

דו"ח לקרן המדען הראשי לתכנית מס' 301-0570 בנושא:

## הפחתת גורמי מחלה שוכני-קרקע באמצעות יישום בוצות שפכים מפוסטורות

Reduction of soil-borne diseases using pasteurized wastewater sludges

מוגש ע"י

פנחס פיין<sup>1</sup>, ואורי זיג<sup>2</sup>, יפת בן-יפת<sup>3</sup>, גיורא קריצמן<sup>3</sup>, יוג'י אוקה<sup>4</sup>, עמי גיפס<sup>5</sup>, אברהם זילברמן (ג'ון)<sup>5</sup>,  
מיכל ראובן<sup>3</sup>, רבקה רוזנברג<sup>1</sup>

נמרוד בורגן<sup>2</sup>, אנה בריוזקין<sup>1</sup>, שושי סוריאנו<sup>1</sup>, עידית גינזברג<sup>6</sup>, בעז אברהם<sup>7</sup>

<sup>1</sup>המכון למדעי הקרקע, המים והסביבה, מינהל המחקר החקלאי, יח"מ - ישובי חבל מעון, <sup>3</sup>המכון להגנת הצומח, מינהל המחקר החקלאי, <sup>4</sup>המכון להגנת הצומח, תחנת מחקר גילת, מינהל המחקר החקלאי, <sup>5</sup>שירות שדה-משרד החקלאות, <sup>6</sup>המכון לצמח, מינהל המחקר החקלאי, <sup>7</sup>ניר יצחק

הדוח אינו מהווה המלצה לחקלאים

## סיכום עם שאלות מנחות

מטרות המחקר תוך התייחסות לתוכנית העבודה.
פיתוח חלופה להדברה של גורמי מחלה שוכני קרקע בשדה באמצעות בוצות סוג א'.
לבדוק השפעות אפשריות של יישום במ"ס בשדה לאורך זמן על פוריות ומבנה הקרקע.
עיקרי הניסויים והתוצאות.
בוצעו 12 טיפולים: שלושה סוגי זבל (קומפ' בוצה, קומפ' זבל פטמים עם סיד ו-במ"ס) בהשוואה לטיפול ביקורת עם אמוניום וסיד ובלעדיהם ולטיפול הדברה רגיל בפורמלין. אלה הראו כי במ"ס וסיד גורמים להעלאה חולפת של ה-pH של הקרקע, ההופכת את האמוניום לאמוניה גזית שהנה ביוצידית. מקור האמוניום היה הזבל ו/או דשן אמון גופרתי. בכל טיפול נבחנה גם האפשרות לייעל את ההדברה באמוניה ע"י סולריזציה למשך שבוע. חימום הקרקע גורם להפיכה מושלמת יותר של האמוניום לאמוניה ב-pH נמוך יותר.
מסקנות מדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו. האם הושגו מטרות המחקר לתקופת הדוח?
מצאנו ירידה משמעותית ביותר ומובהקת סטטיסטית ברמת המדבק הטבעי (או המוסף) לקרקע של חיידקים ופטריית בכל הטיפולים שהכילו סיד ואמוניום (היקש של סיד + אמוניום, במ"ס, וזבל פטמים בתוספת סיד). החיפוי בניילון הגביר את השפעת טיפולי החיטוי. ההשפעה על ה-pH של הקרקע חלפה במהירות, וכל טיפולי הזבל הגדילו את הזמינות הפוטנציאלית של הזרחן בקרקע. כל טיפולי הזבל החליפו דישון באשלגן ובזרחן בקרקע. ריכוזי החנקן (ניתן בדשן ראש במהלך הגידול) והאשלגן בפקעות ובנוף לא הושפעו באופן מובהק סטטיסטית ע"י הטיפולים.
הבוצות לא השפיעו על ריכוזי חלק מהמתכות הכבדות בפקעות (עופרת, ניקל) אך הן (ובעיקר הבמ"ס) הורידו (בצורה מובהקת סטטיסטית) את ריכוזי הקדמיום והקובלט (ריכוזים שהיו נמוכים מאד מלכתחילה). ריכוזי יסודות קורט חיוניים לא הושפעו (ברזל, בורון) או עלו (נחושת, אבץ, מוליבדן). הבמ"ס העלה מאד את ריכוז הסיידן בפקעות (ב-35%-62% מה שעשוי לשפר את איכותן), וכן את ריכוזי הגופרית והסלן (שהוא יסוד קורט חיוני לאדם). הבמ"ס הוריד את ריכוזי המנגן, הבריום והמגניום בפקעות (כנראה עקב תחרות בקליטה עם הסיידן). הבוצות השפיעו במעט על ריכוזי היסודות בקליפת הפקעות (במ"ס: הפחתה מובהקת בריכוזי קדמיום ומנגן). הבוצות לא השפיעו על מדדי איכות הפקעות.
הושגו מטרות המחקר לתקופת הדוח.
בעיות שנתרו לפתרון
בעונה הראשונה, טיפולי הסיד והאמון הגופרתי ובעיקר בטיפול הבמ"ס (והאמון הגופרתי) הקטינו בצורה מובהקת את יבולי בהשוואה לטיפול ההיקש ולטיפול הזבל האחרים. הגורם היה כנראה מליחות בית השורשים. מקורות המליחות היו בעיקר כלוריד וגופרה באפר פצלי השמן ששימש לייצוב הבוצה. לא הייתה שטיפה בגשם בשנה זאת (2008/9) ולא ניתנה שטיפה מכוונת. בעונה השנייה ההדברה הייתה פחותה במידה ניכרת בהשוואה לעונה הראשונה (לעיל) למרות הטיפולים הדומים. בעונה זאת המשק נמנע מלזרוע משיקוליו הוא.
יש לחזור על הניסויים, הן כדי לבסס (ככל הנראה) את התוצאות של העונה הראשונה, הן כדי לבחון זאת עם גידול בשטח והן כדי להתמקד יותר הזבלים ובמינונים המשפיעים יותר.
הפצת הידע שנוצר בתקופת הדו"ח: <b>פרסומים בכתב</b> - ציטט ביבליוגרפי כמקובל בפרסום מאמר מדעי; <b>פטנטים</b> - יש לציין שם ומס' פטנט; <b>הרצאות וימי עיון</b> - יש לפרט מקום, תאריך, ציטוט ביבליוגרפי של התקציר כמקובל בפרסום מאמר מדעי.
ימי עיון ביח"מ ואחרים; סמינר מכוני בוולקני; עבודת דוקטור של עמי גיפס (2008)
פרסום הדוח: אני ממליץ לפרסם את הדוח: (סמן אחת מהאופציות)
ללא הגבלה (בספריות ובאינטרנט)
האם בכוונתך להגיש תוכנית המשך בתום תקופת המחקר הנוכחי?
הוגש

## 1. תקציר

המחקר יועד להרחיב ולבסס את הידע בנוגע לשימוש יעיל ובטוח בבוצות שפכים מיוצבות בקומפוסטציה ובסיד. הנהנים מכך יהיו החקלאים, המגזר העירוני (בחיסכון גדול בעלויות), היצרנים ואיכות הסביבה הכוללת. הנחות העבודה הן, כי (א) לבוצות סוג א' עשויה להיות השפעה ביוצידיית ישירה על גורמי מחלה בקרקע הנובעת מרעילות אמוניה בתנאי סביבה מתאימים (כגון, pH). (ב) ניתן לגרום העלאה חולפת של ה-pH של הקרקע ושל ריכוזי האמוניה בה, שלא תגרום נזק לגידול בהמשך, (ג) לבוצות אלו, תהיה השפעה חיובית על זמינות יסודות הזנה וקורט לגידול.

שלב א' של המחקר בוצע בשנים 2008-9. בניסוי שדה נרחב בדקנו הפחתה של גורמי מחלה שוכני קרקע בשדה באמצעות סיד ואמוניה, כשאלה באים מדשנים כימיים ו/או מזבלים (בוצה מיוצבת בסיד (במ"ס), קומפוסט בוצה, זבל פטמים). הניסוי בוצע בשדה מסחרי, בניר יצחק, בתפוז"א מהזן דיטה. טיפולי הדברה בוצעו בקיץ 2008, הזריעה בנובמבר 2008 והאסיף באפריל 2009. בניסוי היו 13 טיפולים ב-78 חלקות, כל אחת ב-4 ערוגות באורך 10 מ' (כ-80 מ"ר), סה"כ כ-10 דונם. היו 7 טיפולי היקש, מהם אחד בהדברה רגילה בפורמלין. ברוב הטיפולים נבחנה גם האפשרות לייעל את ההדברה ע"י סולריזציה למשך כשבוע (משך שרידות מרבי של אמוניה גזית בקרקע). הניסוי לוהה בבדיקות כימיות של הקרקע ושל הצמחים במועדים שנחשבו קריטיים.

בכל טיפולי הסיד + אמוניום או במ"ס + אמוניום, עם סולריזציה או בלעדיה, הייתה ירידה חדה ביותר ומובהקת סטטיסטית ברמת המדבק הטבעי (או המוסף) לקרקע של חיידקים ופטירות. הייתה נטייה להפחתת הרגישות של הפקעות לריקבון באחסון בטיפולי הסיד ולנגיעות הגבעולים בדוררת. אולם לא הופיעו כל מחלות שהן בפקעות או בנוף של הגידול בטיפול כלשהו.

הזבלים הגדילו את הזמינות הפוטנציאלית של הזרחן בקרקע בהשוואה למצב לפני הזיבול. ריכוזי האשלגן בפקעות ובנוף לא הושפעו באופן מובהק סטטיסטית ע"י הטיפולים. יבולי הפקעות והנוף בטיפולי הבמ"ס (ובמידה פחותה בטיפולי סיד ואמון הגופרתי) היו נמוכים בצורה מובהקת בהשוואה ליבולים בטיפולי ההיקש ובטיפולי הזיבול האחרים (בקומפוסט בוצה ובזבל עופות). הגורם לכך היה ככל הנראה שטיפה לא מספקת של הקרקע לפני הזריעה (בחורף זה הגשמים החלו לרדת במרץ 2009), ומוליכות חשמלית גבוהה של תמיסת הקרקע בעת הנביטה ואחריה.

בשלב זה, נראה כי שלוש ההנחות לעיל אוששו לפחות באופן חלקי: (א) לבמ"ס, אך לא לקומפוסט בוצה, הייתה השפעה ביוצידיית ישירה על גורמי מחלה בקרקע הנובעת מרעילות אמוניה אשר שופעלה בתנאי pH וטמפרטורת קרקע מתאימים. (ב) ניתן לגרום העלאה חולפת של ה-pH של הקרקע ושל ריכוזי האמוניה בה בלי להותיר עקבות בקרקע זמן רב לפני הזריעה, (ג) לבוצות הייתה השפעה חיובית על זמינות יסודות הזנה וקורט לגידול. אולם, כל טיפולי הסיד, ובעיקר הבמ"ס, העלו את המוליכות החשמלית של הקרקע, ועקב שטיפה מוגבלת שלה הייתה פגיעה משמעותית ביבול הפקעות.

ביולי 2009 בוצע טיפול הדברה בבמ"ס בחלקות אחרות לקראת זריעת אגוזי האדמה (אפריל 2010). התמקדנו בטיפולי הבמ"ס הואיל והם הראו פוטנציאל עקבי להדברה של מחלות שוכנות קרקע אולם הם היו בעייתיים בגידול עצמו. להתמודד עם כך: (א) הפחתנו עומסי יישום, הן של במ"ס והן של אמוניום, (ב) נקפיד על שטיפה מספקת של הקרקע (גשם ו/או השקיה). בנוסף, חיפוי הקרקע היה באקוטקסט במטרה להוזיל ולהקל. אולם, כל הטיפולים לא הראו שינוי במדדים הנחשבים קריטיים להדברה: ריכוז אמוניום, pH וחום הקרקע לא הראו שינוי בעקבות הטיפולים. עם זאת, הייתה הדברה חלקית אך מובהקת של חלק מהאורגניזמים שנבדקו. לבסוף, הגידול לא נזרע בשל שיקולי המשק.

המחקר מבוצע באישור אד-הוק של נציגי ה-GlobalGAP בארץ, יש בכך אולי לפתוח פתח לשימוש עתידי בבוצות שפכים בגידולי מאכל שיצואם לאירופה מפוקח באמצעות הארגון (מרבית יצוא הירקות והפירות מהארץ).

## 2. מבוא

ממצאים מעבודות קודמות שלנו ומהספרות מראים, כי שילוב יישום במ"ס בקרקע יכול להפחית מאד אוכלוסיות של גורמי מחלה שוכני קרקע (פטירות, חיידקים ונמטודות) בתוך זמן קצר (ימים ספורים), ושל דרגת מחלה בצמחי בוחן (Ben-Yephet et al., 2006; Oka et al., 2006a,b; 2007). המנגנון נחקר בשנים האחרונות, והראנו כי זוהי תוצאה של רעילות אמוניה גזית לאורגניזמים בקרקע (גיפס,

2008). במ"ס היא מקור לאמוניום, ויישום שלה בעומס הולם בקרקע מעלה את ה-pH לטווח (9.5 עד 10.5) בו רוב האמוניום בקרקע ככולו (כתלות בטמפ') מצוי בצורה הגזית הפעילה. בהמשך הזמן, ה-pH יורד לערכים אופייניים לקרקע (בשיווי משקל עם גיר), ובמקביל חל נידוף של חלק מהאמוניה וניטריפיקציה של יתר האמוניום, ונמנעת פיטוטוקסיות אפשרית של אמוניום או pH. הדברה באמצעות אמוניה נוסתה כבר בעבר, כולל ביישום תוספים בעלי יחס C/N נמוך (Kritzman, 1992); שפיגל ושרון, 1996), אולם אי-שילוב עם העלאת ה-pH והטמפרטורה פגם בהדירותה השפעת התוספים ובמידת ההפחתה של גורמי המחלה בקרקע ובגידול. המחקר התמודד עם חששות מהשפעות שליליות אפשריות של יישום במ"ס על תכונות הקרקע ועל זמינות יסודות ההזנה, ומשינוי בלתי-הפיך ב-pH של הקרקע ופיטוטוקסיות.

### **3. הנחות המחקר**

(א) לבוצות סוג א' תהיה השפעה ביוצידיית ישירה על גורמי מחלה בקרקע הנובעת מרעילות אמוניה בתנאי סביבה מתאימים (כגון, pH).

(ב) העלאת ה-pH של הקרקע ושל ריכוזי האמוניה תחלוף לפני שייזרע הגידול, ובלי לגרום לו נזק.

(ג) לבוצות לעיל תהיה השפעה חיובית על פוריות הקרקע ועל זמינות יסודות הזנה וקורט לגידול.

### **4. מטרת המחקר**

(א) בדיקת ההשפעה הביוצידיית הישירה של בוצות סוג א' וזבל פטמים על שרידות של מגוון של אורגניזמים גורמי מחלה (ואחרים) בקרקע.

(ב) השפעת התוספים על גידול הצמח והיבול ועל מדדי זמינות יסודות הזנה וקורט בקרקע בשדה.

### **5. שיטות וחומרים**

ניסויי השדה בוצעו בקרקע חולית בשדה מסחרי בניר-יצחק (מפה 1). השדה נבחר בגלל דיווח על היותו מאולח בצורה קשה בחיידקי גרב (*Streptomyces scabies*). ביצוע הניסוי התאפשר לאחר קבלת אישור מרפי גמסון, מנהל המח' החקלאי ב-IQC (נציגי ה-GlobalGAP).

#### **5.1 טיפולים**

עונה ראשונה, 2008/9: נבדקו 13 טיפולים ב-6 חזרות בבלוקים באקראי. 12 טיפולים נבדקו כל מהלך הניסוי, והיבול נבדק גם בטיפול נוסף (טיפול 13 או F) שהיווה ביקורת משקית (טבלה 1). שטח כל חלקה היה כ-80 מ"ר (10 מ' על 4 ערוגות). יושומו קומפוסט בוצה (SSC), שנרכש משח"מ גבעת עדה (אתר דלילה), בוצה מיוצבת בסיד (במ"ס, ABS) ממט"ש בית שמש, זבל פטמים (BL) מעובד מנירים, סיד כבוי [slaked lime; Ca(OH)<sub>2</sub>], פורמלין ("דור כימיקלים") ואמון גופרתי ("דשן גת") הרכבי הזבלים מוצגים בטבלה 2 (א'-ב'). חלקות הביקורת לא קיבלו זיבול. יתר החלקות בשטח (ובכללן טיפול 13) קיבלו 1 ט"ד' זבל פטמים. היישום היה ידני לפי שקילה. הזבל יושם על בסיס המשקל היבש (גם כשהמינון רשום במ"ק; ההמרה נעשתה לפי הצפיפות הנפחית והרטיבות). הפורמלין ניתן בהגמעה במנה המקובלת (250 ל"ד'). ניילון (35 מיקרון, תוצ' גניגר) שימש לכיסוי הקרקע. שיעורי היישום של הבוצות היו על פי העומס המרבי המותר בתקנות (1.1 טון "חומר אורגני"/ד'/שנה).

טיפולים בעונה השנייה, 2009/10: ביולי 2009 בוצעו טיפולים בבמ"ס לקראת אגוזי האדמה. התמקדנו בבמ"ס, משום שהיה לו פוטנציאל עקבי להדברה של מחלות שוכנות קרקע אך גם בעייתיות

בידול עצמו. בוצעו 3 טיפולים ברמות יישום שונות של במ"ס ואמוניום: במ"ס: 5 מ"ק/ד' או 10 מ"ק/ד' (כמו בשנה א'); אמון גופרתי: 90 או 180 (כמו בשנה א') ק"ג/ד' (טבלה 1). בנוסף, נלקחה חלקה בשטח כולל של כ-5 דונם הצמודה לשטח לעיל, וחולקה לחלקות של 1.25 ד' כל אחת, בהן יושמו 3 הטיפולים לעיל, הושאר שטח להיקש ללא תוספת. תכנון זה בא למזער את אפקט השוליים (בעיקר מאילוח חוזר מהשבילים הלא מטופלים המהווים כ-30% מכלל השטח), ואולי למתוח את אפקט ההדברה מעבר לעונה אחת. כל החלקות רוסו באקוטקסט לסולריזציה.

**טבלה 1:** הטיפולים בניסוי השדה בהפחתת גורמי מחלה שוכני קרקע בניר יצחק (שנה א': 2008/9 – גידול תפוא"א; שנה ב' 2009/10 הכנה לאגוזי אדמה).

Treatment and (code)		Year	ASB m <sup>3</sup> /ha	SSC M <sup>3</sup> /ha	BL t/ha	Slaked lime t/ha	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> t/ha	Plastic Cover
1	Cont	1 <sup>st</sup> , 2 <sup>nd</sup>						
2	Cont-Plastic (Cont-P)	1 <sup>st</sup>						+
3	Cont-Lime (Cont-L)	1 <sup>st</sup>				5		
4	Cont-Lime-NH <sub>4</sub> (Cont-L-N)	1 <sup>st</sup>				5	1.8	
5	Cont-Lime-NH <sub>4</sub> -Plastic (Cont-L-N-P)	1 <sup>st</sup>				5	1.8	+
6	Formalin (Form)	1 <sup>st</sup>						
7	SSC	1 <sup>st</sup>		50				
8	SSC-Plastic (SSC-P)	1 <sup>st</sup>		50				+
9	ASB-NH <sub>4</sub> (ASB-N)	1 <sup>st</sup>	100				1.8	
10	ASB-NH <sub>4</sub> -Plastic (ASB-N-P)	1 <sup>st</sup>	100				1.8	+
11	Broiler litter-Lime (BI-L)	1 <sup>st</sup>			30	5		
12	Broiler litter-Lime-Plastic (BI-L-P)	1 <sup>st</sup>			30	5		+
13	Broiler litter (Farm practice)	1 <sup>st</sup>			10			
13*	ASB+NH <sub>4</sub> (100ASB-1.8N)	2 <sup>nd</sup>	100				1.8	Ecotext
14*	ASB+NH <sub>4</sub> (50ASB-1.8N)	2 <sup>nd</sup>	50				1.8	Ecotext
15*	ASB+NH <sub>4</sub> (50ASB-0.9N)	2 <sup>nd</sup>	50				0.9	Ecotext

\*ב-2008/9 חלקות אלה היו בטיפול משקי של 1 טון/ד' זבל פטמים מעובד (אתר קומפוסט נירים)<sup>1</sup> מט"ש בית שמש, אתר קומפוסטציה "דלילה",<sup>3</sup> אתר קומפוסטציה נירים,<sup>4</sup> שח"מ גבעת עדה-כופתיות זבל בקר מועשרות באשלגן ובזרחן (הטיפול המשקי)

## 5. תוצאות ודין

**1.5 השפעת הטיפולים על מדדי קרקע הקשורים למנגנון ההדברה:** pH, חום ריכוז האמוניה.

### 1.1.5 טמפרטורות הקרקע:

**עונת 2008/9:** טמפרטורות הקרקע נבדקו בארבע חלקות בטיפולים 1 (היקש ללא כל תוספת), 2 (היקש מכוסה ניילון), 9 (במ"ס + אמוניום) ו-10 (במ"ס + אמוניום + ניילון). הטמפרטורות נמדדו בחלקות ללא כיסוי ובחלקות עם כיסוי ניילון, בשני טיפולי היקש (1 ו-2) ובשני טיפולי הבמ"ס (9 ו-10), מדידה אחת בפני השטח ומדידה בעומק 20 ס"מ בכל אחת מהחלקות. התוצאות מוצגות באיור 1, וניתן לראות, כי (א) בכל תקופת המדידה טמפרטורות הקרקע היו גבוהות בכל החלקות, ו-(ב) הכיסוי העלה את טמפרטורות הקרקע ב-6 עד 11 מ"צ בממוצע.

**טבלה 2-א:** הרכב הזבלים שיושמו בחלקה ביולי 2008 (הכופתיות ניתנו ביתר השטח מחוץ לניסוי והן מובאות להשוואה)

ממד	יחידות	במ"ס <sup>1</sup>	קומפ' בוצה <sup>2</sup>	זבל פטמים מעובד <sup>3</sup>	כופתיות זבל <sup>4</sup>
לחות	%w/w	39	43		18
צפיפו נפחית	ק"ג/ל"				
Loss On Ignition	%	11.7	48	49	50
Organic C	%	6.5	23	30	21.4
Inorganic C	%	3.8	2.6		2.2
pH (1:5)		12.4	8.5	7.3	6.1
EC (1:5)	dS/m	7.2	4.2	8.4	35.6
N Organic	mg/kg	9,970	26,214	34,543	23,212
NH <sub>4</sub> -N	mg/kg	76	6,579	4,248	6,180
NO <sub>3</sub> -N	mg/kg	2.3	3.8	9.2	222
P <sub>Kjeldhal</sub>	mg/kg	8,800	20,198	10,312	32,912
P <sub>Olsen</sub>	mg/kg	754	2,193	738	7,149
K <sub>Olsen</sub>	mg/kg	1,104	4,407	8,325	50,962

**טבלה 2-ב:** ריכוזי יסודות (מ"ג/ק"ג חומר יבש) בזבלים בניסוי ההדברה בעונת 2008/9 (בדיקה ב- ICP-AES לאחר עיכול בחומצה חנקתית מרוכזת) (הרכב כופתיות הזבל מוצג להשוואה)

זבל פטמים מעובד	כופתיות זבל	קומפ' בוצה	במ"ס	יסוד (mg/kg)
<0.04	0.039	9.7	2.1	Ag
3,980	6,504	8,895	26,599	Al
1.5	6.1	3.6	8.2	As
34	221	52	38	B
48	66	269	265	Ba
32,894	85,620	70,240	251,652	Ca
0.19	2.27	1.19	0.88	Cd
2.29	2.45	4.73	3.51	Co
206	64	218	189	Cr
62	138	254	77	Cu
3,188	4,276	10,207	13,119	Fe
13,072	53,997	5,800	3,239	K
2.73	6.15	4.29	19.98	Li
5,525	8,786	10,300	12,291	Mg
316	297	158	15	Mn
1.7	3.8	5.3	6.2	Mo
3,206	8,419	2,032	1,407	Na
36.76	25.53	54.69	90.98	Ni
6,999	31,727	18,755	7,791	P
5.99	4.12	43.08	15.72	Pb
4,634	10,497	9,150	22,841	S
0.22	0.60	1.42	16.89	Se
Bql	bql	3.04	bql	Sn
62.4	239.6	248.2	948.9	Sr
10.60	38.43	21.19	105.61	V
270	371	1,421	316	Zn

bql- below quantification limit

הטמפרטורות המרביות (ממוצע הטמפרטורות המרביות ב-8 היממות בהן הקרקע הייתה מכוסה) שנמדדו היו בהתאמה 50.5 ו-40 מ"צ בפני הקרקע, ו-41 ו-33 מ"צ בעומק 20 ס"מ (איור 2). גם הטמפרטורות המזעריות (ממוצע הטמפרטורות המזעריות ב-8 היממות בהן הקרקע הייתה מכוסה) היו גבוהות יותר תחת מעטה הניילון, 31 לעומת 24 מ"צ בפני השטח, ו-33 לעומת 27 מ"צ בעומק 20 ס"מ.

**עונת 2009/10:** טמפרטורות הקרקע נבדקו במהלך חודש אוגוסט בעומק 20 ס"מ בחלקה מחופה באקוטקסט (טיפול 13, במ"ס במינון 10 מ"ק/ד') ובחלקת ביקורת ללא חיפוי (וללא תוספים; ב-2 חזרות) (איור 3). טמפ' הקרקע היו נמוכות מאד בהשוואה לשנה הקודמת: 28.1 מ"צ ו-32.2 מ"צ בממוצע במהלך תקופת המדידה ללא ועם חיפוי באקוטקסט, בהתאמה. האקוטקסט העלה אמנם את טמפרטורת הקרקע בכ-5.1 מ"צ בממוצע, אולם הוא הוריד את חום הקרקע בשעות היום (שיא ההפחתה היה בשעה 1130 של 5.8 מ"צ פחות, איור 3c) ושמר יותר על טמפ' הקרקע (כלומר הפחית את התקררותה) בשעות הערב והלילה (שיא הפרש חום חיובי סביב שעה 2300). סביב השעות 0830 ו-1530 לא היה הבדל בטמפ' הקרקע בין החלקה המחופה לחלקה הלא מחופה.

**2.1.5 ה-pH של הקרקע** (נמדד בשכבה 0-20 ס"מ; במיצוי קרקע : מים ביחס 1 ל-2):  
**עונת 2008/9:** המדידה בוצעה מייד לאחר יישום הזבלים בקרקע (ב-29/7/08), ובארבעה מועדים אח"כ, האחד 15 ימים אח"כ (84 ימים לפני הזריעה) והשניים האחרים כבר אחרי הזריעה (איור 4). לחלק מהתוספים הייתה השפעה ניכרת על ה-pH בדיגום הראשון. בטיפולי ההיקש ללא תוספות לקרקע (טיפולים 1, 2) ה-pH היה  $8.7 \pm 0.2$ , ובטיפולי קומפוסט הבוצה ה-pH היה  $8.4 \pm 0.1$ . הוספה של 500 ק"ג/ד' סיד לקרקע העלתה את ה-pH ל-  $9.9 \pm 1.6$  (עם ערכים מרביים מעל 12), והוספת במ"ס העלתה אותו ל-  $9.4 \pm 0.6$  (עם שני ערכים מעל 10). ההשפעה של הוספת סיד לקרקע בשילוב עם קומפוסט זבל מטילות (טיפולים 11 ו-12) העלתה את ה-pH הקרקע בחלק מהחלקות בטיפול 11 (איור 4A). לאחר 15 יום, ערכי ה-pH בטיפולי הסיד והבמ"ס ירדו באופן ניכר, ובדרך כלל היו נמוכים באופן מובהק סטטיסטית בהשוואה להיקש. מצב זה נותר עד סיום הניסוי (139 ו-252 ימים לאחר הטיפול).

**עונת 2009/10:** בוצעו שלוש מדידות pH בחלקות הבמ"ס; 3 ימים לפני יישום הבמ"ס, ו-5 ו-30 יום לאחר הרטבת הקרקע (שהייתה מיועדת לשפעול ההדברה). שלא כצפוי, הבמ"ס לא גרם לשינוי ב-pH של הקרקע גם במנה של 10 טון/ד' (איור 4B).

### **3.1.5 ריכוזי אמוניום/אמוניה בקרקע ובתמיסת הקרקע**

בשתי העונות, ריכוזי האמוניום בקרקע בשכבה 0-20 ס"מ עלו במידה ניכרת מיד לאחר הזיבול והדישון באמון גופרתי (טבלה 3). בעונה הראשונה הריכוזים הגיעו ל-50 עד 250 מ"ג N/ק"ג, ובעונה השנייה הם היו כ-40 מ"ג N/ק"ג (בטיפול 90 ק"ג אמון גופרתי/ד') ו-100-115 בטיפול במנה הכפולה. בהמשך, הריכוזים ירדו מאד (והם אינם מוצגים בטבלה). נתוני הטמפרטורה, ה-pH וריכוזי

האמוניום הכללי שימשו לחישוב של ריכוזי האמוניום ( $\text{NH}_3$ ) הכללי והאמוניום המומס בתמיסת הקרקע (טבלה 3). הטמפרטורה הממוצעת בשכבה 0-20 ס"מ שימשה לחישוב ה- $\text{pKa}$  של משוואת הנדרסון-הסלבלך לפי הנוסחא:

(López-Pérez et al., 2005)  $\text{pKa} = 0.09018 + 2729.92/(273 + \text{Celsius temperature})$

הריכוזים היחסיים של האמוניום והאמוניה חושבו ממשוואת הנדרסון-הסלבלך :

$$\log[\text{NH}_3(\text{g})/\text{NH}_4^+(\text{aq})] = \text{pH} - \text{pKa}.$$

ריכוז האמוניה בתמיסת הקרקע חושב על סמך ההנחות כי (א) במצב שיווי משקל כ-50% מהאמוניה הגזית הנה במצב ספוח לגרגרי החול (גיפס, 2008), ו- (ב) תכולת המים בקרקע היא 10% ממשקל הקרקע. שני שיקולים אלה לא נבדקו לגבי השפעת הזבלים, שסביר כי יורידו את ריכוזי האמוניה הגזית (הגדלת הספיחה והגדלת תכולת המים בקרקע). בכל מקרה, הריכוזים המחושבים של אמוניה גזית מומסת בקרקע בטיפול הסייד והבמ"ס בעונה הראשונה היו 177-853 מ"ג N/ל' ובעונה השנייה 137-47 מ"ג N/ל'. בטיפול ההיקש (1-3, 6) הם היו  $\geq 32$  מ"ג N/ל', ובקומפ' הבוצה כ-75 מ"ג N/ל'.

**טבלה 3:** ריכוזים מחושבים של אמוניום ואמוניה גזית בקרקע ובתמיסת הקרקע והמדדים המשפיעים עליהם בקרקע ניר יצחק בשתי העונות (1 מצוין מדדים שנמדדו בפועל, היתר מחושבים או מטבלאות)

2008/9 (day 0 after treatment)							
קוד טיפול	מס'	pH <sup>1</sup>	pKa	Total <sup>1</sup> N-NH <sub>4</sub> (mg/kg)	NH <sub>4</sub> -N (mg/kg)	NH <sub>3</sub> -N (mg/kg)	NH <sub>3</sub> -N בתמיסת הקרקע (מ"ג/ל')
Cont	1	8.68	8.91	8	4.8	2.8	14
Cont-Plastic	2	8.64	8.65	6	3.1	3.0	15
Cont-Lime	3	10.03	8.91	7	0.5	6.4	32
Cont-L-NH <sub>4</sub>	4	9.96	8.91	87	4.1	83	413
Cont-L-NH-PI	5	9.58	8.65	67	7.0	60	298
FormAld	6	8.59	8.91	4	2.8	1.4	7
SSC	7	8.44	8.91	56	42	14	70
SSC-plastic	8	8.45	8.65	41	25	16	78
ASB-NH <sub>4</sub>	9	9.12	8.91	276	105	171	853
ASB-NH <sub>4</sub> -Plastic	10	9.66	8.65	39	3.4	35	177
Broiler-Lime	11	9.64	8.91	109	17	92	458
Broiler-Lime-Plastic	12	8.26	8.65	122	86	36	178
2009/10 (day 5 after treatment)							
ASB100+N1.8	13	8.51	9.01	113	86	28	137
ASB50+N01.8	14	8.46	9.01	101	79	23	113
ASB50+N0.9	15	8.48	9.01	43	33	10	49

המובהקות הסטטיסטית של ההבדלים בין הטיפולים נבדקה לפי Tukey-Kramer HSD ברמה  $\alpha=0.05$



### **3.5 עונת 2008/9 - השפעת טיפולי ההדברה על החיוניות של גורמי מחלה שוכני בקרקע:**

נתוני טבלה 3 מעידים כי התנאים בקרקע, בעיקר בעונה הראשונה, התאימו לקיום הדברה יעילה באמצעות אמוניה גזית מומסת (לדוג', גיפס 2008).

#### **1.3.5 השפעת הטיפולים על חיוניות גורמי מחלה אנדוגניים בקרקע:**

ההשפעה של הטיפולים על החיוניות של פטריות וחיידקים בקרקע ובעיקר של גורמי מחלה מביניהם נבדקה בשתי העונות. התוצאות של העונה הראשונה (2008/9) מוצגות באיור 5A,B. המובהקויות הסטטיסטיות של ההבדלים בין הטיפולים (Tukey-Kramer HSD,  $\alpha=0.05$ ) מוצגות בנספח 2-א'. ניתן לראות בבירור כי הוספה משולבת של אמוניה (כדשן אמון גופרתי או מאמוניפיקציה של זבל הפטמים בטיפולים 11 ו-12) ושל סיד לקרקע (כסיד או כבמ"ס) גרמה להפחתה משמעותית ביותר ומובהקת, עד מתחת לסף הרגישות, של כל הפאתוגנים שנבדקו. השפעת הטיפולים הייתה הן על פאתוגנים מקבוצת החיידקים (סטרפטומיצטים) והן על פאתוגנים מקבוצת הפטריות (פיתיום, ורטיציליום, ריזוקטוניה), וכן על הסוג פוזריום (הפחתה כמעט מלאה, גבוהה בסדר גודל יותר מאשר בפורמלין, טיפול #6), סטרפטומיצטים כלליים ופטריות כלליות (בדומה לפורמלין). בכל האורגניזמים/קבוצות אורגניזמים שנבדקו, היעילות של טיפולי הבמ"ס עם סולריזציה או בלעדיה הייתה דומה, והיא הייתה דומה או גבוהה יותר מהיעילות של טיפול ההיקש שכלל אמוניום + סיד + חיפוי ניילון. טיפולי זבל הפטמים המפוסטר בתוספת סיד, עם חיפוי ניילון או בלעדיו, היו יעילים בהפחתת רמת המדבק של *Verticillium* ושל *Pythium*, השפעתם על פוזריום הייתה בינונית (בדומה להשפעת הפורמלין), ולא הייתה להם כל השפעה על סטרפטומיצטים (כלליים ופתוגניים) ועל כלל הפטריות בקרקע. טיפולי קומפוסט הבוצה (עם סולריזציה או בלעדיה) לא השפיעו בד"כ על האורגניזמים שנבדקו חוץ ממקרה יחיד של הפחתה מובהקת ברמת הנגיעות של נבטי שעועית (צמח הבוחן) ב- *Rizoctonia* בקרקע מטיפול קומפוסט הבוצה ללא חיפוי ניילון (טיפול 7).

#### **2.3.5 החיוניות של פרופגולים שהוטמנו בקרקע (פוזריום כללי ופוזריום אוקסיפורום דיאנטי):**

הנושא נבדק בעונה הראשונה ב-12 טיפולי ההיקש וההדברה בכל 72 החלקות בניסוי. פרופגולים עם קרקע מאולחת באופן טבעי בפוזריום כללי ובפוזריום אוקסיפורום דיאנטי הוטמנו בשלושה עומקים: 1 ס"מ, 10 ס"מ ו-20 ס"מ. ההטמנה הייתה לאחר סיום הביצוע של טיפולי ההדברה. הפרופגולים הוצאו מהקרקע כ-15 יום לאחר מועד הפעלת ההדברה. השפעת הטיפולים דעכה עם העומק, ולמעשה עיקר השפעתם היה בס"מ העליון של הקרקע (איור 6). ניתן לפיכך להניח כי סולריזציה הייתה הגורם העיקרי שהשפיע על חיוניות האורגניזמים שנבדקו (טיפולים 2, 8, 10, 12). הוספת אמוניה וסיד כשלעצמם (טיפול 4) הפחיתה אמנם את רמות המדבק בפרופגולים באופן מובהק בהשוואה להיקש הלא מטופל (טיפול 1), אבל לבמ"ס + אמוניה (טיפול 9) ולזבל + אמוניה (טיפול 11) לא הייתה השפעה על רמת המדבק (המובהקויות הסטטיסטיות של ההבדלים בין הטיפולים לפי מבחן Tukey-Kramer HSD,  $\alpha=0.05$  מוצגות בנספח 2-ב').

### 3.3.5 השוואה של שתי צורות הבדיקה:

יעילות הטיפולים בהפחתת רמת המדבק בקרקע הושפעה מצורת המדידה. ההשפעה על גורמי מחלה טבעיים בקרקע בשדה הייתה מובהקת ומשמעותית הרבה יותר, הן בעוצמת ההפחתה והן בעומק שכבת הקרקע שהושפעה, בהשוואה להשפעה על גורמי המחלה בפרופגולים שהוכנסו לקרקע. היעילות הפחותה של השיטה השנייה יכולה להיות מוסברת בכך שהמדבקים הוכנו עם קרקע שונה מהקרקע בשדה, ואשר לא עברה את הטיפול. לכן גורמי המחלה בפרופגולים היו מבודדים ומוגנים יחסית מהשפעת הגורמים הכימיים. הקרקע בפרופגולים יצרה הגנה לאורגניזמים מפני אמוניה גזית שחדרה לתוכם מגוף הקרקע בגלל שה-pH בקרקע הזרה היה נמוך, והוא לא הושפע ע"י הטיפולים שניתנו לקרקע בשדה. לעומת זאת, הפרופגולים היו פחות מוגנים מהשפעת הטיפול התרמי, אולם השפעתו של זה הייתה שולית ודעכה בצורה חדה עם העומק.

### 4.3.5 השפעת הטיפולים על נגיעות צמחי תפוז"א במחלה:

לא הייתה כל נגיעות בפקעות בכל החלקות בשטח הניסוי. נבדקה נגיעות של גבעולי הצמחים בריזוקטוניה. לקראת שריפת הנוף וסיום עונת הגידול (103 יום לאחר הזריעה) נדגמו 20 גבעולים מ-20 צמחים שונים בכל אחת מ-72 החלקות ב-12 הטיפולים. קטעי גבעול נזרעו על מצע מתאים ונמדדה הופעה של קשיונות. התוצאות מוצגות בטבלה 4. אמנם ההבדלים בין הטיפולים לא היו מובהקים סטטיסטית (במבחן Tukey-Kramer HSD) אולם הייתה מגמה של נגיעות פחותה בטיפולים שכללו סיד ואמוניום (5, 9 ו-10). הדגמנו זאת באמצעות מבחן Student's t (הדבר נעשה בעיקר כדי להבליט את ההבדלים בין הטיפולים).

**טבלה 4:** שיעורי נגיעות בדוררת (*Verticillium dahlia*) בגבעולים של צמחי תפוז"א בניר-יצחק לפני שריפת הנוף

	% הנגיעות בדוררת	סטית תקן	Student's t
1) Cont	11.8	11.3	abc
2) Cont-Plastic	23.6	24.4	a
3) Cont-Lime	10.3	7.1	abc
4) Cont-L-NH4	12.6	8.7	abc
5) Cont-L-NH-PI	4.2	7.0	c
6) FormAld	8.6	7.8	bc
7) SSC	8.3	7.5	bc
8) SSC-plastic	20.9	14.7	ab
9) ASB-NH4	4.2	7.0	c
10) ASB-NH4-Plastic	6.1	7.9	c
11) Broiler-Lime	9.7	16.2	bc
12) Broiler-Lime-Plastic	6.9	6.3	c

### 4.5 עונת 2009/10 - השפעת טיפולי ההדברה על החיוניות של גורמי מחלה שוכני בקרקע: השפעת הטיפולים על גורמי מחלה בקרקע:

כאמור, התמקדנו בטיפולים בבמ"ס בניסיון להקטין את עומס היישום של הבמ"ס עצמו ושל האמון

הגופרתי הניסוי היה הן בחלקות המוגרלות בבלוקים באקראי והן בשטח צמוד ובו הוקצו חלקות בנות 1 ד' כל אחת לכל אחד מהטיפולים. תוצאות ההדברה בעונת 2009/10 מוצגות בטבלה 5 בצירוף המובהקויות הסטטיסטיות של ההבדלים בין הטיפולים (Tukey-Kramer HSD,  $\alpha=0.05$ ). ניתן לראות כי שלושת טיפולי ההדברה הפחיתו את רמת המדבק של ההרויניה, וכי השפעה מובהקת על ההרויניה כריזנטמי הייתה רק לטיפול במנה המופחתת של במ"ס ואמון גופרתי. דוררת ופטריות כלליות לא הושפעו ע"י הטיפולים, ורמת המדבק של סטרפטומיצטים כלליים אף עלתה בקרקע בעקבות הטיפולים, ובמיוחד בטיפול עם המנה הגבוהה של במ"ס ואמון גופרתי.

המסקנות מהניסוי בעונה השנייה הן: (א) טיפולי ההדברה לא היו יעילים מסיבה כלשהי (כפי שהדבר ניכר גם מבדיקות הקרקע, טבלה 3), (ב) ההרויניה רגישה יחסית לטיפול בבמ"ס ובאמוניה, (ג) טיפול לא יעיל עלול להגדיל את המדבק בקרקע (כנראה בגלל אספקת מקור פחמן זמין ויסודות הזנה וקורט).

**טבלה 5:** הרמה בקרקע (בטרנספורמציה לוגריתמית) של מיקרואורגניזמים לפני ואחרי טיפול בבמ"ס (ASB, ט"/הקטר) ובאמון גופרתי (N ט"/הקטר).

הטיפול	מועד הבדיקה	הרויניה כריזנטמי	הרויניה	דוררת	פטריות כלליות	סטרפטומיצטים כלליים
ASB-100+N-1.8	Pre	1.90 a	1.94 a	2.95	4.50	5.63 bc
ASB-50+N-1.8	Pre	2.01 a	2.07 a	2.44	5.05	5.50 c
ASB-50+N-0.9	Pre	2.00 a	1.89 a	2.58	4.55	5.65 bc
ASB-100+N-1.8	Post	1.78 ab	0.94 b	2.80	5.06	6.30 a
ASB-50+N-1.8	Post	1.71 ab	0.96 b	3.04	4.88	6.13 ab
ASB-50+N-0.9	Post	1.00 b	0.78 b	3.16	4.39	5.99 ab
		P=0.001	P<0.001	ns	ns	P<0.001

### **5.5 השפעת טיפולי ההדברה על מדדי פוריות הקרקע:**

**1.5.5 המוליכות החשמלית של הקרקע** (בשכבה 0-20 ס"מ; במיצוי קרקע:מים ביחס 1 ל-2): עונת 2008/9: יישום סיד או במ"ס בשתי העונות גרם לעלייה של ה-EC של הקרקע (איור 7A). למליחות תרמו התמוססות הסיד עצמו (שבאה לידי ביטוי גם בעלייה ב-pH), האמוניום (היכן שהוסף). בטיפול הבמ"ס המליחות הייתה גבוהה מאשר בטיפול הסיד עקב נוכחות של כלוריד וגופרה (שנתרמו למוצר ע"י אפר פצלי השמן ששימש להכנתו). המליחות נותרה גבוהה יותר עד לאסוף.

בעונת 2009/10 יישום במ"ס הכפיל (ביישום 5 ט' במ"ס/ד') או אף שילש (ביישום 10 ט' במ"ס/ד') את מליחות מיצוי הקרקע שהגיעה ל-1.5-1 ד"ס/מ' (איור 7B). גם 30 יום לאחר היישום, המליחות לא פחתה אולם לא ציפינו לפחיתתה בגלל שלא הייתה השקיה בתקופה זאת. לא נעשו מדידות נוספות בגלל הפסקת הניסוי.

### **3.5.5 ריכוז הזרחה הזמינה פוטנציאלית לצמח בקרקע בשכבה 0-20 ס"מ:**

הזרחה נקבעה במיצוי בדו-פחמה. הריכוז ההתחלתי בקרקע היה 19 מ"ג P/ק"ג (טבלה 6, טיפולים

6-1). בטיפול הזיבול לא ניתנו אשלגן וזרחן ביסוד אלא באמצעות הזבלים, וניתן לראות כי קומפ' הבוצה, קומפ' זבל פטמים והבמ"ס הגדילו את ריכוזי הזרחה בקרקע ל-29 עד 54 מ"ג P/ק"ג, מעל לסף המחייב דישון לפני גידול תפוא"א. במהלך הגידול (יום 26 לאחר הזריעה) בוצע דישון בזרחן בחלקות הביקורת (טיפולים 6-1), ובטעות המינון היה מופרז מאד (יום 142). כעבור כ-110 ימים ריכוז הזרחה בחלקות אלו ירד במידה ניכרת לרמות דומות בד"כ לאו שהיו בחלקות הזיבול. בכל מקרה, נדגיש כי לא היה הבדל ברמת הזרחה הזמינה בקרקע בכל

**טבלה 6:** ריכוזי הזרחה "הזמינה פוטנציאלית לצמח" (לפי מיצוי בדו-פחמה) (מ"ג P/ק"ג) בשכבה 20-0 ס"מ בקרקע בעונה הראשונה

טיפול	אחרי הזיבול		142 יום לאחר הזיבול		252 יום לאחר הזיבול	
	17	C	112	ab	50	b
1) Cont	17	C	112	ab	50	b
2) Cont-Plastic	17	C	150	a	39	b
3) Cont-Lime	21	Bc	125	ab	48	b
4) Cont-L-NH4	22	Bc	96	ab	41	b
5) Cont-L-NH-PI	18	C	154	a	54	ab
6) FormAld	17	C	147	a	95	a
7) SSC	45	abc	33	b	35	b
8) SSC-plastic	41	abc	36	b	27	b
9) ASB-NH4	54	A	46	ab	47	b
10) ASB-NH4-Plastic	49	ab	48	ab	39	b
11) Broiler-Lime	31	abc	56	ab	22	b
12) Broiler-Lime-Plastic	29	abc	76	ab	28	b

המובהקות הסטטיסטית של ההבדלים בין הטיפולים נבדקה לפי Tukey-Kramer HSD ברמה  $\alpha=0.05$

טיפול הזיבול (קומפ' בוצה, במ"ס, זבל פטמים). בעונה השנייה, הבמ"ס הגדיל את ריכוזי הזרחה בקרקע מ-16 מ"ג P/ק"ג לפני הפיזור ל-40 מ"ג P/ק"ג בממוצע לאחר הפיזור (מדידות בימים ה-5 וה-30 לאחר הפיזור).

## 6.5 השפעת טיפולי ההדברה על מדדי פוריות צמחיים:

### 1.6.5 יבולי הפקעות והנוף וריכוזי N, P, K בהם

**היבול** נבדק ביום ה-147 לאחר הזריעה, כ-40 יום לאחר שריפת הנוף. הערכת היבול נעשתה באיסוף ידני בכל 72 החלקות בקטע של 4 מ' מרובעים (2 מ' רץ חלקה). בנוסף, נדגם "טיפול Farm", מס' 13, שקיבל את הטיפול המשקי ב-1 טון/ד' קומפ' זבל פטמים (מייצור מקומי). ניתן לראות כי במרבית הטיפולים שקיבלו סיד הייתה ירידה ביבול, ובטיפול הבמ"ס הירידה ביבול הייתה אף חדה ומובהקת (טבלה 7). ריכוזי חנקן ואשלגן בפקעות היו דומים בכל הטיפולים אך ריכוז הזרחן בטיפול הבמ"ס היה נמוך יחסית להיקש ולטיפולים 11-12 (3 ט"ד' זבל פטמים). עם זאת, נזכור כי בטיפול ההיקש, מס' 6-1, ניתן בטעות דישון זרחני עודף (טבלה 6).

התפלגות גודל הפקעות הושפעה מאד ע"י הטיפולים (הטבלה הוסרה). בטיפול היקש שהכילו סיד ובעיקר בטיפול הבמ"ס הפקעות היו קטנות יחסית ליתר הטיפולים, מה שמעיד על גיל פקעות צעיר יחסית. הסימנים בשטח במהלך העונה היו של עיכוב בנביטה ובהתפתחות עקב המליחות.

**יבול הנוף** התנהג בדומה ליבול הפקעות. בטיפול הסיד + אמון גופרתי (ובעיקר בטיפול הבמ"ס) הוא היה נמוך יחסית לטיפולים האחרים (הטבלה הוסרה). ריכוזי החנקן, הזרחן והאשלגן בנוף לא הושפעו בצורה מובהקת סטטיסטית ע"י הטיפולים, אולם בטיפול הבמ"ס הם היו נמוכים יחסית ליתר הטיפולים. ההשוואה של קליטת הזרחן בטיפול הזיבול לטיפול ההיקש ללא זבל צריכה לקחת בחשבון גם את הטעות בדישון בזרחן בטיפול ההיקש. נראה לנו לפיכך כי ההסבר לעיל על השפעת המליחות הכוללת בקרקע על התפתחות הצמחים הייתה מכרעת בטיפולים שקיבלו סיד ועוד יותר בטיפול הבמ"ס. ההשפעה הייתה חריפה עקב החורף השחון והעדר שטיפה במי-גשם.

### **2.6.5 השפעת טיפולי ההדברה על ריכוזי יסודות חיוניים ומתכות כבדות בפקעות ובקליפות**

ריכוזי היסודות נבדקו בחומר היבש. מדגם במשקל חצי גרם עוכל בחומצה חנקתית מרוכזת, והתמיסה נבדקה במכשיר ICP-AES אחרי מיהול מתאים.

#### **ריכוזי יסודות בפקעות:**

בטבלה 8 מוצגים הממוצעים של ריכוזי היסודות הן בכל אחד מהטיפולים והן בקבוצות הטיפולים שלהלן: טיפולי הביקורת ללא סיד (6,2,1), טיפולי הביקורת עם סיד (5,4,3), טיפולי קומפ' הבוצה (8-7), טיפולי הבמ"ס (10-9), טיפולי זבל הפטמים (12-11) והטיפול המשקי (13) היכן שהיו נתונים. המובהקות הסטטיסטית של ההבדלים בין ממוצעי הטיפולים נבדקה במבחן Tukey-Kramer HSD ברמת מובהקות  $\alpha=0.05$ . ניתן לראות, כי שלושת הזבלים העלו בצורה מובהקת סטטיסטית את הריכוזים בפקעות של מוליבדן, אבץ ונחושת, והורידו את ריכוזי הקובלט והקדמיום. הבמ"ס העלה מאד את ריכוז הסידן (ב-35%-62%), וכן את ריכוזי הגופרית והסלן (שהוא יסוד קורט חיוני לאדם). הבמ"ס הוריד את ריכוזי המנגן, הבריום והמגנזיום (כנראה עקב תחרות בקליטה עם הסידן). זבל הפטמים העלה את ריכוזי הנתרן. הזבלים לא השפיעו על ריכוזי הברזל, העופרת (שהיו נמוכים ביותר בכל הטיפולים), הניקל, הכרום והבורון.

**טבלה 7:** יבול הפקעות וריכוזי חנקן, זרחן ואשלגן בפקעות (מובהקות סטטיסטית של ההבדלים בין ממוצעי הטיפולים נבדקה במבחן Tukey-Kramer HSD ברמת מובהקות  $\alpha=0.05$ ).

טיפול	יבול פקעות (ק"ג/ד')	N Mg/kg	St- dev	P mg/kg	מוב'	K mg/kg	מוב'
1) Cont	4,064 a	17,590	1,265	2,170	a	24,013	ab
2) Cont-Plastic	4,268 a	16,985	1,169	2,125	a	23,524	ab
3) Cont-Lime	3,853 ab	16,811	1,860	2,084	ab	24,425	a
4) Cont-L-NH <sub>4</sub>	3,799 ab	16,748	873	2,021	abc	23,285	ab
5) Cont-L-NH <sub>4</sub> -PI	3,658 abc	16,005	1,015	2,092	a	23,268	ab
6) FormAld	4,145 a	16,781	1,566	2,124	a	23,712	ab
7) SSC	4,412 a	16,543	1,590	2,022	abc	23,187	ab

8) SSC-plastic	4,294 a	16,057	773	2,124	a	23,380	ab
9) ASB-NH <sub>4</sub>	2,898 cd	15,239	1,456	1,695	bc	24,011	ab
10) ASB-NH <sub>4</sub> -Plastic	2,280 d	15,028	642	1,650	c	23,627	ab
11) Broiler litter-Lime	4,186 a	16,733	1,025	2,312	a	23,797	ab
12) Broiler l. -Lime-Plastic	3,275 bc	17,108	1,484	2,185	a	21,893	b
13) Farm (broiler litter)	4,408 a	17,473	1,120	2,117	a	23,076	ab

**טבלה 8:** ריכוזי יסודות מאקרו, מיקרו ומתכות כבדות בפקעות תפוז"א (bql-מתחת לסף הכימות).  
הטיפולים אוחדו לפי הגורם העיקרי

טיפול	Fe		Mn		Cu		Zn		Mo	
Control – no lime	21.7	a	7.5	a	3.5	b	16.4	b	0.093	D
Control – lime	23.0	a	7.5	a	3.2	b	16.8	b	0.106	D
SSC	25.6	a	7.9	a	4.3	a	20.2	a	0.178	Ab
ASB	23.3	a	6.7	b	4.2	a	20.3	a	0.227	A
BL-lime	24.1	a	7.7	a	4.6	a	21.3	a	0.159	Bc
Farm	24.4	a	8.0	a	4.7	a	20.4	a	0.107	Cb

טיפול	Se	B	Co		Cd		Pb	Ni	Cr
Control – no lime	bql	23	0.12	ab	0.042	a	0.024	0.51	0.54
Control – lime	bql	24	0.13	a	0.042	a	0.032	0.55	0.63
SSC	bql	23	0.09	cd	0.028	b	0.023	0.56	0.80
ASB	0.25	23	0.08	d	0.019	b	0.008	0.53	0.61
BL-lime	bql	21	0.10	bc	0.024	b	0.000	0.43	0.60
Farm	bql	25	0.11	abc	0.024	b	0.005	0.43	0.54

טיפול	Na		Mg		Ca		S		Ba	
Control – no lime	495	bc	1,542	a	303	c	1,766	b	1.09	A
Control – lime	502	bc	1,523	a	344	bc	1,805	b	0.99	Ab
SSC	466	c	1,581	a	300	c	1,868	b	0.95	Ab
ASB	556	b	1,421	b	487	a	2,090	a	0.71	C
BL-lime	668	a	1,538	a	361	b	1,619	c	0.90	Bc
Farm	494	bc	1,595	a	334	bc	1,845	b	0.99	Ab

bql - below quantification limit ערכים נמוכים עד 0.07 mg/kg. ערכים נמוכים מזה מוצגים בטבלה רק לצורך המחשה. טיפולים הנבדלים סטטיסטית מסומנים באות שונה. המובהקות הסטטיסטית של ההבדלים בין ממוצעי הטיפולים נבדקה במבחן Tukey-Kramer HSD ברמת מובהקות  $\alpha=0.05$ .

### 3.6.5 ריכוזי יסודות בקליפת הפקעות:

הקליפות קולפו ביד בעובי מזערי, ותכולת היסודות נבדקה כנ"ל. בטבלה 9 מוצגים הממוצעים של ריכוזי היסודות בטיפולים העיקריים שלהלן: טיפול ביקורת ללא סיד (1), טיפול ביקורת עם סיד (4), טיפול קומפ' הבוצה (7), טיפול הבמ"ס (9) וטיפול זבל הפטמים (11). המובהקות הסטטיסטית של ההבדלים בין ממוצעי הטיפולים נבדקה במבחן Tukey-Kramer HSD ברמת מובהקות  $\alpha=0.05$ . ניתן לראות כי הזבלים כמעט לא השפיעו על הריכוזים בקליפה של מרבית יסודות הקורט והמתכות הכבדות שנבדקו בהשוואה לביקורת ללא סיד. היוצאים מהכלל היו ההשפעה המובהקת של הבמ"ס

בהורדת ריכוז הקדמיום בקליפה, והבמ"ס וזבל העוף הורידו את ריכוז הבריום. הבמ"ס העלה את ריכוז המוליבדן.

**טבלה 9:** תכולת יסודות מאקרו, מיקרו ומתכות כבדות בקליפת פקעות תפוז"א.

טיפול	Fe	Zn	Cu	Mn	K		Al	Sr	Mo		
Control – no lime	2,491	28.1	28	53	ab	42,677	ab	3,872	36 a	0.17	B
Control – lime	2,279	27.4	27	50	ab	41,306	b	3,519	32 ab	0.19	B
SSC	2,960	29.3	29	61	a	41,730	ab	4,583	33 ab	0.27	B
ASB	2,297	29.4	29	49	b	43,367	ab	3,576	36 a	0.42	A
BL-lime	2,543	34.4	34	57	ab	44,445	a	3,964	30 b	0.23	B

טיפול	Se	B	Co	V	Cd		Pb		Ni	Cr
Control – no lime	bql	72	1.61	8.1	0.16	a	2.14	ab	20	12
Control – lime	bql	60	1.48	7.6	0.16	a	1.93	b	18	11
SSC	bql	57	1.78	9.0	0.15	a	2.57	a	22	12
ASB	0.019	66	1.41	9.1	0.11	b	2.14	ab	18	11
BL-lime	bql	64	1.58	8.5	0.12	b	2.26	Ab	18	10

טיפול	Na		Mg		Ca	P	S	Ag	Ba	
Control – no lime	382	ab	3,680	ab	8,562	1,432	1,451	0.080	28	A
Control – lime	345	b	3,403	b	8,622	1,373	1,435	0.075	23	Ab
SSC	360	b	3,920	a	8,882	1,364	1,375	0.093	26	A
ASB	359	b	3,403	b	9,265	1,325	1,514	0.101	20	B
BL-lime	446	a	3,673	ab	8,628	1,447	1,349	0.081	23	Ab

**6. סיכום ומסקנות**

תוצאות המחקר תומכות בהנחות המחקר כ:

- (א) אמוניה יכולה להיות גורם ביוצידי פעיל שינוצל להפחתה של גורמי מחלה שוכני קרקע.  
פעילותה תלויה בריכוז האמון הכללי, ב-pH ובטמפרטורה, כולם גורמים שבשליטתנו.
- (ב) המסקנה נסמכת על כך שכל הטיפולים שהכילו מקור אמוניום וסיד (אמון גופרתי או זבל פטמים או במ"ס + סיד או במ"ס), עם סולריזציה או בלעדיה (טמפ' הקרקע בקיץ 2008 הייתה גבוהה גם ללא חיפוי), הייתה ירידה חדה ביותר ומובהקת סטטיסטית ברמת המדבק הטבעי (או המוסף) לקרקע של חיידקים ופטריות.
- (ג) הבמ"ס וטיפול הסיד והאמון הגופרתי הקטינו בצורה מובהקת את היבול בהשוואה להיקש ולטיפול היבול האחרים. הגורם היה כנראה מליחות בבית השורשים (שלא נשטפה), ואשר מקורה בכלוריד ובגופרה באפר פצלי השמן ששימש לייצור הבמ"ס.
- (ד) הזבלים לא השפיעו על ריכוזי המתכות הכבדות (עופרת, ניקל וכרום) בפקעות, הן הורידו (בצורה מובהקת סטטיסטית) את ריכוזי הקדמיום והקובלט. הזבלים העלו ריכוזים של יסודות קורט חיוניים (נחושת, אבץ ומוליבדן) ולא השפיעו על אחרים (ברזל, בורון). הבמ"ס העלתה מאד את ריכוז הסיידן בפקעות (ב-35%-62) מה שעשוי לשפר את איכותן, ותהיה לכך השלכה

בהשקיה במים תפלים יותר. הבמ"ס העלתה גם את ריכוזי הגופרית והסלן (שהוא יסוד קורט חיוני לאדם), והורידה את ריכוזי המנגן, הבריום והמגנין (כנראה עקב תחרות בקליטה עם הסידן). הבוצות השפיעו במעט על ריכוזי היסודות בקליפת הפקעות (הבמ"ס הפחיתה את ריכוזי הקדמיום והבריום והגדילה את ריכוז המוליבדן).

### מסקנות

- (ה) יש להקפיד על איכות הבמ"ס (להפחית גורמי מליחות). הדבר חשוב כשלעצמו והוא אפשרי בתיאום עם היצרנים.
- (ו) יש לשפר את האגרוטכניקה של השימוש בבמ"ס כדי ליעל את ההדברה ולמנוע נזקי המלחה.
- (ז) זיבול בבוצות צריך להיות אטרקטיבי: הוא מפחית את עלויות הייצור (חיסכון בתשומות דשן) משפר את איכות היבול (זמינות גבוהה של יסודות קורט והפחתת ריכוזי מתכות כבדות בתוצרת), ובשימוש נכון במ"ס עשוי לאפשר הפחתה משמעותי בשימוש בחומרי הדברה.
- (ח) בסעיף ז' לעיל יש מסר חשוב לגופי הפיקוח. מטעם ה-GlobalGAP

### 7. ספרות מצוטטת

- סקר ספרות מלא ורשימת ספרות ראה בהצעת ההמשך (הוגשה באוקטובר 2010). כמו כן עיין בהצעת המחקר המקורית ובמחקר של גיפס (2008).
1. גיפס ע'. 2008. הדברת גורמי מחלה שוכני קרקע באמצעות אמוניה. חיבור לקבלת תואר דר' לפילוסופיה. הוגש לסנאט האוני' העברית בירושלים.
- López-Pérez, J.A., Roubtsova, T., Ploeg, A., 2005. Effect of three plant residues and chicken manure used as biofumigants at three temperatures on *Meloidogyne incognita* infestation of tomato in greenhouse experiments. J. Nematol. 37: 489-494.

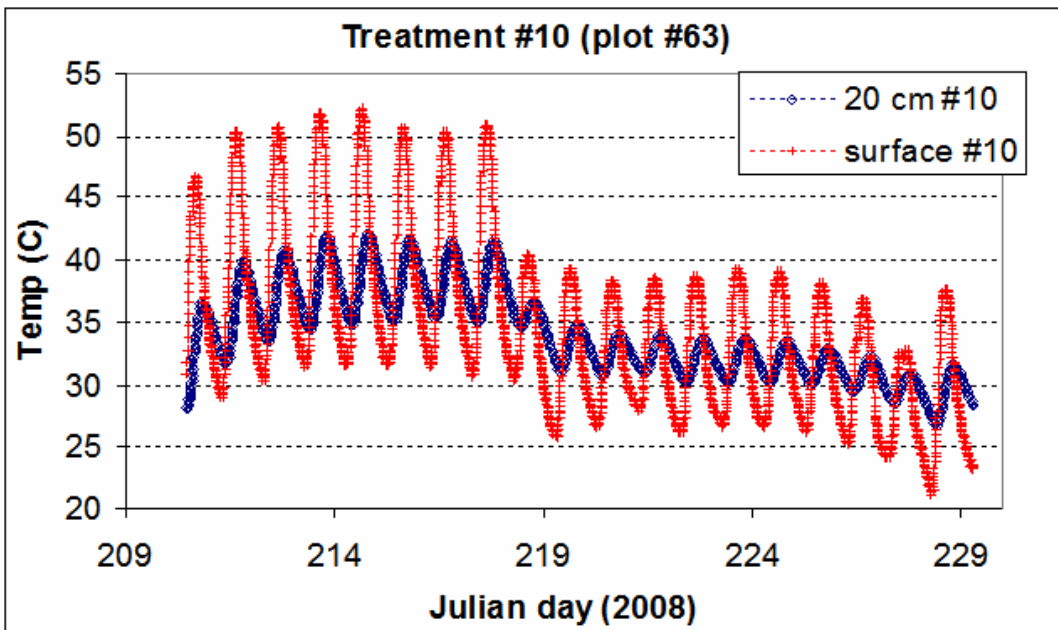
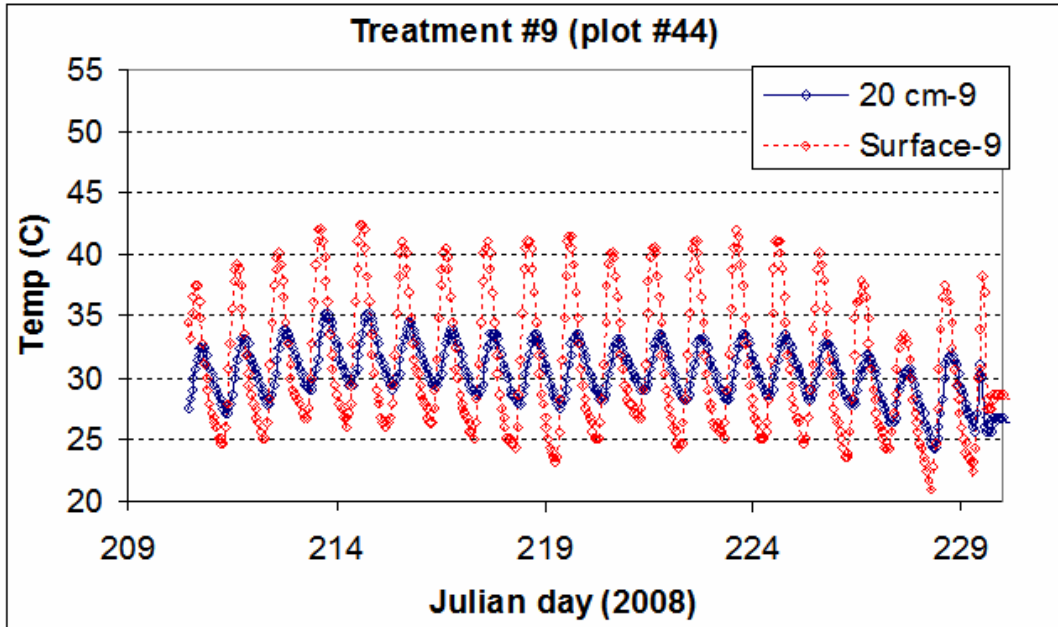
### 8. רשימת האיורים

- איור 1: השפעת החיפוי בניילון של הקרקע בשדה בניר-יצחק על הטמפרטורה בפני הקרקע ובעומק 20 ס"מ. הניילון הוסר ב- 6/8/08 (יום יולי 218). טיפול 9 היה ללא חיפוי הקרקע בניילון, ו-10 - עם חיפוי, שניהם עם תוספת במ"ס ואמון גופרתי לקרקע.
- איור 2: השפעת החיפוי בניילון של הקרקע בשדה בניר-יצחק על הטמפרטורות המרביות והמזעריות בפני הקרקע ובעומק 20 ס"מ במהלך תקופת החיפוי (29/7/08 עד 6/8/08). הערכים הם הממוצעים וסטיות התקן. טיפולים 1 ו-9 היו ללא חיפוי, 2 ו-10 היו עם חיפוי; 1 ו-2 ללא תוספות לקרקע, 9 ו-10 עם במ"ס ואמון גופרתי.
- איור 3: חום הקרקע בעומק 20 ס"מ בקיץ 2009/10 בשדה בניר-יצחק בנוכחות (a) ובהעדר חיפוי באקוטקסט (b). באיור (c) מוצג המהלך היומי (ממוצע  $\pm$  טעות תקן) של ההפרש בטמפרטורת הקרקע בין חיפוי לבין העדר חיפוי.
- איור 4: השפעת הטיפול על ה-pH של מיצויי הקרקע בשכבה 0-20 ס"מ: (A) הטיפולים בשנת 2008/9 (במקרא: ימים מהטיפול וימים מהזריעה), ו-(B) הטיפולים בשנת 2009/10 (במקרא: ימים מהטיפול).
- איור 5: ה-CFU של אורגניזמים נבדקים בשכבה 0-20 ס"מ של הקרקע מהשדה בניר יצחק לפני טיפולי ההדברה ואחריהם.
- איור 6: ה-CFU של פוזריום כללי ושל פוזריום אוקסיספורום דיאנטי בפרופגולים שנטמנו בשכבה 0-20 ס"מ בקרקע בשדה בניר יצחק בהשפעת טיפולי ההדברה.



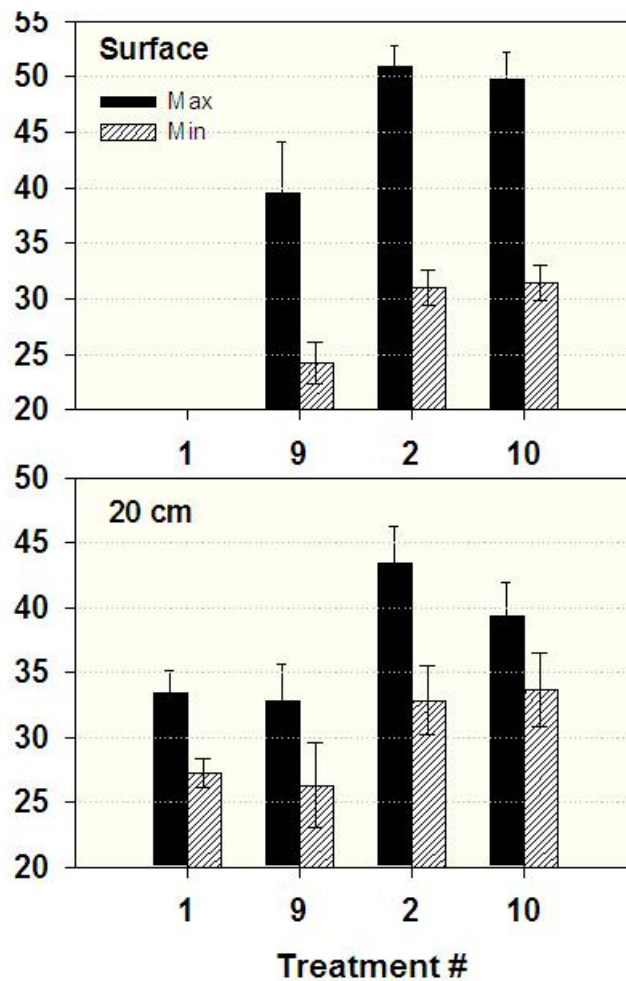
איור 7: השפעת הטיפולים על ה-EC של מיצויי הקרקע בשכבה 0-20 ס"מ: (A) הטיפולים בשנת 2008/9 (במקרא: ימים מהטיפול וימים מהזריעה), ו-(B) הטיפולים בשנת 2009/10 (במקרא: ימים מהטיפול).

**איור 1:** השפעת החיפוי בניילון של הקרקע בשדה בניר-יצחק על הטמפרטורה בפני הקרקע ובעומק 20 ס"מ. הניילון הוסר ביום ה-218. טיפול 9 היה ללא חיפוי הקרקע בניילון, ו-10 - עם חיפוי, שניהם עם תוספת במ"ס ואמון גופרתי לקרקע.

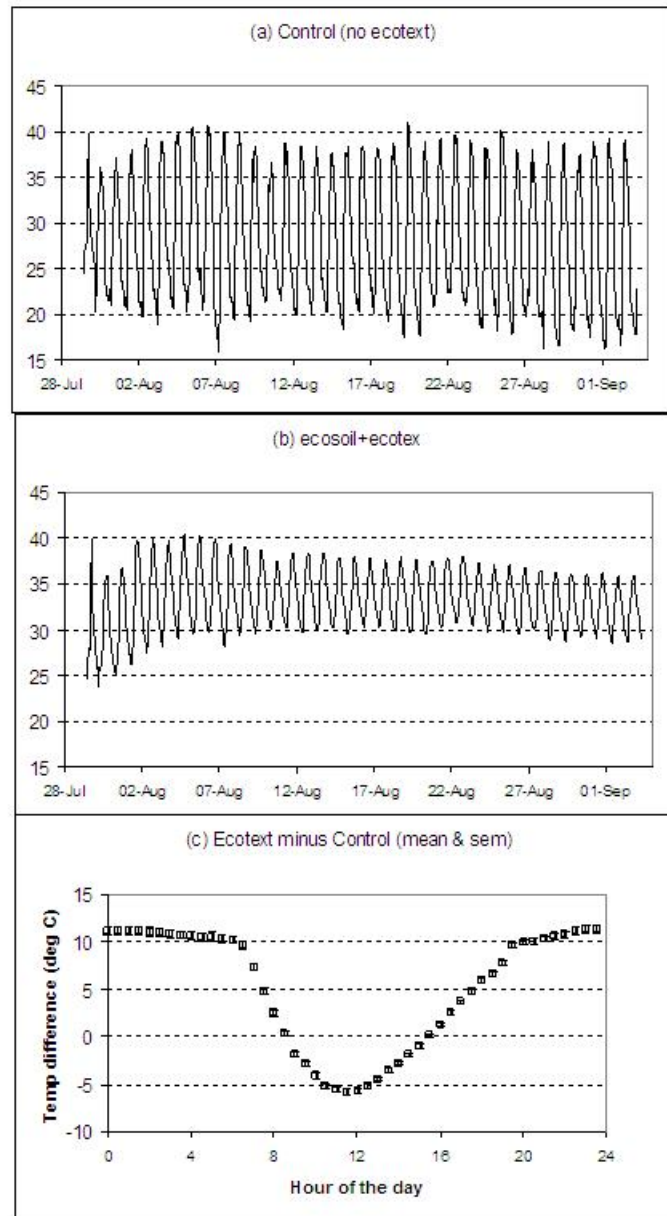


**איור 2:** השפעת החיפוי בניילון של הקרקע בשדה בניר-יצחק על הטמפרטורות המרביות והמזעריות בפני הקרקע ובעומק 20 ס"מ במהלך תקופת החיפוי (29/7/08 עד 6/8/08).

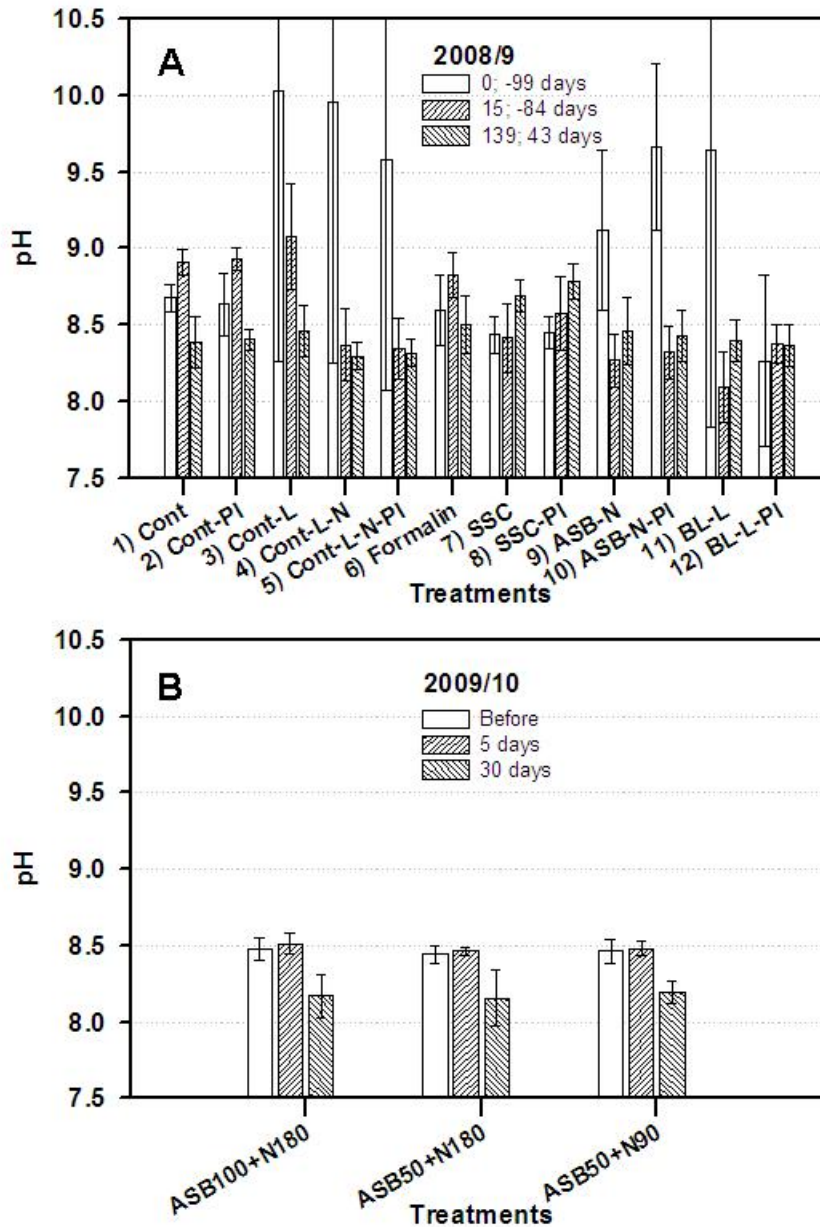
<sup>k</sup> הערכים הם הממוצעים וסטיות התקן. טיפולים 1 ו-9 היו ללא חיפוי, 2 ו-10 היו עם חיפוי; 1 ו-2 ללא תוספות לקרקע, 9 ו-10 עם במ"ס ואמון גופרתי.



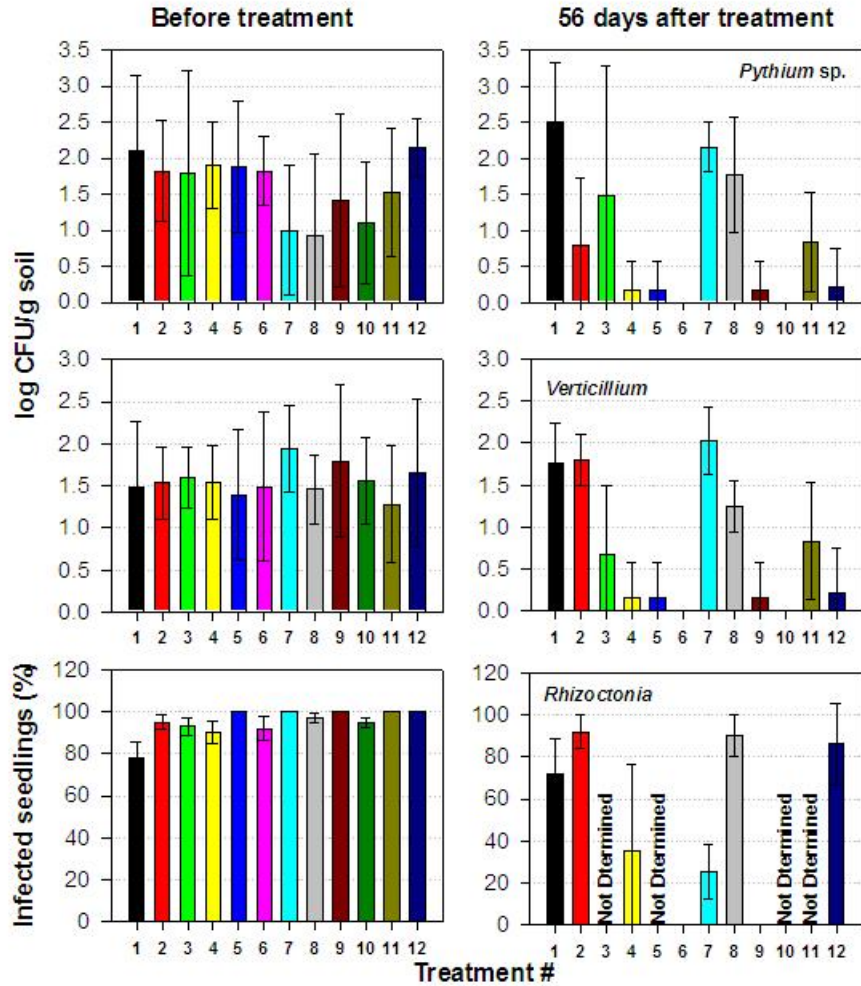
**איור 3:** חום הקרקע בעומק 20 ס"מ בקיץ 2009/10 בשדה בניר-יצחק בנוכחות ובהעדר חיפוי באקוטקסט.



**איור 4:** השפעת הטיפול על ה-pH של מיצויי מימי (יחס קרקע:מים = 2:1) של שכבת הקרקע 20-0 ס"מ: (A) הטיפולים בשנת 2008/9 (במקרא: ימים מהטיפול וימים מהזריעה), ו-(B) הטיפולים בשנת 2009/10 (במקרא: ימים מהטיפול)

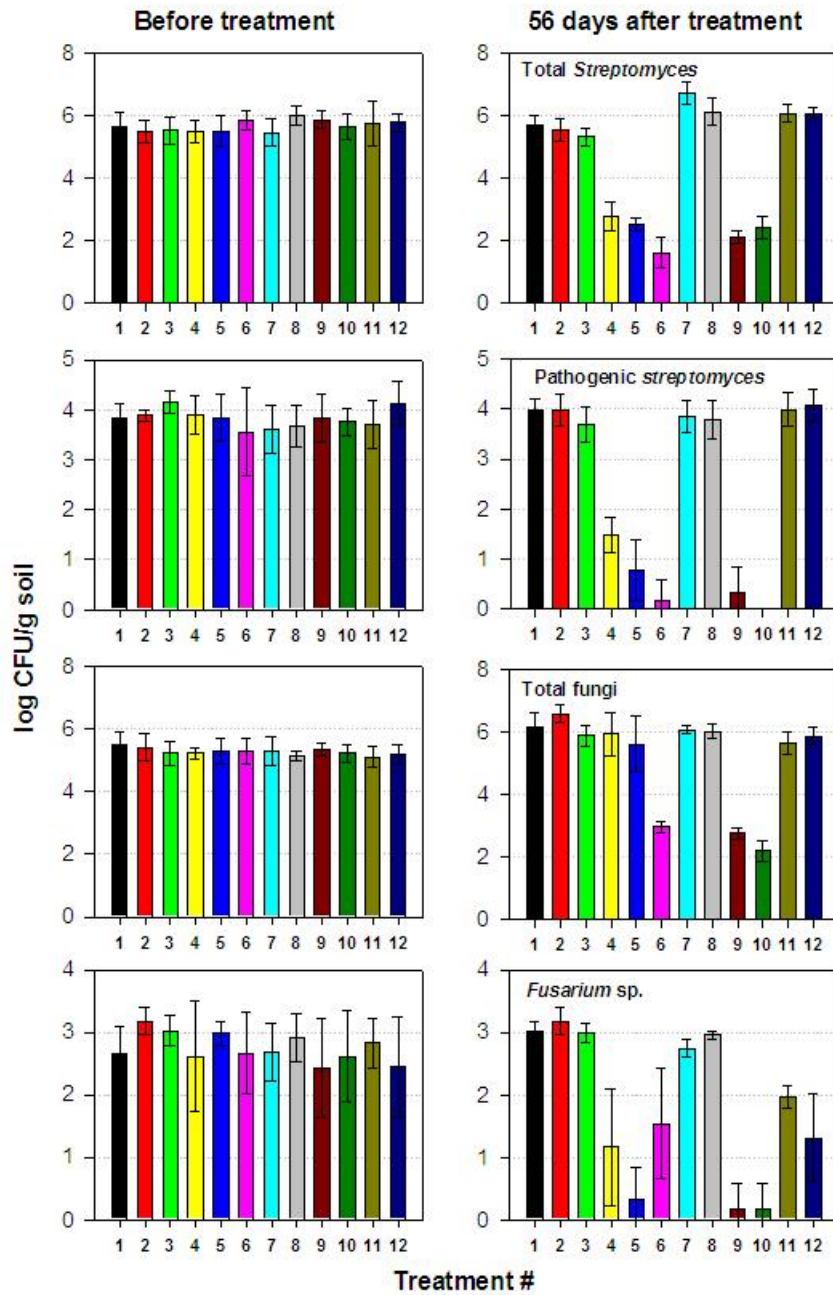


**איור 5A:** ה-CFU של אורגניזמים נבדקים בשכבה 0-20 ס"מ של הקרקע מהשדה בניר יצחק לפני טיפולי ההדברה ואחריהם.

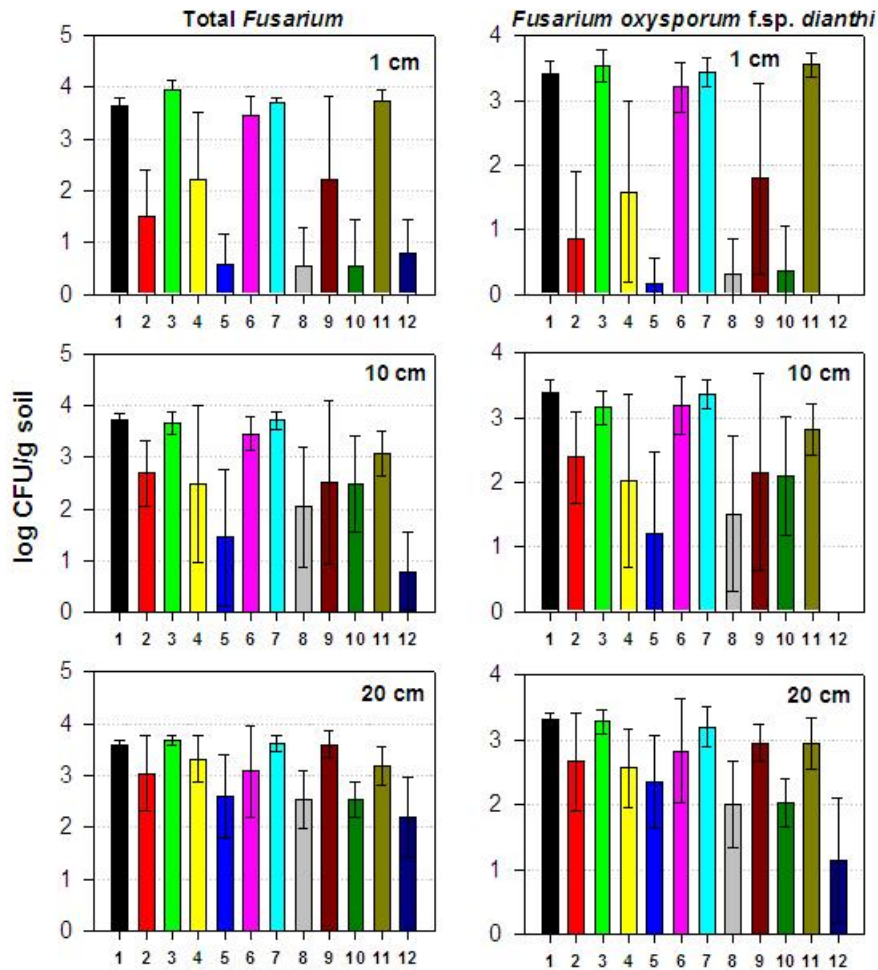


Treatment # & code	ASB m <sup>3</sup> /ha	SSC m <sup>3</sup> /ha	Broiler litter tons/ha	Slaked lime tons/ha	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> tons/ha	Plastic cover
1 Cont	-	-	-	-	-	-
2 Cont-Plastic	-	-	-	-	-	+
3 Cont-Lime	-	-	-	5	-	-
4 Cont-L-NH <sub>4</sub>	-	-	-	5	1.5	-
5 Cont-L-NH-PI	-	-	-	5	1.5	+
6 FormAld	Conventional disinfection with formaldehyde					
7 SSC	-	50	-	-	-	-
8 SSC-plastic	-	50	-	-	-	+
9 ASB-NH <sub>4</sub>	100	-	-	-	1.5	-
10 ASB-NH <sub>4</sub> -Plastic	100	-	-	-	1.5	+
11 Broiler-Lime	-	-	30	5	-	-
12 Broiler-Lime-Plastic	-	-	30	5	-	+

**איור 5B:** ה-CFU של אורגניזמים נבדקים בשכבה 0-20 ס"מ של הקרקע מהשדה בניר יצחק לפני טיפולי ההדברה ואחריהם.



**איור 6:** ה-CFU של פוזריום כללי ושל פוזריום אוקסיספורום דיאנטי בפרופגולים שנטמנו בשכבה 0-20 ס"מ בקרקע בשדה בניר יצחק בהשפעת טיפולי ההדברה.



Treatment # & code	ASB m <sup>3</sup> /ha	SSC m <sup>3</sup> /ha	Broiler litter tons/ha	Slaked lime tons/ha	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> tons/ha	Plastic cover
1 Cont	-	-	-	-	-	-
2 Cont-Plastic	-	-	-	-	-	+
3 Cont-Lime	-	-	-	5	-	-
4 Cont-L-NH <sub>4</sub>	-	-	-	5	1.5	-
5 Cont-L-NH-PI	-	-	-	5	1.5	+
6 Fomalin	-	-	-	-	-	-
7 SSC	-	50	-	-	-	-
8 SSC-plastic	-	50	-	-	-	+
9 ASB-NH <sub>4</sub>	100	-	-	-	1.5	-
10 ASB-NH <sub>4</sub> -Plastic	100	-	-	-	1.5	+
11 Broiler-Lime	-	-	30	5	-	-
12 Broiler-Lime-Plastic	-	-	30	5	-	+



**איור 7:** השפעת הטיפולים על ה-EC של מיצויי הקרקע בשכבה 20-0 ס"מ: (A) הטיפולים בשנת 2008/9, ו-(B) הטיפולים בשנת 2009/10

