

דוח סופי לתכנית מחקר מספר 301-0586-07

פיתוח ממשק לחקלאות בת קיימא בקרקע שאיכותה נפגעה בבקעת בית-שאן  
**Development of sustainable management for degraded soil in the  
Bet Shaa'n valley**

**מוגש לקרן המדען הראשי במשרד החקלאות**

אשר בר-טל, גיא לוי, מרים קינן ודינה גולדשטיין - כימיה של הקרקע והזנת הצמח,  
המכון למדעי הקרקע מים והסביבה, מנהל המחקר החקלאי, בית-דגן  
אברהם גלבע, - מו"פ עמק המעיינות  
יפתח גלעדי - שה"מ, משרד החקלאות, בית-דגן

חורחה טרצ'יצקי - הפקולטה לחקלאות, מזון וסביבה, האוניברסיטה העברית  
Asher Bar-Tal, Guy Levi Miriam Keinan and Dina Goldstein - Soil  
chemistry and plant nutrition, Institute of soils, water & Environ. Sci.,  
ARO, P.O.Box 6, Bet Dagan 50250. E-mail: [abartal@volcani.agri.gov.il](mailto:abartal@volcani.agri.gov.il)  
Avroom Gilboa, - MOP Emek Hamaianot, E-mail:  
[avrum@maianot.co.il](mailto:avrum@maianot.co.il)

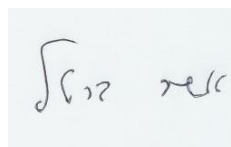
Yiftach Gilad- Extension Service, Ministry of Agriculture, P.O. Box 28,  
Bet Dagan 50250, Israel. E-mail: [ygiladi@shaham.moag.gov.il](mailto:ygiladi@shaham.moag.gov.il)

Jorge Tarchitzky - Faculty of Agriculture, Food and Environment, The  
Hebrew University of Jerusalem, Rehovot, Israel

דצמבר 2010

טבת תשע"א

הנני מאשר שהממצאים בדו"ח זה הינם תוצאות ניסויים ואינם מהווים המלצות  
לחקלאים  
חתימת החוקר:



## תקציר

הצגת הבעיה - במחקר קודם שבצענו בבקעת בית שאן מצאנו שהשקיה במים המלוחים שמקורם בירדן ובמעיינות מלוחים גורמת לדעיכת קרקע שמתבטאת בירידה חדה במוליכות ההידראולית של הקרקע וביציבות התלכידים. השערת המחקר היא שניתן לשקם את מבנה הקרקע והמוליכות ההידראולית שלה על ידי יישום של קומפוסט ועל ידי מעבר להשקיה במים מאיכות גבוהה יותר. מטרת המחקר – פתוח ממשק לשיפור איכות הקרקע ולמניעת הירידה ביבולים. שיטות המחקר - נעשה ניסוי שדה שבו נבחנה השפעת איכות המים ויישום קומפוסט על הקרקע ועל יבול כותנה. המשתנים שנבחנו היו יישום קומפוסט בשיעור 4 מ"ק/ד' לעומת ביקורת והרכב המים ומליחותם: מים שפירים, מי-מעיינות, מי-מעיינות מומלחים (200, 850 ו-1600 מ"ג כלורל בהתאמה) ומעבר הדרגתי ממים מלוחים למים שפירים. הגדול הוא כותנה מושקית בטפטוף. תוצאות עיקריות של המחקר - בבדיקות הקרקע הייתה ירידה בהמלחה עם המעבר למים באיכות גבוהה יותר כאשר המליחות הגבוהה ביותר בחתך הקרקע נמדדה בטיפול המעיינות עם תוספת מלח והנמוכה ביותר בטיפול המים השפירים. המליחות הגבוהה ביותר גרמה לירידה ביציבות התלכידים לעומת שאר טיפולי ההשקיה ואילו המוליכות ההידראולית ברוויה הייתה נמוכה מאוד בכל הטיפולים. ליישום הקומפוסט לא הייתה השפעה על המדדים הכימיים שנבדקו בקרקע. עדיין לא נבדקו ריכוזי החומר האורגני והחנקן הכללי בקרקע שצפוי שיושפעו מטיפול הקומפוסט. תוספת קומפוסט גרמה לעליה ביציבות התלכידים בהשוואה לטיפול הביקורת ואילו השפעתה על המוליכות ההידראולית ברוויה לא הראתה מגמה קבועה. בכל הטיפולים נמשכה הירידה ביבול כאשר בהשקיה במים מלוחים ישנה נטייה לירידה חדה יותר ביבול. לא נמצאה השפעה לקומפוסט על היבול ועל תכולת יסודות ההזנה הראשיים (חנקן, זרחן ואשלגן) בצמח.

מסקנות - מצאנו שמעבר להשקיה במים מאיכות גבוהה משפר את מבנה הקרקע ותוך שנה עד שנתיים שוטף מבית השורשים את עודפי המלחים. יישום קומפוסט שיפר גם כן את מבנה הקרקע. הירידה ביבול כותנה עם השנים נגרמה בעיקר מהתופעה הידועה של השפעת גדול נמשך על אותו שטח ואילו ההשפעה של הממשק המשפר הייתה קטנה יחסית.

## מבוא

חקלאות היא הענף הכלכלי העיקרי בעמק בית שאן, ובעיקר גד"ש ירקות, המהווה כ-80000 דונם מס"כ 106,450 דונם שמעובדים. השטח המושקה במים מליחים הוא 35,000 דונם בקרוב. ריכוז הכלוריד במים הוא 800 עד 1700 מג"ל. מגוון רחב של גידולים מושקה במים המליחים, וכולל גידולי סתיו (מלון, בצל, שום), חורף (חיטה, שעורה, שיבולת שועל, תלתן, בקיה, ירקות) וקיץ (עגבניות לתעשייה, אבטיח, מלון, חמוניות, תירס, כותנה).

מזרח עמק בית שאן נשלט על ידי אקלים צחיח ערבתי, המאופיין במיעוט של משקעים, חוסר במקורות מים שפירים ותנאי אקלים קיצוניים. חודשי האביב והקיץ מאופיינים בימים רבים בהם הטמפרטורות גבוהות מ-36°C. טמפרטורות המינימום והמקסימום הממוצעת בקרקע (בעומק 10 cm), נעות בין 29-

36°C בקיץ ו 12-15°C בחורף. ממוצע המשקעים באזור נמוך (200-300 mm גשם בשנה) וכן גם הלחות היחסית (מקסימום של 80% בחורף ו 55% בעונות המעבר).

הקרקע באזור מאופיינת כרנדזינה של עמקים (סיין חרסיתי או חרסית חום אנספטי גירי חוורי), ומכילה אחוזים נכבדים של גיר (54%) וחרסית (42%) (טבלה 1) מאחר ואלו לא נשטפים אל העומק עקב האקלים הצחיח באזור (1). מקטע החרסית מכיל אחוזים ניכרים של פליגורסקיט (22%) אשר נמצא כבעל השפעה שלילית על יציבות מבנה הקרקע (2).

טבלה 1. נתונים נבחרים של הקרקע משטח הניסוי.

SAR	קק"ח	גיר	מרקם			EC	pH	עומק
			חרסית	סילט	חול			
(mmol/l) <sup>0.5</sup>	meq 100g <sup>-1</sup>	%	%	%	%	dS m <sup>-1</sup>		ס"מ
7.9	23.0	50.6	42.8	40.0	17.2	2.39	8.03	0-20
10.1	23.0		44.8	32.0	23.2	6.13	8.03	20-40
10.0	23.0	61.0	48.8	30.	21.2	8.49	7.95	40-60
10.6	23.0		46.8	28.0	25.2	6.70	8.09	60-90

האקלים השורר באזור, מתווה מצב שבו הגידולים החקלאיים מתבססים ברובם על השקיה, וכמות המים הנצרכת על ידי הגידולים גבוהה בהרבה מזו הדרושה ברוב האזורים בארץ. מי ההשקיה הזמינים כיום לשימוש באזור הם מי הירדן הדרומי והמעיינות המליחים באזור, מים שמליחותם ויחס ספיחת הנתרן (Sodium Adsorption Ratio (SAR)) שלהם גבוהים מאוד בגלל ריכוז גבוה של נתרן כלורי (טבלה 2). כ - 35,000 דונם מושקים במים מליחים המאופיינים ביחס ספיחת נתרן גבוה, שמקורם בירדן הדרומי.

בעקבות השימוש במי השקיה מליחים, פותח באזור, ממשק השקיה של שטיפה בעודף גדול על מנת למנוע הצטברות מליחים בחתך הקרקע. אולם, כתוצאה מהמחסור החריף במים בעשור האחרון הושקו שטחים רבים ללא שטיפה במים שמליחותם הלכה וגברה. השקיה במים בעלי SAR מתון ומעלה ~6, מביאה לערכי אחוז נתרן חליף (Exchangeable Sodium Percentage (ESP)) דומים בקרקע (3). מכאן, השקיה במים מליחים נתרניים ללא שטיפה מספקת, גורמת לנתרון הקרקע אשר משפיע לרעה על תכונותיה הכימו-פיזיקליות והפיסיקליות כגון: רגישות לתהליכי תפיחה והתמוגגות תלכידים, התקרמות של הקרקע, הפחתה בעמידות לסחף והפחתה במוליכות ההידראולית ולכן, גורמת לירידה באיכות הקרקע ובפוריות שלה (4, 5, 6).

איכות מי ההשקיה, האקלים השורר באזור, והמחסור במים של השנים האחרונות הביאו לכך שהקרקע באזור מזרח עמק בית שאן עברה תהליכי המלחה, נתרן ופגיעה במבנה. בשנים האחרונות, ענף

גידולי השדה בעמק בית שאן סובל מירידת יכולים הפוגעת ברווחיותו וגרמה לכך ששטחים רבים ננטשו עקב חוסר רווחיות.

טבלה 2. הרכב מקורות המים בניסוי בנוה איתן: מי ירדן (JRW), מי מעיינות מומלחים (SSpW), מי מעיינות (SpW), קולחים (EF) ושפירים (FW).

		JRW	SSpW	SpW	EF	FW
<b>pH</b>		7.7	7.60	7.7	7.6	7.5
<b>EC</b>	<b>dS/m</b>	4.9	5.26	3.14	1.87	0.82
<b>Cl</b>	<b>meq/l</b>	42.5	48.70	24.8	6.7	1.8
<b>Na</b>	<b>meq/l</b>	36.3	43.70	14.6	4.8	1.2
<b>Ca+Mg</b>	<b>meq/l</b>	19.7	18.60	15.4	10.1	8.7
<b>N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	<b>mg/l</b>	0.5 >	6.30	7.1	0.5 >	2.4
<b>N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b>	<b>mg/l</b>	11.2	8.30	4.5	77.1	0.4
<b>P soluble</b>	<b>mg/l</b>	1.0 >	1.0 >	1.0 >	9	1.0 >
<b>K</b>	<b>meq/l</b>	0.67	0.32	0.23	2.1	0.10 >
<b>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	<b>meq/l</b>	5.3	5.60	5.8	15.5	-
<b>SAR</b>	<b>(mmol/l)<sup>0.5</sup></b>	11.56	14.33	5.26	2.12	0.58

השערת המחקר היא שכדי לשקם את הקרקע באזור ואת פוריותה, יש למתן את השפעת המליחות והנתרון על מבנה הקרקע ובכך לשפר את יכולה להעביר מים זמינים ויסודות הזנה לצמח ומכאן לשפר את פוריותה. הקטנת חלקו היחסי של הנתרן בהרכב הקטיונים בתמיסת הקרקע עשויה להתבצע באמצעות שיפור באיכות מי ההשקיה המאפשרת שטיפה של הנתרן אל אופקי הקרקע העמוקים יותר והעשרת שכבת הקרקע העליונה בקטיונים כגון סידן ומגנזיום. מחקר שנערך באזור ויתואר בהמשך (7, 8, 9, 10), בחן את אפשרות לשקם את הקרקע הנידונה, באמצעות ההשקיה בקולחים מטופלים שמליחותם וערכי ה SAR נמוכים ממי הירדן ומי המעיינות המליחים והראה כי על אף נחיתותם של מי הקולחים, בהשוואה למים שפירים, כאשר אלו משמשים כתחליף למים הזמינים כיום באזור, ניכר שיפור במבנה הקרקע והפחתה של השפעות הנתרון.

יישום קומפוסט מסוגים שונים כמטייב קרקע, נמצא בשימוש מזה שנים ונחקר במסגרת מחקרים רבים. תרומת הקומפוסט לקרקע וליכול מורכבת ונובעת משילוב תכונותיו הכימיות והפיסיקליות המשפיעות הקרקע. מחקרים רבים ניסו לבודד ולבחון את ההשפעה הספציפית של כל אחת מהתכונות, ללא הצלחה (11). ההשפעות הכימיות של יישום הקומפוסט על תכונות הקרקע באות לידי ביטוי תוך

פרק זמן קצר יחסית. זאת בהשוואה להשפעה על התכונות הפיסיקליות של הקרקע, אשר ניכרת רק לאחר יישום ממושך של קומפוסט (12, 13).

יישום קומפוסט, באופן קבוע, בכמויות הגבוהות מאלו המשמשות לדישון, מגדיל את כמות החומר האורגאני בקרקע (14). הגידול בכמות החומר האורגאני בקרקע נובע מהתוספת שמקורה בקומפוסט המיושם, אך גם בגידול באוכלוסיה המיקרוביאלית. גידול זה, נובע מהעלייה בריכוז הפחמן והחנקן האורגאניים ושיפור ביחס C/N בקרקע ונשמר על אף העלייה בצריכת יסודות אלו בעקבות הגידול בפעילות הביולוגית (15). במרבית הקרקעות, במיוחד באזורים ים תיכוניים, יחס זה, מהווה את הגורם המגביל לגידולים (16). בטווח הזמן הקצר, הגידול באוכלוסיה המיקרוביאלית אינו מלווה בשינוי משמעותי בהרכבה (15), אך ייתכן שיישום אורך טווח עשוי להשפיע על הפעילות וההרכב של אוכלוסית המיקרואורגניזמים (17). הגידול בפעילות ביולוגית בקרקע, מתבטא בעליה בפעילות אנזימטית של אנזימים כגון דהידרוגנז, ניטרט רדוקטז ובטא גלוקוזידאז, בהתאמה לעליה בריכוז הפחמן האורגאני והחנקן הכללי (15).

על אף תרומתו של יישום קומפוסט בקרקע לגידול ביבול, נמצא כי גידול זה אינו תלוי באופן לינארי בכמות הקומפוסט המיושם (15). תוספת חומר אורגאני לקרקע, עשויה לגרום לעליה של צריכת החמצן בה עקב הגברת הפעילות הביולוגית. לכן, יישום קומפוסט בכמויות גבוהות מידי, עלול ליצור מצבים אנאירובים בקרקע, אשר עלולים לגרום לעיכוב הנביטה וירידה ביבול (18).

השפעת כמות הקומפוסט המיושם על התכונות הכימיות של הקרקע מהווה נושא שנוי במחלוקת. במחקר על יישום קומפוסט מבוצה ומאשפת ערים נמצא שהשפעת הקומפוסט על פעילות מיקרוביאלית בקרקע היתה ארעית ולא מצטברת (19). ביישום קומפוסט מאשפת ערים נמצא כי לכמות הקומפוסט המוסף אין השפעה מובהקת על תכולת החנקן והפחמן, ה pH ופעילות האינזימים דהידרוגנז וגלוקוזידז (15). Tejada et al (2006) בעבודות לעומת זאת במחקרים אחרים הראו התאמה חיובית בין כמות הקומפוסט המיושם לשיפור בתכונות כגון ESP וברמת הפעילות הביולוגית (על פי פעילות אנזימטית) (13).

בניגוד להשפעת כמות הקומפוסט המיושם על היבול, הדעות חלוקות בכל הנוגע להשפעת כמות הקומפוסט על התכונות הפיסיקליות של הקרקע, ממצאים על השפעה ארעית ולא מצטברת (19) לעומת התאמה חיובית בין כמות הקומפוסט המיושם לשיפור ביציבות מבנה הקרקע (13) ובתכונות פיסיקליות כגון, מוליכות הידראולית ברוויה, צפיפות תלכידים, פורוזיות, התפלגות גודל החללים, כושר החזקת מים ויציבות תלכידים (20).

כפי שהוסבר למעלה המוליכות ההידראולית של הקרקע, הינה תכונה המושפעת מהתפלגות גודל הנקבובים בה, המוליכים מים זמינים לצמח. גודל נקבובי הקרקע מושפע ממרקמה, מידת התפיחה והדיספרסיה של מינרלי החרסית בקרקע, יציבות התלכידים ותכונות נוספות (7, 8). השפעת יישום קומפוסט כמטייב למבנה הקרקע, תלויה בהשפעת החומר האורגאני שבו על כל אחת מהתכונות שתוארו לעיל. המנגנונים הפועלים על כל אחת מתכונות אלו מגוון בשל המבנה הכימי והפיסיקלי המורכב של החומר האורגאני ושונותו הרבה. זו הסיבה לכך, מחקרים רבים מלמדים על מגמות שונות בנוגע להשפעת

הקומפוסט על המוליכות ההידראולית של הקרקע (21). יחד עם זאת, מחקרים רבים הוכיחו את תרומתה של תוספת חומר אורגאני לקרקע על מנגנונים עיקריים המביאים לשיפור של שורת תכונות פיזיקליות בקרקעות שונות ומגוונות, כפי שיורחב בהמשך. השפעת הקומפוסט, תלויה אם כך בהרכבו ומרקמו מחד, ובהרכב ומרקם הקרקע מאידך. מחקרים רבים הצביעו על כך שצפיפות החלקיקים הנמוכה יותר המאפיינת את החומר האורגאני המוסף לקרקע מסייעת בהגברה של מידת הפורוזיות בה, הפחתת הצפיפות של תלכידי הקרקע ובהגברת האוורור שלה (12, 13 ו-22).

תרומה נוספת של החומר האורגאני ליציבות מבנה הקרקע טמונה בעובדה שהוא מסייע בפלוקולציה של מינרלי החרסית. מעבר לפלוקולציה של מינרלי החרסית, פועל החומר האורגאני המוסף לקרקע כמלכד של מיקרואגרנטים (0.2~מיקרומטר) למאקרואגרנטים ( $0.25 < \text{מ}^2$ ) הנחשבים יציבים יותר מפני תהליכי התמוגגות כתוצאה מהרטבה של הקרקע. ליכוד וייצוב האגרנטים מתבצע היכולת של החומר האורגאני, ליצור גישור בין התלכידים, באמצעות קשרי מימן עם מולקולות מים על פני השטח של החרסית, קישור אלקטרוסטטי לקטיונים על פני השטח שטח החרסית, קומפלקסציה עם הקטיונים הדו ערכיים בקצוות המינרל וקישור לקצוות הטעונים (20, 23). מנגנון שיפור האגרציה של הקרקע באמצעות החומר האורגאני, יעיל בקרקעות חרסיתיות ובקרקעות נתרניות (24).

מלבד תרומתו של החומר האורגאני ליציבות התלכידים על ידי גישור בניהם ליצירת מאקרואגרנטים, קיבול הקטיונים החליפיים (CEC) הגבוה של החומר האורגאני המוסף לקרקע, תורם לגידול ב CEC שלה ומכאן, להקטנה של ה ESP (13). כפי שתואר בפרק מס' 1.2, ירידה של ה ESP בקרקע, תורמת לשיפור של יציבות תלכידי הקרקע בכך שמפחיתה את רגישות הקרקע לתפיחה ודיספרסיה (7). בנוסף, תוספת החומר האורגאני מסייעת בסילוק מלחים מתמיסת הקרקע אך יעילה פחות בקרקעות נתרניות מאחר ובקרקעות אלו, נדרשים יותר מים בתמיסת הקרקע להובלת המלחים (24).

מכאן, ניתן להסיק כי תרומת תוספת החומר האורגאני לשיפור ביציבות תלכידי הקרקע, מידת הפורוזיות שלה ויציבות המבנה, מסייעים שמירה על התפלגות גודל חלקיקי הקרקע ולכן, במניעה של התקרמות הקרקע, הנגר והסחף שבאים בעקבותיה. ההפחתה ברגישות ליצירת שכבת איטום, והשמירה על התפלגות גודל נקבובי הקרקע, עשויים לסייע בשיפור המוליכות ההידראולית שלה ומעבר של מים זמינים אל הצמח (8, 9).

פירוק החומר האורגאני המוסף או צבירתו תלויים באופן משמעותי במרקם הקרקע. בקרקע חרסיתית תתאפשר יותר צבירה של חומר אורגאני מאשר בקרקע חולית. יחד עם זאת, כל קרקע מאופיינת במצב רוויה של תכולת החומר האורגאני אשר קובע את מידת הצבירה או הפירוק שלו. השוואה בין קרקעות המצויות במידת הצבירה המקסימאלית של חומר אורגאני, מלמדת על כך שהגורם הנוסף המשפיע על כמות החומר האורגאני שמסוגלת הקרקע לצבור הוא האקלים, בדגש על כמות המשקעים והטמפרטורה. בתנאי אקלים בעלי טמפרטורה גבוהה ומיעוט משקעים צבירת החומר האורגאני בקרקע פחותה (14). מליחות הקרקע, בקרקעות אלקליניות המאופיינות ב pH גבוה, לא נמצאה כמשפיעה על קצבי המינרליזציה של חנקן ופחמן (25).

מינרליזציה של החומר האורגאני המוסף על ידי הקומפוסט, מתבצעת על ידי האוכלוסייה המיקרוביאלית המצויה בקרקע, וזו המגיעה עם הקומפוסט. תהליך זה, מושפע מגורמים כגון: (א) מידת היציבות של החומר האורגאני, (ב) הרכב האוכלוסייה המיקרוביאלית, אשר קובע את טמפרטורת האופטימום שלה לניצול חומר אורגאני, (ג) תנאים פיסיקוכימיים כגון pH, תכולת נוטריאנטים ותכולת מים. טמפרטורת הסביבה והקשר שלה לטמפרטורת האופטימום של האוכלוסייה המיקרוביאלית בקרקע, משפיעים על אנרגיית האקטיבציה הנדרשת לפירוק החומר האורגאני ומכאן, על רמת הפעילות וקצב הגידול של האוכלוסייה המיקרוביאלית (26).

על בסיס הממצאים בספרות אנו משערים שיישום קומפוסט עשוי לסייע בטיוב הקרקע, על ידי שיקום הנזקים למבנה הקרקע באמצעות שיפור ביציבות תלכידית הקרקע הגברת הנקבוביות שבה ויכולתה להעביר מים זמינים לצמח.

### מטרות המחקר

מטרתה העיקרית של העבודה היא לבחון את האפשרות לשקם את הקרקע שנפגעה מהשקיה לאורך זמן במים מלוחים-נתרניים על ידי מעבר למים מאיכות גבוהה ותוספת של שאריות אורגניות. המטרות הפרטניות הן: (1) לבחון את השפעת השיפור באיכות המים (הפחתת המליחות וריכוז הנתרן) על יציבות המבנה והמוליכות ההידראולית של קרקע שהושקתה מספר שנים במים מלוחים, (2) לבחון את השפעת השיפור באיכות המים (הפחתת המליחות וריכוז הנתרן) על היבולים של גידולי שדה מקובלים באזור בקרקע שהושקתה מספר שנים במים מלוחים-נתרניים, (3) לבחון את השפעת תוספת קומפוסט על יציבות המבנה והמוליכות ההידראולית של קרקע שהושקתה באיכויות שונות של מים ו- (4) לבחון את השפעת תוספת קומפוסט לקרקע שהושקתה באיכויות שונות של מים על היבולים של גידולי שדה מקובלים באזור

### שיטות וחומרים

לפני חמש שנים הקמנו ניסוי של "חלקות קבועות" בהיקף של 12.5 דונם בשטחי קיבץ נווה איתן בעמק בית שאן. נתוני הקרקע מופיעים בטבלה 1. המשתנים שנבחנו הם הרכב המים ומליחותם: קולחים שמליחותם נמוכה יחסית, מי מעיינות עם מליחות בינונית, מי ירדן שמליחותם גבוהה ומי מעיינות שהוסף להם מלח לרמה של 1500 מ"ג/ל בדומה למליחות של מי הירדן. בשנת 2007 לא היו קולחים זמינים ולכן ההשקיה הייתה במי מעיינות. הניסוי שהתחלנו השנה מורכב משני חלקים, החלק הראשון עבור מטרות 1 ו-2 והחלק השני עבור מטרות 3 ו-4. בחלק הראשון נבחנת השפעת שיפור באיכות המים לעומת המשך השקיה במים מלוחים ולעומת ביקורת שמושקת באופן מתמשך במים שמליחותם נמוכה. הטיפולים הם: השקיה במים שפירים בחלקות שהושקו בעבר במים מליחים (מעיינות מומלחים), השקיה מתמשכת במליחות גבוהה (מעיינות מומלחים), השקיה מתמשכת במליחות בינונית (מי מעיינות) והשקיה מתמשכת במליחות נמוכה (שפירים בחלקות שהושקו בעבר בקולחים). בחלק השני נבחנת השפעת יישום קומפוסט בוצה בשיעור 4 מ"ק/ד' לעומת ביקורת בשילוב עם הרכב המים ומליחותם: מים שפירים (בחלקות שהושקו בעבר בקולחים), מי-מעיינות (בחלקות שהושקו בעבר במי מעיינות ובחלקות שהושקו במי ירדן). ריכוזי הכלור במים השפירים, מי המעיינות ומי-מעיינות מומלחים הם 200, 850 ו-1600 מ"ג כלורל בהתאמה. שלושה טיפולים משותפים לחלק א וחלק ב, כך שבפועל בניסוי הכולל שמונה

טיפולים. מבנה הניסוי הוא בלוקים באקראי בחמש חזרות לטיפולי ההשקיה וחלקות מפוצלות לבחינת תוספת קומפוסט לעומת ביקורת. גם המעבר ממים ההדרגתי מהשקיה במים מלוחים למים שפירים נבחן בחלקות מפוצלות. הגדול הוא כותנה מושקית בטפטוף. רשימת הטיפולים מופיעה בטבלה 3.

טבלה 3. טיפולי ההשקיה ויישום הקומפוסט מפורטים למשך שלוש שנות הניסוי.

חלק א (השפעת מקור המים)

מקור המים			
שנה ג	שנה ב	שנה א	לפני תחילת הניסוי
שפירים	שפירים	שפירים	קולחים
מעיינות	מעיינות	מעיינות	מעיינות
מעיינות	מעיינות	מעיינות	ירדן
שפירים	שפירים	מעיינות	מעיינות מומלחים
מעיינות מומלחים	מעיינות מומלחים	מעיינות מומלחים	מעיינות מומלחים

חלק ב (השפעת מקור המים ויישום קומפוסט)

מקור המים				
שנה ג	שנה ב	שנה א	לפני תחילת הניסוי	תוסף
שפירים	שפירים	שפירים	קולחים	ביקורת
שפירים	שפירים	שפירים	קולחים	קומפוסט
מעיינות	מעיינות	מעיינות	מעיינות	ביקורת
מעיינות	מעיינות	מעיינות	מעיינות	קומפוסט
מעיינות	מעיינות	מעיינות	ירדן	ביקורת
מעיינות	מעיינות	מעיינות	ירדן	קומפוסט

#### אגרוטכניקה כותנה

כותנה מהזן הזרע 395 נזרעה באביב בתחילת חודש אפריל, הצצה כעבור שבועיים והגדול נמשך כחמישה עד שישה חודשים עד הקטיפה בסוף ספטמבר עד סוף אוקטובר 2008. תחילת הפריחה הייתה בתחילת יוני. שילוך בוצע בשני שלבים בספטמבר: בשלב ראשון דרופ אולטרה (70 סמ"ק/דונם) + קוויק (300 סמ"ק/דונם) ושלב שני כעבור כעשרה ימים דרופ אולטרה (30 סמ"ק/דונם). כמות



המשקעים בחורפים 2007-2008, 2008-2009 ו- 2009-2010 שקדמו לזריעת הכותנה היו: 195, 285 ו- 285 מ"מ כך שעומק ההרטבה של חתך הקרקע לפני הזריעה בשנה הראשונה היה עד לעומק של כ- 50 ואילו בשנה השנייה והשלישית עד לעומק של כ- 70 ס"מ.

2008 - עומד ההשקיה היה 800 מ"מ, מתוכם 65 מ"מ אחרי הזריעה בהמטרה להנבטה ולאחר מכן 735 מ"מ השקיה בטפטוף. מקדם ההשקיה כאשר היה כיסוי מלא (ברוב עונת הגדול) היה 0.9 מההתאדות מגיית.

2009 - עומד ההשקיה היה 775 מ"מ, מתוכם 70 מ"מ השקית הנבטה בהמטרה ולאחר מכן 705 מ"מ השקיה בטפטוף. מקדם ההשקיה כאשר היה כיסוי מלא (ברוב עונת הגדול) היה 0.675 מההתאדות מגיית.

2010 - עומד ההשקיה היה 730 מ"מ, מתוכם 45 מ"מ השקית הנבטה בהמטרה ולאחר מכן 685 מ"מ השקיה בטפטוף. מקדם ההשקיה כאשר היה כיסוי מלא (ברוב עונת הגדול) היה 0.675 מההתאדות מגיית.

ההשקיה בטפטוף התבצעה באמצעות שלוחה אחת בכל ערוגה, 60 ס"מ בין הטפטפות שספיקתן 2.3 ל"ש. בוצע קטיף ממוכן ונשקל יכול ההלקטים לחלקה ששיטחה כ- 40-50 מ"ר (2 שורות באורך של 20-25 מ מערוגה שרוחבה 1.96 מ). בכל השנים ניתן דישון חנקני כאוראן דרך ההשקיה בשיעור של 24 ק"ג חנקן לדונם ב 2008 ו 2009 וכ-20 ק"ג חנקן לדונם ב- 2010.

#### **אנליזות מינראליות בצמחים**

צמחי כותנה נדגמו במהלך הגדול לפני שלוך העלים (ב- 28.8.2008, 23.8.2009, 23.8.2010) נדגמו צמחים מ 1 מ"ר' מכל חלקה לקביעת יכול טרי נוף והלקטים והרכב מינרלי של הנוף. נלקחה תת דגימה של צמח מכל חלקה שחולקה לנוף והלקטים שבהם נעשו אנליזות של יסודות הזנה הראשיים (חנקן, זרחן, אשלגן) ומלחים (נתרן וכלור) ובדיקות מיקרו אלמנטים. הכנת החומר הצמחי לאנליזות השונות כללה ייבושו בתנור מאורר בטמפרטורה של  $60^{\circ}\text{C}$  וטחינה דקה. לאנליזה של יסודות הזנה חנקן, זרחן ואשלגן ושל המלח נתרן 100 מ"ג של דוגמת חומר צמחי יבש וטחון אוכלה בחומצה גופריתנית ומי חמצן. לאנליזה של המלח כלור 100 מ"ג של דוגמת חומר צמחי יבש וטחון מוצתה במים מזוקקים ביחס של 1:8. לאנליזה של יסודות הקורט 100 מ"ג של דוגמת חומר צמחי יבש וטחון אוכלה בחומצה חנקתית ופר-כלורט. ריכוזי החנקן המחזור, הזרחן והכלור נקבעו באוטואנלייזר תוצרת Lachate. ריכוזי האשלגן והנתרן נקבעו בפוטומטר להבה או מכשיר בליעה אטומית בהתאם לריכוזים. ריכוזי יסודות הקורט ייקבעו ב- ICP.

#### **בדיקות קרקע**

דוגמאות קרקע מחתך בעומק של 120 ס"מ, כל 30 ס"מ, נלקחו מכול חלקה בניסוי לאחר קטיף הכותנה בספטמבר 2009. האנליזות הכימיות בעיסה רוויה כללו: pH, מוליכות חשמלית, ריכוזי נתרן, אשלגן, מגנזיום, סידן, כלור, ביקרבונט ובורון. בנוסף נבדק ריכוז זרחן זמין במיצוי אולסן וריכוזי החנקן המינרלי הזמין כאמון וחנקה במיצוי 1 נורמל אשלגן כלורי.

## **בדיקות פיזיקליות של הקרקע**

מוליכות הידראולית ברוויה של הקרקע נבחנה בדוגמאות לא מופרות, משכבת הקרקע העליונה (0-15 cm), בחמש חזרות ובדוגמאות מופרות מאותו יום דיגום (0-10 cm) בשלוש חזרות. הדיגום התבצע עם תום עונת הגידול, כשלושה שבועות לאחר תום ההשקיה, בחודש ספטמבר 2009. במהלך הדיגום, פני הקרקע (0-2 cm) הוסרו על מנת למנוע הפרעה של עלים ופני קרקע מהודקים. עמודות בקוטר (פנימי) 4.7 cm וגובה 12 cm הוחדרו לקרקע בעזרת פטיש, בסמוך לטפטפת. בכדי למנוע שפיכה בעת משיכת העמודה החוצה, הקרקע הורטבה מעט לפני החדרת העמודה. מדגמי הקרקע הבלתי מופרים הוצאו מהקרקע, העמודות נסגרו בעזרת מכסים, הובאו למעבדה, נשמרו בחדר קור בטמפרטורה של  $4^{\circ}\text{C}$  ונבדקו במהלך השבועות שלאחר הדיגום.

לפני הבדיקה, הדוגמאות עברו הרוויה איטית מלמטה במים מזוקקים במשך כ 36 שעות. המדידה התבצעה בתנאים של עומד קבוע, במהלכה, העמודות נשטפו מלמעלה במים מזוקקים תחת עומד של 50 cm-30 בהתאם לקצב מעבר המים דרך העמודה. התשטיפים מהעמודות נאספו באופן רציף במבחנות בנפח 20 ml בעזרת אוסף תשטיפים. איסוף התשטיפים נמשך עד שלא הובחנו שינויים בנפח התשטיפי בכ 10 מבחנות עוקבות. נפח התשטיפי שנאסף בכל מבחנה נמדד ובעזרתו חושבה המוליכות ההידראולית ברוויה. בכל מבחנה נמדדה גם מוליכות חשמלית (EC) באמצעות אלקטרודה מתאימה.

דוגמאות קרקע מופרות, משכבת הקרקע העליונה (0-10 cm) שנדגמו במסגרת הדיגום שתואר לעיל, שימשו למדידת מוליכות הידראולית בדוגמאות מופרות (תיאור השיטה והתוצאות מוצגים בנספח מס' 2) ולמדידת יציבות תלכידים.

יציבות התלכידים (0.5-1.0 mm) נקבעה בשיטת ה- (HEMC) High Energy Moisture Characteristic כמתואר ב- 27. התלכידים הונחו על משפך בקוטר 5 cm שבתחתיתו פלטת חרס בעלת נקובים בגודל  $40-60\ \mu\text{m}$ . הדסקית נמצאת במצב רווי לפני הנחת התלכידים במשפך התלכידים שהונחו במשפך הורטבו מלמטה בנפח ידוע של מים מזוקקים בקצב מהיר של  $100\ \text{mm/h}$  בעזרת משאבה פריסטלטיית. ההרטבה המהירה של התלכידים, גורמת לפריצת האוויר הכלוא בתוכם ומיום שלהם שהינם הגורמים העיקריים להתמוגגות התלכידים. בתום ההרוויה הופעל על תלכיד הקרקע מתח יניקה בשלבים של  $1\ \text{cm}_{\text{H}_2\text{O}}$  עד  $20\ \text{cm}$ , אח"כ  $2\ \text{cm}_{\text{H}_2\text{O}}$  עד  $30\ \text{cm}$  ובשלבים של  $4\ \text{cm}_{\text{H}_2\text{O}}$  עד למתח יניקה של  $42\ \text{cm}_{\text{H}_2\text{O}}$ .

## **תוצאות**

### **הרכב מלחים וזמינות יסודות הזנה בקרקע**

#### **חלק א - השפעת מקור מי ההשקיה**

בתחילת הניסוי באביב 2008 המוליכות החשמלית, ריכוזי המלחים נתרן, כלור, סידן, מגנזיום וה-SAR היו גבוהים יותר ככל שהמליחות של מי ההשקיה בעונת ההשקיה שלפני המדידה (קיץ 2007) הייתה גבוהה יותר לפי הסדר הבא: מי מעיינות מומלחים, מי ירדן, מי מעיינות וקולחים (איור 1 בנספח). ריכוזי המלחים היו גבוהים יותר בשכבת הקרקע העליונה ונמדדה ירידה מתונה עם העומק במוליכות

החשמלית וריכוזי הנתרן והכלור וירידה חזקה יותר בריכוזי הסידן והמגנזיום. זו תופעה אופיינית שנובעת מהעדפה לספיחת סידן ומגנזיום הדו ערכיים בהשוואה לנתרן החד ערכי על ידי שטח הפנים הסופח הטעון שלילית של הקרקע. כתוצאה מכך ערכי ה-SAR בכל טיפול עלו עם העומק.

בתחילת הניסוי באביב 2008 ריכוז הבורון בחתך שהושקה במי ירדן היה גבוה באופן ניכר מאשר בשאר הטיפולים בכל החתך הנבדק בהתאמה לריכוז הבורון הגבוה במים אלו. הריכוז הלך ופחת באופן תלול עם העומק עד עומק 90 ס"מ, דבר שמצביע על השטיפה האיטית של הבורון (איור 2 בנספח). ריכוזי החנקן המינרלי והזרחן הזמינים הגבוהים ביותר בחתך הקרקע היו בטיפול שהושקה בקולחים בהתאמה לריכוזי החנקן והזרחן הגבוהים יותר בקולחים מאשר בשפירים, כולל חנקן וזרחן אורגנים שלא נלקחו בחשבון בדישון (איור 2 בנספח). יש לציין שהעקום של ריכוז זרחן כתלות בעומק מצביע, כצפוי, על הקושי בשטיפתו. לעומת זאת בריכוז החנקן יש עליה מהשכבה העליונה (0-30 ס"מ) לשכבה שמתחתיה (30-60 ס"מ) וירידה בריכוז בהמשך. העקום הזה יכול להצביע על שטיפה מוגבלת של החנקן בשל הכמות הקטנה של גשם בחורף- 2007-8 ותהליך ניטריפיקציה של אמון לחנקן בשכבות הקרקע העליונות שתרם לעליה בריכוז החנקן בשכבה 30-60 ס"מ במהלך החורף.

השפעת מקור המים על המוליכות החשמלית וריכוז הכלור בסתיו 2008 ו-2009 הייתה בעלת מגמה דומה לזו שמצאנו באביב 2008, אולם ההבדלים שנבעו מהטיפול ההיסטורי הולכים וקטנים מאביב 2008 עד סתיו 2009, כאשר הפער הגדול נשמר רק בין הטיפולים הקיצוניים, הטיפול הנמשך במי מעיינות מומלחים והטיפול במים שפירים על גבי קולחים (איור 3 בנספח). בסתיו 2009 הטיפול שעבר מהשקיה במעיינות מומלחים למים שפירים לא היה שונה מהטיפול הנמשך קולחים-שפירים. השפעת הטיפולים על ריכוז הכלור בחתך דומה מאוד להשפעתם על המוליכות החשמלית ובדומה לכך גם על הנתרן (איור 4 בנספח), כצפוי מהעובדה שנתרן כלורי הוא מרכיב עיקרי במליחות המים ומכך שהכלור אינו נספח לקרקע וספיחת הנתרן חלשה מזו של שאר הקטיונים העיקריים בתמיסה (סידן ומגנזיום הדו ערכיים, אשלגן ואמון). גם ריכוזי הסידן והמגנזיום היו גבוהים יותר ככל שמליחות מי המקור הייתה גבוהה יותר לפי הסדר: מי מעיינות מומלחים < מי מעיינות > שפירים, אבל ההפרש היחסי היה קטן מאשר בסידן ונתרן. כתוצאה מהשפעת מי המקור על ריכוזי הנתרן, הסידן והמגנזיום בחתך הקרקע ערך ה-SAR בתמיסת חתך הקרקע הושפע מאוד ממי ההשקיה ומההיסטוריה הקודמת של הטיפול (איור 5 בנספח). הפחיתה עם העומק בריכוזי הסידן והמגנזיום חדה יותר מאשר בנתרן ובכלוריד ולכן ערך ה-SAR גדל באופן מתון עם העומק בקרקע באופן בולט ב-2008 ואילו ב-2009 המגמה לא הייתה אחידה בטיפולים השונים (איור 5 בנספח). המגמות בהשפעות הטיפולים והעומק על ה-ESP שנמדד ב-2009 היו בהתאמה טובה ל-SAR אבל ההבדלים בין הטיפולים הצטמצמו. לעומת מדדי המליחות שהוזכרו קודם, ריכוז הבורון בתמיסת הקרקע בסתיו- 2008 לא הושפע מהמליחות במי ההשקיה בעונה האחרונה אלא מהרכב מי המקור בניסוי הקודם, ואילו ב-2009 ההבדלים הצטמצמו מאוד יחד עם ירידה כללית בריכוז הבורון (איור 3).

ריכוז האשלגן בחתך הקרקע בסתיו 2008 ו-2009 הלך וירד בתלילות עם העומק (איור 4). ב-2008 הריכוז בשתי שכבות הקרקע העליונות היה גבוה באופן בולט בטיפול בהשקיה במים מלוחים (אולי

כתוצאה מדחיקה של אשלגן ספוח על ידי קטיונים מתחרים), לעומת זאת ב- 2009 ההבדלים בין הטיפולים הצטמצמו מאוד חוץ מהריכוז הנמוך בשכבת הקרקע העליונה בטיפול שעבר ממי מעיינות מומלחים למים שפירים.

ריכוז החנקן בחתך הקרקע בסתיו 2008 היה נמוך יותר ככל שמליחות מי ההשקיה הייתה נמוכה יותר (איור 6 בנספח), אך ב- 2009 לא היו הבדלים ברורים במיוחד מתחת לשכבת הקרקע העליונה. הגורם להבדל בין סוגי המים ב-2008 נובע כנראה מההבדל בקליטת החנקן על ידי הצמחים בהתאם למליחות. לעומת זאת לא נמדדה השפעה ברורה של מליחות המים על ריכוז הזרחן הזמין לפי מיצוי אולסן בסתיו 2008 ו-2009 (איור 2 בנספח).

#### **חלק ב – השפעת תוספת קומפוסט**

השפעה של מקור המים על המוליכות החשמלית וריכוזי המלחים דווחה כבר בחלק א והתוצאות המוצגות באיורים 7, 8 ו-9 בנספח דומים מאוד. תוספת קומפוסט לא השפיעה על המוליכות החשמלית בשני טיפולים (מים שפירים ומי מעיינות). רק בחלקות שהושקו בעבר במי ירדן תוספת הקומפוסט הפחיתה את המוליכות החשמלית וריכוזי המלחים ב-2008 מסיבה שאינה ברורה לנו, והשפעה זו לא נמדדה בסתיו 2009. יש להמשיך ולבדוק אם השפעה זו נמשכה בשנת הניסוי השלישית. בכול הטיפולים המוליכות החשמלית יורדת עם העומק.

בסתיו 2008 מצאנו שריכוז האמון בטיפול הקומפוסט היו גבוהים מאשר בביקורות המקבילות, אך בסתיו 2009 התופעה לא חזרה (איור 10). בריכוזי החנקן היו הבדלים בין הטיפולים רק בשכבת הקרקע העליונה במיוחד ב-2008, כאשר אין סדר ברור לפי מליחות או מקור המים. גם בזרחן קשה להצביע על מגמות קבועות של השפעת הטיפולים, חוץ מהריכוז הגבוה יותר ב-2008 בטיפול הקולחים, כנראה בגלל שמים אלו הכילו ריכוז גבוה יחסית של זרחן.

#### **יציבות תלכידים ומוליכות הידראולית**

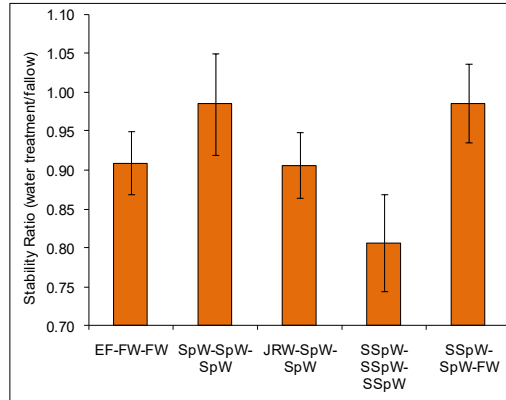
##### **חלק א – השפעת מקור מי ההשקיה**

ערכי המדד ליציבות תלכידים (SR) שחושב מהיחס בין מדד היציבות (SI) של דוגמאות טיפולי ההשקיה השונים מסתיו 2009 לבין זה של דוגמאות מקרקע בור (לא מעובדת) היו נמוכים או קרובים ל- 1.0 (איור 1). תוצאה זו מלמדת על כך שברוב טיפולי ההשקיה, רגישות תלכידי הקרקע להתמוגגות היתה גבוהה מזו שנמדדה בדוגמאות הבור.

יציבות התלכידים הנמוכה ביותר ( $SR=0.81\pm 0.06$ ) נמדדה בדוגמאות מטיפול ההשקיה בעל המליחות הגבוהה ביותר לאורך כל שנות הניסוי (SSpW-SSpW-SSpW). הבדלים מובהקים בין ערכי ה-SR של הטיפולים השונים נמצאו רק בהשוואה בין טיפול השקיה זה לכל שאר הטיפולים (איור 1). הקרקע שנדגמה מהחלקות שהושקו בטיפול זה, אופיינה בערכי ESP ו-EC הגבוהים ביותר. לשני מדדים אלו השפעה הפוכה על יציבות התלכידים. ESP גבוה, גורם להגברת רגישות התלכידים לתהליכי התמוגגות עקב כניסה מוגברת של נתרן חליף לקומפלקס הסופה, אשר גורמת להחלשות הקשרים בין חלקיקי הקרקע. EC גבוה תורם להפחתה ברגישות התלכידים לתהליכי התמוגגות, עקב הצרת השכבה

החשמלית הכפולה אשר מאפשרת חיזוק של הקשרים בין חלקיקי הקרקע. לכן, מתוצאה זו ניתן ללמוד כי העלייה ב- ESP היוותה את המנגנון המשפיע יותר על יציבות תלכידי הקרקע בדוגמאות מטיפול זה (7). תמיכה להשערה זו, טמונה בהתאמה שנמצאה בין דירוג ערכי ה- ESP משכבת הקרקע העליונה וה- SR בטיפולי ההשקיה השונים. בדוגמאות מטיפול ההשקיה JRW-SpW-SpW נמדדו ערכי ESP השניים הגבוהים ביותר ביחס לשאר טיפולי ההשקיה (איור 5 בנספח). בהתאמה לכך, נמדדו בטיפול זה, ערכי SR גבוהים מאלו שנמדדו בטיפול ה- SSpW-SSpW-SSpW ונמוכים משאר טיפולי ההשקיה. בדוגמאות מטיפולי הביניים: SpW-SpW-SpW ו- SSpW-SpW-FW נמדדו ערכי ה- SR הגבוהים ביותר. ערכים אלו נמצאו מתאימים לערכי ה- ESP הנמוכים בהשוואה לטיפולי ההשקיה האחרים. הדמיון בערכי ה- SR שנמדדו בשני טיפולי הביניים הנ"ל, עשוי לנבוע מהשפעה של היסטוריית ההשקיה על יציבות התלכידים. בטיפול ה- SSpW-SpW-FW, היסטוריית ההשקיה במים מלוחים נתרניים, העשירה את הקרקע בריכוזים גבוהים של נתרן חליף, אולם השיפור ההדרגתי במי ההשקיה גרם להפחתת בריכוזים אלו, ושיפר את יציבות תלכידי הקרקע לכזו הדומה לקרקע שהושקתה לאורך זמן במים מליחים פחות.

בניגוד למצופה, ערכי ה- SR שנמדדו בדוגמאות מטיפול ההשקיה EF-FW-FW נמצאו דומים לאלו שנמדדו מטיפול ה- JRW-SpW-SpW. זאת, על אף שערכי ה- ESP בטיפול ה- EF-FW-FW היו הנמוכים ביותר. ניתן להסיק מכך, שבטיפול השקיה זה, לריכוז האלקטרוליטים הנמוך במים השפירים, כפי שהתבטאו במדידות ה- EC (איור 5 בנספח) הייתה השפעה גדולה יותר על יציבות התלכידים בהשוואה להשפעת ה- ESP.



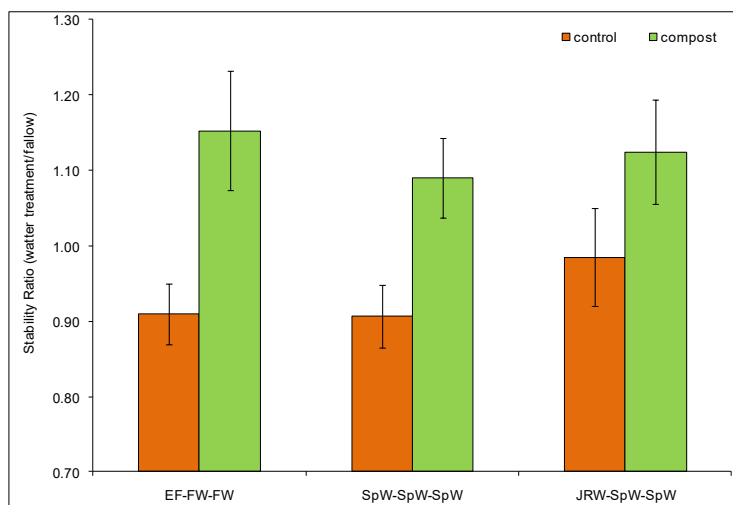
איור 1: ערכי יציבות התלכידים (Stability Ratio) שחושבו מתוך היחס בין ערכי SI מטיפולי ההשקיה לערכי ה SI של חלקות הבור. העמודות מייצגות יחס ממוצע של חמש חזרות והקווים מייצגים שגיאות תקן של היחס.

הקיצורים משמאל לימין מתארים את מקור מי ההשקיה במהלך שנות הניסוי: היסטורית ההשקיה (2003-2008), מי ההשקיה בשנת 2008, מי ההשקיה בשנת 2009 בהתאמה. כאשר: EF- קולחים, - JRW מי ירדן, FW- מים שפירים, SpW- מי מעיינות ו SSpW- מי מעיינות מומלחים.

#### חלק ב – השפעת תוספת קומפוסט

ערכי ה **SR** שחושבו מהיחס בין מדד היציבות (**SI**) שהתקבל בחלקות בניסוי בסתיו 2009 לזה של חלקות הביקורת היו גבוהים יחסית ( $>0.75$ ). טיפולי הקומפוסט, אופיינו בערכים הגדולים מ 1, המצביעים על יציבות תלכידים גבוהה אף יותר מזו של הבור. ערכי ה- **SR** מחלקות הקומפוסט גבוהים מאלו של הביקורת בכל טיפולי ההשקיה (איור 2). תוצאות אלו מלמדות כי יישום הקומפוסט בקרקע במשך שנתיים תרם לשיפור יציבות התלכידים בקרקע. מחקרים רבים הצביעו על כך שבטווח הזמן הארוך, החומר האורגני בקומפוסט מסייע בפלוקולציה של מינרלי החרסית וכמלכד את תלכיד הקרקע באמצעות קשרי מימן עם מולקולות מים על פני השטח של החרסית, קישור אלקטרוסטטי לקטיונים על פני השטח של החרסית, קומפלקסציה עם הקטיונים הדו ערכיים בקצוות המינרל וקישור לקצוות הטעונים (20, 23). תוצאה דומה הוצגה אצל (7), במסגרת הניסוי הקודם בקרקע זו, אשר הצביעה על יציבות תלכידים גבוהה יותר בחלקות שהושקו בקולחים שאופיינו בתכולה גבוהה יותר של חומר אורגני. גורם נוסף שעשוי להשפיע על שפור זה הוא השפעה נוספת של יישום הקומפוסט היא תוספת מלחים שגורמת להצרת השכבה החשמלית הכפולה ומכאן לחיזוק הקשרים בין מינרלי הקרקע ותלכיד הקרקע (8). כמו כן, בטיפול ההשקיה **SpW-SpW-SpW** נמדד שיפור ביציבות התלכידים בדוגמאות הקומפוסט על אף ערכי ה **ESP** הגבוהים יותר וה **EC** הנמוכים יותר בהשוואה לביקורת, אשר היו עשויים לסתור מגמה הזו. יתכן שמקורה של תרומת הקומפוסט ליציבות התלכידים בטיפול השקיה זה לא היתה בסילוק של נתרן מתמיסת הקרקע או העשרתה באלקטרוליטים אלא בהיותו חומר מלכד בין תלכיד הקרקע כפי שתואר לעיל. לא נמצאה מגמתיות מובהקת להבדלים ביציבות התלכידים בין טיפולי ההשקיה

אך ניכר כי השיפור הגדול ביותר כתוצאה מתוספת קומפוסט נמדד בטיפול ההשקיה במים באיכות הגבוהה ביותר (EF-FW-FW).



איור 2: ערכי יציבות התלכידים (Stability Ratio) שחושבו מתוך היחס בין ערכי SI מחלקות הקומפוסט והביקורת לערכי ה SI של חלקות בור. העמודות מייצגות יחס ממוצע של חמש חזרות והקווים מייצגים שגיאות תקן של היחס.

הקיצורים משמאל לימין מתארים את מקור מי ההשקיה ויישום קומפוסט לעומת ביקורת במהלך שנות הניסוי: היסטורית ההשקיה (2003-2008), מי ההשקיה בשנת 2008, מי ההשקיה בשנת 2009 בהתאמה. כאשר: EF- קולחים, JRW- מי ירדן, FW- מים שפירים, SpW- מי מעיינות, compost – יישום קומפוסט, control - ללא קומפוסט.

### יבול ותכולת יסודות הזנה ומלחים בצמחים

#### חלק א – השפעת מקור מי ההשקיה

בניגוד לשנים קודמות, בשנים 2009 ו- 2010 יבול הלקטי הכותנה הושפע בצורה מובהקת מטיפול ההשקיה (טבלה 4), כאשר השקיה רצופה במים שמליחותם נמוכה יחסית (קולחים ושפירים) העלתה את היבול. בכל טיפולי ההשקיה הייתה ירידה הדרגתית ביבול מהשנה הראשונה עד השנה אולם, בהשוואה בין שני טיפולי הקיצון, שפירים ומעיינות מומלחים ניתן להבחין בירידה מתונה יותר של יבול ההלקטים בחלקות שקיבלו מים שפירים בהשוואה לירידה ביבול בחלקות שקיבלו את המים המלוחים ביותר לאורך כל שנות הניסוי.

טבלה 4. השפעת טיפולי ההשקיה על יכולת הלקטי הכותנה בשלושת שנות הניסוי. מבחן ANOVA לפי מובהקות F והפרדה בין טיפולים לפי מבחן Tukey בתוכנת JMP 8.

Irrigation water sequence	Cotton yield		
	Kg*m <sup>-1</sup>		
Water treatment	2008	2009	2010
EF-FW-FW	0.46 A	0.51 A	0.38 A
SpW-SpW-SpW	0.43 A	0.39 B	0.34 A
JRW-SpW-SpW	0.41 A	0.47 AB	0.35 A
SSpW-SpW-FW	0.46 A	0.47 AB	0.39 A
SSpW-SSpW-SSpW	0.42 A	0.41 B	0.32 A
	df	F test	
Water	4	0.392	0.011
			0.042

בשנת 2008 טיפולי השקיה השפיעו על ריכוזי החנקן בנוף הצמח בעיקר התקבל ריכוז החנקן הנמוך ביותר בחלקות שהושקו במליחים ואילו ב-2009 לא היה הבדל מובהק בין הטיפולים (טבלה 5). בריכוזי הזרחן הריכוז הנמוך ביותר היה בטיפול המים המלוחים ביותר והגבוה ביותר במים שפירים, וריכוזי האשלגן הגבוהים ביותר נמדדו בנוף הצמחים מהחלקות שהושקו באופן רציף במליחות נמוכה (קולחים-שפירים-שפירים) והנמוכים ביותר בחלקות שבהן היה מעבר הדרגתי ממים מלוחים לשפירים. ריכוז הנתרן בצמחים שהושקו באופן רציף במליחות נמוכה (קולחים-שפירים-שפירים) היה נמוך באופן מובהק מאשר בשאר הטיפולים.

טבלה 5. השפעת טיפולי ההשקיה על הרכב המינרלים בעלים.

Irrigation water sequence	N		P		K	Na
	%					
	2008	2009	2008	2009	2009	2009
EF-FW-FW	1.90 A	2.03 A	0.16 A	0.16 AB	2.91 A	1.87 B
SpW-SpW-SpW	1.80 AB	1.95 A	0.15 AB	0.14 B	2.34 B	3.36 A
JRW-SpW-SpW	1.76 AB	1.97 A	0.14 AB	0.17 AB	2.66 AB	3.05 A
SSpW-SpW-FW	1.94 A	2.11 A	0.17 A	0.18 A	2.34 B	3.99 A
SSpW-SSpW-SSpW	1.41 B	2.02 A	0.12 B	0.15 AB	2.63 AB	3.76 A



### חלק ב – השפעת תוספת קומפוסט

בניגוד למצופה, שלוש שנים של תוספת קומפוסט לקרקע, לא תרמו לעליה ביבול הלקטי הכותנה בהשוואה לטיפול הביקורת (טבלה 6). לעומת זאת היבול בחלקות שהושקו במליחות נמוכה (קולחים-שפירים-שפירים) היה גבוה מאשר בטיפולים האחרים. ההבדלים לא היו מובהקים, אך בשלושת השנים היבול מחלקות יישום הקומפוסט היה הגבוה ביותר.

טבלה 6: השפעת טיפולי הקומפוסט וההשקיה על יבול הלקטי הכותנה בדיגומי סתיו 2008, 2009, 2010. הערכים מייצגים ממוצעים של חמש חזרות והמובהקות חושבה באמצעות מבחן ANOVA לפי מובהקות F והפרדה בין טיפולים לפי מבחן Tukey בתוכנת JMP 8.

	Cotton yield			
	Kg*m-1			
Water treatment	2008	2009	2010	
EF-FW-FW	0.477 A	0.530 A	0.396 A	
SpW-SpW-SpW	0.431 A	0.392 A	0.339 A	
JRW-SpW-SpW	0.421 A	0.507 A	0.358 A	
Amendment				
Compost	0.452 A	0.493 A	0.373 A	
Control	0.434 A	0.460 A	0.356 A	
	df	F test		
Water	2	0.168	0.001	0.018
Amendment	1	0.095	0.126	0.119

מדידת תכולת יסודות הזנה בנוף הצמחים מלמדת על כך שלתוספת הקומפוסט לא הייתה השפעה מובהקת על אף אחד מהמדדים הנבדקים (חנקן, זרחן, אשלגן ונתרן) בנוף הצמחים במהלך שתי עונות המדידה בהן התקיים הניסוי )

טבלה 7). השפעת טיפולי ההשקיה לעומת זאת, ניכרת (אמנם באופן לא מובהק) גם בחלקות בהן יישום קומפוסט.

טבלה 7. השפעת טיפולי קומפוסט וההשקיה על הרכב המינרלים בנוף הכותנה בדיגומי סתיו 2008, 2009. האחוזים מייצגים ממוצעים של חמש חזרות והמובהקות חושבה באמצעות מבחן ANOVA לפי מובהקות F והפרדה בין טיפולים לפי מבחן Tukey בתוכנת JMP 8.

	N		P		K	Na	
			%				
Water treatment	2008	2009	2008	2009	2009	2009	
EF-FW-FW	1.204 A	1.96 A	0.159 A	0.158 A	2.936 A	2.040 A	
SpW-SpW-SpW	1.807 A	2.01 A	0.149 A	0.149 A	2.392 B	3.484 A	
JRW-SpW-SpW	1.769 A	1.92 A	0.137 A	0.160 A	2.580 AB	3.596 A	
Amendment							
Compost	1.850 A	1.94 A	0.149 A	0.153 A	2.632 A	3.314 A	
Control	1.804 A	1.99 A	0.147 A	0.159 A	2.639 A	2.765 A	
	df			F test			
Water	2	0.615	0.531	0.212	0.875	0.047	0.056
Amendment	1	0.578	0.404	0.784	0.465	0.950	0.198

סיכום עם שאלות מנחות לדוח מחקר 2002-0379-301 בנושא:

**שימור החקלאות האינטנסיבית במזרח בקעת בית שאן ע"י איתור הגורמים לפחיתת יבולים**

**ושימוש מושכל במים מליחים, מים שפירים ומי קולחין.**

### **1. מטרת המחקר לתקופת הדו"ח תוך התייחסות לתוכנית העבודה.**

מטרתה העיקרית של העבודה היא לבחון את האפשרות לשקם את הקרקע שנפגעה מהשקיה לאורך זמן במים מלוחים-נתרניים על ידי מעבר למים מאיכות גבוהה ותוספת של שאריות אורגניות. המטרות הפרטניות הן: (1) לבחון את השפעת תוספת קומפוסט על יציבות המבנה והמוליכות ההידראולית של קרקע שהושקתה באיכויות שונות של מים, (2) לבחון את השפעת תוספת קומפוסט לקרקע שהושקתה באיכויות שונות של מים על היבולים של גידולי שדה מקובלים באזור, (3) לבחון את השפעת השיפור באיכות המים (הפחתת המליחות וריכוז הנתרן) על יציבות המבנה והמוליכות ההידראולית של קרקע שהושקתה מספר שנים במים מלוחים ו- (4) לבחון את השפעת השיפור באיכות המים (הפחתת המליחות וריכוז הנתרן) על היבולים של גידולי שדה מקובלים באזור בקרקע שהושקתה מספר שנים במים מלוחים-נתרניים.

### **2. עיקרי הניסויים והתוצאות שהושגו בתקופה אליה מתייחס הדו"ח.**

ניסוי לשיקום קרקע שהושקתה במים מלוחים מתבצע בשטחי קיבץ נווה איתן. בחנו השפעת מעבר למים שפירים לעומת המשך השקיה במים שמליחותם בינונית או גבוהה והשפעת יישום קומפוסט לעומת טיפול ביקורת. השקיה במים שפירים הקטינה את ריכוז המלחים בקרקע והורידה את ערכי ה-SAR. ההשקיה במי מעיינות מומלחים הקטינה את יציבות התלכידים בקרקע לעומת השקיה במי מעיינות ובמים שפירים. תוספת קומפוסט עם כל מקור מים הגדילה את יציבות התלכידים. יכול הכותנה הלך ופחת עם הזמן בכל הטיפולים. נמצאה מגמה לא מובהקת של השפעה חיובית של השקיה במים שפירים על יכול הלקטי הכותנה ואילו ליישום קומפוסט לא הייתה השפעה.

### **המסקנות המדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו.**

בתקופה הקצרה שבה התקיים הניסוי לא ניתן להסיק מסקנות מדעיות על ההשלכות ארוכות הטווח של שיפור איכות המים ותוספת קומפוסט על הקרקע ועל התפתחות ויכול כותנה. ההצטברות הגבוהה של מלחים בקרקע בתנאים של מקדם שטיפה נמוך בקרקע עלולה לגרום לפגיעה בגידולים חקלאיים לאחר מספר שנות גדול. תוצאות יציבות התלכידים מצביעות על השפעה שלילית של השקיה במים מלוחים ונתרניים על מבנה הקרקע שניתן לשפר אותו על ידי השקיה במים שפירים ועל ידי יישום קומפוסט.

### **3. הבעיות שנתרו לפתרון ו/או השינויים שחלו במהלך העבודה (טכנולוגיים, שיווקיים**

**ואחרים); התייחסות המשך המחקר לגביהן.**

יש להמשיך ולבחון השפעת מים באיכויות שונות ומתן קומפוסט לקרקע על הקרקע בעמק בית שאן כדי לגבש פיתרון לשיפור איכות הקרקע ומניעת הירידה ביבולים באזור תוך הכנסת גדולים נוספים למחזור.

### **4. האם הוחל כבר בהפצת הידע שנוצר בתקופת הדו"ח – יש לפרט: פרסומים – כמקובל**

**בביליוגרפיה, פטנטים – יש לציין מספר פטנט, הרצאות וימי עיון – יש לפרט מקום ותאריך.**

התוצאות של המחקר הקודם פורסמו בדו"חות השנתיים של מו"פ עמק בית-שאן ובשלושה מאמרים בעיתונים מדעיים מבוקרים. חלק מתוצאות העבודה הנוכחית פורסמו בכנסים מדעיים. בהכנה עבודת גמר לתואר שני של גב' לילך ברששת שתוגש בשנה זו לאוניברסיטה העברית בירושלים ובהכנה מאמר המבוסס על תוצאות העבודה.

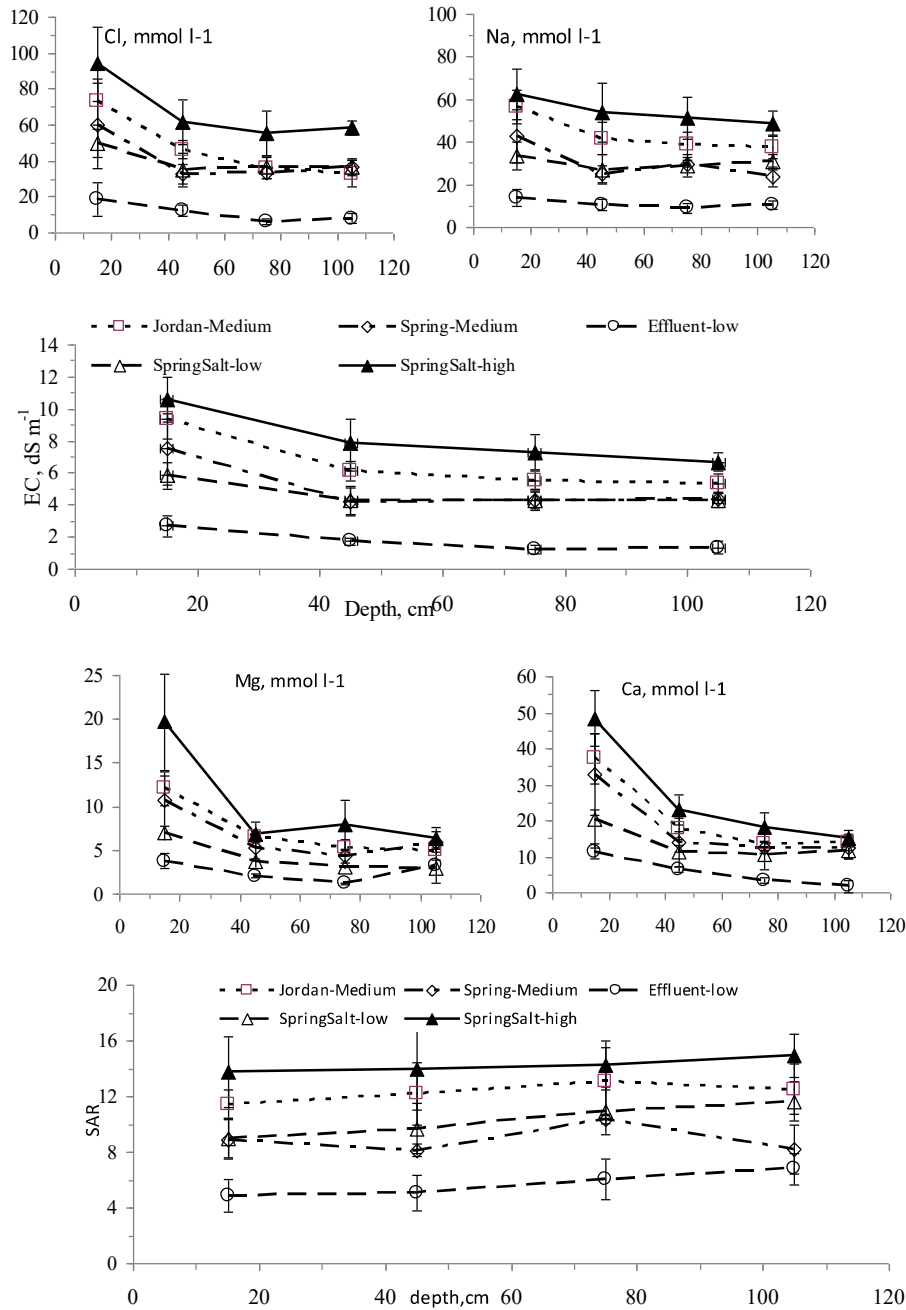
## רשימת מקורות

1. דן יואל, פיין פנחס, לביא חנוך (2007) "קרקעות ארץ ישראל" ארל, מחקרים ופרסומים בגיאוגרפיה – מפעל לקידום ידע ארץ ישראל.
2. Neaman A., Singer A., (2004), "The effects of palygorskite on chemical and physicochemical properties of soils: a review", *Geoderma* 123: 297–303
3. United States Salinity Lab. Staff (1954) "Diagnosis and improvement of saline and alkali soils "
4. Halliwell D.J., Barlow K.M., Nash D.M. (2001) "A review of the effects of wastewater sodium on soil physical properties and their implications for irrigation systems" *Australian Journal of Soil Research* 39:1259–1267
5. Sumner M.E, Naidu R (1998) "Sodic soils" Oxford University Press, UK
6. Sumner M.E.(1993) "Sodic soils: New perspectives" *Australian Journal of Soil Research* 31:683–750
7. Bhardwaj A.K., Mandal U.K., Bar-Tal A., Gilboa, A. and Levy, G.J. (2008) "Replacing saline-sodic irrigation water with treated wastewater: effects on saturated hydraulic conductivity, slaking and swelling" *Irrig. Sci.* 26:139-146
8. Mandal, U.K., Warrington, D.N., Bhardwaj, A.K., Bar-Tal, A., Kautzky, L., Minz, D. and Levy, G.J. (2008) Evaluating impact of irrigation water quality on a calcareous clay soil using principal component analysis. *Geoderma* 144:189-197
9. Mandal, U.K., Bhardwaj, A.K., Warrington, D.N., Goldstein, D., Bar Tal, A., Levy, G.J. (2008) Irrigation with Treated Wastewater vs. Saline-Sodic Water: Effects on Soil Hydraulic Conductivity, Infiltration, Runoff and Interrill Erosion. *Geoderma* 144:509-516
10. לוי גיא, בהרדוז אז'י, מנדל אוטם, בר-טל אשר, גלבווע אברהם, בן הגיא נורית 2007. השפעת השקיה במי קולחים על יציבות מבנה קרקע. מים והשקיה 486: 14-19
11. Leifeld J., Siebert S., Kogel-Knabner I. (2002) "Changes in the chemical composition of soil organic matter after application of compost" *European Journal of Soil Science*. 53:2,299-309
12. Schneider S., Coquet Y., Vachier P., Labat C., Roger-Estrade J., Benoit P., V. Pot, Houot S., (2009) "Effect of urban waste compost application on soil near-saturated hydraulic conductivity" *Jornal of Environmental Quality* 38:772–781
13. Tejada M., Garcia C., Gonzalez J.L. and Hernandez M.T. (2006) "Use of organic amendment as a strategy for saline soil remediation: Influence on the physical,

- chemical and biological properties of soil" *Soil Biology & Biochemistry* 38:1413–1421
14. Hassink J., (1997) "The capacity of soils to preserve organic C and N by their association with clay and silt particles" *Plant and Soil* 191:77-87
  15. Crecchio C., Curci M., Mininni R., Ricciuti P., Ruggiero P. (2001) "Short-term effects of municipal solid waste compost amendments on soil carbon and nitrogen content, some enzyme activities and genetic diversity" *Biol Fertil Soils* 34:311–318
  16. Larcheveque M., Baldy V., Monte's N., Fernandez C., Bonin G., Ballini Ch. (2006) "Short-term Effects of Sewage-Sludge Compost on a Degraded Mediterranean Soil" *Soil Sci. Soc. Am. J.* 70:1178–1188
  17. Ros M., Klammer S., Knapp B., Aichberger K., Insam H., (2006) "Long term effects of compost amendment of soil on functional and structural diversity and microbial activity" *Soil Use and Management*, 22: 209–218
  18. Avnimelech Y., Shkedy D., Kochva M. and Yotal Y., (1994) "The use of compost for the reclamation of saline and alkaline soils" *Compost Sci & Util.* 2:6-11
  19. Debosz K., Petersen S.O., Kure L.K., Ambus P. (2002) "Evaluating effects of sewage sludge and household compost on soil physical, chemical and microbiological properties" *Soil Ecology* 19:237–248
  20. Aggelides S.M., Londra P.A. (2000) "Effects of compost produced from town wastes and sewage sludge on the physical properties of a loamy and a clay soil" *Bioresource Technology* 71:253-259
  21. Khaleel R., Reddy K. R., Overcash M. R. (1981) "Changes in soil physical properties due to organic waste applications: a review" *Jornal of Environmental Quality* 10: 2,133-141
  22. Avnimelech Y., Cohen A. and Shkedy D., (1990) "The effect of municipal solid waste compost on the fertility of clay soils" *Soil Technol.* 3:275-284.
  23. Tisdall J.M.Oades J.M. (1982) "Organic matter and water-stable aggregates in soils" *Journal of Soil Science* 33:141-163
  24. Barzegar R.A., Nelson P.N., Oades J.M., Rengasamy P. (1997) " Organic matter, sodicity, and clay type: Influence on soil aggregation" *Soil Science Society of America journal*, 61:4:1131-1137
  25. Khan K.S., Gattinger A., Buegger F., Schloter M. and Joergensen R.G. (2008) "Microbial use of organic amendments in saline soils monitored by changes in the  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  ratio" *Soil Biol Biochem* 40:1217–1224

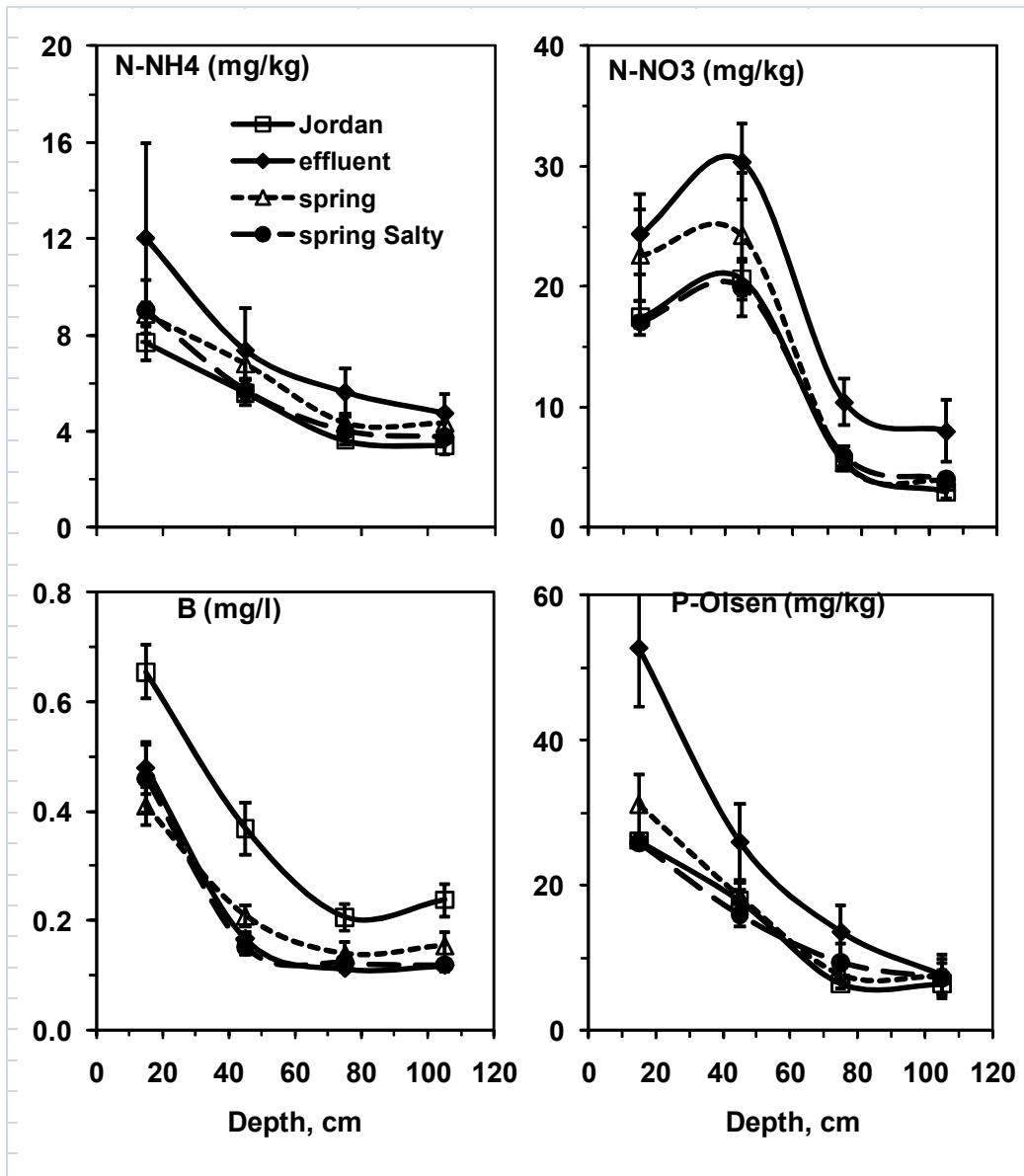
26. Craine J., Spurr R., McLauchlan K., Fierer N., (2010) "Landscape-level variation in temperature sensitivity of soil organic carbon decomposition" *Soil Biology & Biochemistry* 42: 373-375

27. לוי גיא, גולדשטיין דינה, ממדוב אמרן (2004), "התמוגגות תלכידים בקרקעות ישראל: השפעה של מליחות ונתרון הקרקע" מים והשקיה 456:22-34

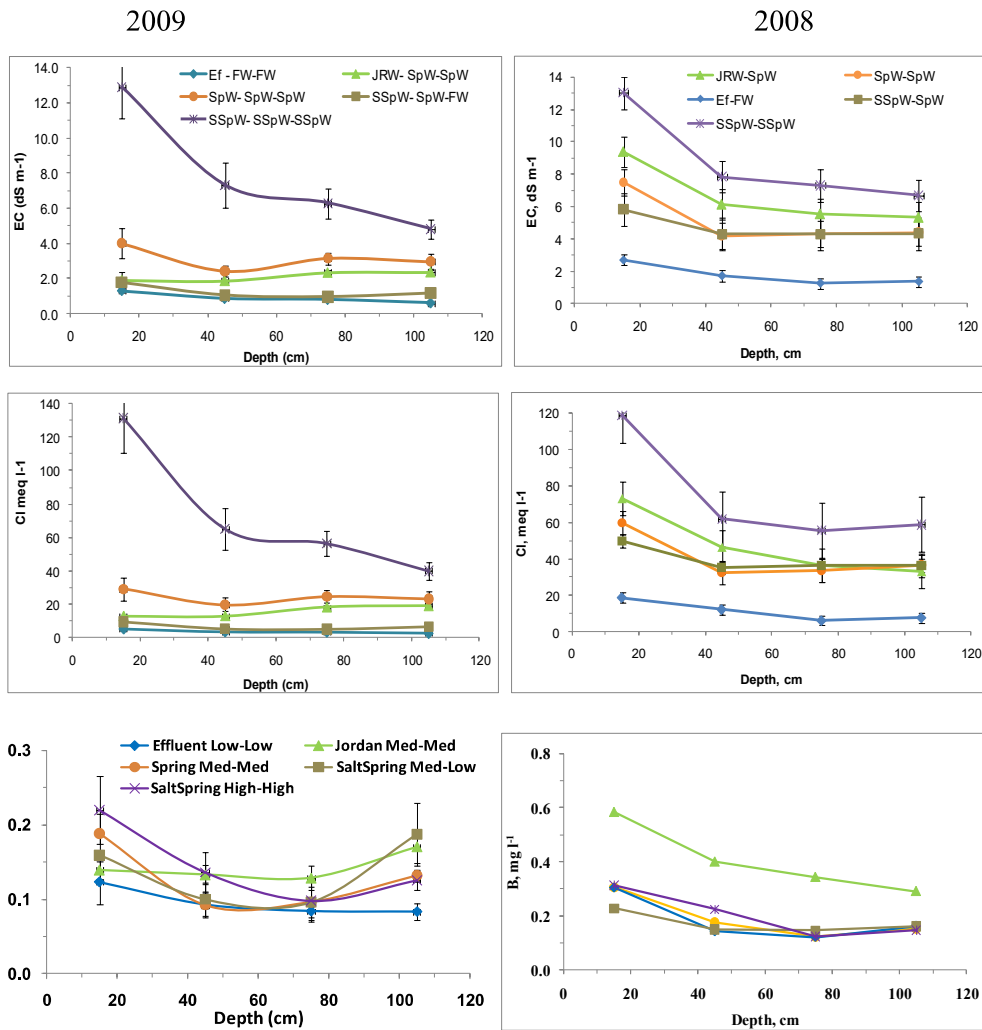


איור 1- השפעת טיפול ההשקיה על ריכוזי הכלוריד, נתרן, מוליכות חשמלית (EC), סידן והמגנזיום ועל ערכי ה-SAR כתלות בעומק הקרקע לפני תחילת הניסוי הנוכחי בשיקום הקרקע (אפריל 2008)



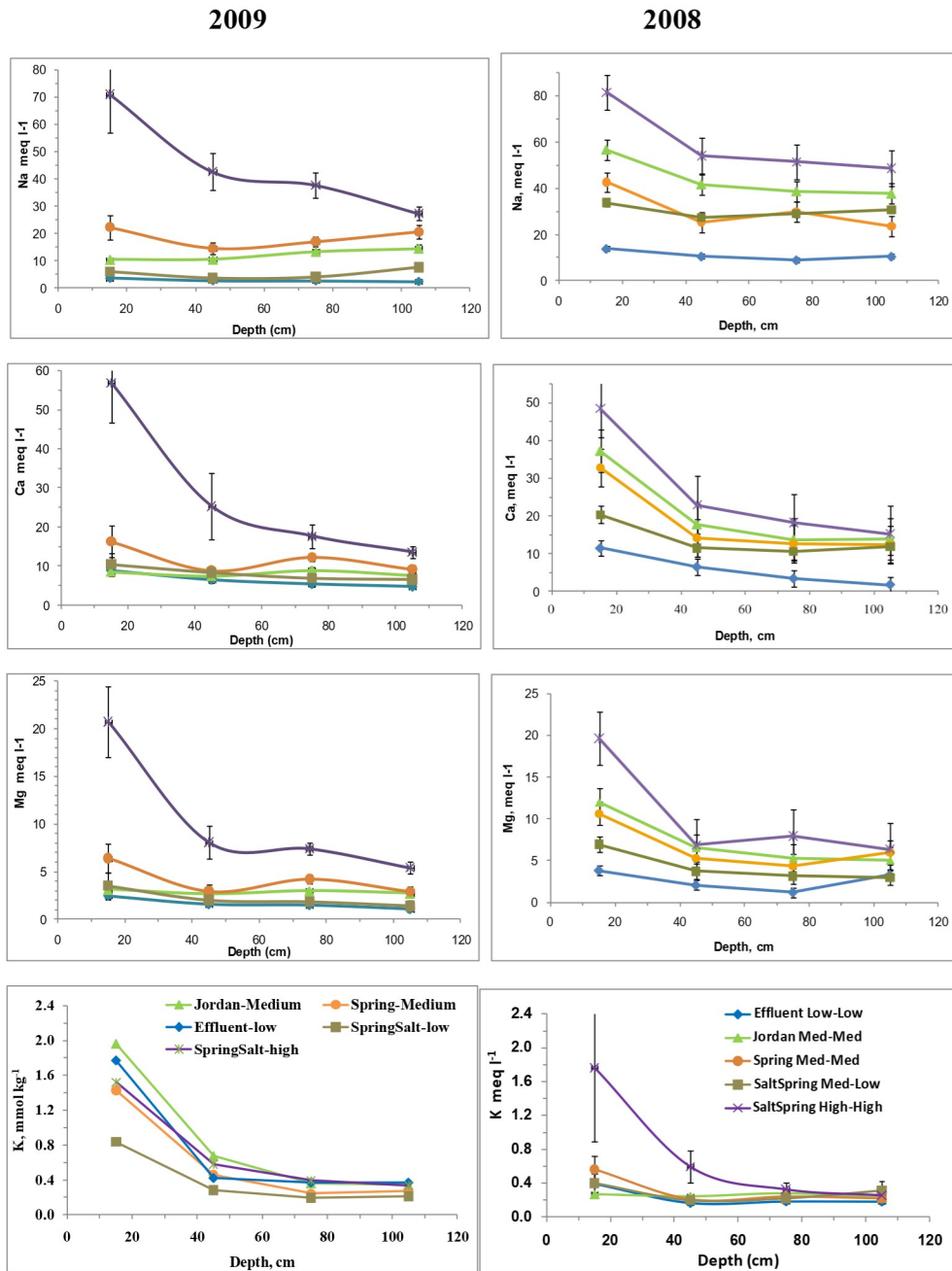


איור 2- השפעת טיפול ההשקיה על ריכוזי הבורון המסיס במים, האמון והחנקן הזמינים (במיצוי 1NKCl) והזרחן הזמין (במיצוי אולסן) כתלות בעומק הקרקע לפני תחילת הניסוי הנוכחי בשיקום הקרקע (אפריל 2008)



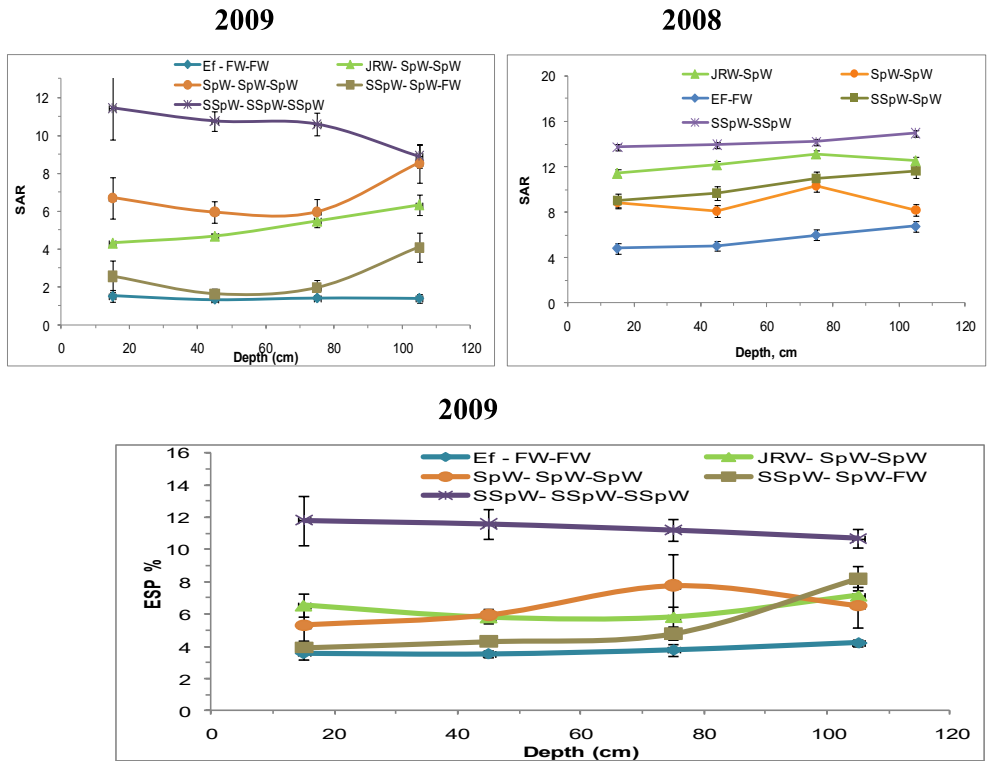
איור 3: ערכי מוליכות חשמלית (EC), כלור ובורון בסתיו ב- 2008 ו- 2009 כתלות בעומק, ובאיכות מי ההשקיה. הערכים נמדדו מתוך מיצוי עיסה רוויה. הנקודות מתארות ממוצעי חמש חזרות והקווים מייצגים שגיאות תקן.

הקיצורים משמאל לימין מתארים את מקור מי ההשקיה במהלך שנות הניסוי: היסטורית ההשקיה (2003-2008), מי ההשקיה בשנת 2009 בהתאמה. כאשר: EF- קולחים, JRW מי ירדן, FW- מים שפירים, SpW- מי מעיינות ו SSpW- מי מעיינות מומלחים.

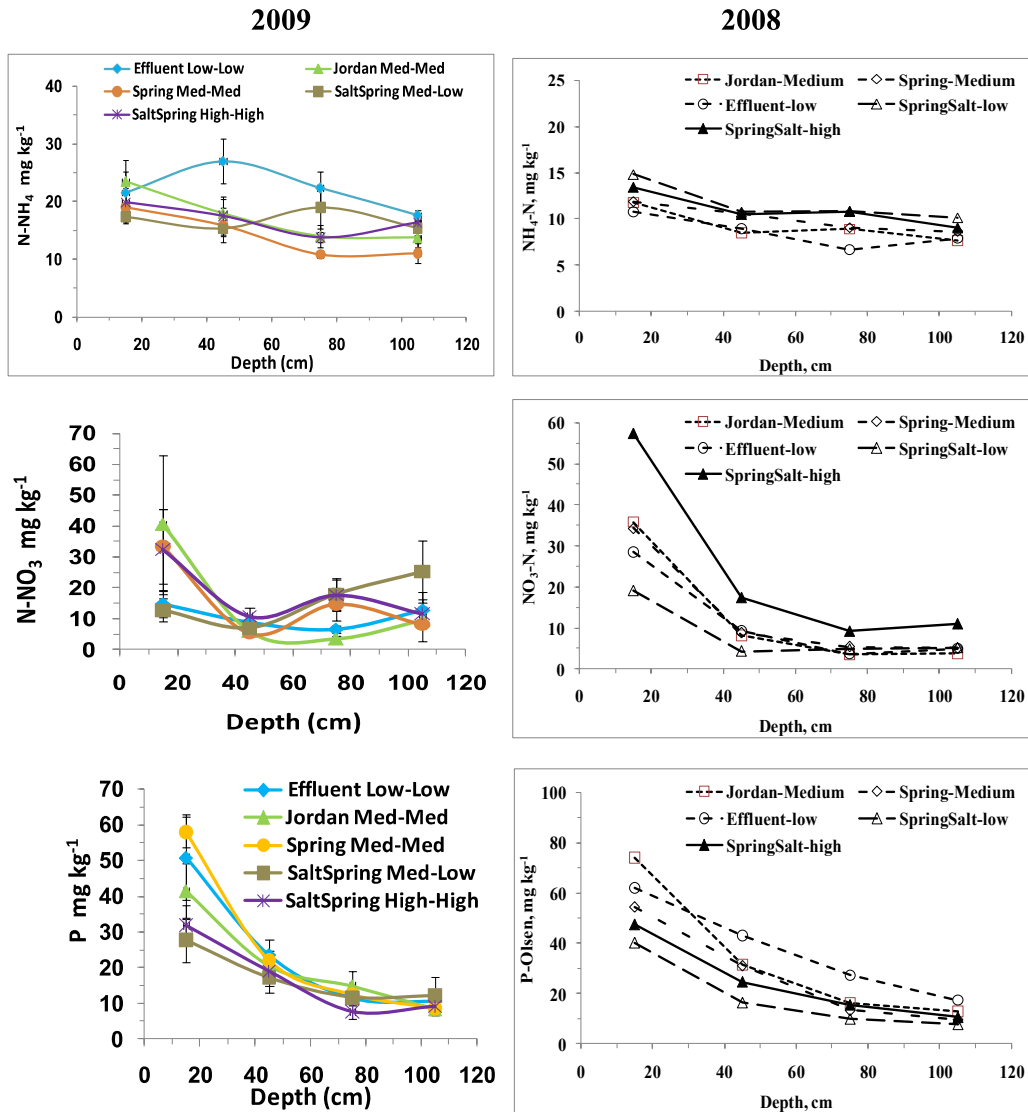


איור 4: ריכוזי נתרן, סידן, מגנזיום ואשלגן בסתיו ב- 2008 ו- 2009 כתלות בעומק, ובאיכות מי ההשקיה. הערכים נמדדו מתוך מיצוי עיסה רוויה. הנקודות מתארות ממוצעי חמש חזרות והקווים מייצגים שגיאות תקן.

הקיצורים משמאל לימין מתארים את מקור מי ההשקיה במהלך שנות הניסוי: היסטורית ההשקיה (2003-2008), מי ההשקיה בשנת 2008, מי ההשקיה בשנת 2009 בהתאמה. כאשר: EF- קולחים, - JRW מי ירדן, FW- מים שפירים, SpW- מי מעיינות ו SSpW- מי מעיינות מומלחים.

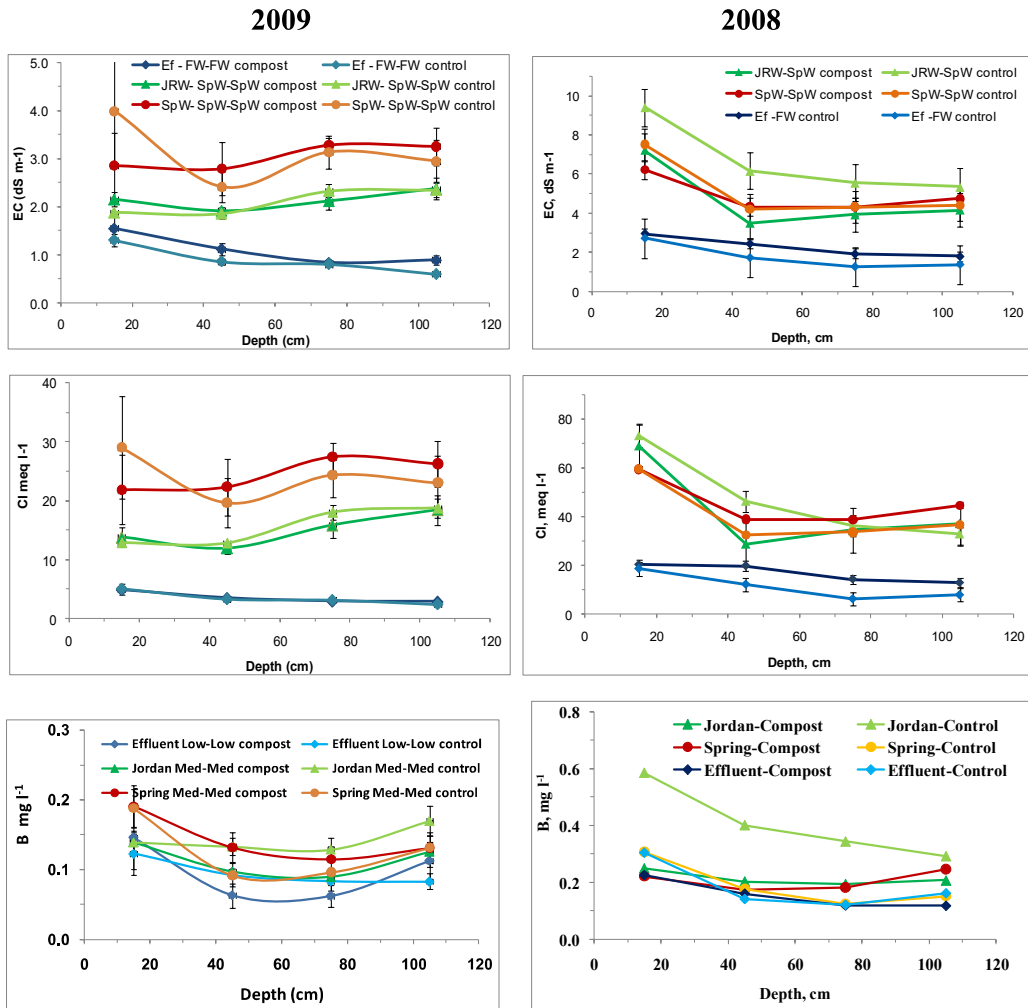


איור 5: ערכי ה-SAR ו-ESP בסתיו ב- 2008 ו-2009 כתלות בעומק, ובאיכות מי ההשקיה. הערכים נמדדו מתוך מיצוי עיסה רוויה. הנקודות מתארות ממוצעי חמש חזרות והקווים מייצגים שגיאות תקן. הקיצורים משמאל לימין מתארים את מקור מי ההשקיה במהלך שנות הניסוי: היסטורית ההשקיה (2003-2008), מי ההשקיה בשנת 2008, מי ההשקיה בשנת 2009 בהתאמה. כאשר: EF- קולחים, - JRW מי ירדן, FW- מים שפירים, SpW- מי מעיינות ו SSpW- מי מעיינות מומלחים.



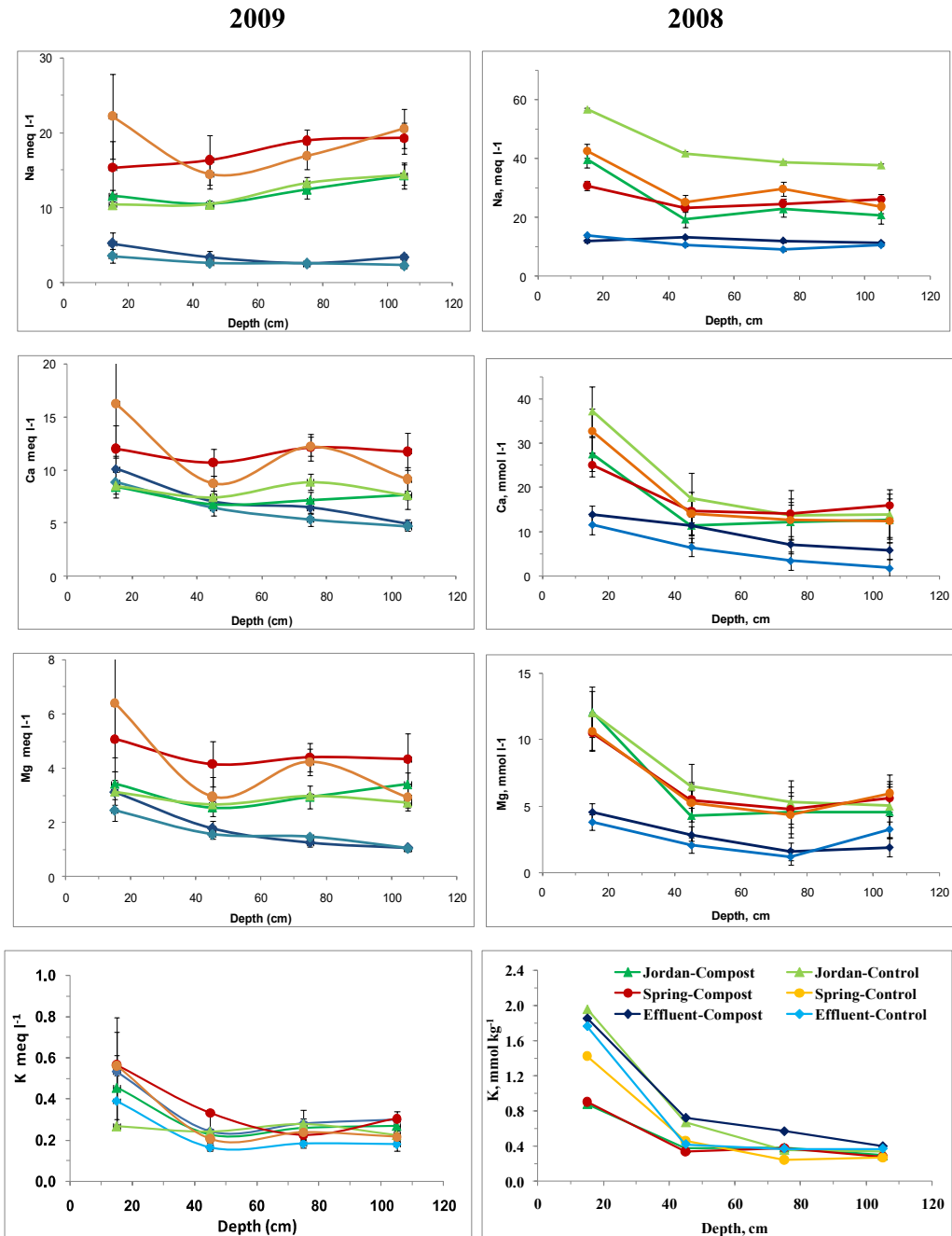
איור 6: ריכוזי האמון והחנקה הזמינים (במיצוי INKCl) והזרחן הזמין (במיצוי אולסן) בסתיו ב- 2008 ו- 2009 כתלות בעומק, ובאיכות מי ההשקיה. הערכים נמדדו מתוך מיצוי עיסה רוויה. הנקודות מתארות ממוצעי חמש חזרות והקווים מייצגים שגיאות תקן.

הקיצורים משמאל לימין מתארים את מקור מי ההשקיה במהלך שנות הניסוי: היסטורית ההשקיה (2003-2008), מי ההשקיה בשנת 2008, מי ההשקיה בשנת 2009 בהתאמה. כאשר: EF- קולחים, - JRW מי ירדן, FW- מים שפירים, SpW- מי מעיינות ו SSpW- מי מעיינות מומלחים.



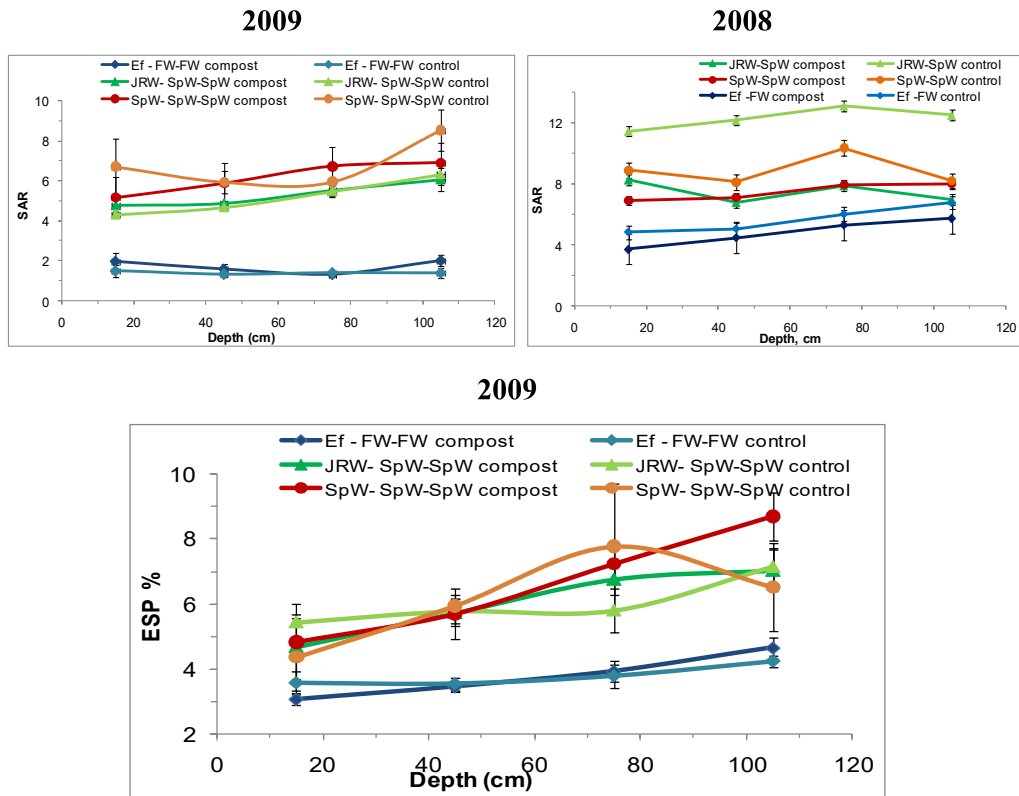
איור 7: ערכי מוליכות השמלית (EC) ובריכוזי כלור ובורון מסיס במים בסתיו ב- 2008 ו- 2009 כתלות בעומק, באיכות מי ההשקיה ויישום קומפוסט. הערכים נמדדו מתוך מיצוי עיסה רוויה. הנקודות מתארות ממוצעי חמש חזרות והקווים מייצגים שגיאות תקן.

הקיצורים משמאל לימין מתארים את מקור מי ההשקיה ויישום קומפוסט לעומת ביקורת במהלך שנות הניסוי: היסטורית ההשקיה (2003-2008), מי ההשקיה בשנת 2008, מי ההשקיה בשנת 2009 – בהתאמה. כאשר: EF- קולחים, JRW- מי ירדן, FW- מים שפירים, SpW- מי מעיינות, compost – יישום קומפוסט, control - ללא קומפוסט.



איור 8: ריכוזי נתרן, סידן, מגנזיום ואשלגן בסתיו ב- 2008 ו- 2009 כתלות בעומק, באיכות מי ההשקיה ויישום קומפוסט. הערכים נמדדו מתוך מיצוי עיסה רוויה. הנקודות מתארות ממוצעי חמש חזרות והקווים מייצגים שגיאות תקן.

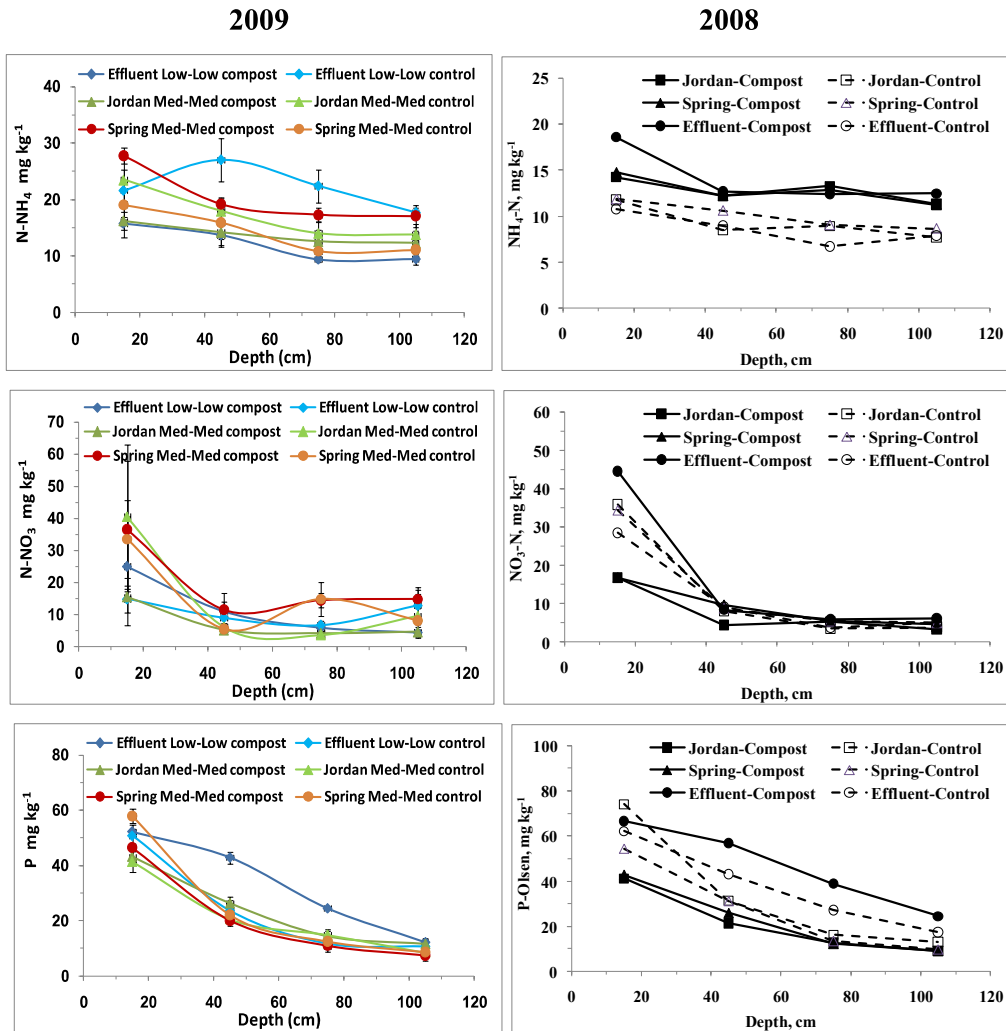
הקיצורים משמאל לימין מתארים את מקור מי ההשקיה ויישום קומפוסט לעומת ביקורת במהלך שנות הניסוי: היסטורית ההשקיה (2003-2008), מי ההשקיה בשנת 2008, מי ההשקיה בשנת 2009 בהתאמה. כאשר: EF- קולחים, JRW- מי ירדן, FW- מים שפירים, SpW- מי מעיינות, compost – יישום קומפוסט, control - ללא קומפוסט.



איור 9: ערכי SAR, ו-ESP בסתיו ב-2008 ו-2009 כתלות בעומק, באיכות מי ההשקיה ויישום קומפוסט. הערכים נמדדו מתוך מיצוי עיסה רוויה. הנקודות מתארות ממוצעי חמש חזרות והקווים מייצגים שגיאות תקן.

הקיצורים משמאל לימין מתארים את מקור מי ההשקיה ויישום קומפוסט לעומת ביקורת במהלך שנות הניסוי: היסטורית ההשקיה (2003-2008), מי ההשקיה בשנת 2008, מי ההשקיה בשנת 2009 בהתאמה. כאשר: EF- קולחים, JRW- מי ירדן, FW- מים שפירים, SpW- מי מעיינות, compost – יישום קומפוסט, control - ללא קומפוסט.





איור 10: ריכוזי האמון והחנקה הזמינים (במיצוי INKCl) והזרחן הזמין (במיצוי אולסן) בסתיו ב- 2008 ו- 2009 כתלות בעומק, באיכות מי ההשקיה ויישום קומפוסט. הערכים נמדדו מתוך מיצוי עיסה רוויה. הנקודות מתארות ממוצעי חמש חזרות והקווים מייצגים שגיאות תקן. הקיצורים משמאל לימין מתארים את מקור מי ההשקיה במהלך שנות הניסוי: היסטורית ההשקיה (2003-2008), מי ההשקיה בשנת 2008, מי ההשקיה בשנת 2009 בהתאמה. כאשר: EF- קולחים, - JRW מי ירדן, FW- מים שפירים, SpW- מי מעיינות, compost – יישום קומפוסט, control - ללא קומפוסט.