

956

2006-2007

תקופת המחקר :

304-0323-07

קוד מחקר :

**Subject:** EFFECT OF WASTEWATER EFFLUENT  
SALINITY ON AGRICULTURAL CROPS IN VARIED  
SOILS

**Principal investigator:** ALON BEN GAL

**Cooperative investigator:** ELKANA BEN-IZAK, SHANI  
URI, MOSHE BRUNER, MOSHE BRUNNER, RON  
ZURIEL

**Institute:** Agricultural Research Organization (A.R.O)

**שם המחקר:** השפעת מליחות הקולחים על  
גידולים חקלאיים בקרקעות שונות

**חוקר ראשי:** אלון בוגל

**חוקרים שותפים:** אלקנה בן-יצחק, אורי שני,  
משה ברונר, משה ברונר, רון צוראל

**מוסד:** מינהל המחקר החקלאי, ת.ד. 6 בית דגן  
50250

תקציר

דוח מסכם לתכנית מחקר מספר 07-0323-04

## השפעות מליחות הקולחים על גידולים חקלאיים בקרקעות שונות

Influence of wastewater effluent salinity on agricultural crops in varied soils

מוגש לקרן המדען הראשי במשרד החקלאות

ע"י

אלון בן-גל	קרקע ומים, מינהל המחקר החקלאי, גילת
משה ברנר	מ"פ ההר המרכזי (מ. א. גוש עציון)
אורי שני	הפקולטה לחקלאות, האוניברסיטה העברית, רחובות
רון צוראל	מ"פ ההר המרכזי (מ. א. גוש עציון)
אלקנה בן-יצחק	גד"ש הר חברון (מ. א. רמת נגב)

Alon Ben-Gal, Environmental Physics and Irrigation, ARO, Gilat Research Center, mobile post Negev 2, 85280. E-mail: [benagal@volcani.agri.gov.il](mailto:benagal@volcani.agri.gov.il)

Moshe Bruner, Extension Service, Ministry of Agriculture, Gilat Center, mobile post Negev 2, 85280. E-mail: [mosbru@shabam.moa.gov.il](mailto:mosbru@shabam.moa.gov.il)

Uri Shani, The Hebrew University of Jerusalem, Faculty of Agriculture, Food and Environmental Sciences, Department of Soil and Water Sciences, PO box 12, Rehovot, Israel. E-mail: [uri@agri.hu.ac.il](mailto:uri@agri.hu.ac.il)

Ron Tsurel, Central Mountain R&D

Elkana Ben-Yitzhak, Hebron Mountain Field Crops

אוקטובר 2008

חשון תשס"ז

הממצאים בדו"ח זה חייבים תוצאות ניסויים.

הניסויים לא מהווים המלצות לחקלאים.

אלי כן

חתימת החוקר

דו"ח מסכם : מדען הראשי במשרד החקלאות צוות קולחים

בנגב מגוון קרקעות רחב: קרקעות חוליות (נגב המערבי), מנוקזות היטב ובעלות מוליכות הידראולית גבוהה, קרקעות לס (רמת נגב, בקעת ערד, גילת ועוד) וקרקעות חרסיתיות (נגב צפוני, נגב מערבי, יתיר, דרום הר חברון) בעלות תכונות הכוללות מוליכות הידראולית נמוכה. אנתנו ראינו צורך בהתייחסות לקרקע כאשר מסתכלים על תגובות צמחים לתנאי הסביבה. המחקר לכן לקח קרקעות ומים של הנגב כתור דוגמא על מנת לבחון את נושא המליחות. בנוסף בדנו האם תגובת צמחים למליחות שונה כאשר מקורה במי קולחים.

מטרות הפרויקט היו: (1) ללמוד את התגובה של גידולים חד שנתיים הרלבנטיים בנגב למליחות. (2) להשוות תגובת הגידול למליחות בקרקעות חוליות, לסיות חרסיתיות. (3) לפתח עקומי תגובה למליחות בקרקעות לס עבור מי מערכת בהשוואה לקולחים. (4) להשוות תוצאות מחדדות של השפעת מליחות בתנאי קרקעות האקלים שונים עם תוצאות מודלים. (5) לבדוק התאמה של גידולים לסוג הקרקע ואיכות המים בבקעת ערד ובאזור גילת.

ב 2006-2008 ברצונו ניסויי שדה בבקעת ערד על מנת לבדוק את תגובתם של ענבנייה ופלפל למליחות מי השקיה בקרקע לס עם וכלי השפעה של משתנים אחרים בקולחים ובוצעו גם ניסויי ליזימטרים במרכז גילת על מנת לאפיין את תגובתם של ענבנייה ופלפל למליחות בקרקעות שונות.

מודל אנאליטי מציע שתגובת הגידול למים מליחים תהיה חזקה יותר בקרקעות כבדות לעומת קלות. לעומת זאת, מודל נומרי, שמתחשב ביכולת של שורשים לקלוט מאזורי קרקע בצורה דיפרנציאלית, מציע שלא יהיו הבדלים בין הקרקעות. בניסויי ליזימטרים בענבניות נמצא כי מליחות הורידה גידול צמחי פחות בקרקע חולית מאשר בקרקעות חרסיתיות. בניסויי שדה שבחן תגובת ענבניות למליחות בקרקע לס כאשר המליחות בנויה על מים שפירים תל מי קולחין לא נמצאה תגובה שונה למליחות לא הייתה שונה בהשוואה בין שני המקורות. בניסויי ליזימטרים בפלפל, לא נמצאו הבדלים בגידול בתגובת למליחות מי ההשקיה בין הקרקעות השונות. בניסויי שדה בפלפל לא היה הבדל בתגובת הצמח למליחות בין מי השקיה שפירים וקולחין אך יכולי הפלפל היו גבוהים כאשר הושקו במים שפירים בהשוואה לקולחין בכל רמות המליחות.

מחסור במים שפירים גורם למצב בו קולחים ומים מליחים מהחיים את מקורות המים העיקריים להשקיה בנגב בכלל ובבקעת ערד בפרט. אזור זה מאופיין ב: (1) טרנספירציה פוטנציאלית גבוהה ולכן צריכת מים גבוהה; (2) מי השקיה עם ריכוז מלחים גבוה (קולחים ומי תהום מליחים); (3) קרקעות בעלות תכונות שונות. הגידולים באזור בעלי רגישות שונה למליחות.

חקלאים, מנהלים, ומתכננים מייעדים שסחי חקלאות ומקורות מים לגידולים שונים ע"פ מערכת שיקולים ואילוצים תכנוניים לאורך ולמועד קבלת ההחלטות. ההחלטה בדבר השילוב של סוג קרקע-איכות מים-גידול מבוססת לרוב על איכות מי ההשקיה, רגישות הגידול למליחות, יכולים צפויים, והערכות של עלויות והכנסות. מליחות תמיסת הקרקע היא תוצאה לא רק של מליחות מי ההשקיה אלא גם של תכונות הקרקע, ממשק ההשקיה ותנאי האקלים (אופוטורנספירציה פוטנציאלית ETp).

ההבנה שלנו כיום לגבי תגובת צמחים למליחות מבוססת על לימוד תגובת הצמח ללא קשר לקרקע. בדרך כלל, התונים עליהם בנויה הבנתנו לגבי רגישות צמחים למליחות מבוססים על ניסויים בהידרופוניקה, במצעים מנותקים או בשולחנות חול גם. נתונים אלה מחוברים למליחות הקרקע שנבדקת בשיטה של "עיסה רוויה" על מנת להעריך פחות היכול הנגרם כתוצאה מעליה במליחות. דוגמא בולטת מגיעה מ Maas and Hoffman (1977) המציגים ערכי סף ושיפועי קווי התגובה למספר גדול של גידולים. בעיה בגישה המקובלת הזאת היא שצמחים לא חיים במליחות של עיסה רוויה אלא של תמיסת הקרקע ולקרקעות שונות יחס שונה בין השניים.

בעבודות שפורסמו לאחרונה (Shani et al., 2005, 2007; Ben-Gal and Shani, 2004) הציעו חוקרים אלו פתרונות למקרים הכוללים גידול צמחים כתנאי מליחות בשילוב עם גורמים סביבתיים אחרים כמו מחסור במים, בדשן, או עודפי בורן. בין היתר נמצא כי בקרקעות חרסיתיות יותר (בעלות מוליכות הידראולית נמוכה \ תאחיזת מים גבוהה), ריכוזים גבוהים של מלחים במי ההשקיה משפיעים על רמת המליחות בקרקע ומכאן על תגובת הצמחים יותר מהשפעתם בקרקעות חוליות. בחלקות מרשקות בקולחים המצב מורכב יותר: הקולחים יכולים לשנות את התכונות ההידראוליות של הקרקע, ומספר הדישון יכול להיות רחוק מאופטימאלי הן במחסורים והן בעודפים.

בנגב מגוון רחב של קרקעות (Dan et al., 1981): קרקעות חוליות (נגב המערבי) מנוקות היטב ובעלות מוליכות הידראולית גבוהה, קרקעות לס (רמת נגב, בקעת ערד, גילת ועוד), וקרקעות חרסיתיות (נגב צפוני, נגב מערבי, יתיר, דרום הר חברון) בעלות תכונות הכוללות מוליכות הידראולית נמוכה.

אנחנו ראינו צורך בהתייחסות לקרקע כאשר מסתכלים על תגובות צמחים לתנאי הסביבה. המחקר לכן לקח קרקעות ומים של הנגב בתור דוגמא על מנת לבחון את נושא המליחות. בנוסף בחנו האם תגובת צמחים למליחות שונה כאשר מקורה במי קולחים. נתונים מניסויי השדה שמשו לבניית מודלים ואימותם, אשר אפשרו שינוי תפיסתי בפרדיגמה של ניהול השקיה כתנאי מליחות ובאפליקציות רחבות.

מבוא:

(1) ללמוד את התגובה של מספר גידולים חד שנתיים רלבנטיים בנגב למליחות.

- (2) להשוות תגובת הגידול למליחות בקרקעות חול, לס, וחרסית.
  - (3) לפתח עקומי תגובה למליחות בקרקעות לס עבור מי מערכת בהשוואה לקולחים.
  - (4) להשוות תוצאות מדורות של השפעת מליחות בתנאי קרקעות ואקלים שונים עם תוצאות המדול של שני וחובי.
  - (5) לבדוק התאמה של גידולים לסוג הקרקע ואיכות המים בבקעת ערד.
- תוכנית הפרויקט כוללת 3 שנים (ינואר 2006 – דצמבר 2008) כאשר אנו נמצאים בכתיבת דו"ח זה כחודש אוקטובר של השנה השלישית. הדו"ח כולל תוצאות של סדרת ניסויים שבוצעו.

#### שיטות הלימוד ניסיוניות:

##### (I) ניסויי שדה בבקעת ערד.

בוצעו מבחני מליחות בתנאי שדה בבקעת ערד. נבדקו רגישות/עמידות לתנאי מליחות תוך כדי השוואה בין מים שפירים לקולחים. מי המקור (לכניית רמות המליחות) היו גם מים שפירים (מי מערכת) וגם מי קולחין. הניסוי התבצע עם פלטפורמה ייחודית להכנת תמיסות ההשקיה שנמצאת פזית בתוך בית רשת גידול מסחרי של ג'ש הר חברון בבקעת ערד.

##### (א) ענפניות

נבדקו 4 רמות מליחות מי השקיה מרמות הבסיס של מי המקור ועד 5 דס/מ. מלחים הסופו למים מתמיסות מרוכזות בנויות מ  $\text{NaCl}$  ו  $\text{CaCl}_2$  כך שכל טיפולי המליחות שומרים על אותו יחס  $\text{Na:Ca}$  שנמצא בקולחי ערד. כך היחס בין  $\text{SAR}$  (sodium adsorption ratio) של מי ההשקיה ובין ה  $\text{EC}$  (electrical conductivity) נשמר קבוע בין שני מקורות המים. רמות הטיפולים ומבנה הניסוי נמצאים בטבלה 1.

##### (ב) פלמי

נבדקו 4 רמות מליחות מי השקיה מרמות הבסיס של מי המקור ועד 4 דס/מ. מלחים הסופו למים מתמיסות מרוכזות בנויות מ  $\text{NaCl}$  ו  $\text{CaCl}_2$  כך שכל טיפולי המליחות שומרים על אותו יחס  $\text{Na:Ca}$  שנמצא בקולחי ערד. כך היחס בין  $\text{SAR}$  של מי ההשקיה ובין ה  $\text{EC}$  נשמר קבוע בין שתי מקורות המים. רמה נמוכה של  $\text{EC}$  בקולחין נקבעה על ידי מיהול הקולחין עם מים שפירים ביחס 1:1. רמות הטיפולים ומבנה הניסוי נמצאים בטבלה 2.

##### בשני הניסויים נבדקו:

מי השקיה: כל השקיה -  $\text{EC}$

מי השקיה: פעם בשבועיים -  $\text{Na, Ca, Mg, Cl, N (NO}_3\text{, NH}_4\text{), P, K}$

קרקע: פעם בחודש - רטיבות,  $\text{EC, Na, Ca, Mg, Cl, N, P, K}$

עלים דיאגנוסטיים: פעם בחודש -  $\text{Na, Ca, Mg, Cl, N, P, K}$

יכול (מספר וגודל) של מדגם הפרי הנקטף.

יכול ביומסה הצמחים בסוף העונה.

(II) **ניסויי לייזמטרים**. בשדה לייזמטרים בגילת נבחנו תגובות גידולים למליחות בקרקעות השונות. שלוש קרקעות מייצגות השונות שמשו מצעי גידול בליזמטרים על מנת להשוות בין השפעת מליחות מייזמטרים על גידול עגבניות ופלפל בקרקעות שונות. לליזמטרים מערכת ניקוז המאפשרת שימוש בקרקע ב"עצין" על ידי הובלה של מים מתחת לבית השורשים ושמירה על תנאי מים בקרקע סבירים לגידול וקרוכים לתנאי שטח. שיטת הליזמטרים מוסברה ב Ben-Gal and Shani 2002 ו Lazarovitch et al. 2006. הגידול בליזמטרים היה במקביל לזה בניסויי השדה עם עגבנייה ופלפל בתור צמחי המדל. בנוסף לבדיקות המתוארות לניסויי השדה, בליזמטרים צריכת מים מחושבת עבור כל צמח ממאון המים ואיכות מי הנקו היוצא מבית השורשים נבדק פעם בשבוע. טיפולי הניסויים מוצגים בטבלה 3 כאשר בכל פעם 3-4 מליחות מים השקיה נבדקו בו זמנית ב 3 קרקעות.

(III) **מדל**. כדיקה ונידול של המדל האנאליטי של שני וחוב' (Shani et al., 2007) והשוואת תוצאותיו לתוצאות מדל נומרי (Hanks and Cui, 1990; Dudley and Shani, 2003). נתונים מניסויי השדה ומניסויי הליזמטרים משמשים על מנת לבדוק את תקפותם של המדלים.

**נישה 1:** פיתרון אנאליטי. מדל פשוט וקל לשימוש שהחזה יכול וטרנספירציה תחת תנאים סביבתיים, ביולוגיים וניהוליים המוגדרים על ידי המשתמש. המדל מבוסס על מאוני מים ומליחים עם פתרון לקליטה מים על ידי הגידול שמשמש במדלים הידראוליים והפתחה הנגרמת על ידי מליחות. המדל האנאליטי מניח תנאים של שיווי משקל וערכים מייצגים של מים ומליחות בבית השורשים.

**נישה 2:** פיתרון נומרי. מדל ה SOWATSAL (Childs and Hanks, 1975; Hanks and Cui, 1990; Dudley and Shani, 2003) הוא פתרון חד מימדי מדרגה שנייה, המתבסס לנוסחת ריצ'רדס עם פתרון לקליטה מים על ידי שורשים ונוסחת רצף של מומס שמרני. המדל חזה את תגובתם של מים ומומסים דרך חתך הקרקע, תגובת מים דרך הצמח והקרקע לאטמוספירה, גידול וגטטיבי וגידול שורשים. המדל מאפשר קליטה סלקטיבית של מים על ידי השורשים ולכן מאפשר פיצוי בין אזורים יבשים ורטובים ובין אזורים מליחים יותר ופחות.

טבלה 1. טיפולי ניסוי עגבניות בבקעת ערד

ניסוי שדה – בקעת ערד:		
מקור מים	מליחות ד/מ	SAR
עפירי	1	1.3
שפיר	2	6.6
שפיר	3.5	9.4
שפיר	5	11.7
קלחים	2	6.4
קלחים	3	9.4
קלחים	4	10
קלחים	5	11.6

טבלה 2. טיפולי ניסוי שלפל בבקעת ערד

Treatment	EC dS/m	SAR	Water	NaCl mg/L	CaCl <sub>2</sub> mg/L
1	1	1.3	fresh	0	0
2	2.0	6.5	fresh	608	111
3	3.0	8.5	fresh	1018	278
4	4.0	10.2	fresh	1427	444
5	1.5	6.4	1:1 fresh: effluent	222	0
6	2	6.4	effluent	0	0
7	3.0	8.4	effluent	494	278
8	4.0	10.1	effluent	904	444

טבלה 3. טיפולי ניסויים בליוזמטרים בגילה

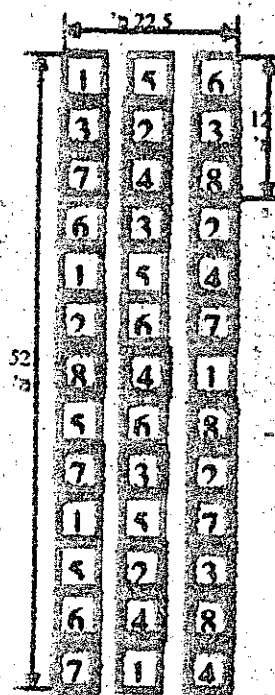
פלפל		עגבית	
יחזות (דס/מ')	קרקע	מליחות (דס/מ')	קרקע
0.6	חול	0.5	חול
2.8	חול	3	חול
4.8	חול	6	חול
6.8	חול	0.5	לס
0.6	לס	3	לס
2.8	לס	6	לס
4.8	לס	0.5	חרסית
6.8	לס	3	חרסית
0.6	חרסית	6	חרסית
2.8	חרסית		
4.8	חרסית		
6.8	חרסית		

טבלה 4. תכונות פיזיקאליות של קרקעות ניסוי הליזמטרים ושדה.

תכונות הקרקעות					
Soil		"Sandy"	"Loess"	"Clayey"	Loess
Location		Nir Oz	Gilat	Yotv	Arad
Texture	class	loamy sand	silt loam	clay loam	silt loam
Clay	%	5.6	25	50	22
Silt	%	6.2	62.5	12.5	50
Sand	%	88.2	12.5	25	38
$\theta_s$		0.38	0.45	0.5	0.5
$\theta_r$		0.025	0.01	0.01	0.02
Ks	m/s	2.00E-04	1.00E-06	5.00E-06	7.00E-07
van					
Genuchten	n	0.7	1.87	1.31	1.415
model	a	0.036	0.023	0.019	0.0137

ניסויי שדה – בקעת ערד

עגבניות בקיץ – סתיו (ייתי עד דצמבר) 2006 התבצע ניסוי שדה בחלקת עגבניות בבית רשת בבקעת ערד לפי הטיפולים בטבלה 1. באזור 1 מפת הטיפולים בשטח בית הרשת. באזור 2 צילומים מאתר הניסוי, באזור 3 מעקב אחר מליחות מי טפטפת בטיפולים השונים להחדשים הראשונים ובאזור 4 השפעות הטיפולים על מליחות תמיסת הקרקע (מליחות בתמיסה של עיסה הרוויה) כתלות זמן בניסוי.



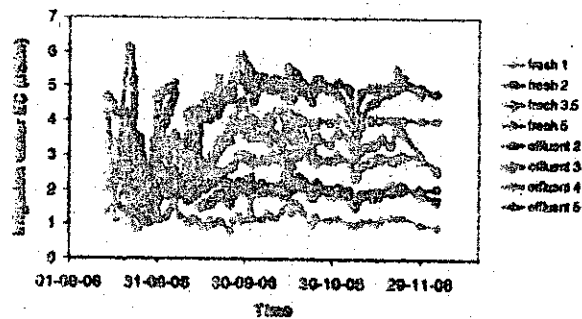
נתונים לתכנון	
מקורות מים (שפירים וקולחים)	8
רמות מליחות	39
חוזקת לחיפה	39
רוחב חלקה (6 שורות ב 3 צמדים ועוד 2 שורות גבול)	30.4
אורך חלקה	21.6
שטח חלקה	657.2
0.4 מ' בין צמדים (2 שורות לערוגה) 2.5 צמדים למטר שורה	80
2.6 צמדים למ'ר	3.120
400 (320) צמדים לשיטת	2
0.6 ל"ש מריקת טפטפת	480 (384)
96 ל"ש לחלקה	3.75
מ"ש לסוג מים	מ"ש מ"ר

אזור 1. מפת הטיפולים ותיאור מבנה הניסוי. גידול עגבניות בית רשת בבקעת ערד.

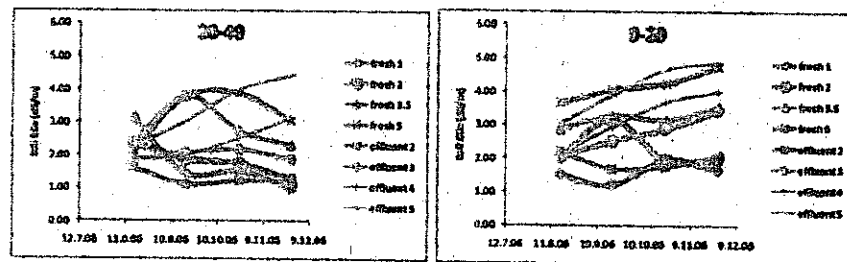


צילומים מהאתר הניסויי בבקעת ערד: אזור 2 (ימין למעלה), ספטמבר (מרכז למעלה), אוקטובר (שמאל למטה) – אזור 3 (ימין למטה) – אזור 4 (שמאל למטה) – מערכת רשת השקיה והכנה תמיסת ההשקיה.



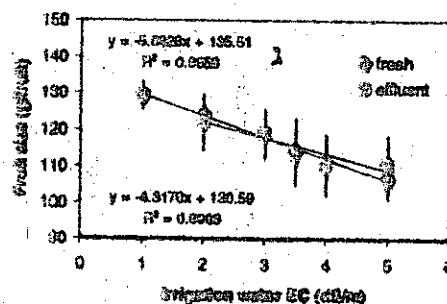
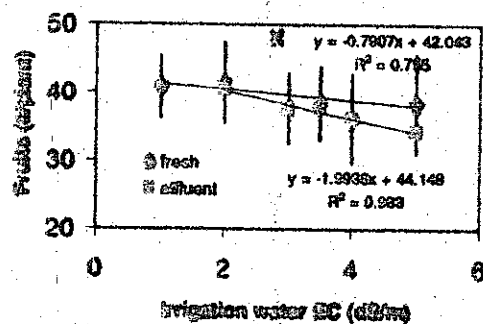
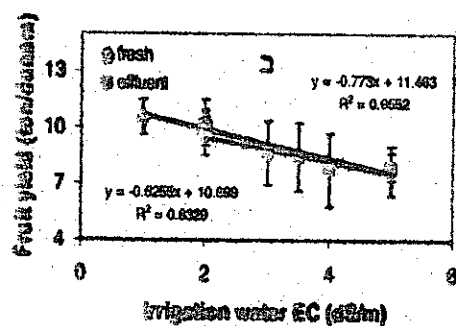


איור 3. מליחות מי טפטפת (מוליכות חשמלית, EC, דס/מ) בניסוי שדה ענבניות בקעת ערד 2006.



איור 4. ענבנייה. בקיץ – פתיו (יזני עד דצמבר) 2006. מליחות הקרקע (EC של עיסה הרוויה) כתלות בזמן הניסוי.

שחילה 29.06.06 התחלת טיפולים – מקור מים ומליחות – 01.08.06. נתני קסיף נראים באיור 5. ישנה מגמה של ירידה ביבול (משקל) פרי של מספר פירות, כמו גם בגודל הפרי, כמתקציה של מליחות מי ההשקיה. הירידה בסה"כ היבול לא שונה במים שפירים לעומת קולחים (איור 12ב).

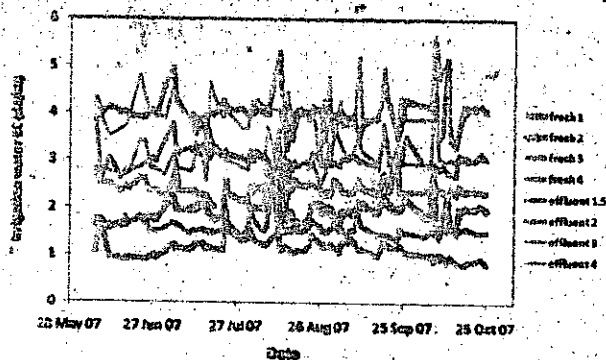


איור 5. יבול ענבניות. מספר פירות לצמח (א), ממוצע משקל פרי לדונם (ב), וממוצע משקל לפרי (ג).

פלפל. בקיץ - סתיו (מאי עד נובמבר) 2007 התבצע ניסוי שדה בחלקת פלפל באותן חלקות בבית הרשת  
בבקעת ערד לפי הטיפולים בטבלה 2 ומבנה ניסוי באיור 1. באיור 6 צילומים מאתר הניסוי ובאיור 7  
מעקב אחרי מליחות מי ספספת בטיפולים השונים לחדשיים הראשונים.

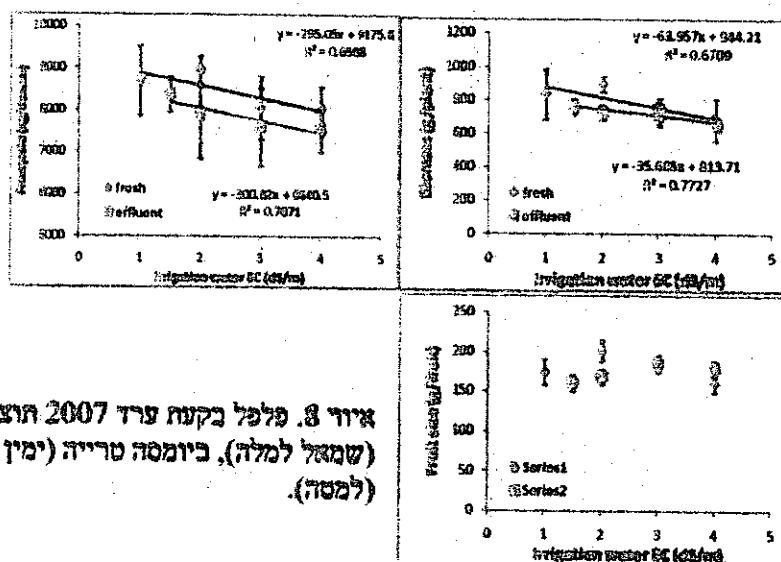


איור 6. תמונות של הניסוי: צמחי הפלפל - נובמבר 2007 (ימין למעלה), מערכת ראש השקיה הכנת  
תמיסות ההשקיה (שמאל למעלה), בדיקות השפעת הטיפולים על תכונות ההידראוליות של הקרקע  
בדצמבר 2007 (למטה).



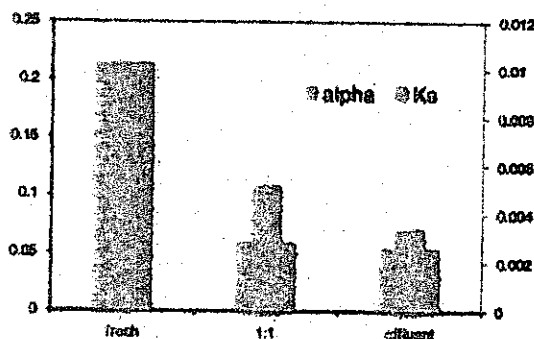
איור 7. מליחות מי ספספת (מוליכות חשמלית, EC, דס/מ) בניסוי שדה פלפל בקעת ערד 2007.

שתילה וטיפולים התחילו במאי 2007. נתוני קטיף נראים באיור 8. ישנה מגמה של ירידה ביכול (משקל)  
פרי ובגידול וגנטיבי אבל אין ירידה בגודל הפרי כפונקציה של מליחות מי ההשקיה. היבולים היו נמוכים  
בכל רמות המליחות כאשר הרשקו בבסיס מי הקולחץ לעומת מים שפירים. הבדל זה הורגש יותר ביכול  
הפרי ופחות בגידול הביומסה.



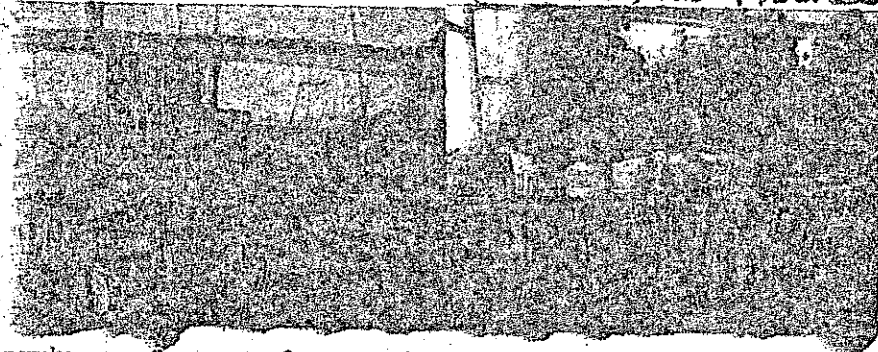
איור 8. פלפל בקעת צרד 2007 תוצאות יכול. פרי טרי (שמאל למלה), ביומסה טרייה (ימין למלה), גודל פרי (למטה).

בסוף הניסוי נבדקו פרמטרים של התכונות ההידראוליות של הקרקע בכל החלקות. לפי השיטה של שני וחוב' (Shani et al., 1987) נמצא שסוג (מקור) המים כן השפיע על המוליכות ההידראולית של הקרקע: כך שהמוליכות הייתה נמוכה יותר בקרקע המושקה בקולחין אחרי שנתיים של השקיה, אך לא נצפתה שום השפעה של מליחות מי ההשקיה (איור 9).



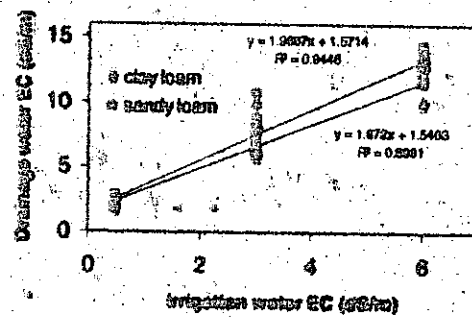
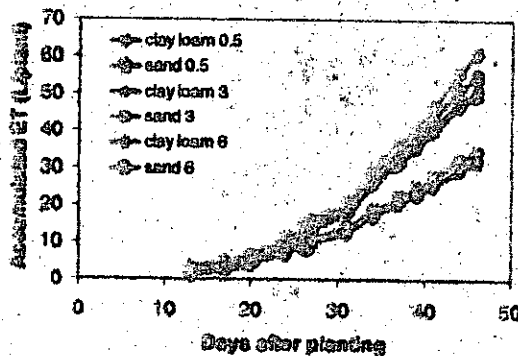
איור 9. השפעה על תכונות הידראוליות של הקרקע אחרי שנתיים של ניסויים בבית רשת בבקעת צרד. לא הייתה שום השפעה של מליחות מי ההשקיה על המדידות.

ענביות בקיץ - סתיו (יני עד דצמבר) 2007



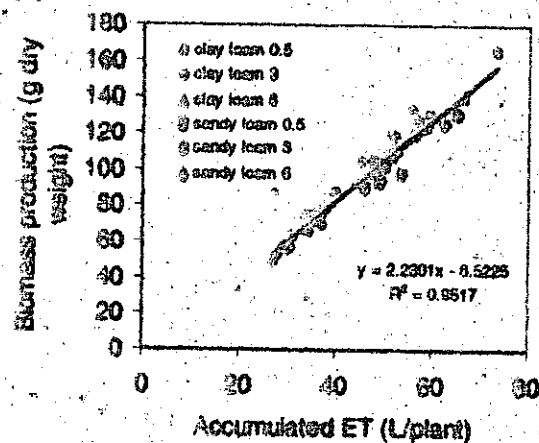
איור 10. ניסוי לירימטרים בגילה. ענביות בלירימטרים. 3 קרקעות ו 3 רמות מליחות מי ההשקיה. אביב קיץ 2007.

בניסוי של אביב-קיץ 2007 קרתה תקלה בניסוי בקרקע הלס ולכן תוצאות של שתי הקרקעות האחרות בלבד מדווחות להלן.

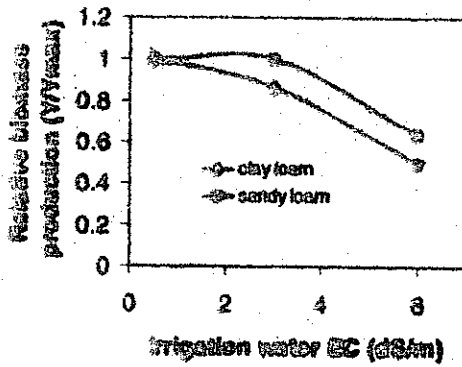


איור 12. צריכת מים - אווטרנספירציה (ET) מצטברת כתלות בזמן של ענביות ב 2 קרקעות המושקות ב 3 רמות מליחות.

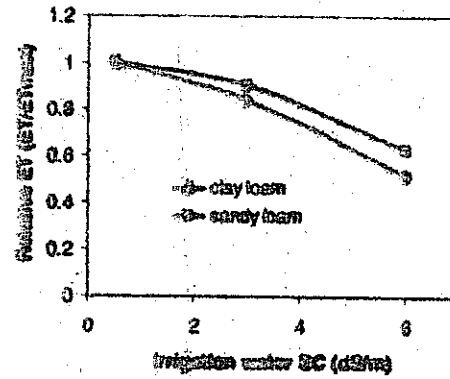
איור 11. מליחות מי נקו מלירימטרים כפונקציה של מליחות מי ההשקיה.



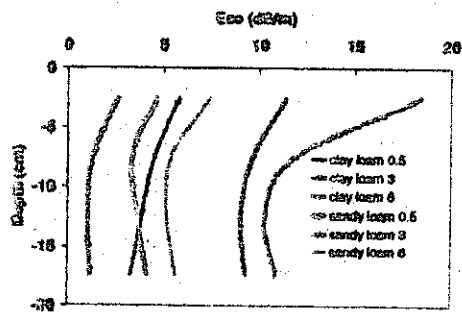
איור 13. יחס בין יכול (ייצור ביומסה) תצריכת מים מצטברת (ET) של ענביות ב 2 קרקעות מושקות ב 3 רמות מליחות.



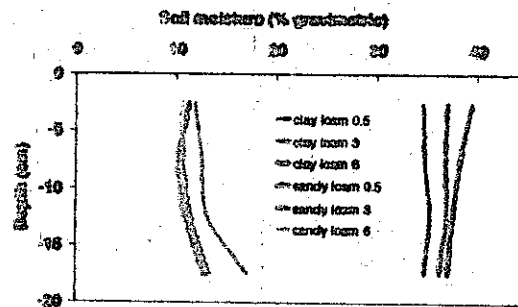
איור 15. גידול חגמטיבי יחסי של עגבניות כתלות במליחות מי ההשקיה.



איור 14. צריכת מים יחסית (ET) של עגבניות כתלות במליחות מי ההשקיה.



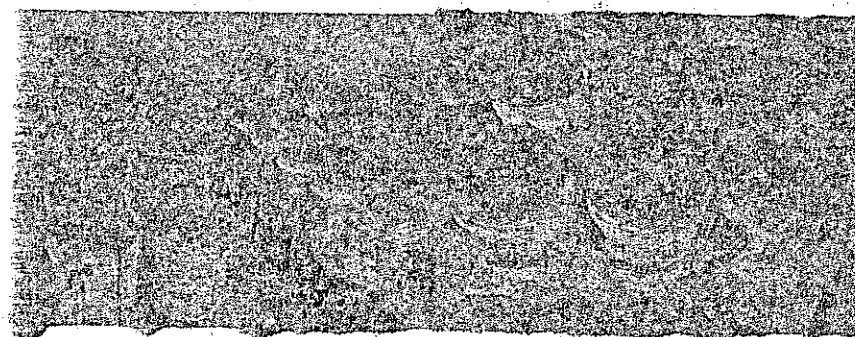
איור 17. מליחות (מוליכות חשמלית של העיסה הרוויה (ECe) בפרופיל הקרקע בסוף הניסוי.



איור 16. רטיבות בפרופיל הקרקע בליזמטרים בסוף הניסוי.

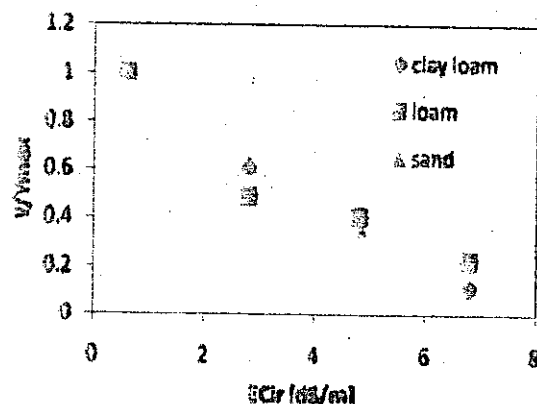
בקרקע הכבדה, תנאי רטיבות ומליחות גבוהות יותר בהשוואה לקרקע הקלה.

פלפל. בסתיו-חורף (ספטמבר עד נובמבר) 2007



איור 18. ניסוי לליזמטרים בגילת. פלפל בליזמטרים. 3 קרקעות ו 4 רמות מליחות מי ההשקיה. אביב חורף 2007.

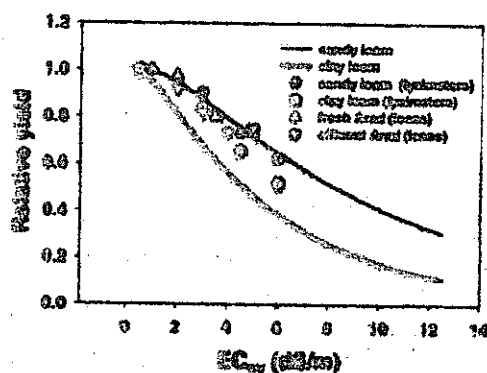
בניסוי הפלפל בליזמטרים לא נמצאו הבדלים בין הקרקעות בהגובת הצמחים למליחות מי ההשקיה (איור 19).



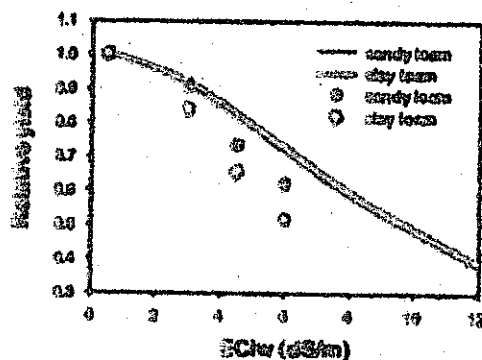
איור 19. יכול ביזמסה יחסי כתלות במליחות מי ההשקיה – ניסוי פלפל בליזמטרים 2007.

מודלים, המודלים תורצו על מנת לחזות פיתוח ביבול ענבניות כפונקציה של מליחות מי השקיה התוצאות מוצגות באיורים 20 ו-21. באיורים תוצאות של שתי הרצות, בראשונה תכונות הידראוליות של קרקע חולית ובשנייה תכונות של קרקע חרסיתית. בשני המקרים גידול ענבניות ושמירה על כל הפרמטרים האחרים שווים (התאדות פוטנציאלית, רגישות הצמח למליחות ויובש, כמות השקיה). על-פי תוצאות המודל האנאליטי בקרקע הבבדה ישנה ירידה חזקה יותר של היבול עם עליה במליחות מי השקיה לעומת בקרקע הקלה. הירידה שחזה המודל גדולה יחסית לזו שנמדדה בשני הניסויים. המודל הנומרי חזה ירידה מתונה יותר ביבול בגלל מליחות מי ההשקיה ולא חזה הבדלים בין הקרקעות.

איור 20. חיזוי של יכול מהמודל האנאליטי. הרצה של ענבניות בקרקע חולית ובקרקע יותר חרסיתית בתנאי אקלים והשקיה של ניסוי הליזמטרים, קיץ 2007. יחד עם תוצאות המודל מוצגות התוצאות המדודות גם מניסוי הליזמטרים (יכול ביזמסה) וגם מניסוי השדה (יכול פרי).



איור 21. חיזוי של יכול מהמודל הנומרי. הרצה של ענבניות בקרקע חולית ובקרקע יותר חרסיתית בתנאי אקלים והשקיה של ניסוי הליזמטרים, קיץ 2007. יחד עם תוצאות המודל מוצגות התוצאות המדודות גם מניסוי הליזמטרים (יכול ביזמסה).



מערכות הניסוי הן בחממה בגילת והן בבית רשת בבקעת ערד סיפקו תוצאות טיפוליים, בעיקר של מליחות מי ההשקיה, בצורה מדויקת ומבוקרת. אחד הנושאים הרגישים והחשובים הם תנאי ההתחלה בכל ניסוי או עונה. בניסוי עגבניות בבקעת ערד התחלנו עם קרקע שטופה ולכך לקח זמן להגיע לשינוי משקל ותנאי מליחות קבועים. בניסוי פלפל התחלנו כבר עם קרקע במליחות מתאימות לטיפוליים. בגילת התחלנו בקרקע שכבר נמצאת בשינוי משקל עם מליחות מי ההשקיה. בעיית קרקע הלס במערכות הלינימטרים בניסוי עגבנייה בגילת נפתרה ובניסוי פלפל היו שלושת הקרקעות כמתוכנן.

בצפון, יכול טרנספירציה ירדו מרמות אופטימום כאשר מליחות מי ההשקיה עלתה. מהמודל גם רואים שהגדלת שיעור השטיפה מורידה את רמת המליחות בתמיסת הקרקע ומאפשרת יותר טרנספירציה ויותר יכול ווגטטיבי. שני המודלים חזו נכון עליה במליחות תמיסת הקרקע (ממוצעת וסה"כ) בקרקעות בעלות מוליכות הידראולית גבוהה. המודל האנאליטי חזה יכולים נמוכים ושיעורי ניקוז גבוהים יותר בקרקע חרסיתית בהשוואה לקרקע חולית. המודל הנומרי חזה יכולים שווים עבור הקרקעות למרות שהמליחות הצפויה בקרקע גבוהה יותר בקרקע הכבדה. המודל האנאליטי מניח שאפשר להשתמש בערכים מייצגים בחדים לאפיין את רטיבות ומליחות הקרקע. מודל זה חזה הפחתות בקליטת המים ויצור ביחסה בגלל מליחות מי ההשקיה בהתאם. לעומת זאת, המודל הנומרי חזה שניתן לקלוט מספיק מים מאזורים שבהם המליחות נמוכה והרטיבות גבוהה על מנת לספק צורכי טרנספירציה, למרות שבאזורים אחרים בבית השורשים המליחות הייתה גבוהה בהרבה. כך המים לצורכי טרנספירציה נקלטו מהשכבות העליונות ושומרים המושקות ושומרות על רטיבות גבוהה ומליחות יחסית נמוכה.

המודל האנאליטי חזה יכולים נמוכים מאלה שנמדדו עבור קרקע כבדה ומליחות גבוהה. יתכן שהסיבה לכך היא השימוש בערכים המייצגים עבור מים ומליחות בקרקע. המודל הנומרי חזה יכולים גבוהים מאלה שנמדדו בשני הקרקעות ולא חזה שום הבדל בין הקרקעות. זאת משום שהמודל מאפשר, ככל הנראה, קליטה סלקטיבית בצורה מוגזמת. על מנת לקבל יכולים שווים – שיעור השטיפה (ניקוז) ו/או האגירה של מלחים בשכבות התחתונות של בית השורשים חייבים להיות גדולים בקרקעות כבדות בהשוואה לקרקעות קלות.

לפחות בעגבניות, הגידול בקרקע כבדה הגיב למליחות מי ההשקיה בצורה חריפה יותר והגידול בקרקע קלה בצורה פחותה. לכן, נדמה כי הקרקעות הקלות יותר מתאימות להשקיה במים מליחים. נראה כי להשערה שלקרקע כבדה השפעה שלילית על תגובת הצמח למליחות מי ההשקיה יש בסיס. למרות זאת, כנראה שהמודל האנאליטי מגזים בחיזור רמת ההשפעה. יתכן שאחת הסיבות לכך היא שלשורשים יכולת לקלוט מים בצורה סלקטיבית – להתמקד באזורים יותר שטופים – פחות מליחים ולהתעלם מאזורים מליחים יותר.

הניסויים בשני הגידולים הניסויים בשטח עם קולחין ספקו תוצאות סותרות. בעגבנייה תגובה חריפה יותר למליחות מי ההשקיה בקרקע כבדה יותר ובפלפל לא היה כך. העגבנייה לא השפעה ממקור המים ותגובתה למליחות הייתה זהה גם כאשר מי המקור היו ששפירים וגם כשהיו קולחים. לעומת זאת, יכולי פרי של פלפל היו נמוכים כאשר הושקו בקולחים בכל רמות המליחות.

כנס הנגב, 27 פברואר 2007: פוסטר

Elisha S., Shani, U., Bruner M., Presnov E., and Ben-Gal, A. (2007) Effects of irrigation water salinity on tomatoes as a function of soils typical to the Negev. The Negev Conference for Agricultural Research and Development. February 27, 2007. Eshel Manasi. Hebrew.

כנס של האגודה האמריקאית לקרקע, 5-9 נובמבר 2007: פוסטר

Alon Ben-Gal, Shahar Elisha, Lynn Dudley, Efrim Tripler, and Uri Shani (2007) Irrigation with saline water: effects of soil hydraulic properties on crop response and leaching fraction. Annual meetings SSSA, ASA, CSA. New Orleans, LA. Nov 5-9, 2007.

האגודה הישראלית לקרקע, דצמבר 2007

שחר אלישע, אורי שני, יובני פרסנוב ואלון בן-גל. 2007. השקיה במים מליחים: השפעותם של תכונות הידרואוליות של הקרקע על טרנספירציה, גידול ורמת שטיפה של מלחים. ארגון מדעי הקרקע הישראלית. עדה בקר. דצמבר 2007.

מאמר מדעי

Dudley L., Ben-Gal A. and Shani U. (2008) Influence of plant, soil and water properties on the leaching fraction. Vadose Zone J. 7, 420-425.

מאמר מדעי (review)

Dudley, L.M., Ben-Gal, A. and Lazarovitch, N. (2008) Drainage water reuse: biological, physical, and technological considerations for system management. Journal of Environmental Quality. 37, S25-S35.

הערות

Ben-Gal A and Shani U. (2002) A highly conductive drainage extension to control the lower boundary condition of lysimeters. Plant and Soil, 239:9-17.

Ben-Gal A. and Shani U. (2004) An analytical model of plant response to environmental conditions in soil. Science to Secure Food and the Environment. 2004 ASA-CSSA-SSSA Annual Meetings, Seattle Washington. October 31 - November 4, 2004

Childs, S. W., and R. J. Hanks. 1975. Model of soil salinity effects on crop growth. Soil Sci. Soc. of Am. Proc. 39:617-622.

Dan, J., Gerson, R., Koyumdjisky, H., and Yaalon, D.H. (1981). Aridic Soils of Israel, Properties, Genesis and Management. Special Publication No. 190. Agricultural Research Organization, The Volcani Center, Bet Dagan, Israel.

Dudley, L., and U. Shani. (2003). Modeling plant response to drought and salt stress: Reformulation of the root-sink term. Vadose Zone J. 2, 751-758.

Hanks, R. J., and J. K. Cui. 1990. Model SOWATSAL: Soil-plant-atmosphere-salinity management model (users' manual). Utah State University, Logan, UT.

Lazarovitch, N., Ben-Gal A., and Shani U. (2005) An automated rotating lysimeter system for greenhouse evapotranspiration studies. Vadose Zone Journal. 5:801-804.

Maas, E.V. and Hoffman, C.J. (1977). Crop salt tolerance-current assessment, ASCE J. Irrig. Drainage Div. 103(IR2), 110-134. Shani U.,

Shani U., Ben-Gal A., and Dudley L. (2005) Environmental implications of adopting a dominant factor approach to salinity management. J. Envir. Qual. 34: 1455-1460.

Shani, U., Ben-Gal, A. Tripler E. and Dudley, L.M. (2007) Plant response to the soil environment: an analytical model integrating yield, water, soil type and salinity. Water Resources Res. 43:8, W08418, 10.1029/2006WR005313.

Shani, U., Hanks, R.J., Bresler, E., and Oliveria, C.A.S. (1987) Field method for estimating hydraulic conductivity and matric potential-water content relations. Soil Sci. Soc. Am. J. 51:298-302.



### סיכום עם שאלות מנחה

נא להתייחס לכל השאלות במצורה ולענין, ב-3 עד 4 שורות לכל שאלה ולא תובא בחשבון חריגה מנבולות המסגרת המודפסת).  
שיתוף הפעולה שלך יסייע להחליך החערפה של תוצאות המחקר.  
הערה: נא לציין הפניה לדו"ח אם נכללו בו נקודות נוספות לאלה שבסיכום.

מטרות המחקר ותן התייחסות לתוכנית העבודה.
ביצוע ניסויים בגילת ובבקעת ערד. לימוד השפעה של סוג קרקע על גידול עגבנייה ופלפל. לימוד תגובת עגבנייה ופלפל למליחות מי השקיה בקרקע לס בבקעת ערד כאשר מי מקור הם קולחין וגם שפירים.
עיקרי הניסויים והתוצאות.
אפיון הקרקעות. ניסויי לזימטרים בגילת: עגבניות מליחות 2 קרקעות ופלפל מליחות 3 קרקעות. ניסויי שדה בערד: עגבניות 4 רמות מליחות קולחין ושפירים, פלפל 4 רמות מליחות קולחין ושפירים. בדיקות תוצאות מול 2 מודלים.
מסקנות מדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו. האם הושגו מטרות המחקר לתקופת הדוח?
התוצאות מרמזות כי העגבניות מגיבות למליחות יותר בקרקעות כבדות מאשר בקרקע חולית אם כי המודל האנליטי כנראה מגזים בהבדלים. התגובה למליחות בקולחים לא שונה מזו שבפירים. לעומת זאת בפלפל לא נמצאו הבדלים בין הקרקעות, השימוש בקולחים כן השפיע (לרעה) ע יכול פרי בכל רמות המליחות.
בעיות שנתנו לפתרון ואם שינויים (טכנולוגיים, שיווקיים ואחרים) שחלו במהלך העבודה; התייחסות המשך המחקר לגביהן, האם יושגו מטרות המחקר בתקופה שנתנה לביצוע תוכנית המחקר?
גידולים שונים. המשך עבודה עם המודלים. העושה של פיצוי (קומפנסציה) על ידי שורשים בין אזורים שונים דורש התייחסות.
הפצת הידע שנוצר בתקופת הדו"ח: פרסומים בכתב - ציטוט ביבליוגרפי כמקובל בפרסום מאמר מדעי; פטנטים - יש לציין שם ומסי פטנט; הרצאות ופני עית - יש לפרט מקום, תאריך, ציטוט ביבליוגרפי של התקציר כמקובל בפרסום מאמר מדעי.
תוצאות מהמחקר הוצגו בכנסים ישראלים ובן לאומיים (כנס הגב, כנס של ארגון מדעי הקרע הישראלי - דצמבר 2007 וכנס של ה Soil Science Society of America נובמבר 2007. הפרויקט גם תרם למספר פרסומים מקצועיים. רשימת פרטי הפרסומים נמצאים בדו"ח
פרסום הדוח: אני ממליץ לפרסם את הדוח: (סמן אחת מהאופציות)
רק בספריות
ללא הגבלה (בספריות ובאינטרנט) X
חסוי - לא לפרסם
האם בכוונתך להגיש תוכנית המשך בתום תקופת המחקר הנוכחית כן - לא -

יש לענות על שאלה זו רק בדוח שנה ראשונה במחקר שאושר לשנתיים, או בדוח שנה שניה במחקר שאושר לשלוש שנים.