

דו"ח מסכם – מחקר במימון המדען הראשי של משרד החקלאות

דו"ח לתוכנית מחקר 304-0393-10

מיהול מים מותפלים עם מליחים לייעול השימוש במים בחקלאות ומזעור נזקים סביבתיים

Blending of desalinated and saline water for efficient agricultural and responsible environmental use

אלון בן-גל, המכון למדעי הקרקע, המים והסביבה, מנהל המחקר החקלאי, מרכז מחקר גילת, ד.ג. נגב

E-mail: bengal@volcani.agri.gov.il .85280

אורי ירמיהו, המכון למדעי הקרקע, המים והסביבה, מנהל המחקר החקלאי, מרכז מחקר גילת, ד.ג. נגב

E-mail: uri4@volcani.agri.gov.il .85280

נפתלי לזרוביץ, המכון לביוטכנולוגיה וחקלאות באזורים צחיחים, אוניברסיטת בן-גוריון בנגב. E-mail:

lazarovi@bgu.ac.il

Alon Ben-Gal, ARO, Gilat Research Center

Uri Yermiyahu, ARO, Gilat Research Center

Naftali Lazarovitch, Institutes for Desert Research, Ben-Gurion University of The Negev

נובמבר 2012

הממצאים בדו"ח זה הינם תוצאות ניסויים.

הניסויים לא מהווים המלצות לחקלאים

חתימת החוקר



פרסומים

Ben-Gal A. Yermiyahu U. and Cohen S. (2009) Fertilization and blending alternatives for irrigation with desalinated water. J Environ Qual 38:529-536.

Groenveld, T. 2010. The Effect of Salinity on Water and Nutrient Uptake. MSc Thesis Ben-Gurion University of the Negev. Albert Katz School for Desert Studies. Advisors: Naftali Lazarovitch and Alon Ben-Gal.

Groenveld, T., and Lazarovitch, N. (2010) The effect of salinity on water and nutrient uptake: Field and model results. American Society of Agronomy Meetings in Long Beach, CA. Oct. 31 - Nov. 3, 2010. CD-ROM.

Groenveld, T., Lazarovitch, N., Yermiyahu U. and Ben-Gal A. (2010) The effect of salinity on water and nutrient uptake: Field and model results. Drylands, Deserts and Desertification: The Route to Restoration Sede Boqer, Nov. 8-11, 2010.

Groenveld, T., Lazarovitch, N., Yermiyahu U. and Ben-Gal A. (2010). The effect of climate on transpiration reduction due to salinity. The annual meeting of the Israeli Soil Science Society, Dec. 5, Bet-Dagan.

Groenveld, T., Ben-Gal, A., Ityel, E., Yermiyahu, U., and Lazarovitch, N. (2011). Quantifying the effect of climate on root water uptake reduction due to salinity. American Society of Agronomy Meetings in San Antonio, TX, Oct. 16-19. 2011. CD-ROM.

Groenveld, T., Jacques, D., Ben-Gal, A., Yermiyahu, U. and Lazarovitch, N. (2012). Multicomponent variably-saturated transport model HP1 with active nutrient uptake by plant roots. Eurosoil 2012, 4th international congress, Bari, Italy, July. 2-6. 2012.

Silva, M. (2013) Effects of salinity stress, season and irrigation regime on root water and nutrient uptake, growth, yield, and fruit quality of tomato. MSc Thesis, The Hebrew University of Jerusalem, Faculty of Agriculture. Advisors: Alon Ben-Gal and Uri Yermiyahu.

Groenveld, T. Lazarovitch, N., Yermiyahu, U., Ben-Gal A. 201X. Climate determined relative sensitivity of plants to salinity: quantification and simulation. Vadose Zone J. submitted.

בן-גל א, לזרוביץ נ, כהן ש, ירמיהו א. 2011, מים מותפלים : להוסיף דשן או לערבב עם מים מליחים? מים והשקיה,

18-22, 514

תוכן עניינים

1.	תקציר
2.	מבוא
2.	מטרות המחקר
3.	עיקרי הניסויים
3.	פלפל
4.	בזיל
6.	עגבנייה
7.	תוצאות
7.	פלפל
9.	בזיל
11.	עגבנייה
15.	סימולציות נומריות
16.	דיון - סיכום
17.	רשימה של הפרסומים המדעיים
18.	ביבליוגרפיה

תקציר

את המינרלים החסרים ממים מותפלים המיועדים לחקלאות ניתן להוסיף כדשן או לחילופין לספק אותם על ידי ערבוב עם מים מליחים שריכוז היסודות הללו בהם גבוה. שאלת המחקר היתה האם ערבוב מים מותפלים עם מליחים להוספת המינרלים שהורחקו בתהליך ההתפלה ודרושים לצמח על מנת לקבל יכול מיטבי הינו פתרון נכון, כלכלי ובר קיימא מבחינה סביבתית? מטרת המחקר היתה לבחון את הגישות השונות באספקת המינרלים החסרים לצמח (ערבוב או הוספת דשנים) המושקה במים מותפלים. מטרות ייחודיות של המחקר היו: א. כימות היתרונות והחסרונות של ערבוב מים מותפלים עם מים מליחים מבחינת גידול צמחי פלפל, בזיל ועגבנייה וזיהום הסביבה. ב. התאמה ובחינה של תהליכים במודלים המשלבים זרימת מים והסעת מלחים ברצף קרקע, צמח ואטמוספירה להערכת היבול ונזקי סביבה כתלות באיכות והרכב מי ההשקיה. ג. בחינת היחסים בין מינרלים חיוביים ושליליים בקליטה על ידי הצמח ובהצטברות בצמח. ד. לבחון את רגישות תגובות הגידולים למליחות מי השקיה כתלות תנאי אקלים. המחקר התבסס על ניסויים בצמחים בתנאים מבוקרים ובחלקות חצי מסחריות. במחקר היה שימוש במודלים למערכת קרקע- צמח - אטמוספירה. בעונת 2009-2010 בוצעו ניסויים בפלפל. בעונת 2010-2011 בוצעו שני ניסויים בבזיל. בעונת 2011-2012 בוצעו ניסויים בעגבנייה. הניסויים בוצעו במערכת של 24 ליזימטרים בחממה בגילת וב-12 ליזימטרים ובחלקות שדה בחממה חצי מסחרית בתחנת זוהר שבערבה הצפונית. הבזיל נמצא עמיד מאוד למליחות ופלפל ועגבנייה די רגישים. בהשקיה עם מים מליחים ועם מים מעורבבים ניתן לקבל יכולים השווים לאלה שגדלו עם מים מותפלים מדושנים אך זאת רק כאשר מעלים את מנת ההשקיה מ-20% עד 50%. תגובת פלפל ועגבנייה למליחות היתה בשיעור גבוה יותר כאשר צריכת המים (דרישה האקלימית) היתה גבוהה יותר. בעזרת קביעת היחסים בין VPD בחממה לרגישות היחסית של הגידולים למליחות, ניתן ליעל את השימוש במים. זאת על ידי השקיה במים מליחים יותר בעונות מתונות ושינוי למים בעלי מליחות נמוכה יותר בעונות חמות.

מבוא

את המינרלים החסרים ממים מותפלים המיועדים לחקלאות ניתן להוסיף כדשן או לחילופין לספק אותם על ידי ערבוב עם מים מליחים שריכוז היסודות הללו בהם גבוה. לשתי השיטות יתרונות וחסרונות: דישון המינרלים החסרים כרוך בעלות לא מבוטלת ודורש מערכת דישון נוספת מאחר ולא ניתן להוסיף את הדשנים החסרים לדשנים קיימים בגלל בעיות שקיעה. בנוסף, ניתן לצמצם את מנת המים העונתית המקובלת כיום. מאידך, בשיטת הערבוב אין עלות למינרלים ונפח המים גדל. החסרונות של שיטת הערבוב הם עליה במקדם השטיפה וזיהום הסביבה במליחים הנשטפים מבית השורשים. בחירת השיטה העדיפה דורשת אופטימיזציה שלוקחת בחשבון את כל המרכיבים. חסר לנו ידע רב בעיקר ביחס לתגובה של צמחים שונים לריכוזי מליחות נמוכים שלא היו זמינים עד כה וכיצד ישפיעו יחסי ערבוב שונים על התוצאות. מודלים משמשים ככלי מחקרי אטרקטיבי להבנה, כימות וחיזוי של תופעות ותהליכים במערכת קרקע-צמח-אטמוספירה ולתכנון וניהול משאבי מים ואיכותם. למרות מורכבותם של מודלים ספרתיים השימוש בהם הולך וגובר הודות להבנה טובה יותר של תהליכי זרימת מים והסעת מומסים, לפיתוח ושיפור שיטות מתמטיות לפתרון משוואות ולפיתוחם המואץ של מחשבים המסוגלים לחשב תהליכים שונים בזמן ובמרחב קטנים. כיום ישנו שימוש גובר במודלים להדמיה של תהליכים הקשורים להשקיה. כמו כן מודלים מאפשרים את חישוב כמות והרכב תמיסת הנקז ויכולים לתרום להערכה של החלופות לזיהום הסביבה.

אפשר לאפיין את הירידה ביבול הנגרמת על ידי עליה במליחות תמיסת הקרקע לפי פונקציה סיגמוידאלית (van Genuchten and Hoffman 1984):

$$\frac{Y_a}{Y_p} = \frac{1}{1 + \left(\frac{EC_e}{EC_{e50}} \right)^P} \quad [1]$$

כאשר Y_a הוא יבול אמיתי, Y_p יבול פוטנציאלי, EC_{e50} ($dS\ m^{-1}$) המוליכות החשמלית של מיצוי עיסה רוויה של הקרקע (EC_e) שבו היבול הוא 50% מהיבול הפוטנציאלי, ו P הוא פרמטר אמפירי שמגדיר את עוצמת הירידה ביבול בין המקסימום ובין 50% (1,2). פרמטרים EC_{e50} ו P הם אמפיריים אך יש להם תכונות ביופיסיקאליות שאפשר לזהות (3).

המחקר התמקד בשאלה: האם ערבוב מים מותפלים עם מליחים להוספת המינרלים שהורחקו בתהליך ההתפלה ודרושים לצמח על מנת לקבל יבול מיטבי הינו פתרון נכון, כלכלי ובר קיימא מבחינה סביבתית? על מנת לענות על שאלה זו, נדרשה הבחנה חדשה על תגובות גידולים למליחות מי השקיה ברמות מליחות נמוכות יחסית.

מטרות המחקר

מטרת המחקר לבחון את הגישות השונות באספקת המינרלים החסרים לצמח (מיהול או הוספת דשנים) המושקה במים מותפלים. מטרות ייחודיות של המחקר הם: א. כימות היתרונות והחסרונות של מיהול מים מותפלים עם מים מליחים מבחינת גידול צמחי פלפל, בזיל ועגבנייה וזיהום הסביבה. ב. לבחון את רגישות תגובות הגידולים למליחות מי השקיה כתלות בתנאי אקלים. ג. התאמה ובחינה של תהליכים במודל המשלב זרימת מים והסעת מליחים ברצף קרקע, צמח ואטמוספירה (HYDRUS-1D) להערכת היבול ונזקי סביבה כתלות באיכות והרכב מי ההשקיה.

פירוט עיקרי הניסויים

המחקר התבסס על ניסויים בצמחים בתנאים מבוקרים ובחלקות חצי מסחריות. במחקר יש שימוש במודל סיפירתי הפותר את זרימת המים והסעת המלחים במערכת קרקע- צמח – אטמוספירה (HYDRUS-1D). במסגרת המחקר המודל כוייל לקרקעות ולצמחים שבניסויים השונים. בשנה הראשונה המחקרים התבססו על גידול פלפל, בשנה השנייה על בזיל ובשנה שלישית על עגבנייה. ניסויים מבוקרים במרכז מחקר גילת בחנו את תגובת הגידולים למליחות כתלות לתנאי הסביבה בהם גדלו. ניסויים נוספים התבצע בחלקות חצי מסחריות בתחנת זוהר של מו"פ ערבה צפונית. בניסויים אלה נבחנו רמות שונות של השקיה עם מים בעלי איכויות שונות (מותפלים DW, מליחים GW ומעורבבים BW).

פלפל 2009

ניסוי לזימטרים בגילת –

הניסוי התקיים במרכז מחקר גילת במערכת לזימטרים מבוקרת בחממה (איור 1). לזימטרים שנפחם 60 ל' מולאו בקרקע חולית. שבוע לפני שתילה הושקו המיכלים במים שהכילו את רמות הנתון הכלורי המתאימות כך שבשתילה צמחי הפלפל נחשפו לרמות המליחות שהיו כבר בקרקע. בניסוי נבחנו 8 רמות מליחות שמייצגות את כל הקשת שבין מים מותפלים ומים מליחים (טבלה 1). למים מותפלים ($EC=0.2$ dS/m) הוסף נתרן כלורי ברמות של 0, 2.5, 5, 10, 20, 30 ו-40 מילימולר. כל טיפול היה ב-3 חזרות במתקן של לזימטרים המותקן על קרוסלה מסתובבת (1) כך שתנאי הסביבה היו שווים לכל הצמחים. במערכת של הלזימטרים יש בקרה מלאה ואוטומציה של הכנה ואספקה של מי ההשקיה, שקילה של הלזימטרים ואיסוף ומדידה של מי הנקז. בתחתית הלזימטרים מחובר נקז המכיל חומר נקבובי בעל מוליכות הידראולית גבוהה (צמר סלעים) השומר תנאי רטיבות בגבול התחתון של בית השורשים דומים לאלה בשדות חקלאיים כך שאפשר לעבוד עם קרקעות אמיתיות (4, 5). ריכוזי המינרלים האחדים בכל הטיפולים מוצגים בטבלה 2. כל צמח הושקה עם שיעור שטיפה (leaching fraction) של 20%. שלושה צמחי פלפל נשתלו ב-13/09/09 לאחר כשבוע הורחק צמח אחד. במהלך הגידול הוסרו הפרחים מהצמחים ולא התאפשר גידול של פרי. נמדדו בניסוי: מאזן מים מלא רציף, מוליכות החשמלית של מי הנקז פעם בשבוע, ריכוז יסודות (חנקן, זרחן, אשלגן, סידן, נתרן, כלוריד וסולפט) במי השקיה ומי הנקז פעם בשבוע. בתום הגידול נשקלו צמחים לחלקים השונים (רטוב ויבש). נמדד פיזור השורשים לעומק הקרקע ובדיגומי קרקע נקבע בסוף הניסוי הרכב המינרלים.

טבלה 1. רמות מליחות מי ההשקיה (אחרי דישון) בניסוי פלפל בלזימטרים בגילת.

Treatment	0	2.5	5	7.5	10	15	20	40
NaCl (mM)	0	2.5	5	7.5	10	15	20	40
Na (ppm)	3	57	100	159	201	319	416	895
Cl (ppm)	11	103	185	289	372	562	760	1648
EC (dS m ⁻¹)	0.9	1.2	1.4	1.7	2.1	3.1	3.9	6.7

טבלה 2. ריכוזי נוטריאנטים במי השקיה בניסוי פלפל בלזימטרים בגילת. כל היחידות במ"ג לל'.

N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	B	Mn	Zn	Cu	Mo
88	16	70	80	24	32	5.5E-04	4.9E-04	2.7E-04	1.4E-04	2.0E-05	1.5E-05

ניסוי חצי מסחרי בפלפל בערבה הצפונית

בתחנת "זוהר" בערבה הצפונית (עין תמר, דרומית לים המלח) התבצע ניסוי בו גודל פלפל בחממה. בקרקע נבחנו 2 גורמים: איכות מים ורמות השקיה. שלושת איכויות מים שנבחנו: מים מותפלים (0.2 דצ"ס/מ') מים מליחים (3.2 דצ"ס למ') ומים מעורבבים לפי חישוב של הספקה רצויה של סידן, מגניון וסולפט לצמחי

הפלפל (1 חלקי מים מליחים לכל 3 חלקי מים מותפלים). בניסוי בקרקע בשדה, כל סוג מים ניתן ב-4 רמות השקיה. בליזימטרים נבחנה רמה אחד של השקיה של כל איכות מים ב-4 חזרות. רמות ההשקיה חושבו ממאזן המים הנמדד בליזימטרים בחממה. שיעורי ההשקיה הותאמו לאיכות המים לפי תוצאות קודמות (6) (טבלה 3). חישבו לרמות השונות נעשה על מנת לשמור על שיעורי שטיפת מליחים דומה. נערך מעקב של ההרכב הכימי (חומציות, מוליכות חשמלית וריכוזי המינרלים: חנקן, זרחן, אשלגן, סידן, מגנזיום, גופרה, נתרן וכלוריד) של מי ההשקיה. הניסוי בקרקע היה בגודל של 360 מ"ר כך שיש 48 חלקות באורך 5 מטר וברוחב 1.5 מטר (שטח חלקה 7.5 מ"ר). הניסוי הוצב בבולקים ב-4 חזרות. נבדקו יבול הפרי, איכות הפרי (כמקובל בגידול כולל שחור פיטם) וריכוזי המינרלים בעלים דיאגנוסטיים (חנקן, זרחן, אשלגן, סידן, מגנזיום, נתרן וכלוריד) נקבעו מידי חודש.

טבלה 3. טיפולי השקיה בניסוי פלפל בתחנת זוהר. I/ET_p = שיעור השקיה מנורמל (השקיה מחולק לאופוטנספירציה פוטנציאלית). LF = שיעור שטיפה. ערכי EC לתמיסות כולל הדשן.

Treatment	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$EC \text{ dS m}^{-1}$	0.98	0.98	0.98	0.98	1.94	1.94	1.94	1.94	3.74	3.74	3.74	3.74
I/ET_p	1.5	1.3	1.15	1	2	1.5	1.25	1	2.5	2	1.5	1
LF	0.33	0.23	0.13	0.0	0.50	0.33	0.2	0.0	0.60	0.5	0.33	0.0

ב-11 מועדים נקצרו צמחים נשקלו ונקבעו בהם יסודות זאת על מנת לקבוע את עקום הצמיחה והרחקת מינרלים מהקרקע. פירות נקטפו לפי הבשלה, 14 פעמים החל מיום 104 אחרי השתילה, בערך כל 12 ימים. כל הצמחים נקצרו ב-23 למאי, סוף הניסוי. במועד זה נשקלו ונאסף כל הפרי.



איור 2. בית רשת ניסוי הפלפל בתחנת זוהר. שורות בליזימטרים ובשדה. אוקטובר 2009.



איור 1. מערכת ליזימטרים וניסוי פלפל בגילת. 3/11/09

בזיל 2010

ניסוי ליזימטרים בגילת –

הניסוי התקיים במרכז מחקר גילת במערכת ליזימטרים מבוקרת בחממה. ליזימטרים שנפחם 60 לי מולאו בקרקע חולית. משבוע אחרי השתילה הושקו המיכלים במים שהכילו את רמות הנתרן הכלורי המתאימות. בניסוי נבחנו 4 רמות מליחות ו-2 רמות של דישון חנקתי (טבלה 4) בניסוי דו גורמי מאוזן. למים מותפלים ($EC=0.2 \text{ dS/m}$) הוסף נתרן כלורי ברמות של 0, 10, 20, ו-40 מילימולר ודושן ב-30 או 70 מ"ג/לי חנקן. כל טיפול היה ב-3 חזרות במתקן של ליזימטרים המותקן על קרוסלה מסתובבת (איור 3). ריכוזי המינרלים האחדים בכל הטיפולים מוצגים בטבלה 5. כל צמח הושקה עם שיעור שטיפה (leaching fraction) של 20%. ארבע גושים של שתילי בזיל נשתלו ב-06/10/10. נמדדו בניסוי: מאזן מים מלא רציף, מוליכות החשמלית של מי הנקז פעם בשבוע, ריכוז יסודות (חנקן, זרחן, אשלגן, סידן, נתרן, כלוריד וסולפט) במי השקיה ומי הנקז פעם בשבוע. הבזיל נקצר 5 פעמים במשך הניסוי. בכל קציר נשקל החומר הצמחי (רטוב ויבש) ונשלח לאנליזה

במעבדה. בסוף הניסוי נקצר כל חומר הצמחי של הבזיל, הופרד לגבעולים ועלים. נמדד פיזור השורשים לעומק הקרקע ובדיגומי קרקע נקבע בסוף הניסוי הרכב המינרלים.

טבלה 4. רמות מינרלים במי ההשקיה (אחרי דישון) בטיפולים השונים ניסוי בזיל בליזימטרים בגילת 2010.

Treatment	1	2	3	4	5	6	7	8
Added NaCl(mM)	0	10	20	40	0	10	20	40
N (ppm)	30	30	30	30	70	70	70	70
Na (ppm)	8.8	132	266	570	12.7	134	282	601
Cl (ppm)	14.3	356	567	1269	14.7	348	588	1274
EC (dS/m)	0.9	1.75	2.6	4.25	0.9	1.75	2.6	4.25

טבלה 5. ריכוזי נוטריאנטים במי השקיה בניסוי בזיל בליזימטרים בגילת. כל היחידות במ"ג לל'.

P	K	Ca	Mg	S	Fe	B	Mn	Zn	Cu	Mo
10	150	43	25	32	5.5E-04	4.9E-04	2.7E-04	1.4E-04	2.0E-05	1.5E-05

ניסוי חצי מסחרי בבזיל בערבה הצפונית

בתחנת "זוהר" בערבה הצפונית (עין תמר, דרומית לים המלח) התבצע ניסוי בו גודל בזיל בחמה. בקרקע נבחנו 2 גורמים: איכות מים ורמות השקיה. שלושת איכויות מים שנבחנו: מים מותפלים (0.2 דצ"ס/מ') מים מליחים (3.2 דצ"ס/מ') ומים מעורבים לפי חישוב של הספקה רצויה של סידן, מגנזיום וסולפט לצמחי הבזיל (1 חלקי מים מליחים לכל 3 חלקי מים מותפלים). בניסוי בקרקע בשדה, כל סוג מים ניתן ב-4 רמות השקיה. בליזימטרים נבחנה רמה אחת של השקיה של כל איכות מים ב-4 חזרות. רמות ההשקיה חושבו ממאזן המים הנמדד בליזימטרים בחממה. שיעורי ההשקיה הותאמו לאיכות המים לפי תוצאות צפויות (טבלה 6). חישוב לרמות השונות נעשה על מנת לשמור על שיעורי שטיפת מליחים דומה. נערך מעקב של ההרכב הכימי (חומציות, מוליכות חשמלית וריכוזי המינרלים: חנקן, זרחן, אשלגן, סידן, מגנזיום, גופרה, נתרן וכלוריד) של מי ההשקיה הניסוי בקרקע היה בגודל של 360 מ"ר כך שהיו 48 חלקות באורך 5 מטר וברוחב 1.5 מטר (שטח חלקה 7.5 מ"ר). הניסוי הוצב בבולקים ב-4 חזרות. במקביל הוצבו טיפולי המים הגבוהים בכל איכות גם בליזימטרים הנמצאים בתוך החממה (איור 4). הניסוי נשתל 3 פעמים: בספטמבר 2010, בדצמבר 2010 וסוף במרץ 2011. הצמחים נקצרו 4 פעמים בסתיו, 5 פעמים בחורף ו-6 פעמים באביב. בסוף כל עונה נאספו ונשקלו כל שאר הצמחים אשר לא נקטפו לטובת היבול המסחרי. בכל קציר נבדקו יבול הבזיל, איכות הבזיל (כמקובל בגידול כולל חיי מדף) וריכוזי המינרלים בחומר הווגטטיבי (חנקן, זרחן, אשלגן, סידן, מגנזיום, נתרן וכלוריד). בתאונה בגילת נשרפו דגימות של הבזיל ממספר קצירים בסתיו ולכן אין לגביהם משקל יבש או אנליזות.

טבלה 6. טיפולי השקיה בניסוי בזיל בתחנת זוהר. $I/ET_p =$ שיעור השקיה מנורמל (השקיה מחולק לאופוטנספירציה פוטנציאלית). $LF =$ שיעור שטיפה. ערכי EC לתמיסות כולל הדשן.

Treatment	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
EC (dS m ⁻¹)	0.9	0.9	0.9	0.9	1.5	1.5	1.5	1.5	4.2	4.2	4.2	4.2
I/ET_p	1.0	1.16	1.33	1.5	1.0	1.33	1.66	2.0	1.0	1.5	2.0	2.5
LF	0.0	0.14	0.25	0.33	0.0	0.25	0.40	0.50	0.0	0.33	0.50	0.60



איור 4. בית רשת ניסוי הפלפל בתחנת זוהר. שורות בליזמטרים ושדה. 08/03/2011



איור 3. מערכת ליזמטרים וניסוי בזיל בגילת. 25/11/2010

עגבנייה 2011

ניסוי ליזמטרים בגילת –

הניסוי התקיים במרכז מחקר גילת במערכת ליזמטרים בחממה. הליזמטרים מותקנים על קרוסלה מסתובבת. הליזמטרים היו בנפח של 60 ל' אשר מולאו בקרקע חולית (איור 5). טיפולי ההשקיה החלו שבוע לאחר השתילה. בניסוי נבחנו 8 רמות מליחות. למים מותפלים ($EC=0.2$ dS/m) הוסף נתרן כלורי ברמות של 0, 5, 10, 20, 30, 50, 80 ו-110 מילימולר. רמות המליחות וריכוזי הכלוריד ונתרן במי השקיה לפי טיפולים מוצגים בטבלה 7. ריכוזי המינרלים האחדים בכל הטיפולים מוצגים בטבלה 8. כל טיפול היה ב-3 חזרות במתקן הליזמטרים. כל צמח הושקה עם שיעור שטיפה (leaching fraction) של 20%. הניסוי בוצע 3 פעמים, כל פעם בתנאי אקלים שונים. מועדי שתילה היו 07/10/2011, 26/01/2012 ו-01/06/2012. בכל לליזמטר נשתלו שני שתילים. נמדדו בניסוי: מאזן מים מלא רציף, מוליכות החשמלית של מי הנקז פעם בשבוע, ריכוזי יסודות (חנקן, זרחן, אשלגן, סידן, נתרן, וכלוריד) במי השקיה ומי הנקז פעם בשבוע. העגבניות גדלו עד הדור לקומת הפירות החמישית. בסוף התקופה הצמחים הורדו וחולקו לעלים, גבעולים ופירות. דגימת שורשים נלקחה במרחק קבוע מהצמחים. כל החומר הצמחי נשקל טרי ויבש. טבלה 7. רמות המליחות במי ההשקיה (אחרי דישון) בטיפולים השונים ניסוי עגבנייה בליזמטרים בגילת 2011.

Treatment	1	2	3	4	5	6	7	8
Added NaCl(mM)	0	5	10	20	30	50	80	110
EC (dS/m)	1.1	1.9	2.6	3.7	5.5	8.0	11.0	12.0
Na (mg/l)	43	304	553	816	1477	3318	4300	5148
Cl (mg/l)	14	432	712	1230	2343	3810	6707	7250

טבלה 8. ריכוזי נוטריאנטים במי השקיה בניסוי עגבנייה בליזמטרים בגילת. כל היחידות במ"ג לל'.

N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	B	Mn	Zn	Cu	Mo
150	10	150	43	25	32	5.5E-04	4.9E-04	2.7E-04	1.4E-04	2.0E-05	1.5E-05

ניסוי חצי מסחרי בעגבניות בערבה הצפונית

בתחנת "זוהר" בערבה הצפונית (עין תמר, דרומית לים המלח) התבצע ניסוי בו גודלו עגבניות בחממה. בסמוך לניסוי בקרקע הוצבו ליזמטרים שקועים בקרקע (איור 6). בניסוי בקרקע נבחנו 2 גורמים: איכות מים ורמות השקיה. שלושת איכויות מים שנבחנו: מים מותפלים (0.2 דצ"ס/מ') מים מליחים (3.2 דצ"ס/מ') ומים מעורבים לפי חישוב של הספקה רצויה של סידן, מגניזיום וסולפט לצמחי העגבנייה (1 חלקי מים מליחים לכל 3 חלקי מים מותפלים). בניסוי בקרקע בשדה, כל סוג מים ניתן ב-4 רמות השקיה סה"כ 12 טיפולים. בליזמטרים נבחנו רמה אחת של השקיה של כל איכות מים, כלומר 3 טיפולים ב-4 חזרות סה"כ 12 ליזמטרים. רמות ההשקיה חושבו ממאזן המים הנמדד בליזמטרים בחממה (איור 2). שיעורי ההשקיה

הותאמו לאיכות המים לפי תוצאות צפויות (טבלה 9). חישוב לרמות השונות נעשה על מנת לשמור על שיעורי שטיפת מלחים דומה. נערך מעקב של ההרכב הכימי (חומציות, מוליכות חשמלית וריכוזי המינרלים: חנקן, זרחן, אשלגן, סידן, מגנזיום, נתרן וכלוריד) של מי ההשקיה. מימדי החלקה בניסוי הקרקע היו: אורך 5 מטר ורוחב 1.5 מטר (שטח חלקה 7.5 מ"ר). הניסוי הוצב בבלוקים ב-4 חזרות, בסה"כ היו 48 חלקות. במקביל, בליזימטרים נבחנו שלושת איכויות המים בטיפול המים הגבוהה ביותר. הצמחים נשתל ב-04/10/2011 ונקטו 5 פעמים מ-10/11/2011 עד 13/03/2012. בכל קטיף נבדקו יבול ואיכות העגבניות (כמקובל בגידול כולל חיי מדף). פעמים בעונה (17/01/12 ו-13/03/12) נדגמו עלים דיאגנוסטיים ונקבעו בהם תכולת המינרלים. קרקע נדגמה שלוש פעמים (05/10/11, 17/01/12 ו-13/03/12).

טבלה 9. טיפולי השקיה בניסוי עגבניה בתחנת זוהר. I/ET_p = שיעור השקיה מנורמל (השקיה מחולק לאופטרנספירציה פוטנציאלית). LF = שיעור שטיפה. ערכי EC לתמיסות כולל הדשן.

Treatment	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$EC (dS m^{-1})$	0.9	0.9	0.9	0.9	1.5	1.5	1.5	1.5	4.2	4.2	4.2	4.2
I/ET_p	1.0	1.16	1.33	1.5	1.0	1.33	1.66	2.0	1.0	1.5	2.0	2.5
LF	0.0	0.14	0.25	0.33	0.0	0.25	0.40	0.50	0.0	0.33	0.50	0.60



איור 6. בית רשת ניסוי העגבניה בתחנת זוהר. שורות בליזימטרים ובשדה. 08/03/2011



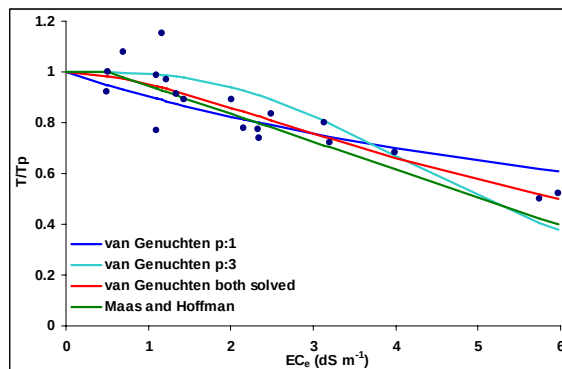
איור 5. מערכת ליזימטרים וניסוי עגבניות בגילת. 25/11/2011

תוצאות

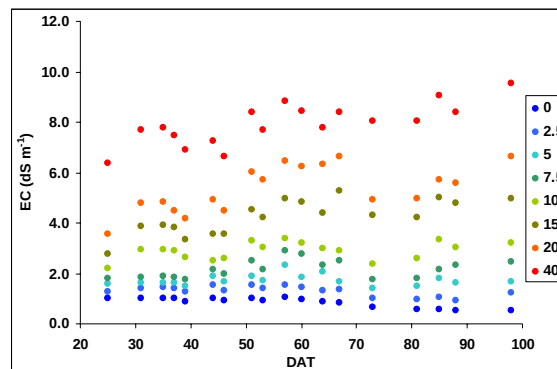
פלפל 2009-10

ניסוי ליזימטרים בגילת

שמונת רמות המליחות במי ההשקיה התבטאו בתמיסות הקרקע ובנקז (איור 7). הנתונים אפשרו בנית עקום תגובת למליחות (איור 8). עקום זה מיצג את העמידות/רגישות של הגידול למליחות ובמודלים מהווה את הפונקציה של ירידה בקליטת מים (טרנספירציה) (איור 8, טבלות 10 ו-11). טיפולי המליחות השפיעו על פיזור השורשים בחתך הקרקע (איור 5, עליון). בטיפול של 40 מילימול $NaCl$ 82% מהשורשים התרכזו ב-0.1 מ' של הקרקע העליונה, 10% נמצאו בין 0.1 ל-0.2 מ' עומק. מעט שורשים הגיעו עמוק יותר. שורשים בטיפול ללא $NaCl$ היו מפוזרים יותר בחתך הקרקע: 64% בשכבה העליונה ו-22% בשכבה מתחת. השפעת הטיפולים התבטאה גם בתמיסות הקרקע שנמדדה בסוף הניסוי (איור 9, תחתון) מתאם טוב עם טיפולי המליחות היה בכל הפרופיל. מליחות בשכבה העליונה (0-10 ס"מ) היתה גבוהה בהרבה מהמליחות בשאר השכבות שביניהן ההבדל קטן.



איור 8. נתוני טרנספירציה כתלות במוליכות חשמלית של תמיסת הקרקע המושבת בצורה עונתית. הקווים הם תגובת הגידול למליחות לפי נוסחה של van Genuchten (4) עבור ערכים שונים (1, 3 או אחרי אופטימיזציה) של פרמטר P .



איור 7. ממוצע מוליכות חשמלית של מי נקז בליזימטרים. DAT = ימים אחרי שתילה. הטיפולים כ- mM NaCl.

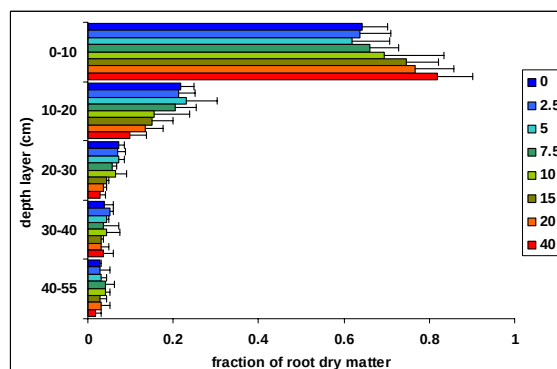
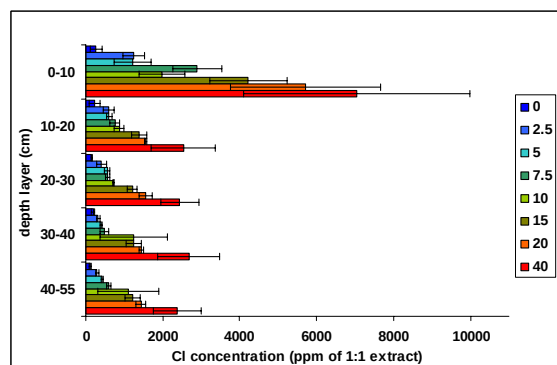
טבלה 10. ערכי סף (A) ושיפועים (B) של עקומי תגובה למליחות מהניסוי ומהספרות (5, 6)

	Carousel 2009-2010	Maas (1990) (5)	Yermiyahu et al. (2008) (6)
A	0.50	1.50	0.8
B	11	14	12
R^2	0.72	0.36	0.64

טבלה 11. מוליכות החשמלית הגורמת למחצית יבול (EC_{e50}) וערכי P המיטביים עבור נוסחת van Genuchten (7) בשימוש באיור 4.

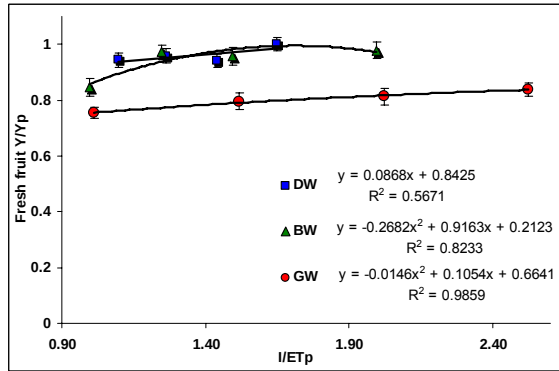
	$P=1$	$P=3$	P optimized
EC_{e50} ($dS\ m^{-1}$)	9.34	5.05	5.98
P	1	3	1.65
R^2	0.68	0.59	0.77

סה"כ ביומסה מצטברת הכוללת בפרי, נוף ושורשים של טיפולי ה- I/ETp הגבוהים מוצגים באיור 10. הבדלים בין טיפול מים המליחים (GW) ובין הטיפולים האחרים התחילו מיום ה-70 אחרי שתילה כאשר הבדלים בין טיפול המעורבבים (BW) וטיפול המותפלים (DW) התפתחו רק אחרי כ-200 יום. תוצאות של יבול מסוף העונה של כל הטיפולים מוצגות באיורים 11 ו-12. השקיה במים פחות מליחים גרמה ליבול של ביומסה ופרי גדולים יותר בכל רמה של השקיה. העלאת מנת המים השפיעה יותר על גידול ווגטטיבי מאשר יצור פרי. תוספות של מים מותפלים ומעורבבים כמעט ולא גרמו לעליות ביבול הפרי.

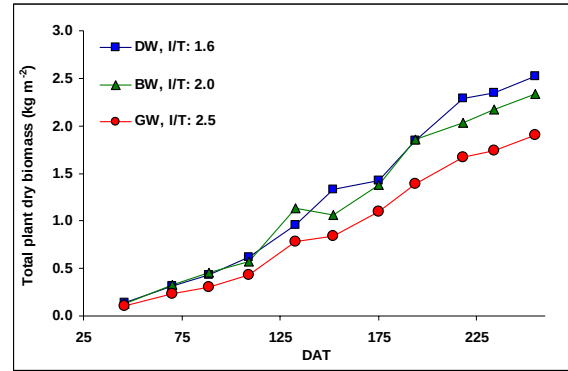


איור 9. יחס של מסה של שורשים (ימין) וריכוז כלוריד בתמיסה של קרקע (שמאל) בשכבות הקרקע בליזימטרים.

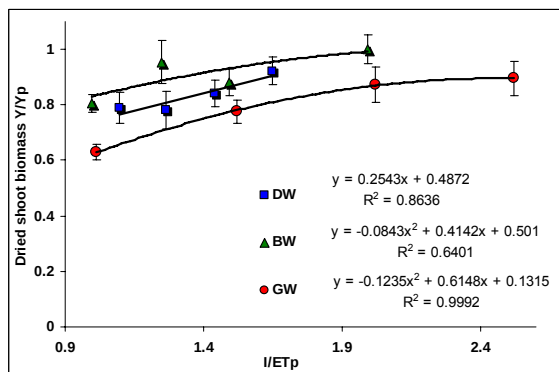
ניסוי חצי מסחרי זהר



איור 11. יבול פרי טרי של פלפל בניסוי חצי מסחרי בזהר. I/ETp = שיעור ההשקיה מנורמל לאופוטורנספירציה פוטנציאלית.



איור 10. ביומסה של צמחים שלמים שנדגמו 11 פעמים במשך ניסוי הפלפל בתחנת זהר.

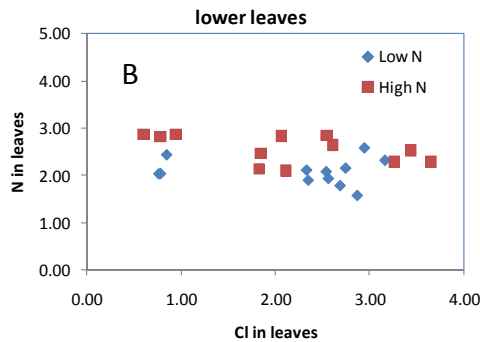
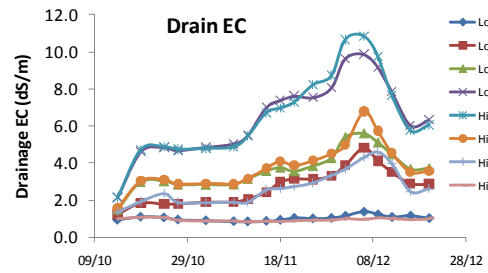
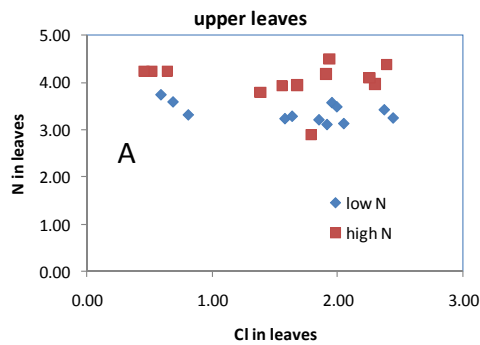


איור 12. ביומסה יבשה של פלפל בניסוי חצי מסחרי בזהר. I/ETp = שיעור ההשקיה מנורמל לאופוטורנספירציה פוטנציאלית.

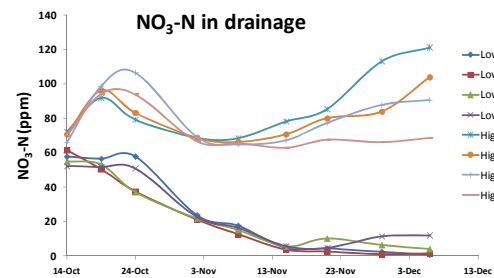
בזיל 2010-2011

ניסוי מבוקר גילת

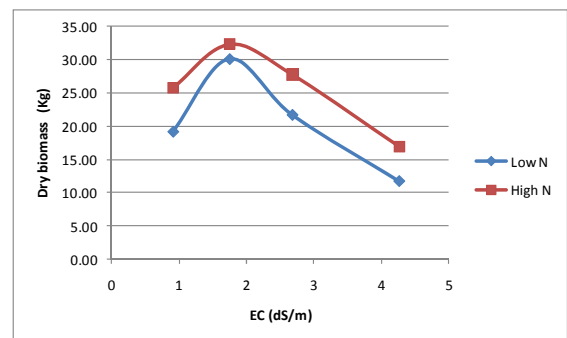
טיפול ניסוי הליזומטרים בוצעו כמתוכנן (איורים 13 ו-14). מליחות מי הנקז (איור 13) עלתה בצורה הדרגתית עם התקדמות העונה המבטא בנייה של מליחות הקרקע וירידה של אחוזי השטיפה. ריכוז החנקן בנקז בטיפולים שהושקו בריכוז חנקן גבוה היה מעל הריכוז שבמי ההשקיה אך אזל לגמרי בטיפולי החנקן הנמוכים (איור 14). תגובת צמחים (ביומסה) למליחות מי ההשקיה (איור 15) הראו (א) תגובה שלילית למחסור בחנקן בכל רמות המליחות (ב) עליה ביבול עם הוספת 10 מילימולר נתרן כלורי למים נטולי נתרן כלורי ולאחר מכן ירידה בביומסה עם העלייה במליחות. ריכוז החנקן בעלים צעירים היה גבוה בצמחים שהושקו ברמת חנקן גבוה בהשוואה לנמוכה (איור A16) הבדל שהצטמצם בעלים הבוגרים (איור B16). ריכוז החנקן בשורשים לא הושפע מטיפול החנקן (איור C16). באופן כללי ריכוז הכלוריד באברים שנלמדו עלה עם העלייה בריכוז המלח שהוסף (איור 16). כמו כן ישנה מגמה ברורה של הצטברות נמוכה של כלוריד באברי הצמח עם העלייה בריכוז החנקן במי ההשקיה אשר בולטת בעיקר בשורשים (איור C16).



איור 13. ממוצע מוליכות חשמלית של מי נקז בליזימטרים.



איור 14. ממוצע חנקן של מי הנקז בליזימטרים.

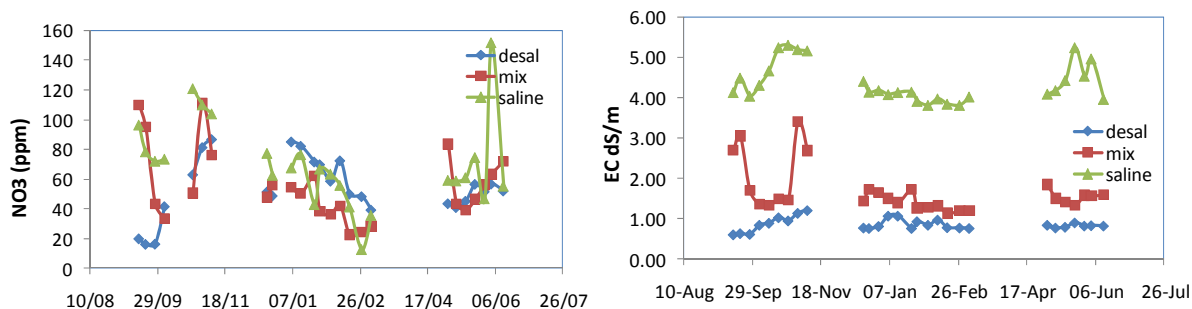


איור 15. סה"כ ביומסה יבשה לליזימטר.

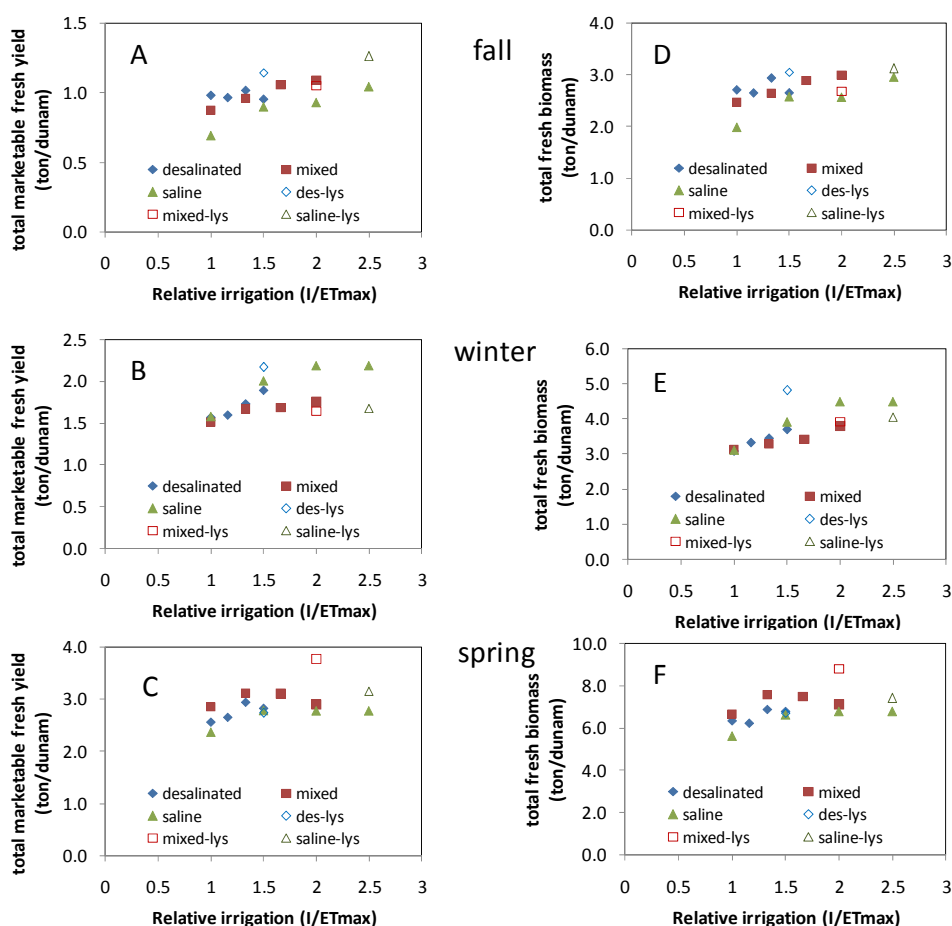
איור 16. ריכוז חנקן בעלים של בזיל כתלות בריכוז כלוריד בעלים. בעלים עליונים (משווקים), עלים תחתונים ושורשים. ניסוי לזימטרים גילת.

ניסוי חצי מסחרי זוהר

באיור 17 מוצגות תוצאות מוליכות החשמלית וריכוז החנקן במי ההשקיה בשלושת מחזורי הגידול בניסוי בבית רשת בערבה. באופן כללי המגמות של מליחות המים נשמרו קבועות (איור 17). בחלק מתקופות הגידול ריכוז החנקן במי ההשקיה לא נשמר קבוע אך במרבית התקופה הריכוז בטיפולים השונים היה אחיד. יוצא דופן היא התחלת הגידול במחזור הראשון שבעקבות תקלה ריכוז החנקן בטיפול של המים המותפלים היה נמוך בהשוואה לשני הטיפולים. היבול המסחרי המרבי של הבזיל הגיע לכ-1.1 טון/דונם בעונת הסתיו, 2.3 טון לדונם בחורף ול-3.2 טון/דונם באביב (איור 18 שמאל). בכל העונות חומר הצמחי הלא נקטף לשיווק הגיע לכחצי מסה"כ הגידול הווגטטיבי (איור 18 ימין). השפעת טיפולי המים על היבול היתה קטנה. יבול שהתקבל בגידול החורפי בהשקיה במים מליחים ברמות של מעל 150% ההתאדות הפוטנציאלית היה המיטיבי. תוספת מים מותפלים מעל 100% לא תרמה לעליה ביבול בגידול בסתיו לעומת השפעה חיובית בגידול בחורף ובאביב. בסתיו ובחורף כל תוספת מים מעורבבים ומליחים גרמה לעליה ביבול. באביב יבול מרבי הושג בכ-150% החזר התאדות במים מעורבבים ומליחים.



איור 17. מליחות (מוליכות חשמלית) וחנקן (חנקת) של מי ההשקיה בניסוי בזוהר.

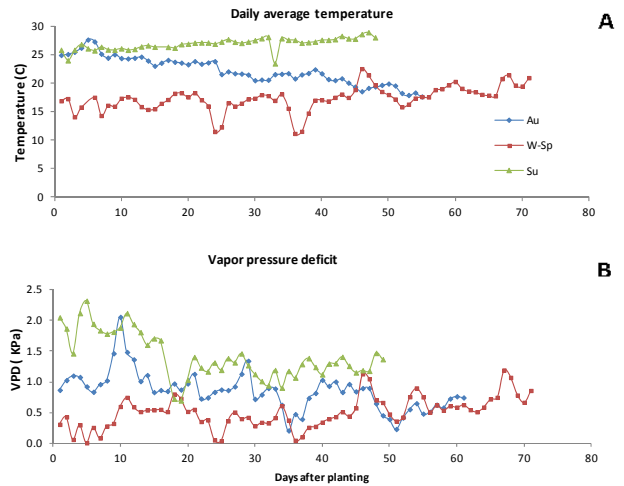


איור 18. סה"כ ביומסה של צמחי בזיל בניסוי הפלפל בתחנת זוהר/ימין) עבור כל עונה. יבול הטרי המשוק (שמאל).

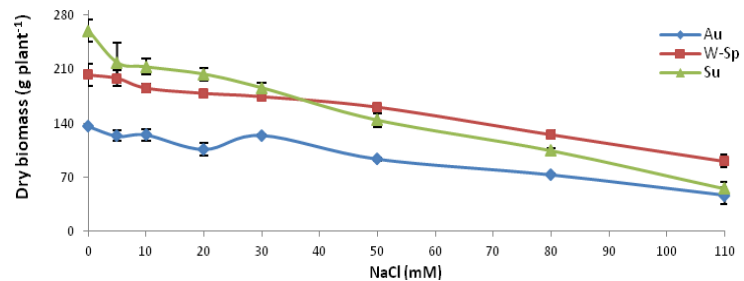
עגבנייה 2011-12

ניסוי מבוקר גילת

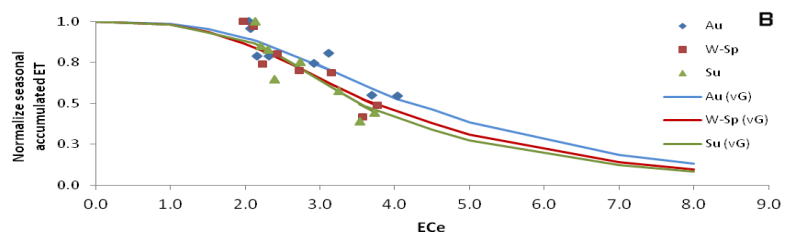
טיפול ניסוי הליזימטרים בוצעו כמתוכנן. ההבדלים בתנאי אקלים בחממה בין העונות התבטאו בטמפרטורה (איור 19A) וב-VPD (איור 4A) כאשר ממוצע טמפרטורה יומית לכל העונה הייתה 22.4 בסתיו, 16.8 בחורף-אביב ו-26.8 בקיץ. VPD ממוצע היה 0.85 קילופסקל בסתיו, 0.48 קילופסקל בחורף-אביב ו-1.41 בקיץ. עליה במליחות מי ההשקיה גרמה לירידה בביומסה של צמחי העגבנייה (איור 20) כאשר עוצמת התגובה למליחות הייתה גבוהה ביותר בעונת הקיץ. נרמול התוצאות של שימוש במים עונתי על ידי הצגת אווטרנספירציה יחסית (ל-ET הגבוה בכל עונה) כתלות מליחות מיצוי עיסה רוויה של הקרקע (איור 21) מאפשר התאמה של עקומי van Genuchten (1) והשוואה בין העונות. מהפרמטרים של הקווים המוצגים בטבלה 12 אפשר לראות שהרגישות היחסית גבוהה למליחות (EC_{e50} נמוך ו-P גבוה) בקיץ ונמוכה בחורף.



איור 19. ממוצע טמפרטורה (A) ו-VPD (B) בניסויי בליזימטרים בחממה בגילת Au = עונת הסתיו, W-Sp = חורף אביב ו- Su = קיץ.



איור 20. יבול (סה"כ ביומסה) של צמחי עגבניות בעונות השונות.

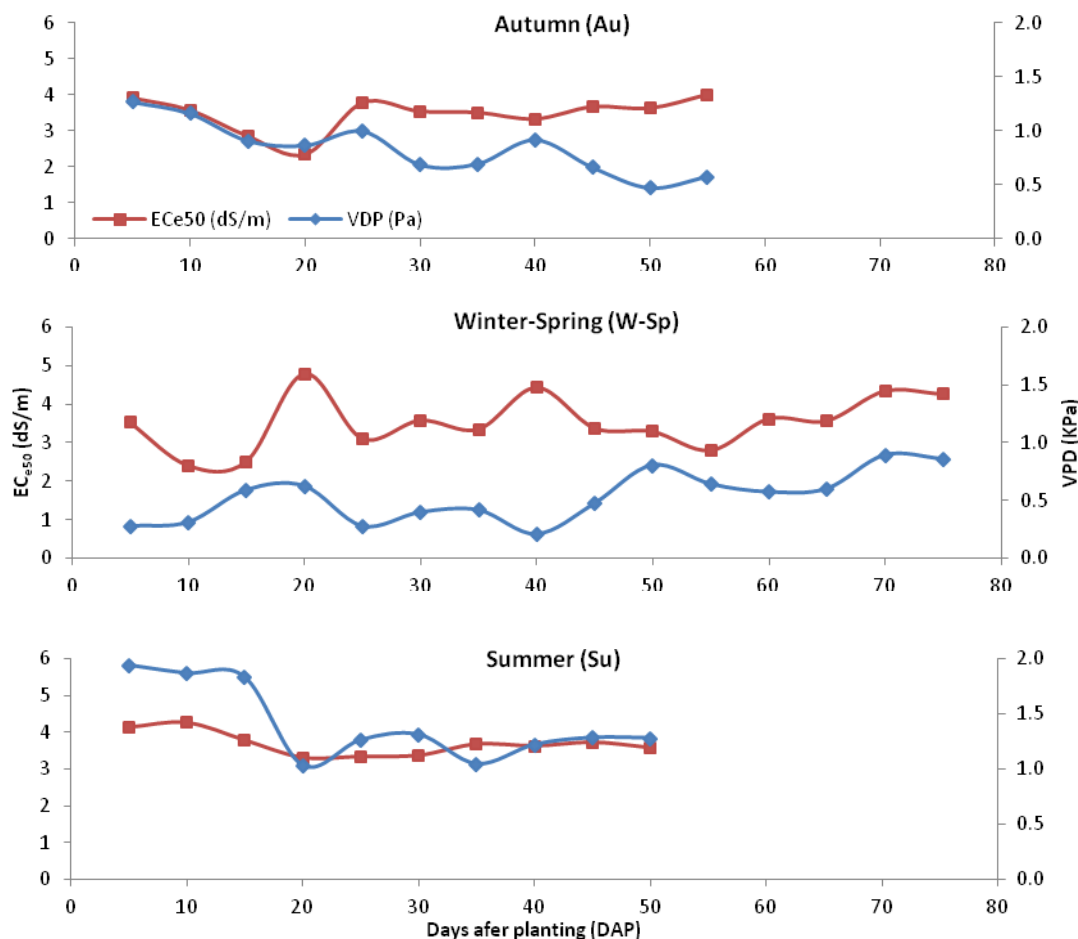


איור 21. אוופוטנספירציה ענתית יחסית. הסימנים מייצגים נתונים נמדדים. הקווים הם ההתאמה הטובה ביותר לנוסחת van Genuchten [2]. פרמטרים של הקווים מוצגים בטבלה 4.

טבלה 12. פרמטרים של נוסחת van Genuchten and Hoffman (1984) [1].

Season	EC _{e50}	P
Au	4.16	3.0
W-Sp	3.69	3.0
Su	3.51	3.7

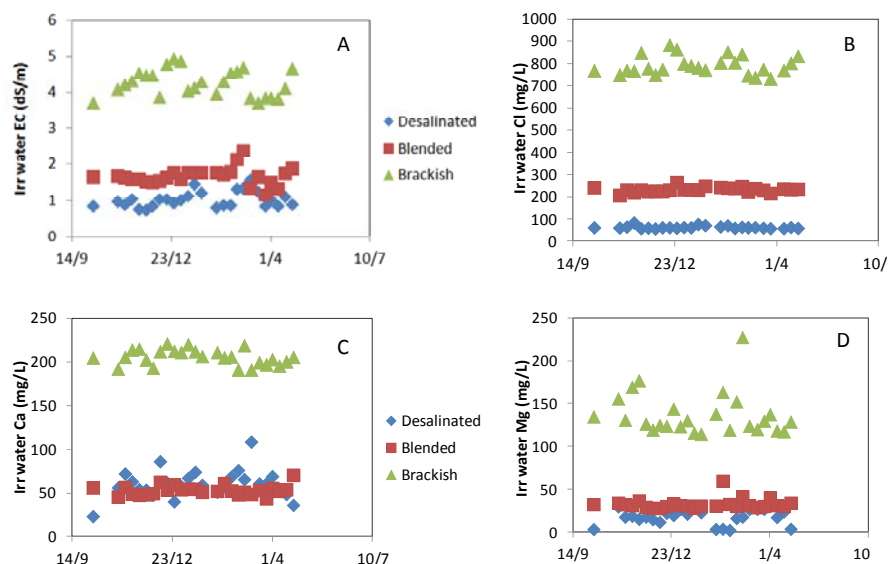
לאור ההבדלים בין העונות בחנו אם התגובה למליחות משתנה כפונקציה של תנאי מזג אוויר גם במשך העונות. נעשתה השוואת הממוצעים של EC_{e50} מנתונים של 5 ימים מחושב מנתוני האוופוטנספירציה וגם של ה-VPD בחממה. תוצאות לפי עונה מוצגות באיור 22. בגידול בסתיו ובחורף-אביב ה-EC_{e50} וה-VPD מתנהגים הפוך אחד מהשני. זאת אומרת כאשר ה-VPD עולה (דרישה יותר גבוהה למים) הערך של EC_{e50} יורד (רגישות למליחות גבוהה יותר). תופעה זו לא נצפתה בקיץ כאשר ה-VPD היה גבוה ודי קבוע לאורך כל העונה (איור 22).



איור 22. רגישות הצמחים למליחות (EC_{e50}) ו-VPD בחממה. ערכים חושבו למוצע של 5 ימים.

ניסוי חצי מסחרי בתחנת זוהר

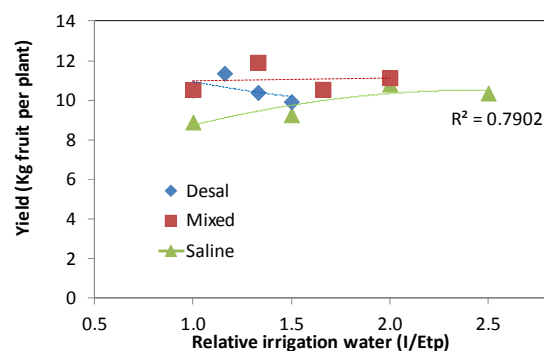
באיור 7 מוצגות תוצאות מוליכות החשמלית, ריכוז הכלורידים, ריכוז הסיידן וריכוז המגנזיום במי ההשקיה בניסוי בבית רשת בערבה. באופן כללי המגמות של מליחות המים נשמרו קבועות (איור 23). חלק מהסטיות ב-EC הינן תוצאות שונות של מדידה בשני מכשירי מדידה שונים. באופן כללי אפשר לראות שדישון מלא של מים המותפלים שמר על ריכוזי סידן ומגנזיום כמו במים המעורבבים אך היה עם ריכוז כלוריד ומוליכות חשמלית נמוכים (איור 23). ממוצע עונתי של איכות מי ההשקיה מוצגת בטבלה 13. היבול המסחרי המרבי של העגבניות הגיע לכ-12 קג/צמח (איור 24) וכ-25 טון/דונם (איור 25). באיור 25 אפשר לראות כי למרות שלא נמצא הבדל ביבול (פרי משוק) מירבי בין מים מותפלים ומים מערבבים היה אפשר להגיע לזה בשני שליש כמות המים. היבול המירבי במים מליחים היה נמוך בכ-15%. לא נמצאו הבדלים בין הטיפולים לגבי איכות הפרי.



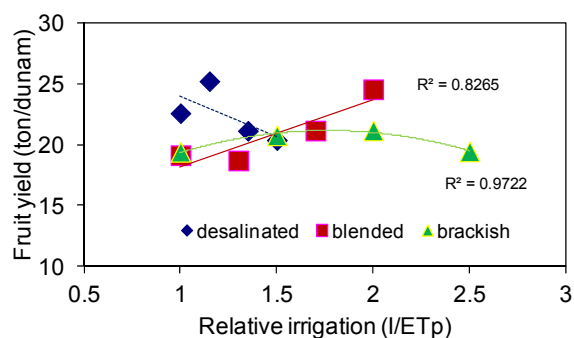
איור 23. מוליכות חשמלית (A), ריכוז כלורידים (B), ריכוז סידן (C) וריכוז מגנזיום (D) במי השקיה. ניסוי חצי מסחרי זהר.

טבלה 13. איכות מי ההשקיה ממוצע לעונה בניסוי חצי מסחרי.

	EC (dS/m)	pH	NH ₄	NO ₃	P	K	Ca	Mg	Cl	Na
Desalinated	1.04	5.23	1.16	4.70	0.30	2.16	0.75	0.76	1.76	1.62
Blended	1.69	6.59	1.25	5.14	0.39	4.37	0.66	1.37	6.56	4.62
Brackish	4.27	6.92	0.57	6.05	0.34	5.29	2.57	5.65	22.33	13.40



איור 24. יבול פרי ברמת הצמח כתלות מליחות מי השקיה ושיעור השקיה. דיגום של 2 צמחים מכל חלקה.

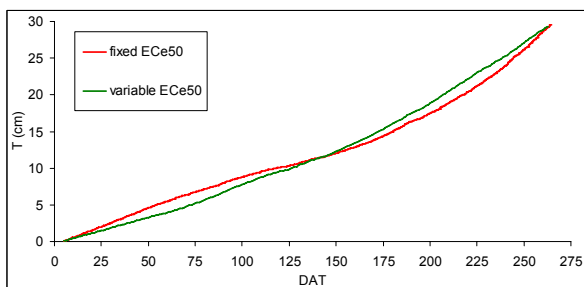


איור 25. יבול פרי ברמת החלקה כתלות מליחות מי השקיה ושיעור השקיה. קטיפת של חלקות שלמות.

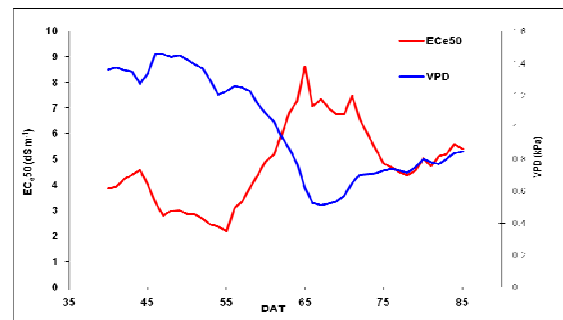
בדומה לעגבניות, חישובנו את פרמטר ה- EC_{e50} בנוסחה [1] בעזרת נתונים מניסוי הפלפל של 2009-2010 (ראה דו"ח שנתי 2009). נערכה השוואה בין ערכי EC_{e50} המחושב מנתוני טרנספירציה מ-8 טיפולי המליחות של תקופות של 10 ימים עם ממוצע ה-VPD של אותה התקופה בתוך החממה (איור 26). נמצאה קורלציה גבוהה בין ערכי EC_{e50} המשתנה ו-VPD.

$$EC_{e50} = -4.2VPD + 8.9 \quad (R^2=0.7). \quad [2]$$

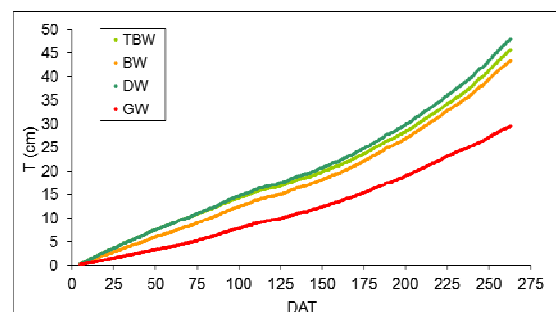
Maas and Hoffman (1977) (7) הדגישו כי עמידות למליחות היא יחסית לתנאי אקלים בהם הגידול נחשף ולפי זה פרמטרים של ירידות ביבולים מוכרחים להילקח בחשבון עבור כל קבוצה של תנאים בנפרד. בדרך כלל מתייחסים לקבוצה של תנאים לאלה של עונה שלמה אך שינויים אקלימיים במשך עונות יכולים לגרום לשינוי בעמידות/רגישות הגידול. באיור 27 מוצגת סימולציה של טרנספירציה של גידול פלפל המושקה במים מליחים בעונת החורף בערבה (הדמייה על ידי HYDRUS-1D). הקו האדום מדמה EC_{e50} קבוע והקו הירוק טרנספירציה הנובעת מ- EC_{e50} שמשתנה לאורך העונה לפי ה-VPD (נוסחה 2). זמינותם של סוגי מים שונים מאפשרת השקיה של מים באיכויות שונות בזמנים שונים. אפשר עקרונית לשנות את שיעור הערבוב בין מים מליחים ומותפלים בכל עת. באיור 28 מוצגת טרנספירציה מחושבת של גידול פלפל המושקה במים מליחים (GW), מעורבבים (BW) ומותפלים (DW) או מעורבבים-משתנים (TBW) כאשר ב-TBW ערך ה- EC_{e50} משתנה לפי משוואה 2 ומחושב בעזרת HYDRUS-1D. היחס בין סה"כ כמות מים עונתית מליחים ומותפלים שווה בין טיפולי BW ו-TBW. הטרנספירציה של טיפול ה-TBW היתה 25 מ"מ יותר מאשר של BW למרות של סה"כ מים מושקים היו שווים.



איור 27. חיזוי של טרנספירציה (T) של פלפל בערבה בגידול חורף המושקה במים מליחים עם פרמטר EC_{e50} קבוע או משתנה.



איור 26. פרמטר ה- EC_{e50} ו-VPD במשך תקופה של 50 יום. פלפל ליזימטרים גילת 2009.



איור 28. טרנספירציה של פלפל תחת שלוש מליחויות מי השקיה וטיפול של מליחות משתנה. סימולציה ב-HYDRUS-1D.

דיון - סיכום

כאמור, במחקר הנוכחי נלמדו 3 גידולים: פלפל, בזיל ועגבנייה. עיקר התוצאות של כל גידול נמצאים בדו"חות השנתיים. הוספת המינרלים החסרים למים מותפלים יכולה להיות ע"י דשן או ע"י ערבוב עם מים מליחים. תוצאות שהתקבלו עבור הגידולים השונים:

פלפל (שנה א)

מליחות תמיסת הקרקע של 6 דס"מ גרמה לירידה בכ-50% מערך טרנספירציה של פלפל. בהשוואה למים מליחים (EC 3.2 דס"מ), התקבלה עליה של 20% בהשקיה במים מותפלים מדושים עם השקיה בכמעט חצי מכמות המים. ניתן היה להגיע ליבולים דומים לאלה של מים מותפלים כאשר השקו במים מעורבבים (EC 1.5 דס"מ) וכך לחסוך בעלות דישון הסידן מגנזיום וגופרה אך זה חייב כ-50% יותר מי השקיה.

בזיל (שנה ב)

הבזיל בפועל נמצא עמיד למליחות. בהשקיה עד EC 3 דס"מ לא היתה השפעה של מליחות על גידול ביומסה. בסה"כ עונתי (3 מחזורי גידול) היה יבול משווק של כמעט 6 טון/דונם ללא הבדלים בין רמת איכות מי ההשקיה. בכל רמות המליחות התקבל יבול מירבי בהחזר השקיה של כ-1.2 מהאופוטורנספירציה. במים מליחים היה פחות ביומסה לא משווקת. בין מים מותפלים ומים מעורבבים לא נמצאו הבדלים.

עגבנייה (שנה ג)

מליחות תמיסת הקרקע של 3.8 דס"מ גרמה לירידה בכ-50% בשיעור טרנספירציה של עגבנייה. השקיה במים מותפלים או מעורבבים גרמה לעליה של כ-15% ביבול פרי משווק בהשוואה למים מליחים של EC 3.2 דס"מ. יבול מירבי התקבל בשיעורי שטיפה של כ-10% במים מותפלים וכ-50% במים מעורבבים או מים מליחים.

התייחסות לאקלים (צריכת המים היחסית) בהבנה של תגובות צמחים למליחות מי השקיה

פלפל

נמצאה קורלציה גבוהה בין EC_{e50} המשתנה ו-VPD. זאת אומרת כי הגידול מגיב חזק יותר למליחות מי ההשקיה ומליחות הקרקע כאשר דרישת האקלימית למים גבוהה יותר. נבנה מודל המאפשר התחשבות בעובדה זו בקבלת החלטות של ערבוב סוגי מים. אפשר ליעל את השימוש במים כאשר משקים במים יותר מליחים בעונות מתונות ופחות מליחים בעונות החמות יותר.

בזיל

לא נמצאו השפעות של מליחות עד EC 3.2 על גידול מסחרי של בזיל, ולא היו הבדלים באי התגובה כתלות העונה או האקלים. כן נמצאו הבדלים משמעותיים ביצור הבזיל בין העונות שהגיעו לכ-1 טון בסתיו (ספט-אוקט), 1.8 טון/דונם בחורף (ינואר-פבר) וכ-2.8 טון/דונם באביב (מאי-יוני).

עגבנייה

בקיץ הרגישות היחסית למליחות של עגבניות היתה גבוהה (EC_{e50} נמוך ו-P גבוהה) ובחורף היתה ונמוכה. בסתיו ובחורף-אביב כאשר ה-VPD עלה (דרישה יותר גבוהה מים) ערכי EC_{e50} ירדו (רגישות למליחות גבוהה יותר). תופעה זו לא נצפתה בקיץ כאשר ה-VPD היה גבוה ודי קבוע לאורך העונה.

- Ben-Gal A, Yermiyahu U. and Cohen S. (2009) Fertilization and blending alternatives for irrigation with desalinated water. J Environ Qual 38:529-536.
- Yermiyahu U. and Ben-Gal A. 2009. Agricultural ramifications of desalination in Israel. Agriculture and Environment in the Shadow of the Water Crisis. Volcani Center, Bet Dagan, p 10.
- Groenveld, T. 2010. The Effect of Salinity on Water and Nutrient Uptake. MSc Thesis Ben-Gurion University of the Negev. Albert Katz School for Desert Studies. Advisors: Naftali Lazarovitch and Alon Ben-Gal.
- Groenveld, T., and Lazarovitch, N. (2010) The effect of salinity on water and nutrient uptake: Field and model results. American Society of Agronomy Meetings in Long Beach, CA. Oct. 31 - Nov. 3, 2010. CD-ROM.
- Groenveld, T., Lazarovitch, N., Yermiyahu U. and Ben-Gal A. (2010) The effect of salinity on water and nutrient uptake: Field and model results. Drylands, Deserts and Desertification: The Route to Restoration Sede Boqer, Nov. 8-11, 2010.
- Groenveld, T., Lazarovitch, N., Yermiyahu U. and Ben-Gal A. (2010). The effect of climate on transpiration reduction due to salinity. The annual meeting of the Israeli Soil Science Society, Dec. 5, Bet-Dagan.
- Ben-Gal A and Yermiyahu U (2010) Considerations of desalinated water and irrigation: Horticultural, technological and environmental perspectives. 28th International Horticultural Congress, Lisbon Portugal. ISHS Abstracts Vol II. p 678.
- Lazarovitch N, **Groenveld T, Yermiyahu U and Ben-Gal A (2010) The effect of salinity on water and nutrient uptake: field and model results. ASA, CSSA, SSSA International Annual Meetings, Long Beach, Ca.
- Groenveld, T., Ben-Gal, A., Ityel, E., Yermiyahu, U., and Lazarovitch, N. (2011). Quantifying the effect of climate on root water uptake reduction due to salinity. American Society of Agronomy Meetings in San Antonio, TX, Oct. 16-19. 2011. CD-ROM.
- Ben-Gal A, Lazarovitch N, Cohen S, Groenveld T, Yermiyahu U. (2011) Irrigation with brackish water in protective houses. Negev Conference for Agricultural Research and Development. Yair Experimental Station, January P 10.
- Groenveld T, Lazarovitch N, Yermiyahu U, Ben-Gal A. (2011) Effect of climate on transpiration under conditions of salinity. Negev Conference for Agricultural Research and Development. Yair Experimental Station, P 24.
- Groenveld, T., Jacques, D., Ben-Gal, A., Yermiyahu, U. and Lazarovitch, N. (2012). Multicomponent variably-saturated transport model HP1 with active nutrient uptake by plant roots. Eurosoil 2012, 4th international congress, Bari, Italy, July. 2-6. 2012.
- Ben-Gal A and Yermiyahu U., (2012). Irrigation with desalinated water: agronomic and environmental implications. Israeli Society for Ecology and Environmental Sciences. Tel Aviv, 16-18, 10.
- Silva, M. (2012) Effects of salinity stress, season and irrigation regime on root water and nutrient uptake, growth, yield, and fruit quality of tomato. MSc Thesis, The Hebrew University of Jerusalem, Faculty of Agriculture. Advisors: Alon Ben-Gal and Uri Yermiyahu.
- Groenveld, T. Lazarovitch, N., Yermiyahu, U., Ben-Gal A. 201X. Climate determined relative sensitivity of plants to salinity: quantification and simulation. Vadose Zone J. submitted.

בן-גל א, לזרוביץ נ, כהן ש, ירמיהו א. 2011, מים מותפלים: לחוסף דשן או לערבב עם מים מליחים? מים והשקיה, 18-22, 514

- 1) van Genuchten, M.Th. and G.J. Hoffman. 1984. Analysis of crop salt tolerance data. In: Shainberg, I. and Shalhevet, J. (Eds.), Soil Salinity under Irrigation, Ecological Studies, Springer Verlag, Berlin. 51:258-271.
- 2) van Genuchten, M.Th., and S.K. Gupta. 1993. A reassessment of the crop salt tolerance response function. J. Indian Soc. Soil Sci., 41(4):730-737.
- 3) Steppuhn, H., M. Th. van Genuchten, and C. M. Grieve. 2005. Root-zone salinity: I. Selecting a product–yield index and response function for crop tolerance. Crop Sci. 45:209–220.
- 4) Lazarovitch, N., Ben-Gal A., and Shani U. 2006. An automated rotating lysimeter system for greenhouse evapotranspiration studies. Vadose Zone Journal. 5:801-804.
- 5) 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.
- 6) Ben-Gal A, Ityel E, Dudley L., Cohen S, Yermiyahu U, Presnov E, Zigmond L and Shani U. 2008. Effect of irrigation water salinity on transpiration and on leaching requirements: A case study for bell peppers. Agric. Water Manag. doi:10.1016/j.agwat.2007.12.008.
- 7) Maas, E.V. and G.J. Hoffman. 1977. Crop salt tolerance: An evaluation of existing data. J.Irrig. and Drainage Div. ASCE 103:115-134.

סיכום עם שאלות מנחות

מטרות המחקר תוך התייחסות לתוכנית העבודה.
מטרת המחקר היתה לבחון את הגישות השונות באספקת המינרלים החסרים לצמח (ערבוב או הוספת דשנים) המושקה במים מותפלים. מטרות ייחודיות של המחקר היו: א. כימות היתרונות והחסרונות של ערבוב מים מותפלים עם מים מליחים מבחינת גידול צמחי פלפל, בזיל ועגבנייה וזיהום הסביבה. ב. התאמה ובחינה של תהליכים במודלים המשלבים זרימת מים והסעת מלחים ברצף קרקע, צמח ואטמוספירה להערכת היבול ונזקי סביבה כתלות באיכות והרכב מי ההשקיה. ג. בחינת היחסים בין מינרלים חיוביים ושלייליים בקליטה על ידי הצמח ובהצטברות בצמח. ד. לבחון את רגישות תגובות הגידולים למליחות מי השקיה כתלות תנאי אקלים.
עיקרי התוצאות.
בעונת 2009-2010 בוצעו ניסויים בפלפל. בעונת 2010-2011 בוצעו שני ניסויים בבזיל. בעונת 2011-2012 בוצעו ניסויים בעגבנייה. הניסויים בוצעו במערכת של 24 ליזימטרים בחממה בגילת וב-12 ליזימטרים ובחלקות שדה בחממה חצי מסחרית בתחנת זוהר שבערבה הצפונית. הבזיל נמצא עמיד מאוד למליחות ופלפל ועגבנייה די רגישים. בהשקיה עם מים מליחים ועם מים מעורבים ניתן לקבל יבולים השווים לאלה שגדלו עם מים מותפלים מדושנים אך זאת רק כאשר מעלים את מנת ההשקיה מ-20% עד 50%. תגובת פלפל ועגבנייה למליחות היתה בשיעור גבוה יותר כאשר צריכת המים (דרישה האקלימית) היתה גבוהה יותר. בעזרת קביעת היחסים בין VPD בחממה לרגישות היחסית של הגידולים למליחות, ניתן ליעל את השימוש במים. זאת על ידי השקיה במים מליחים יותר בעונות מתונות ושינוי למים בעלי מליחות נמוכה יותר בעונות חמות.
מסקנות מדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו. האם הושגו מטרות המחקר לתקופת הדוח?
מטרות המחקר הושגו. העברה ממים מליחים למים מותפלים מעלה יבולים ומוריד השלכות סביבתיות שליליות. השקיה עם מים מעורבים שומרת על יבולים שווים לאלה עם מים מותפלים מדושנים אך רק כאשר מעלים משטרי ההשקיה ביותר מ-20%. העלות הסביבתית של עליות במנות השקיה כאשר מליחות המים עולה מ 0.4 ל 1.35 דס"מ היא משמעותית כי היא גרמה להעמסה של פי חמש יותר מלחים לתוך הקרקע ועלייה במלחים שידלפו מתחת לבית השורשים.
בעיות שונות לפתרון ו/או שינויים (טכנולוגיים, שיווקיים ואחרים) שחלו במהלך העבודה; התייחסות המשך המחקר לגביהן, האם יושגו מטרות המחקר בתקופה שנוותרה לביצוע תוכנית המחקר?
הפצת הידע שנוצר בתקופת הדו"ח: פרסומים בכתב - ציטט ביבליוגרפי כמקובל בפרסום מאמר מדעי;
Ben-Gal A. Yermiyahu U. and Cohen S. (2009) Fertilization and blending alternatives for irrigation with desalinated water. J Environ Qual 38:529-536. Groenveld, T. Lazarovitch, N., Yermiyahu, U., Ben-Gal A. 201X. Climate determined relative sensitivity of plants to salinity: quantification and simulation. Vadose Zone J. submitted. בן-גל א, לזרוביץ ג, כהן ש, ירמיהו א. 2011, מים מותפלים: להוסיף דשן או לערבב עם מים מליחים? מים והשקיה, 514, 18-22
סטודנטים המנהלים חלק של הניסויים, טום גרונבלד ומירים סילבה, הציגו את הפרויקט בפורמים ישראליים ובין לאומיים. (ראו רשימה).
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 הנוכחי? - לא –