ב-2018 וחיטה ב-2020; טבלה 5). צפיפות הנבטים של הגידול בתחילת כל אחת מעונות הגידול (ינואר של כל שנה) לא הושפעה בצורה מובהקת מהטיפולים ( $p>0.05$ , תוצאות לא הוצגו). אחוז כיסוי הצומח, שנבחן על ידי צילום אוויר מרחפן, בוצע במקביל למדידות קרקעיות. בשלוש עונות הגידול לא נמצאו הבדלים מובהקים בין טיפולי ממשק העיבוד ( $p>0.05$ ).

בכל עונות הגידול לא נמצאו הבדלים מובהקים של גובה הצומח בין טיפולי הזיבול וממשקי העיבוד השונים ( $p>0.05$ ). בחינת הקשר ביחס בין הגובה ותכולת החומר היבש בכל הטיפולים, בין עונות הגידול, היה חיובי ללא מובהקות סטטיסטית. בנוסף, לא נמצא הבדל מובהק בין ממשקי העיבוד. חלקות המעלה בחנו את ייצרנות שני זני חיטפון וזן ביקורת של חיטה תחת ממשקי הטיפול השונים. מאיור 5 ניתן ללמוד על הייצרנות הגבוהה של ממשקי הזיבול בהשוואה לממשקי הביקורת 5 ו-7. זן החיטפון החדש X1010 הנו בעל ייצרנות גבוהה כפי שמתבטא בממוצעי יבול ח"י תחת ממשק קומפוסט וזבל מרבצים. באופן מעניין חלקות זן זה המאופיין באון צימוח הראו רמות נמוכות של נגיעות בעשבים רעים (רחבי עלים). צפיפות עשבים הייתה גבוהה באופן יחסי בחלקות הזן חיטפון 1 וזן הביקורת גדרה (בייחוד בממשקי הביקורת). זני החיטפון הם בעלי הסתעפות נמוכה בהשוואה לזן החיטה אבל תחת ממשקי זיבול קומפוסט ומרבצים אין הדבר מתבטא בצבירת ח"י בשיבולים (איור 5).

**הרכב והתפתחות עשבים בטיפולים השונים:** ניתוח התוצאות של כל עונות הגידול לא מצביע על השפעה מובהקת של השיבוש בעשבים בין ממשקי העיבוד. עם זאת, במועד הדיגום הראשון, בכל עונה, לפני יישום קוטלי העשבים נצפתה מגמה של עלייה בשיבוש בממשק אי הפליחה בהשוואה לפליחה. כצפוי, מגמה זו לא אובחנה לאחר יישום חומרי ההדברה אשר נותנים ביטוי לאיכות ההדברה ולא להשפעת ממשקי העיבוד על השיבוש בעשבים. בכל חזרה נלקחו 2 דוגמאות בגודל של 0.5 מ"ר בצורה אקראית (שישה דיגומים לכל טיפול). בכל דוגמא, נספרו מספר העשבים הכולל ומספר העשבים מהמינים והמשפחות הראשיות שכללו: חרצית השדות, עשן קטן, מורכבים, מצליבים ודגניים. ההערכה בוצעה בשני מועדים – [1] לפני הצצת והתבססות הגידול, אך טרם הטיפול בקוטלי עשבים; [2] לאחר הטיפול בקוטלי עשבים. מספר העשבים נבחנו ב- ANOVA חד-גורמית לקביעת השפעת סוג הזבל והעיבוד על מספר העשבים (ברמת מובהקות של  $<0.05$ ), ממוצעים השוו באמצעות מבחן Tukey-HSD.

**טבלה 3:** יבול שחת של הגידולים השונים בשנים 2018-2020, תחת ההשפעות המשולבות של עיבוד הקרקע ותוספות של דשנים אורגניים. היבול מוצג כחומר יבש לאחר יבוש בתנור ב-60 מ"צ. בכל שנה נקצר היבול בחודש אפריל. NT – אי-פליחה; Ti – פליחה. תוצאות של טיפולים ללא אותיות זהות במבחן Tukey HSD נבדלות סטטיסטית ברמה של  $\alpha=0.05$ .

Year	Crop	Treatment #	Tillage	Amendment	Yield (g/m <sup>2</sup> )	Tukey HSD test	Relative to NT Control (%)	SE (g/m <sup>2</sup> )
2018	Oat	1	NT	Compost 2014	623.5	ab	124	45.6
		2	NT	Manure 2014	648.0	ab	129	29.6
		3	Ti	Manure 2017	778.5	a	155	59.8
		4	Ti	Manure 2014	741.5	ab	147	46.9
		5	NT	Control	503.5	b	100	68.7
		7	Ti	Control	682.2	ab	135	67.3
		2019	Legumes	1	NT	Compost 2014	1019.3	a
2	NT			Manure 2014	891.1	a	141	84.1
3	NT			Manure 2017	1240.8	a	197	96.9
4	Ti			Manure 2014	937.4	a	149	72.7
5	NT			Control	631.2	b	100	63.3
7	Ti			Control	637.2	b	101	56.4
2020	Wheat			1	NT	Compost 2014	1254.5	ab
		2	NT	Manure 2014	1280.0	ab	124	76.4
		3	NT	Manure 2017	1518.3	a	147	77.1
		4	Ti	Manure 2014	1388.3	a	134	79.0
		5	NT	Control	1036.1	b	100	74.0
		7	Ti	Control	1126.1	b	109	79.4



**טבלה 4: השפעות עיבוד קרקע ותוספות של דשנים אורגניים על הביומסה של הגידולים השונים בחודש מרץ של השנים 2018-2020. הביומסה של כל טיפול מוצגת כאחוז מהביומסה של הביקורת בעיבוד מזערי. NT – אי-פליחה; Ti – פליחה. תוצאות של טיפולים ללא אותיות זהות במבחן Tukey HSD נבדלות סטטיסטית ברמה של  $\alpha=0.05$ .**

Year	Crop	Treat- ment #	Tillage	Amendment	Yield, relative to NT Control (%)	Tukey HSD test
2018	Oat	1	NT	Compost 2014	154	ab
		2	NT	Manure 2014	121	bc
		3	Ti	Manure 2017	217	a
		4	Ti	Manure 2014	116	bc
		5	NT	Control	100	bc
		7	Ti	Control	85	c
		2019	Legumes	1	NT	Compost 2014
2	NT			Manure 2014	140	a
3	NT			Manure 2017	157	a
4	Ti			Manure 2014	148	a
5	NT			Control	100	a
7	Ti			Control	97	a
2020	Wheat			1	NT	Compost 2014
		2	NT	Manure 2014	126	bc
		3	NT	Manure 2017	172	a
		4	Ti	Manure 2014	146	ab
		5	NT	Control	100	c
		7	Ti	Control	121	bc

לטיפול הזבלים השונים לא הייתה השפעה מובהקת ( $p > 0.1161$ ) על מספר העשבים הכולל למרות השוני הניכר שנצפה בין הטיפולים (בין 35 ל-196 עשבים למ"ר). יתרה מכך, בטיפול הביקורת (מס' 5, אי פליחה ללא זבל) היה מספר העשבים גבוהה (168 עשבים למ"ר) בהשוואה לטיפול אי פליחה אחרים, לדוגמא, טיפול מס' 3, זבל מרבצים עם קש בו נספרו 77 עשבים למ"ר. תוצאה זו מרמזת כי עיקר מקור העשבים בחלקה אינו מיישומי הזבל אלא אילוח טבעי. בנוסף, גם טיפולי האי פליחה לא הובילו לעלייה במספר העשבים כאשר בטיפול המרבצים ללא פליחה היה מספר העשבים נמוך בהשוואה לזבל מרבצים עם פליחה, 35 ו-108 עשבים למ"ר, בהתאמה.

עשן היה העשב היחיד בו ערך  $p$  היה גבולי (0.0722) עובדה המרמזת על השפעה ברורה של אחד מטיפולי הזבלים. יתרה מכך, העובדה כי מספר העשבים בטיפול הביקורת ללא הזבל (מס' 5) היה 15 למ"ר מרמז כי הזבל הטרי הוא המקור לשיבוש בעשן או תומך בהתפתחותו. חרצית השדה הינה מין העשב המרכזי השני בחלקה. במקרה זה, מס' העשבים גבוהה של עשבים למ"ר נצפתה בביקורת ללא הזבל, 78. תוצאה זו מרמזת כי עשב זה מקומי וטיפולי הזבלים לא תרמו להתפשטותו בחלקה. ערך  $p$  גבוהה יותר (0.36) מחזק את ההנחה של חוסר השפעת טיפולי הזבלים. גם בעשבים ממשפחת המורכבים נצפתה מגמה דומה. חוסר מובהקות (0.24) בין טיפולי הזבלים השונים, ומספר גבוהה של עשבים (62 למ"ר) בביקורת ללא הזבל. בעשבים הדגניים לא נצפתה השפעה או מגמה לאף אחד

מהטיפולים, ובהתאמה ערך  $p$  היה הגבוהה ביותר, 0.4115. במועד הדיגום השני לאחר הריסוס בקוטלי עשבים מספר העשבים היה נמוך בצורה משמעותית, ולא נצפה כל שוני או מגמה במספר העשבים הכללי או במינים בין טיפולי הזבלים (נתונים אינם מוצגים).

## דיון

**אפיון תכונות קרקע:** כמתואר בפרק התוצאות, לכל אורך עונות הגידול לא נמצאו הבדלים מובהקים בין ערכי pH, EC, ו-SAR בין ממשקי העיבוד והזיבול. מאידך, תכולת החומר האורגני הייתה גדולה באופן מובהק בין ממשקי העיבוד עד לעונת הגידול 2018-19 (כולל עונות הגידול 2014-17) כאשר בעונת הגידול האחרונה לא נמצאו הבדלים מובהקים בין הטיפולים באופק הקרקע העליון כאשר באופק 5-15 ס"מ ההבדל היה עדיין מובהק ( $p < 0.05$ ). כלומר, ההשפעה של תוספת הזבלים על תכולת החומר האורגני, באופק 0-5 ס"מ הייתה נוכחת למשך חמש עונות גידול והשפעתה הייתה זניחה בעונת הגידול האחרונה. סביר להניח שבמהלך חמש עונות הגידול, למעט האחרונה (2019-20), החומר האורגני שהוסף לקרקע התפרק במלואו, כתוצאה מפעילות מוגברת של מיקרואורגניזמים. לעומת זאת, באופק הקרקע התחתון קצב הפירוק היה נמוך יותר ככל הנראה כתוצאה מפעילות מיקרוביאלית מוגבלת שהאטה את קצב הפירוק של הזבלים שהוספו לקרקע.

ממוצע ריכוזי הזרחן בקרקע, בשני האופקים שנבחנו (0-5, ו-5-15 ס"מ) הצביעו על הבדל מובהק בהשוואה בין טיפולי הזיבול בהשוואה לביקורות (טיפולים 5 ו-7) במשך חמש עונות גידול, החל מעונת הגידול 2014-15 ועד לעונה 2018-19, כאשר ריכוז הזרחן בעונת הגידול האחרונה (2019-20), בשני האופקים היתה דומה. מכיוון שלחלקות הניסוי, למעט טיפול 3, לא הוסף חומר מטייב במהלך כל עונות הגידול סביר להניח שמקור הזרחן הנו בתוספת זבל המרבצים והקומפוסט והירידה בריכוז נבעה כתוצאה מפירוק החומר האורגני שמקורו בתוספות האורגניות. תוצאות אלו של ריכוזי הזרחן תואמות לשינוי עם הזמן, שנצפתה בתכולת החומר האורגני בקרקעות בטיפולי הזיבול לעומת הקרקעות ללא זיבול.

**כימות הנגר והסחף בשדה:** בעונת הגידול 2017-18, נמדדו שלושה אירועי נגר בלבד לאחר מועד הזריעה. כמות המשקעים בתקופת הגידול הייתה נמוכה באופן ניכר מכמות המשקעים בשנים העוקבות שהתאפיינו בכמות משקעים עונתית גדולה מהממוצע הרב-שנתי באופן מובהק. בנוסף, מאפייני ומשך הגידול היו שונים בכל שנה. בחמש עונות גידול (למעט עונת הגידול הראשונה, 2014-15, בה כל החלקות היו תחת ממשק פליחה) בהן יושם ממשק עיבוד אפ"מ בהשוואה לממשק מקובל לא נמצא הבדל ניכר בשיעורי הנגר והסחף בין ממשקי העיבוד. יחד עם זאת, למעט עונת הגידול האחרונה, נמצא ששיעורי הנגר והסחף בחלקות שהיו תחת ממשק אי-פליחה היו גדולים מאשר ממשק הפליחה, אם כי ממצא זה אינו מובהק. היעדר הבדל בין ממשקי העיבוד, במהלך עונות הגידול, נובע ככל הנראה בעיקר כתוצאה מאחוז כיסוי השטח בצומח, במהלך העונה שהיה דומה בין הטיפולים ועל כן פחות הושפע ממשק העיבוד. עם זאת, לממשק הזיבול היתה השפעה מובהקת על שיעורי הנגר והסחף. בעוד

ששיעורי הנגר והסחף בטיפולים 1 ו-3 (תוספת קומפוסט זבל מרבצים, בעונת הגידול 2014-15, בהתאמה) נמצאו דומים בכל עונה, נמדדה ירידה משמעותית בטיפול 3 לאחר יישום חוזר של זבל מרבצים בעונת הגידול 2017-18. ממצא זה מצביע על תועלת ניכרת של זבל המרבצים שהובילה לפחיתה בשיעורי הנגר והסחף מיד לאחר היישום ועד לעונת הגידול 2018-19. מאידך, בחינה של יחסי הנגר-גשם בין טיפולי הטיוב, בעונות אלה, הראתה כי יחס הנגר-גשם הגדול ביותר התקבל בטיפול 1 (תוספת הקומפוסט) בעוד שהיחס הנמוך ביותר נמדד בטיפולי הזיבול. מתוך שש עונות של ניטור ארוך טווח נראה שלאחר ארבע עונות ההשפעה המטיבה של מיתון נגר לאחר תוספת קומפוסט דועכת. מתוך כל עונות הניטור נמצא ששיעורי הנגר, הסחף ויחסי הנגר גשם הגדולים ביותר נמדדו בעונת הגידול האחרונה. למרות שבעונה זו נמדדה כמות המשקעים הגדולה ביותר ניתן לשער כי יעילות ממשק הזיבול פחת באופן ניכר כתוצאה מדעיכה באיכות תכונות הקרקע ויכולתה למתן את שיעורי הנגר והסחף.

**השפעת ממשקי הזבל והעיבוד על ייצרנות מספוא:** לכל אורך תקופת הניטור, יבול השחת הגבוה ביותר נמדד (כצפוי) בחלקות להן הוסף זבל מרבצים בעונת 2017-18 (טיפול 3). באופן דומה, יבול השחת בכל הטיפולים שבחנו את ממשק הזיבול היה גבוה באופן משמעותי מטיפולי הביקורת (ללא תוספת זבלים) אך ללא מובהקות סטטיסטית למעט עונת הגידול 2018-19 (בקה + תלתן) בה לא נמצא הבדל בין ממשקי העיבוד. רצף הגידולים שנבחן בניסוי הנוכחי כלל גידול קטנית ולאחריו שלוש עונות של גידול דגן. למרות ההשפעה החיובית של תוספת הזבלים על מיתון תהליכי נגר וסחף, נראה שגודל ההשפעה על יבול השחת לאורך שלוש עונות גידול דגן פחת בהדרגה, עד לעונה 2018-19 בה הגידול היה קטנית. בעונה העוקבת (2019-20) חל שיפור מסוים בביצועי הגידול אך ככל הנראה השינוי נובע ממחזור הגידול מאחר שחלה דעיכה בתכולת הזרחן יחד עם ירידה בתכולת החומר האורגני באופק הקרקע העליון, כפי שתואר בפרק התוצאות. להערכתנו צפיפות הנבטים, שנמצאה דומה בכל הטיפולים מושפעת ממאפייני המיכון ולכן לא נמצאו הבדלים מובהקים בין הטיפולים השונים. למרות זאת, ניתן לציין לחיוב את השיפור שנמדד בערכי הביומסה בחודש מרץ בכל שנה (טבלה 5) שמעיד עם השפעה חיובית של תוספת הזבלים באופקי הקרקע 0-5 ו-5-15 ס"מ, בהשוואה לטיפולי הביקורת (5 ו-7). השפעה זו דעכה לקראת חודש הקציר.

השוואת ממוצעים של יבול הח"י בזן המסחרי גדרה (שנדגם בסטריפים-חלקות גדולות) הבליטה את יתרון הייצרנות לטיפולי הזיבול בזבל מרבצים (3- עם תוספת זיבול ב-2017 ו-4 זיבול יחיד ב-2014) וטיפול 6 של זבל מדרכים (תוספת זיבול ב-2017) וזאת בהשוואה לטיפול 1 של תוספת חד פעמית של קומפוסט (2014) שנתן יבול ח"י נמוך באופן מובהק (איור 6-א). יתר הטיפולים, כולל טיפול 8 שכלל יישום עונתי של זבל נזלי לא נבדלו ביבול ח"י למספוא מהטיפולים המצטיינים ומטיפול הקומפוסט.

החלקות במעלה נקצרו גם לגרגירים ובאופן מעניין על אף שונות מסוימת בריכוז החלבון בגרגירים לא נבדלו ממוצעי ריכוז החלבון בין טיפולי הממשק (איור 6-ב). זאת על אף ש"אפקט המיהול" עשוי היה

להביא להבדלים בריכוז החלבון כפועל יוצא של רמת ייצרנות שונה בין הטיפולים. על אף שבחינת איכות המספוא הקצור לא נכלל מלכתחילה במשימות שהוגדרו למחקר הנוכחי, בוצעה בעונת 2017-18 אנליזה חלקית בשחת שיבולת שועל. הניתוח הראה שלא נמצא כל הבדל מובהק באיכות המספוא הקצור בפרמטרים של %ADF, %NDF, %חלבון ו-% נעילות כללית (אנליזת NIRs הראה איור 7).

**הרכב והתפתחות עשבים בטיפולים השונים:** במהלך תקופת המחקר נבחנו בכל עונה משתנים תלויים – ממשק העיבוד ובלתי תלויים – מספר עשבים וביומסת העשבים. בשנות הניטור 2017-18, 2018-19 לא נמצאה כל השפעה של הגורמים הנבחנו על מספר העשבים והתפתחותם. עם זאת, בשנת המחקר 2018-19 נצפתה מגמה שאינה מובהקת בעלייה במספר העשבים רחבי העלים בממשק אי הפליחה. בשנת המחקר האחרונה (2019-20) נצפתה עלייה במספר העשבים, גם במקרה זה ללא מובהקות סטטיסטית בהשוואה בין ממשקי העיבוד וממשקי הזיבול. בכל עונה נצפתה מגמה של עלייה בשיבוש אך כצפוי מגמה זו לא אובחנה לאחר יישום חומרי ההדברה שמבטלים למעשה את היכולת לבחון את השפעת ממשקי העיבוד והזיבול על השיבוש לקראת סיום עונת הגידול.

### **סיכום מנהלים: ממצאים עיקריים מסקנות ולקחים**

#### השפעה על הטווח הקרקעי

- בהשוואה בין ממשקי הזיבול נמצא שתכולת החומר האורגני גבוהה באופן מובהק בממשק בו הוסף זבל מרביצים עד לעונת הגידול 2018-19 (חמש מתוך שש שנות ניטור). בעונת הגידול האחרונה לא נמצאו הבדלים בין ממשקי הזיבול.
- בהשוואה בין ממשקי הזיבול והביקורת נמצאו הבדלים בקצב פירוק החומר האורגני בין שכבות הקרקע כאשר קצב הפירוק בשכבת הקרקע העמוקה היה נמוך יותר.
- נמצא כי ריכוז הזרחן בטיפולי הטיוב גבוה בהשוואה לביקורת באופן מובהק. השפעה זו דעכה בשנת המחקר האחרונה (חמש מתוך שש שנות ניטור)
- נמצא כי תכולת הפחמן המסיס גבוהה בטיפולי הזיבול בהשוואה לביקורת.
- נמצא כי תכולת הפחמן המסיס גבוהה יותר בממשק משמר בהשוואה לקונבנציונלי.

#### השפעה על נגר וסחף

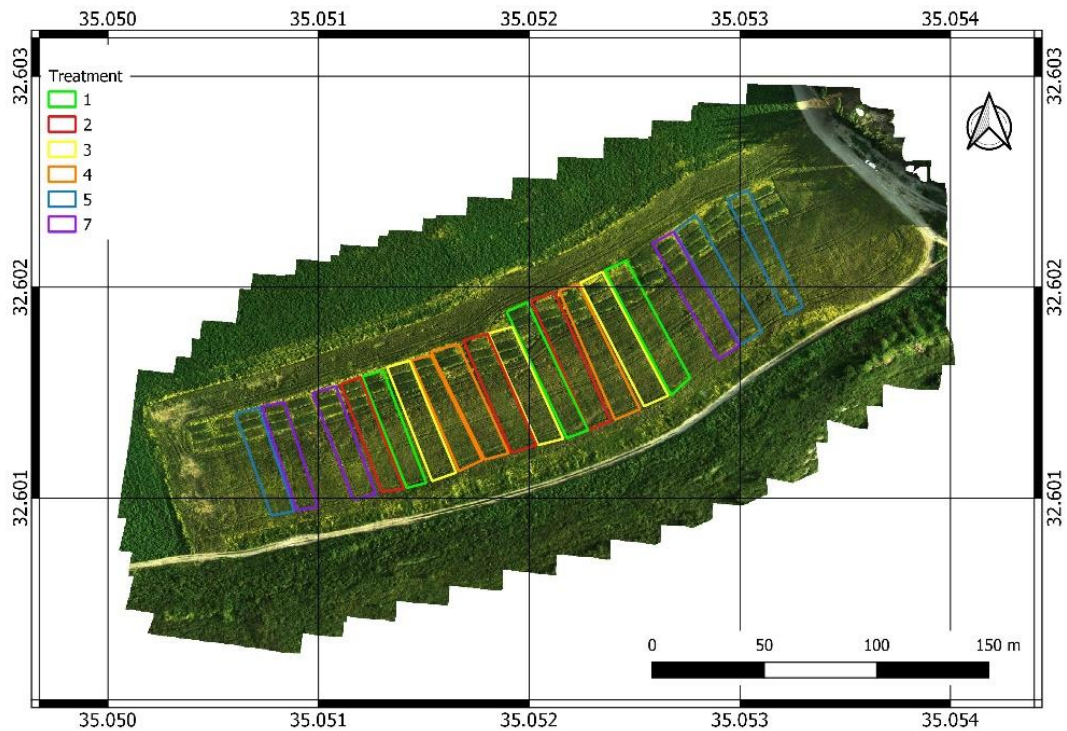
- לכל אורך עונת הגידול, בהשוואה בין ממשקי העיבוד לא נמצאו הבדלים מובהקים של שיעורי הנגר והסחף.
  - סיכום ממצאי כל עונות הגידול (שש שנים) מראה כי שיעורי הנגר מחלקות בהן יושם ממשק אי פליחה היה גדול בהשוואה לממשק פליחה, אם כי ממצא זה אינו מובהק.
  - היעדר ההבדל בין ממשקי העיבוד נובע ככל הנראה מאחידות דומה של אחוז כיסוי פני הקרקע בצומח, בכל הטיפולים.
  - תוספת הזבלים בעונת הגידול 2017-18 (טיפול מס' 3) הובילה למיתון שיעורי הנגר והסחף באופן ניכר. השפעה זו ניכרה לכל אורך עונת הגידול (2017-18 ועד 2019-20).
  - השפעת הטיוב על ידי תוספת קומפוסט הייתה חיובית עד לעונת הגידול 2017-18 (ארבע שנים מתוך שש עונות גידול).
  - שיעורי הנגר והסחף הגדולים ביותר נמדדו בעונת הגידול האחרונה בה כמות המשקעים הייתה גדולה באופן ניכר מהמוצע הרב שנתי באזור.
- השפעה על ייצרנות מספוא:
- לכל אורך תקופת הניטור נמצא שיבול השחת הגבוה ביותר נמדד בחלקות להן הוסף זבל מרביצים בעונת הגידול 2017-18.

- היבול בטיפולים להם הוסף חומר אורגני מטייב (זבל מרביצים וקומפוסט) היה גבוה באופן משמעותי מטיפולי הביקורת (ללא תוספת חומר מטייב) כאשר המובהקות הסטטיסטית משתנה בין העונות.
- בסיכום שתי העונות האחרונות ניכר היה יתרון לטיפולי הזיבול יתרון שנשמר הן ביישום כפול (טיפולים 3 ו-6, מרביצים ומדרכים בהתאמה) והן ביישום בודד (4- טיפול מרביצים) (ראה גם איור 4 דו"ח שנה 5).
- טיפול הזבל הנוזלי (8) הראה יתרון בהשוואה לטיפול הביקורת פליחה ללא תוספת זבל (אם כי יתרון זה אינו מובהק) (ראה גם איור 4 דו"ח שנה 5).  
השפעה על אילוח בעשבים רעים:
- לא נמצאה השפעה מובהקת של ממשקי העיבוד והזיבול על מספר העשבים והתפתחותם.
- בכל עונה נצפתה מגמה של עלייה בשיבוש אך כצפוי מגמה זו לא אובחנה לאחר יישום חומרי הדברה.

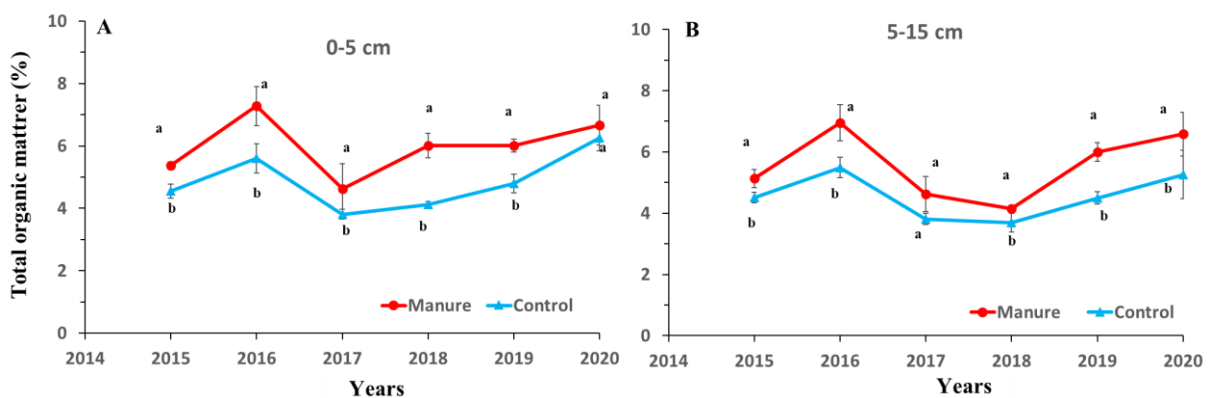
לסיכום, המחקר הנוכחי מהווה הרחבה והמשך של מחקר קודם בו נבחנו יחסי הגומלין גשם-נגר-סחף בממשקי עיבוד שונים והשפעתם על ייצרנות מספוא. נמצא שתוספת זבלים מובילה למיתון שיעורי הנגר והסחף בטווח הקצר (שלוש שנים), וכן לשיפור בביצועי הגידול שתוצאותיו ניכרות גם לאחר חמש שנים לאחר היישום. הממצאים עבור תוספת הקומפוסט מראים כי יעילות הטיפול פוחתת באופן ניכר לאחר ארבע שנים בעוד שתוספת זבל מרביצים הובילה לשיפור בביצועי הגידול גם לאחר חמש שנים ושש שנים מהצנעת הזבלים. זיבול בזבל מדרכים הראה יתרון בעיקר תחת יישום כל שלוש שנים בהשוואה לטיפולי הביקורת (ללא זיבול). טיפול הזבל הנוזלי ביישום עונתי נותן תוספת יציבה של יבול בהשוואה לטיפול הביקורת הצמוד לו (אי-פליחה ללא תוספת זבל) על אף שיתרון זה לרוב אינו מובהק. לאורך המחקר ארוך הטווח (6 עונות) לא אותרו השפעות שליליות ליישומי הזבל [אין השפעה על פתוגנים בשחת (נבחן סוף עונה ראשונה בלבד) או על אוכלוסיית העשבים הרעים (נבחן לאורך כל עונות הגידול)]. יש לבחון וודאי ממשקי זיבול אלו באזורי גידול נוספים אך במסגרת מסקנות דו"ח זה נמצאו טיפולי הזיבול כבעלי תרומה לייצרנות מספוא, טיב הקרקע וצמצום נגר וסחף.

- תוצאות המחקר הוצגו בימי עיון לחקלאים ובכנסים מדעיים בארץ

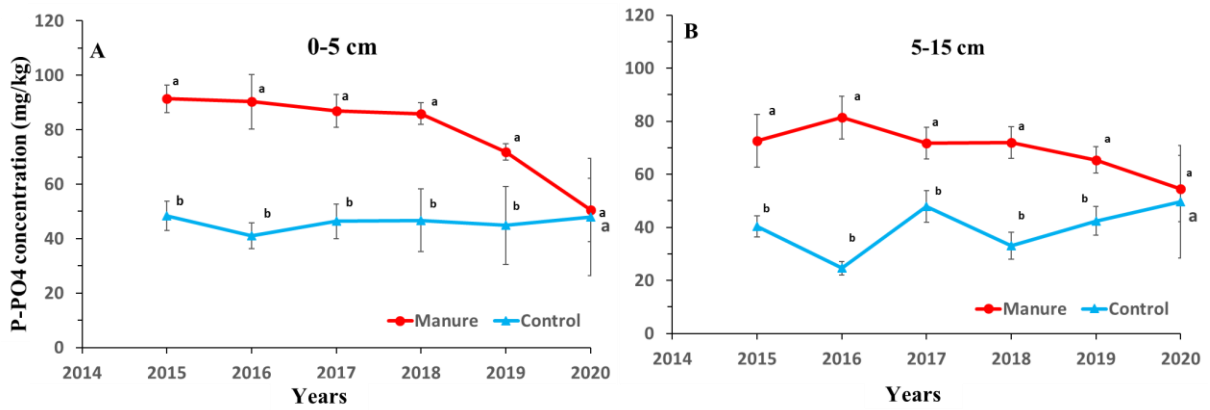
**רשימת ספרות** – הרשימה נמצאת בידי המחברים ותימסר על פי דרישה.



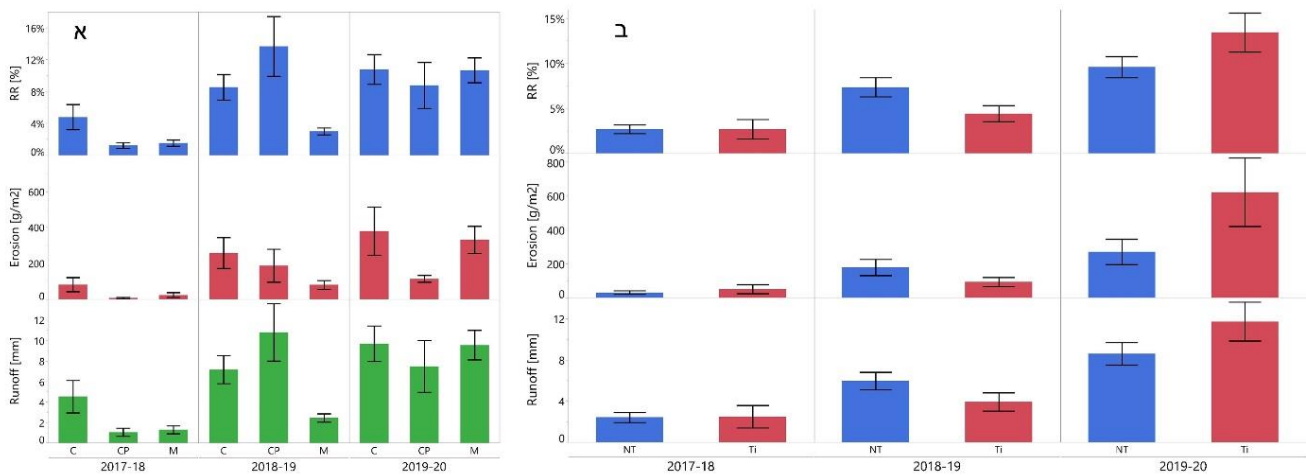
**איור 1. מבנה מערך הניטור הקיים ברמות מנשה.** צילום אוויר של אתר המחקר ברמות מנשה מתאריך אפריל 2020. חלקות הניסוי מסומנות בהתאם למפתח הגוונים. שטח החלקות האפקטיבי לניטור היה 10X70 מ' לאורך המדרון. צילום האוויר בוצע על ידי רחפן מטופס INSPIRE ונקבע לרזולוציה מרחבית של 2.0 ס"מ/פיקסל.



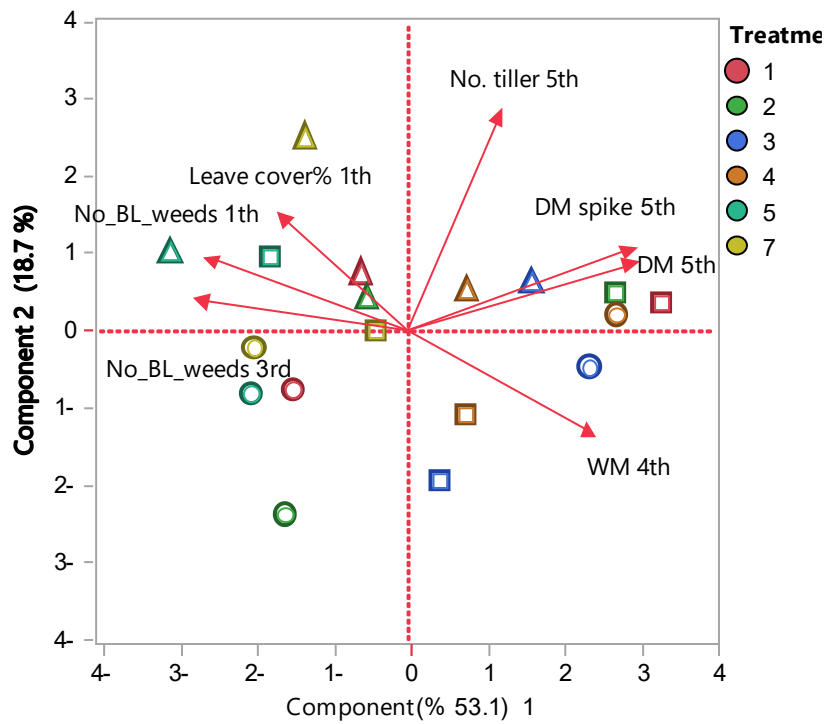
**איור 2. התפלגות תכולת החומר האורגני בשני אופקי הקרקע (0-5, ו-5-15) לאורך עונות הניטור הקרקעי.** תכולת החומר האורגני הממוצע (לשנה נתונה) של תוספת זבל מרביצים מצוינת באדום. תכולת החומר האורגני הממוצע (לשנה נתונה) של חלקות הביקורת (ללא תוספת זבל) מצוינת בכחול.



**איור 3.** התפלגות ריכוזי הזרחן בשני אופקי הקרקע (0-5 ו-5-15 ס"מ) לאורך עונות הניטור הקרקעי. ריכוז הזרחן הממוצע (לשנה נתונה) של תוספת זבל מרביצים מצוינת באדום. ריכוז הזרחן הממוצע (לשנה נתונה) של חלקות הביקורת (ללא תוספת זבל) מצוינת בכחול.

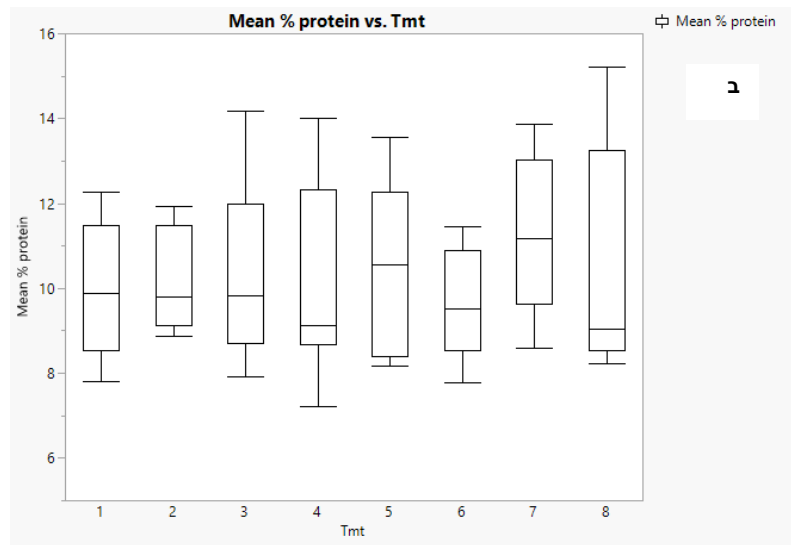
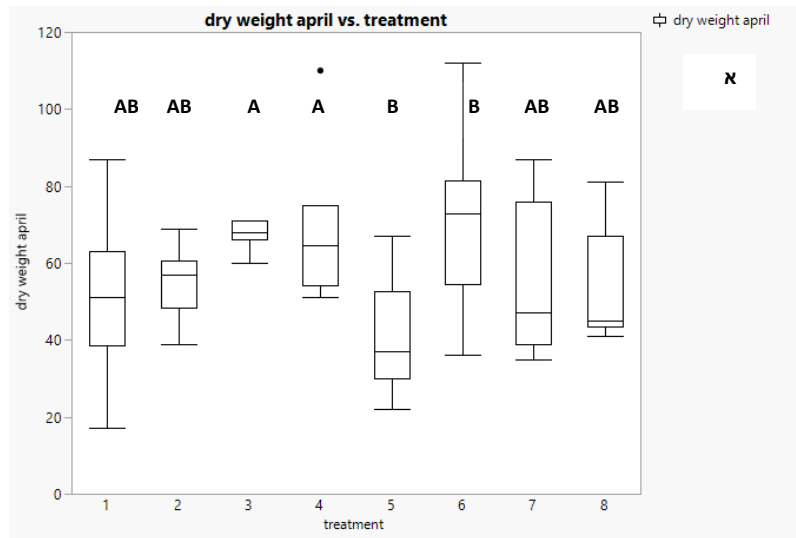


**איור 4.** השוואה בין טיפולי הזיבול והביקורת של שיעורי הנגר, סחף יחסי נגר-גשם במהלך עונות הגידול. ב' – השוואה בין שיעורי הנגר, הסחף יחסי הנגר-גשם בין ממשקי העיבוד במהלך עונות הגידול. NT – אי-פליחה (אדום); Ti – פליחה (כחול); C – ביקורת; CP – קומפוסט; M – זבל מרביצים.

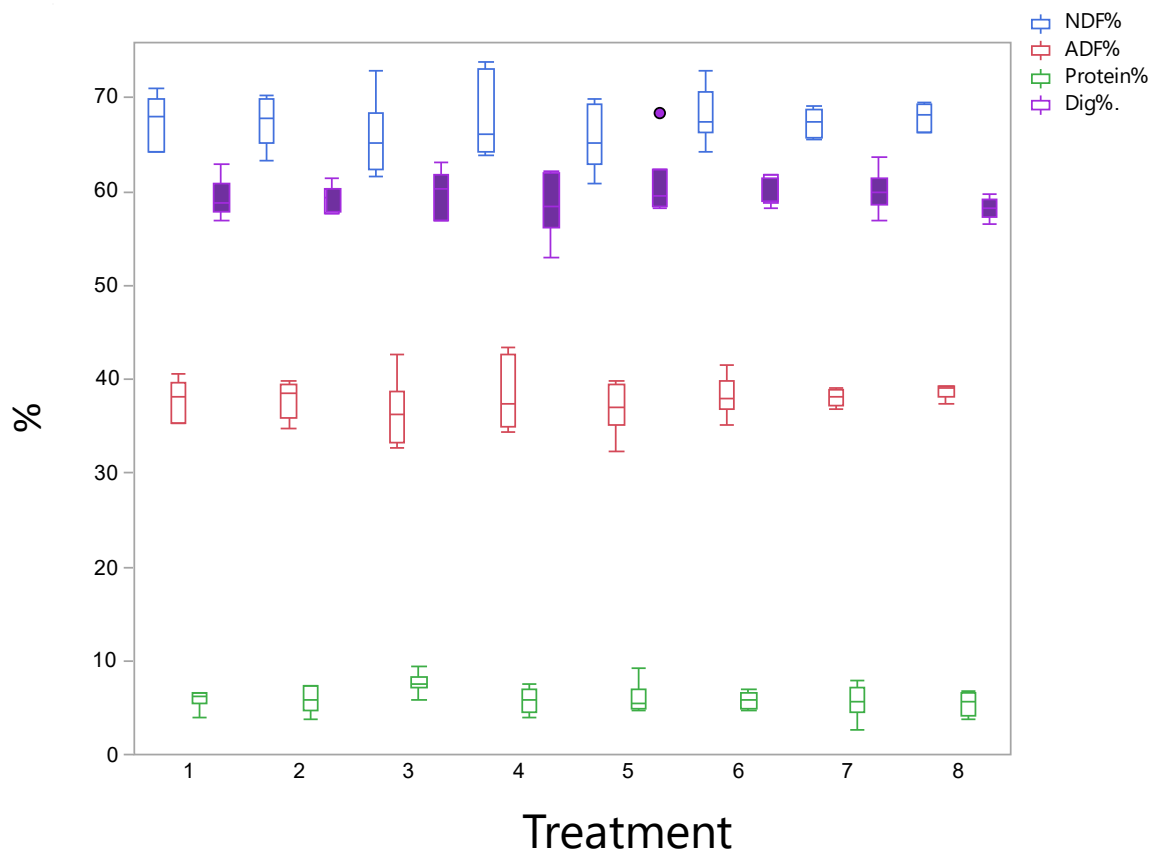


**איור 5. אפיון אגרוטכני- חלקות הניסוי עונת 2019-20.** ניתוח Principal components analysis של ממוצעי 3 קווי דגן: חיטפון 1 (עיגול), X1010 (ריבוע) וזן ביקורת חיתת לחם גדרה (משולש) בששה טיפולי ממשק מסומנים בצבע, ראה מקרא. הניתוח מתבסס על ממוצעי המדדים הפנוטיפיים: % כיסוי עלווה בינואר, מספר עשבים רחבי עלים בינואר ומרץ, מקל ביומסה רטוב באפריל, יבול ח"י במאי, משקל ח"י שיבולים במאי ומבספר סעיפים לצמח. חיצים מסמנים את העוצמה והכוון של משתני המכור כפי שמתבטאים בצירי המרחב PC1 ו-PC2 המסבירים יחד 82.2% מהשונות של אוסף הקווים.





**איור 6. השוואת יבול ח"י בקציר ותכולת חלבון בגרגר בין טיפולי הזיבול והביקורת (עונת 2019-20).** (א) יבול ח"י בקציר למספוא של הזן גדרה (גר' לעשירית מטר), ממוצעי טיפול המיוצגים באותיות שונות נבדלים זה מזה באופן מובהק ( $P(q) < 0.005$ ) (ב) % חלבון בגרגר לא נמצא הבדל מובהק בין הממוצעים).



**איור 7. השוואת איכות ח"י בקציר בין טיפולי הזיבול והביקורת (עונת 2017-19).** שחת שיבולת שועל נקצרה בכל הטיפולים ונסרקה במכשיר NIRS (מכון וולקני) לפרמטרים של איכות מספוא: NDF%, ADF%, %חלבון ו-% נעכלות כללית. באף אחד מהמשתנים לא נמצא הבדל מובהק בין ממוצעי הטיפולים השונים