

דו"ח שנתי לתכנית מחקר: 10-0632-301, מוגש לקרן המדען הראשי במשרד החקלאות

חיסכון במים להשקיה כתוצאה משימוש במים מותפלים: בננות בעמק הירדן כגידול מודל

Reduced irrigation doses following desalinisation: bananas as a model

צוות המחקר: אבנר זילבר, שמואל אסולין, אירית לבקוביץ, שבתאי כהן - המכון למדעי הקרקע, המים והסביבה, מנהל המחקר החקלאי; אור שפירא - מו"פ צפון, יאיר ישראלי, ג'ורג' חודי-צמח ניסיונות, יובל לוי - שה"מ, אלקנה בן-ישר - מו"פ צפון.

Avner Silber - Institute of Soil, Water and Environmental Sciences, The Volcani Center, P.O. Box 6, Bet Dagan 50250. E-mail: avnsil@volcani.agri.gov.il

Shmuel Assouline - Institute of Soil, Water and Environmental Sciences, The Volcani Center, P.O. Box 6, Bet Dagan 50250. E-mail: vwshmuel@agri.gov.il

Shabtai Cohen - Institute of Soil, Water and Environmental Sciences, The Volcani Center, P.O. Box 6, Bet Dagan 50250. E-mail: vwshep@volcani.agri.gov.il

Yair Israeli - Northern R&D: P.O. Box 90000 Rosh Pina 12100, E-mail: yairi@zemach.co.il

Elkana Ben-Yashar - Northern R&D: P.O. Box 90000 Rosh Pina 12100, E-mail: Elkanabn@migal.org.il

הממצאים בדו"ח זה הינם תוצאות ניסויים ואינם מהווים המלצות לחקלאים
חתימת החוקר:

תוכן עניינים

3	.....	תקציר
3	.....	הצגת הבעיה
3	.....	מטרות המחקר
3	.....	שיטות העבודה
3	.....	תוצאות עיקריות
4	.....	מבוא
6	.....	מטרות המחקר
6	.....	שיטות וחומרים
6	.....	תוצאות עיקריות
6	.....	הרכב יסודות מזון ומלחים בקרקע
7	.....	השפעת הטיפולים על תולכת הפיוניות ועל ריכוז יסודות המזון בעלים
8	.....	יבול
8	.....	דיון
8	.....	תכניות לשנים הבאות:
9	.....	רשימת ספרות
11	.....	נספחים

תקציר

הצגת הבעיה

השקיה בטפטוף מביאה להקטנת נפח בית השורשים האפקטיבי ולהצטברות מלחים בשולי האזור המורטב. הדמיות שנעשו לאחרונה הצביעו בבירור כי נפח בית השורשים האפקטיבי ירד משמעותית עם העלייה במליחות של מי ההשקיה. מכאן, שימוש במים מליחים עלול להביא לפגיעה עקיפה ביבול בגלל צמצום נפח בית השורשים הפעיל. מי הכינרת נחשבים בישראל ל"מים שפירים" אולם, תכולת המלחים (בעיקר כלוריד ונתרן) במים אלו גבוהה מהרמה הנדרשת לרוב הצמחים החקלאיים ולכן יש להתייחס אליהם כמים מליחים (בהגדרה זו נשתמש לתיאור מי השקיה המאופיינים בתכולת מלחים גבוהה מדרישות הצמח). גם מליחות מי אקויפר החוף עולה בהתמדה בשנים האחרונות ומתקרבת לרמת המליחות של מי הכנרת.

מטרות המחקר

המטרה הכללית של המחקר היתה לבחון את האפשרות של חיסכון משמעותי בכמויות המים להשקיה ע"י מעבר לשימוש במים ברמת מליחות נמוכה: מים מזוככים בתוספת דשן. המטרות הייחודיות היו: (א) לימוד התגובה של צמחי בננות הגדלים בעמק הירדן בשטח פתוח ובבית רשת לאיכות שני מקורות מי ההשקיה (כינרת ומים מזוככים) ובחינת מקדם ההדחה (LR) הנדרש לכל אחד מהם; ו-(ב) לימוד השפעת הגומלין בין איכות המים ומקדם ההדחה על הצטברות ופרוס מלחים בנפח בית השורשים.

שיטות העבודה

המחקר מתבצע בחוות הבננות בצמח, עמק הירדן. בשנת 2009 הוכנה התשתית לניסוי ונרכשה מערכת זיכוך המים. בניסוי נבחנה התגובה של בננה לאיכות המים (מי כינרת בהשוואה למים מזוככים) ולמנת המים בשטח פתוח ובבית רשת (רשת לבנה "שקופה", 13-15 אחוז צל). הניסוי כולל 8 טיפולים: 2 טיפולי מים (מי כינרת ומים מזוככים) X 4 מנות מים שהשתנו במהלך העונה כמקובל באזור. כל טיפול כלל 8 חזרות בשטח הפתוח ו-6 חזרות בבית הרשת, כשבכל אחת מהן בית אחד. השתילה הייתה באביב 2010 (2 שתילי בננה בכל בית).

תוצאות עיקריות

שימוש במים מזוככים הביא לירידה משמעותית בריכוזי הכלור, הנתרן והמוליכות החשמלית של תמיסת הקרקע. השפעת סוג המים הייתה מובהקת גם בקרקע ללא צמח אך הייתה משמעותית יותר בנוכחות צמחים. הריכוזים של יסודות המזון בעלים (אימא ונצר) במהלך הניסוי הושפעו בעיקר מסוג המים (כינרת ומזוככים) והכיסוי (שטח פתוח לעומת בית רשת) ולא ממנת המים. מקור המים (כינרת ומזוככים), מנות המים והכיסוי (שטח פתוח ובית רשת) השפיעו על תולכת הפיוניות במהלך עונת הקיץ. השקיה במים מזוככים הביאה לשיפור משמעותי במשק המים בצמח ובעקבות זאת, לשיפור הצימוח הווגטיבי (קוטר גזעול, גובה צמח, שטח עלה מייצג, היקף שזרה ומספר אצבעות באשכול) של צמחים במהלך כל עונת הגידול. יכול השנה הראשונה הושפע באופן מובהק (סטטיסטי) ממנת המים, מקור המים ומהכיסוי. השקיה במים מזוככים הביאה לעליה מובהקת בכל מרכיבי היבול (משקל אשכול, משקל ואורך אצבע), בכל מנות המים אולם הייתה יותר מובהקת במנות המים הנמוכות. הפחתת מנת המים ל-60% מהמקובל באזור הביאה לפגיעה של 20% ושל 12% ביבול של הצמחים שהושקו במי כינרת בשטח פתוח ובבית רשת, בהתאמה. לעומת זאת, צמחים שהושקו במנה זהה של מים מזוככים הניבו יכול דומה לזה של צמחים שהושקו במנה מלאה של מי כינרת. מכאן, השקיה במים מזוככים הביאה לחיסכון של 40% ממנת המים.

מבוא

עלייה במליחות גורמת לעלייה במתח האוסמוטי של התמיסה ולכן הנזק ממליחות גבוהה מתבטא בפגיעה בקליטת המים על ידי השורשים המביאה לירידה בדיות ובפוטוסינתזה. להוציא מקרים של פגיעה ייחודית בגידול בגלל הרעלה של יונים (כגון בורון, כלור או נתרן), או הפרעה בקליטה של יסודות מזון (1) מקובל כי תגובת צמחים לעקת מליחות דומה או אף זהה לעקת מים (2) וכי עקת מים ומלח הן מצטברות (additive) (3, 4). מכאן, עלייה בתכולת המים בבית השורשים שתביא להפחתה במתח המטריצי בקרקע עשויה למנוע ו\או להקטין את הנזק הנגרם לגידולים חקלאיים בעקבות השימוש במים מליחים. הנחה זו נכונה כל עוד תכולת המלחים בתמיסת בית השורשים לא עברה סף קריטי ייחודי לגידול (5). אולם, לא בכל המקרים ניתן היה למנוע את הנזק הנגרם ליבול כתוצאה ממליחות גבוהה של מי ההשקיה באמצעות הקטנת הפוטנציאל המטריצי בקרקע (6) וההנחה כי ניתן לפצות על כל הנזק ממליחות באמצעות הגדלת מנת ההשקיה איננה תמיד מקובלת (7, 8, 9). כאשר תכולת המלחים במי ההשקיה גבוהה מהרמה הנדרשת לצמחים, אזי בנוסף ליחסי הגומלין בין מליחות לתכולת הרטיבות בקרקע שנידונה לעיל, יש להשקות במנת מים גבוהה מהדיות על מנת למנוע הצטברות מלחים בבית השורשים (10). בדרך כלל נהוג לחשב את מקדם השטיפה המינימלי (LR) הנדרש לשמירת תכולת מלחים (בבית השורשים) מתחת לערך קריטי האופייני לגידול כדלהלן (11):

$$LR = EC_w / (5 \times EC_e - EC_w)$$

[1]

EC_w ו EC_e – מוליכות חשמלית של מי ההשקיה ושל תמיסת הקרקע, בהתאמה ($dS m^{-1}$).

משוואה [1] היא פשטנית מאוד ולכן נוחה לשימוש. אולם, היא איננה כוללת מרכיבים חשובים המשפיעים על מקדם השטיפה כגון: תכונות הקרקע, תנאי אקלים ואינטראקציות ייחודיות לסוג הגידול (7, 8, 9, 12). שימוש ממושך במים בעלי SAR גבוה מעלה את ה-ESP של הקרקע. כתוצאה מכך שימוש במים ב- EC נמוך (בעונת הגשמים למשל) גורם לפגיעה בתכונות ההידראוליות של הקרקע המתבטאות בירידה משמעותית של המוליכות ההידראולית (13). השקיה בטפטוף מביאה להקטנה משמעותית בנפח בית השורשים האפקטיבי (14, 15) ולהצטברות מלחים בשולי האזור המורטב (16). התלות בין מליחות מי ההשקיה (טפטוף, בשתי רמות שטיפה (LR): 1.4 ו-2) לבין הנפח האפקטיבי (נפח בו

מתבצעת 90 אחוז מקליטת המים ויסודות מזון

של הצמח) של בית השורשים של גידול בוחן

(תירס) נבחנה לאחרונה בהדמיה נומרית (18)

והיא מוצגת באיור 1. ההדמיה מצביעה בבירור

כי נפח בית השורשים האפקטיבי יורד

משמעותית עם העלייה במליחות של מי

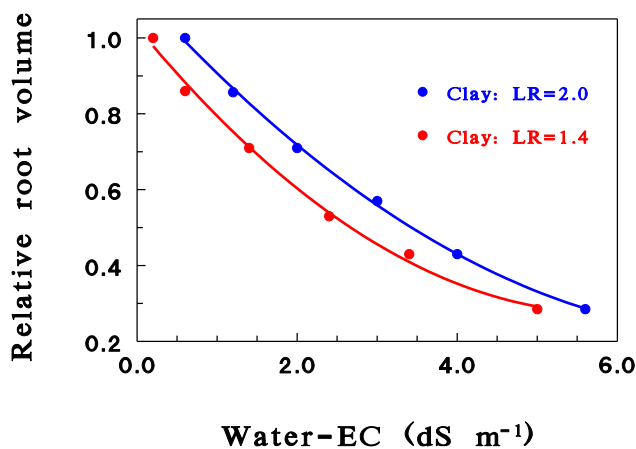
ההשקיה והיא מצביעה בבירור כי שימוש במים

מליחים עלול להביא לפגיעה עקיפה ביבול

בגלל צמצום נפח בית השורשים הפעיל. זאת

בנוסף להשפעות השליליות של מליחות על

היבול שפורטו לעיל.



איור 1. התלות בין נפח בית השורשים האפקטיבי לבין המוליכות החשמלית של תמיסת ההשקיה, הדמיה באמצעות מודל

Russo et al. (2009)

מי הכינרת נחשבים בישראל ל"מים שפירים" אולם, תכולת המלחים (בעיקר כלוריד ונתרן) במים אלו גבוהה מהרמה הנדרשת לרוב הצמחים החקלאיים ולכן יש להתייחס אליהם כמים מליחים (בהגדרה זו נשתמש לתיאור מי השקיה המאופיינים בתכולת מלחים גבוהה מדרישות הצמח). גם מליחות מי אקויפר החוף עולה בהתמדה בשנים האחרונות ומתקרבת לרמת המליחות של מי כנרת. מכאן, בחינת החלופות להדחת מלחים מבית השורשים של צמחים המושקים ב"מים שפירים" אשר ריכוז הכלוריד הוא כ- 300 ח"מ מעוררת עניין רב. בניסוי ליזימטרים בבנות המושקות במי כינרת שנערך בצמח (עמק הירדן) נמצא כי עלייה במנת ההדחה מ-1.3 ל-1.7 (מנת מים שנתית מחולקת באופוטורנספירציה) הביאה לעלייה מובהקת ביבול (18, 19). בשנה הראשונה לניסוי לא היתה השפעה לטיפולים על צריכת המים של הצמחים (אופוטורנספירציה) אך בשנה השנייה חלה ירידה משמעותית בתצרוכת המים של צמחים שהושקו בשיעור הדחה נמוך, כנראה בגלל עלייה במתח האוסמוטי של תמיסת הקרקע כתוצאה מהדחה לא מספקת של המלחים (19). מנת מים של בנות בשטח פתוח בעמק הירדן היא כ-2200 מ"ק לדונם לשנה ולכן אם נניח מקדמי שטיפה של 1.8 אזי כ-1000 מ"ק לדונם לשנה מיושמים על מנת לשמור על מאזן המלח בבית השורשים ולא לדיות הצמחים. כמות גבוהה זו של מים דולפת אל מתחת לבית השורשים ומדיחה כמויות גדולות של מומסים מכל הסוגים (כולל מזהמים) לעבר מי התהום. בשנים האחרונות החלו לגדל בנות בבתי רשת, בעיקר כדי לצמצם את צריכת המים של הגידול. נמצא כי חיפוי בנה ברשת לבנה "שקופה" (13-15 אחוז צל) הקטין את ההתאידות מגיית שהוצבה בגובה הנוף לערך השווה ל- 60% בקירוב מזה המתקבל מגיית בשדה פתוח. הפחתה של מנת המים במטע המחופה ב- 30% מהמנה המקובלת בעמק הירדן במטע חשוף, לא גרמה לפיגור מובהק בפריחה, לא הפחיתה את היבול ולא פגעה בגודל הפרי (20). בחינת נתוני טנאי וחובריו (2008) מראה כי צמצום מנות ההשקיה הנובע מהפחתת גירעון המים האטמוספרי בבית הרשת לא השפיע על גודל מנת השטיפה הנדרשת, הדומה לזו הדרושה בשטח פתוח. מכאן, למרות הצמצום המשמעותי במנות ההשקיה לבנות בבתי רשת עדיין נדרשים כ-800-900 מ"ק מים לדונם לשנה על מנת לשמור על מאזן המלח בבית השורשים. ראוי לציין כי היבול היחסי בטיפול שהושקה במנת המים הנמוכה ביותר (מקדם הדחה נמוך) ירד במהלך שלושת השנים של הניסוי, כנראה בגלל תהליכי המלחה של הקרקע.

הנתונים המובאים לעיל מצביעים כי כ-30 עד 50 אחוז ממנת המים הניתנת לבנות ולגידולים חקלאיים נוספים המושקים במי הכינרת נדרשים להדחת מלחים מבית השורשים וכי הדחה לא מספקת גרמה לפחיתה משמעותית ביבול (איורים 3 ו-4 עבור בנות) כנראה בגלל הצטברות מלחים. דהיינו, דרישת המים של גידולים חקלאיים מורכבת משני מרכיבים בסיסיים עיקריים: (א) דיות; ו-(ב) הדחה ושמירת מאזן מלח בבית שורשים. הקטנה של הדיות ניתנת להשגה באמצעות בתי רשת המקטינים את גרעון המים האטמוספרי (VPD) ו/או אמצעים אחרים המיושמים בהצלחה רבה בשטחים המסחריים ואילו את כמות המים המודחים מבית השורשים ניתן להקטין רק על ידי השקיה במים באיכות גבוהה יותר, דהיינו מים מזוככים. סביר להניח כי בנוסף לחיסכון במי ההשקיה יביא השימוש במים באיכות גבוהה גם לשיפור ביבול ובאיכות התוצרת, כפי שנמצא לאחרונה באזור הדרום בעקבות השימוש במים באיכות גבוהה (ערבוב של מים מותפלים מהמתקן באשקלון עם מי מוביל). בנוסף לחיסכון במים ובשיפור היבול ו/או איכותו, להשקיה במים באיכות גבוהה השפעה חיובית על הקרקע והסביבה. ניתן לשקם קרקעות נתרניות ע"י שטיפה במים ברמת מליחות נמוכה במידה וקיימת כמות מספיקה של גיר בקרקע או שניתן להוסיף גבס לקרקע או שטיפה ע"י מיהולים סדרתיים של מים מליחים עד לשטיפה במים במליחות נמוכה במידה ואין גיר בקרקע. שיפור איכות המים להשקיה והקטנת מנות המים הנלוות לכך תפחית את עומס המלחים בבית השורשים ותקטין את השטיפה לעומק הגורמת במקרים רבים להמלחה מואצת של האקויפרים, ובעיקר אקויפר החוף (21).

מטרות המחקר

המטרה הכללית של המחקר המוצע היא לבחון אפשרות של היסכון משמעותי בכמויות המים להשקיה ע"י מעבר לשימוש במים ברמת מליחות נמוכה (מים מותפלים בתוספת דשן). המטרות הייחודיות הן: (א) תגובת צמחי בננות הגדלים בעמק הירדן בשטח פתוח ובבית רשת לאיכות שני מקורות מי ההשקיה (כינרת ומים מותפלים) ובחינת מקדם ההדחה (LR) הנדרש לכל אחד מהם; ו – (ב) השפעת הגומלין בין איכות המים ומקדם ההדחה על הצטברות ופרוס מלחים בנפח בית השורשים.

שיטות וחומרים

המחקר התבצע בחוות הבננות בצמח, עמק הירדן. בניסוי נבחנה התגובה של בננה לאיכות המים (מי כינרת בהשוואה למים מזוככים) ולמנת המים בשטח פתוח ובבית רשת (רשת לבנה "שקופה", 13-15 אחוז צל). הניסוי כולל 8 טיפולים: 2 טיפולי מים (מי כינרת ומים מזוככים) 4×4 מנות מים. מנות המים בשטח הפתוח היו 1010, 1330, 1720 ו-855 מ"ק לדונם לשנה ואילו בבית הרשת המנות הן 725, 900, 1180 ו-590 מ"ק לדונם שחולקו במהלך העונה כמקובל באזור. כל טיפול כלל 8 חזרות שבכל אחת מהן בית אחד. מרווחי השתילה בין הבתים הן 3.5×3.5 מטר. הבתים הופרדו על ידי מחיצת פוליאתילן שהוחזרה לקרקע לעומק 1.2 מ' למניעת מעבר שורשים בין הבתים, כך שכל בית מהווה יחידה נפרדת. 2 שתילי בננה (Grand Nain C.V., Cavendish subgroup, AAA) ממקור של תרבית רקמה נשתלו בכל בית באביב 2010. הטיפול בצמחים היה כמקובל בשטחים מסחריים. ההשקיה היתה בטפטוף (8 טפטפות של 2.3 ל"שעה שהונחו בטבעת מסביב לצמחים שבבית). ריכוז יסודות המזון בתמיסות הדישון היה אחיד, שמשמעותו, מנת הדשן לטיפולים שהושקו במנת מים מופחתת הוקטנה בהתאם. בשנת 2011 נשנה מדיניות זו ונדשן במנות קבועות שמשמעותן, מנת הדשן לכל הטיפולים תהיה שווה. סידן ומגנזיום הוספו לצמחים שהושקו במים מזוככים (גבס טחון ממחצבת גשר ותחמוצת מגנזיום מתוצרת פרוקלאס ים המלח בע"מ). מוליכות חשמלית של תמיסת הקרקע, ה-pH והרכב יונים בעיסה הרוויה נבדקו בסוף עונת ההשקיה (6 אוקטובר 2010) מכל חזרה בשטח הפתוח ובבית הרשת (4 עומקים: 10, 30, 60 ו-100 ס"מ; מתחת לטפטפת ובמרחק 20 ו-50 ס"מ מהטפטפת). השפעת הטיפולים על מדדים צמחיים כגון פוטנציאל מים בעלים ובגזע, מוליכות פיוניות, פוטוסינתזה נבדקו במהלך העונה ונתונים אקלימיים נמדדו בתחנה סמוכה לשטח הניסוי. נערך מעקב מפורט אחר הגידול הוגטיבי וההנבה (פירוט אצל 18, 19). העלים נדגמו לבחינת ההרכב המינרלי באמהות בפריחה בקיץ ובנצרים בסתיו בפריחה בקיץ ובסתיו (כמקובל). בנוסף, נערך מעקב רציף אחר השינויים במספר העלים ובשטחם ומאזן צבירת חומר יבש בחלקי הצמח השונים והרכבם המינרלי.

תוצאות עיקריות

הרכב יסודות מזון ומלחים בקרקע

בדיקת הרכב יסודות המזון ומלחים בשלוש שכבות (0-30, 31-60 ו-61-90 ס"מ) של הקרקע בוצעה בסוף עונת הקיץ (6 אוקטובר 2010). השקיה במים מזוככים הביא לירידה משמעותית בריכוזי הכלור, הנתרן והמוליכות החשמלית של תמיסת הקרקע (נספח א', איורים 1, 2 ו-3 בהתאמה). השפעת סוג המים הייתה מובהקת גם בקרקע ללא צמח (No plant) אך הייתה משמעותית יותר בנוכחות צמחים (נספח א', איורים 1-3). ריכוזי המגנזיום בקרקע (בשכבת הקרקע העליונה ללא נוכחות צמחים, ובשתי השכבות התחתונות בנוכחות צמחים, בשטח פתוח ובבית רשת) ירדו בעקבות השימוש במים מזוככים (נספח א', איור 4). שימוש במים מזוככים הביא גם לירידה בריכוזי הסידן בבית רשת (מ-39.6 ל-33.7 מ"ג לליטר, בהתאמה). בעקבות ההידלדלות של סידן ומגנזיום בקרקע הוספו לחלקות שהושקו במים מזוככים

כמויות נוספות של גבס טחון (מחצבת גשר) ותחמוצת מגניון (תוצרת פרוקלאס ים המלח בע"מ). השפעת מנות המים על ריכוזי הנתרן, הכלור והמוליכות החשמלית של התמיסה היתה מובהקת רק במי הכינרת. ריכוזי הנתרן בתמיסת הקרקע של השכבה העליונה היו גבוהים בכ-50% מריכוזם בקרקע ללא צמחים במנות השקיה נמוכות והם ירדו בעקבות העלייה במנות המים עד לריכוז של 70 מ"ג לליטר, הגבוה רק במקצת מהערך שנמצא בקרקע ללא צמח (נספח א', השוואה בין איור 2 לאיור 5). בשכבת הקרקע האמצעית נמצאה מגמה דומה, ז.א., ריכוזי נתרן גבוהים במנות מים נמוכות וירידה הדרגתית בעקבות העלייה במנות המים. כללית, ניתן היה לתאר את הקשר בין ריכוזי הנתרן בתמיסת הקרקע של שתי השכבות העליונות באמצעות עקום קוי (נספח א', איור 5). ריכוזי הנתרן בתמיסת הקרקע בבית הרשת נמצאו בהתאמה למגמה שנמצאה בשטח הפתוח דהיינו, הפחתה במנת המים הביאה לעלייה בריכוזי הנתרן בתמיסת הקרקע. לעומת זאת, העקומה המתארת את ריכוזי הנתרן בשכבה התחתונה הייתה עקומת פעמון (נספח א', איור 5), דהיינו, ריכוזים נמוכים במנות מים נמוכות, עלייה לערך מירבי במנות השקיה בינוניות וירידה לריכוז הדומה לריכוז בקרקע ללא צמח במנות מים גבוהות. עקום הפעמון והעובדה כי לא הצטבר נתרן בשכבת הקרקע התחתונה (במנת המים הנמוכה) מלמדת כי מערכת השורשים לא הגיעה לשכבה זו. ריכוזי הנתרן בחלקות שהושקו במים מזוככים היו 25.0 ± 3.5 ו- 26.0 ± 3.6 מ"ג ל-¹ בשטח פתוח ובבית רשת, בהתאמה, והם לא הושפעו (סטטיסטית) ממנת המים או מעומק השכבה. מנות ההשקיה (במי כינרת בלבד) השפיעו על ריכוזי הכלור בתמיסת הקרקע, אולם בשונה מריכוזי הנתרן, ריכוזי הכלור היו מירביים בשכבת הקרקע האמצעית (נספח א', איור 6). כלור כמעט ואינו נספח לקרקע (בשונה מנתרן) ולכן ריכוזי הכלור המירביים בשכבה האמצעית מלמדים (אולי) על שטיפה מהשכבה העליונה מחד, ולהצטברות כתוצאה מקליטת מים מירבית ע"י מערכת השורשים מאידך. בחינה ישירה של השפעת טיפולי ההשקיה על פירוס מערכת השורשים בקרקע מתוכננת לביצוע בחודש יולי 2011. ריכוזי הכלור בחלקות שהושקו במים מזוככים היו 10.2 ± 1.5 ו- 12.5 ± 2.0 מ"ג ל-¹ בשטח פתוח ובבית רשת, בהתאמה, והם לא הושפעו (סטטיסטית) ממנת המים או מעומק השכבה. השקיה במים מזוככים הביאה לעלייה בריכוזי הזרחן בתמיסת הקרקע של שתי השכבות התחתונות בשטח פתוח ובבית רשת (מ-0.58 ל-0.62 ומ-0.39 ל-0.54 מ"ג לליטר, בהתאמה). ההשפעה של סוג המים על יסודות אחרים בתמיסת הקרקע הייתה זניחה. ריכוזי החנקן, הזרחן והאשלגן היו גבוהים יותר בשכבה העליונה והם ירדו (מובהק סטטיסטית) עם העומק. ריכוזי החנקן, הזרחן והאשלגן בשכבה העליונה, האמצעית והתחתונה היו 2.5, 5.7 ו-1.6 מ"ג לליטר, 0.85, 0.60 ו-0.2 מ"ג לליטר, 3.5, 6.0 ו-2.0 מ"ג לליטר, בהתאמה.

השפעת הטיפולים על תולכת הפיוניות ועל ריכוז יסודות המזון בעלים

לטיפולי ההשקיה (סוג ומנת המים) במהלך הקיץ ועד לפריחה (תחילת פריחה באתריך 5 ספטמבר 2010) הייתה השפעה מובהקת על תולכת הפיוניות בעלי האמהות, בשטח הפתוח ובבית הרשת (נספח ב', איורים 7, 8). השפעת הטיפולים (סוג ומנת מים) על תולכת הפיוניות לאחר הפריחה הייתה לא מובהקת (נספח ב', איור 9). ראוי לציון כי תולכת הפיוניות בעלי האמהות מכל הטיפולים לאחר הפריחה ירדה מאוד ובמקביל, עלתה התולכה בעלי הנצר (נספח ב' איור 9). ממצא זה הוא תוצאה של הזדקנות עלי האימהות הבאה בעקבות הפריחה ונמצא בהתאמה לירידה בריכוזי החנקן, הזרחן והאשלגן בעלים (נספח ב', איור 10). ריכוזי החנקן, הזרחן והאשלגן בעלי הנצר בתקופת הסתיו והחורף היו 2.9, 0.22 ו-4.3 ג ל-¹ ח.י., בהתאמה. לסוג המים הייתה השפעה מובהקת על ריכוזי הכלור בעלים (נספח ב', איור 11) ואילו השפעת מנת המים על ריכוזי הכלור בעלים לא הייתה מובהקת. ריכוזי הנתרן בעלים היו נמוכים מאוד ולא הושפעו מסוג המים, מנת המים או הכיסוי (ממוצע כללי של $0.02-0.03 \pm 0.005$ מ"ג ל-¹ ח.י.). השפעת הכיסוי (שטח פתוח בהשוואה לבית רשת) על הריכוזים של יסודות מזון בעלים הייתה מובהקת. בכל בדיקות העלים החודשיות שנעשו במהלך

עונת הגידול הראשונה נמצא כי כיסוי ברשת הביא לירידה בריכוזי האשלגן ולעלייה בריכוזי הכלור הסידן, (נספח ב', איורים 10-12, בהתאמה) וכן מגנין ויסודות הקורט (אינו מוצג). לא ברור הקשר בין הירידה בריכוזי האשלגן לעלייה בריכוזי היסודות האחרים ונושא זה ייבדק במהלך עונת הגידול הבאות. על מנת להבטיח כי מנות הדשן לא ישפיעו על התוצאות נשנה בשנת 2011 את המדיניות ונדשן במנות קבועות שמשמעותן, מנת הדשן לכל הטיפולים תהיה שווה (ריכוזים משתנים בהתאם למנת ההשקיה).

יבול

לטיפול ההשקיה (סוג ומנת המים) הייתה השפעה מובהקת על יבול השנה הראשונה בשטח פתוח ובבית רשת (נספח ג'). השקיה במים מזוככים הביאה לעלייה בצימוח הווגטיבי שהתבטא בגובה הצמחים במהלך הגידול, בשטח העלווה (אינו מוצג), בהיקף הגזעול, והשזרה (נספח ג', איורים 13-14). השפעה זו נמצאת בהתאמה לעלייה בתולכת הפיוניות (נספח ב', איורים 7-8). השקיה במים מזוככים הביאה לעלייה במשקל האשכול ובאורך אצבע מייצגת גם במנת המים הגבוהה (נספח ג', איורים 15-16). כיסוי הצמחים בבית רשת אפשר חיסכון משמעותי במים (נספח ג'), כפי שנמצא במחקרים קודמים (20).

דיון

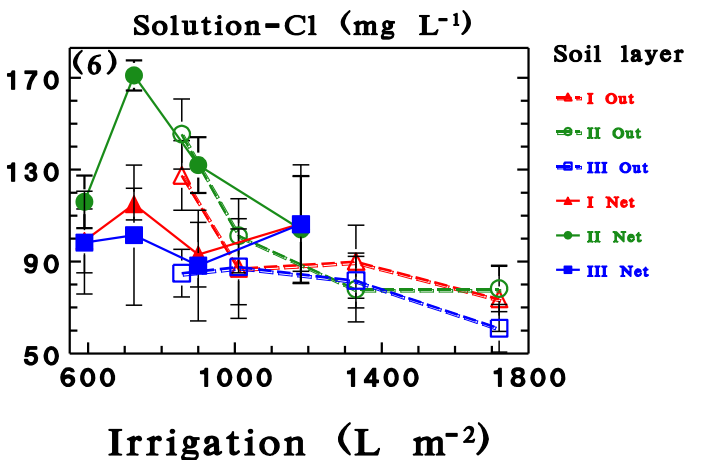
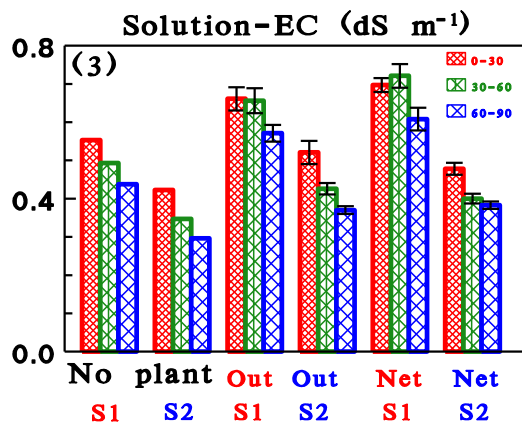
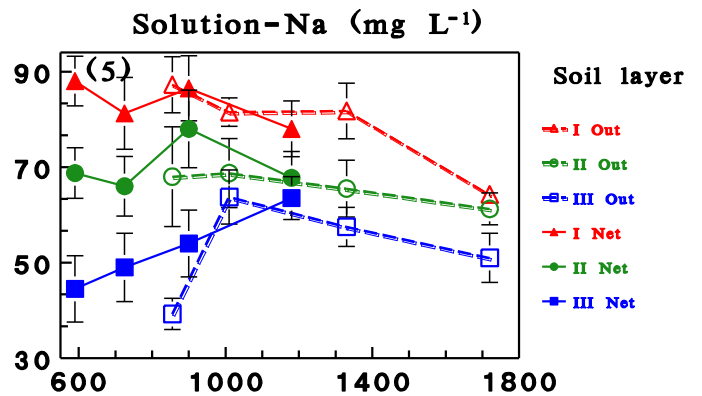
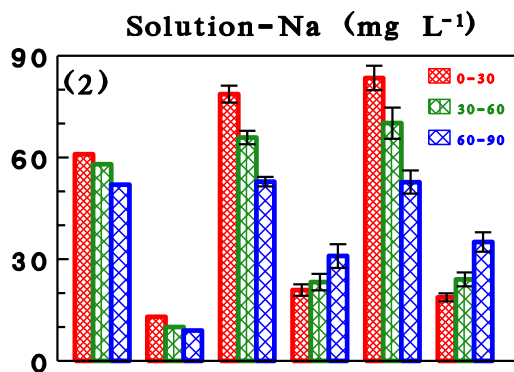
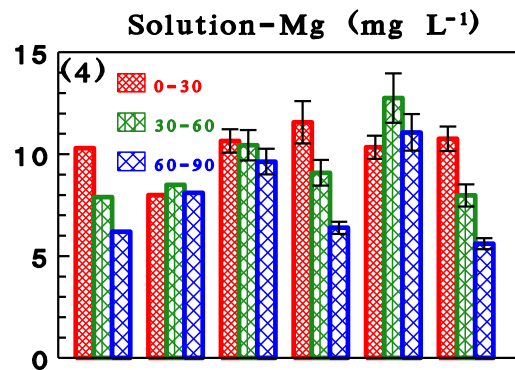
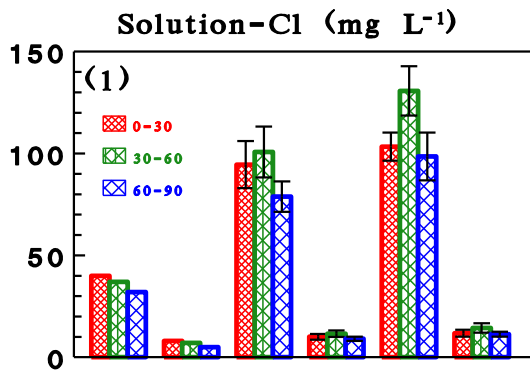
- א. שנת 2010 הייתה שנת היבול הראשונה בניסוי ואנו צופים כי ההבדלים בין הטיפולים יהיו גדולים יותר בשנים הבאות כתוצאה מהצטברות הדרגתית של מלחים בקרקע בחלקות שהושקו במי כינרת (נספח א').
- ב. העלייה בתולכת הפיוניות ושיפור היבול של צמחים שהושקו במים מזוככים בכל מנות ההשקיה (נספח ב', איורים 8-7 ונספח ג', איורים 13-16, בהתאמה), מלמדת כי הפחתת המלחים במי ההשקיה עשויה להביא לשיפור היבול, זאת מעבר לחיסכון הצפוי במי ההשקיה בעקבות הקטנת מנת השטיפה הנדרשת על פי מודל *Russo et al., 2009*. אנו מניחים כי השיפור בדיות וביבול של צמחים שהושקו במים מזוככים קשור להשפעה אוסמוטית *per se*. מכאן, השילוב של שיפור התפוקה יחד עם חיסכון משמעותי במים עשוי להביא לשיפור בכדאיות הכלכלית של שימוש במים מזוככים להשקית גידולים חקלאיים. נושא זה ייבחן בשנים הבאות.

תכניות לשנים הבאות:

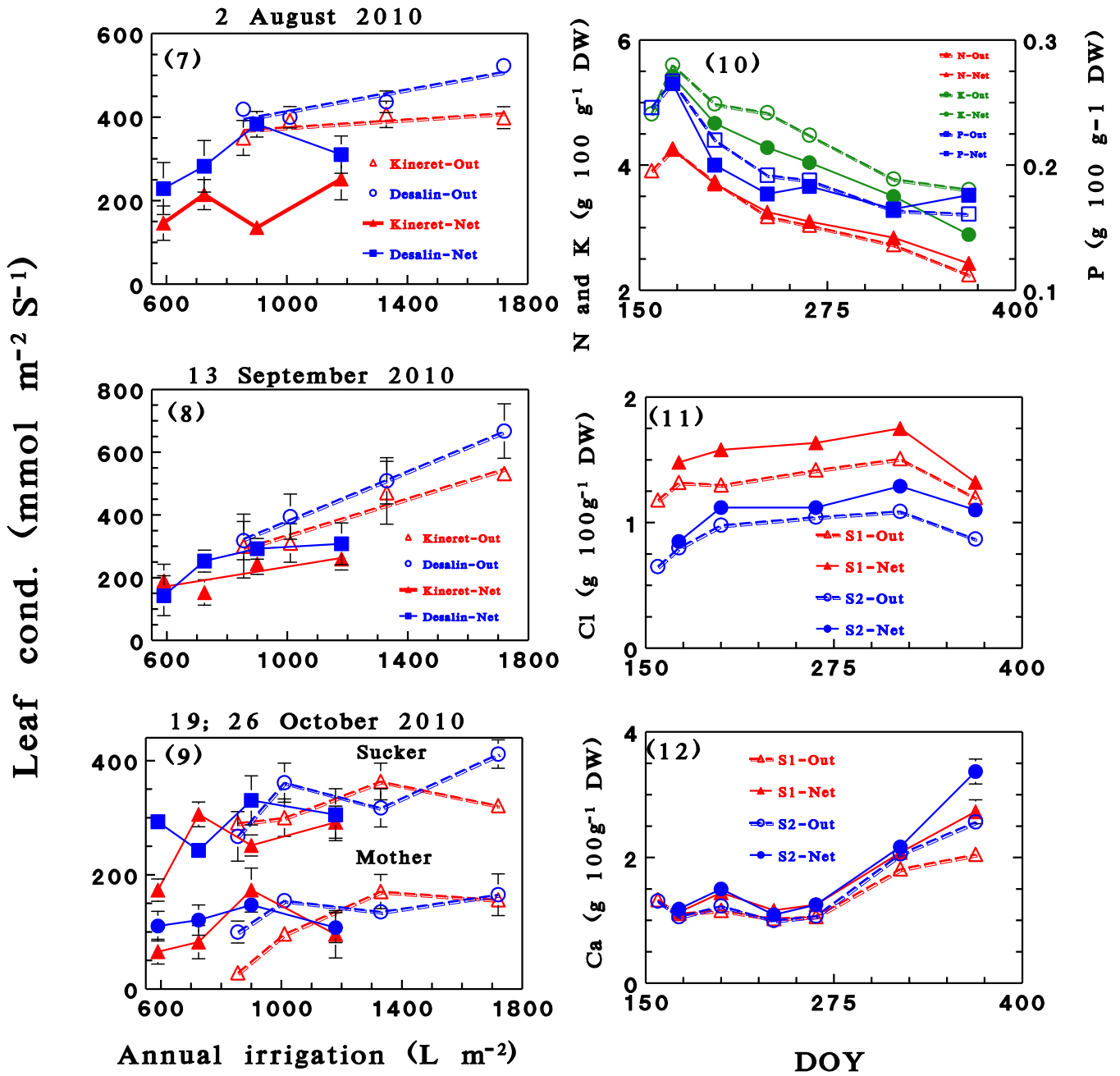
בנוסף לצמחים שנשתלו בקרקע בשנת 2010, נשתלים בימים אלה (סוף אפריל 2011) גם צמחים בתוך מיכלים (אחד מכל טיפול בשטח פתוח, סה"כ 8 מיכלים) בנפח של 5 מ"ק שמולאו בקרקע מקומית, יושקו וידושנו בדומה לצמחים השתולים בקרקע. אנו מקוים להשלים בשנת 2011 את מערכת הליזימטרים כך שתכלול גם צמחים תחת רשת (סה"כ 16 מיכלים). המיכלים הונחו בתוך חפירה בקרקע על מנת למנוע השפעה של קרינת שמש ישירה על דופן המיכל. התשטיפ מכל מיכל ייאסף אל מיכל איסוף מיוחד המחובר למערכת המודדת ברציפות (on line) את הלחץ במיכל. נתוני הלחץ בכל מיכל מועברים באמצעות אות חשמלי למערכת צבירת נתונים ומאפשרים (לאחר כיוול מתאים) מעקב רציף אחר נפח התשטיפ. מערכת דומה הותקנה לא מכבר בהצלחה רבה ומספקת אינפורמציה מהימנה במחקר אבוקדו המופעל על ידי צוות המחקר הנוכחי. הרכב כימי של התשטיפים ייבדק כל שבועיים. הנתונים שייאספו מהכלים יאפשרו למדוד ישירות את הדיות ולאמת את התוצאות עם מכשירי חישה אחרים שיותקנו בשטח הניסוי. ייעשה שימוש במודל HYDRUS בכדי לכמת את השפעות הגומלין בין איכות המים, מקדם ההדחה, פילוג המלחים בבית השורשים וממשק ההשקיה המיושם. בעזרת המודל ניתן יהיה לבחון את השפעתם של ממשקי השקיה שונים (מרווחי הצבה, ספיקת טפטפת, תדירות השקיה).

- (1) Läuchli, A., Epstein, E., 1990. Plant response to saline and sodic conditions. In: Agricultural Salinity Assessment and Management Tanji, K.K. (Ed.). American Society of Civil Engineers, New York, pp 113-137.
- (2) Munns R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant Cell Environ.* 25, 239-255.
- (3) Bresler, E. 1987. Application of a conceptual model to irrigation water requirement and salt tolerance of crop. *Soil, Sci. Soc. Am. J.* 51, 788-793.
- (4) Bresler, E., Hoffman, G.J. 1986. Irrigation management for soil salinity control: theories and tests. *Soil, Sci. Soc. Am. J.* 50, 1552-1559.
- (5) Maas, E.V., Hoffman, G.J. 1977. Crop salt tolerance-Current assessment. *J. Irrig. Drain. Div. Am. Soc. Civil Eng.* 103, 115-134.
- (6) Russo, D., and D. Bakker. 1987. Crop-water production functions for sweet corn and cotton irrigated with saline waters. *Soil Sci. Soc Am. J.* 51, 1554–1562.
- (7) Dudley, L.M., Ben-Gal, A., Shani, U., 2008. Influence of plant, soil and water properties on the leaching fraction. *Vadose Zone J.* 7, 420-425.
- (8) Shani, U., Ben-Gal, A., Tripler, E., Dudley, L.M. 2007. Plant response to the soil environment: An analytical model integrating yield, water, soil type, and salinity. *Water Resour. Res.* 43 W08418 10.1029/2006WR005313.
- (9) Shani, U., Dudley, L.M. 2001. Field studies of crop Response to water and salt stress. *Soil Sci. Soc Am. J.* 65, 1522-1581.
- (10) Ayers, R.S., Westcot, D.W. 1994. *Water Quality for Agriculture, Irrigation and Drainage paper 29*, FAO, Rome.
- (11) Rhoades, J.D. 1987. Use of saline water for irrigation. *Water Quality Bulletin*, 12, 14-20.
- (12) Ben-Gal, A., Ityel, E., Dudley, L.M., Cohen, S., Yermiyahu, U., Presnov, E., Zigmund, L. Shani, U. 2008. Effect of irrigation water salinity on transpiration and on leaching requirements: A case study for bell peppers. *Agric. Water Manage.* 95, 587-597.
- (13) Keren R. 1996, Reclamation of sodic-affected soils. Chap. 15, In: Agassi M. (Ed.), *Soil Erosion, Conservation and Rehabilitation*, Marcel Dekker (Inc.).
- (14) Mmolawa, K., Or. D. 2000. Root zone solute dynamics under drip irrigation: a review. *Plant Soil* 222, 163-190.

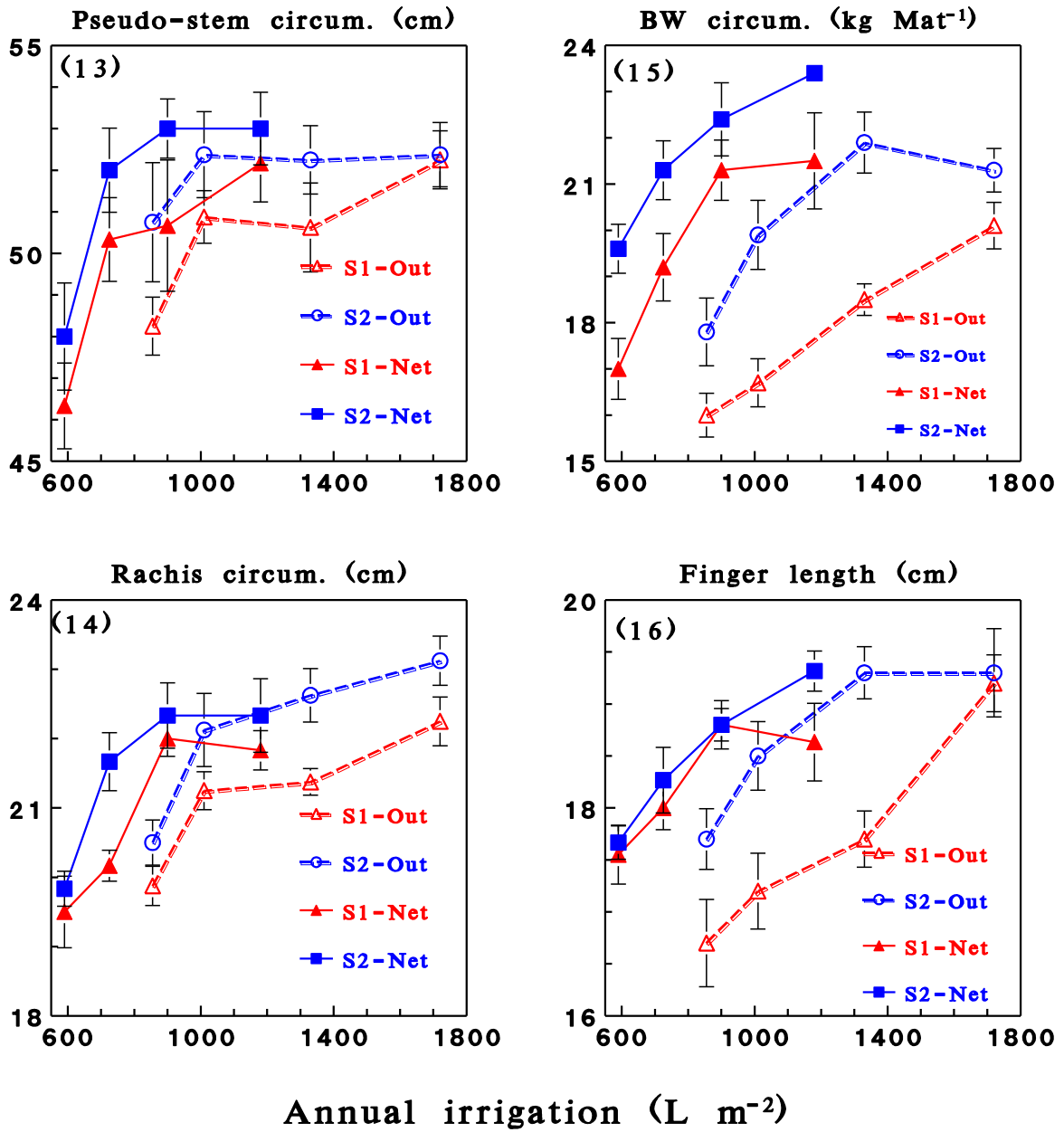
- (15) Coelho, F., Or, D. 1999. Root distribution and water uptake patterns of corn under surface and subsurface drip irrigation. *Plant Soil* 206, 123-136.
- (16) Shalhevet, J. 1994. Using water of marginal quality for crop production: major issues. *Agricultural Water Management* 25, 233-269.
- (17) Russo, D., Laufer, A., Silber, A., Assouline, S. 2009. Water uptake, active root volume and solute leaching under drip irrigation: a numerical study. *Water Resour. Res.*, 45, w12413, doi:10.1029/2009WR008015.
- (18) Israeli, Y., Lahav, E., Nameri, N. 1986. The effect of salinity and sodium adsorption ratio in the irrigation water, on growth and productivity of bananas under drip irrigation conditions. *Fruits*, 41, 297-302.
- (19) ישראלי, י., נמרי, נ. 1986. בחינת תצרוכת המים של הבננה בעמק הירדן באמצעות ליזימטר עודפים. עלון הנוטע גליון 10.
- (20) טנאי, י., כהן, ש., שפירא, א., שוורץ, א., ויאיר ישראלי. 2008. מנות מים בהשקיית בננות בבית רשת בחוות בננות. דו"ח מוגש למדען הראשי של משרד החקלאות.
- (21) Assouline, S. and U. Shavit. 2004. Effects of management policies, including artificial recharge, on salinization in a sloping aquifer: the israeli coastal aquifer case. *Water Resour. Res.* 40(5), W04101, doi:10.1029/2003WR002290.



נספח א': השפעת הטיפולים על: (4-1) - ריכוזי כלור, נתרן, מוליכות חשמלית ומגניון במיצוי מימי של קרקע (תמיסה:קרקע 1:2), משלוש שכבות (0-30, 30-60 ו-60-90 ס"מ), בחלקה ללא צמחים שהושקתה במנת המים המירבית בשטח פתוח (No plant), בשטח פתוח (Out) ובבית רשת (Net) עם צמחים. תאריך דיגום: 6 אוקטובר 2010, S1 - מי כינרת, S2 - מים מזוככים. התוצאות בשטח הפתוח ובבית הרשת מייצגות ממוצעים לכל מנות ההשקיה (בכל סוג מים); (5-6) - השפעת מנת המים בהשקיה במי כינרת על ריכוז נתרן וכלור במיצוי מימי של קרקע (תמיסה:קרקע 1:2) בשטח פתוח ובבית רשת, משלוש שכבות (0-30, 30-60 ו-60-90 ס"מ), תאריך דיגום: 6 אוקטובר 2010. קיום אנכיים מייצגים את שגיאת הניסוי לכל טיפול.



נספח ב': השפעת מנת וסוג המים על: (7-8) - תולכת פיוניות של עלי אימהות בשטח פתוח (Out) ובבית רשת (Net) במהלך הקיץ; (9-12) - תולכת פיוניות של עלי אימהות (Mother) ונצרים (Sucker) לאחר הפריחה; (10) - ממוצע (למנות מים בכל סוג מים) של ריכוזי חנקן, זרחן, ואשלגן, כלור וסידן במהלך העונה (DOY - ימי השנה) בעלי אימהות שהושקו במי כינרת ובמים מזוככים (S1 ו-S2, בהתאמה), בשטח פתוח ובבית רשת. קיום אנכיים מייצגים את שגיאת הניסוי לכל טיפול.



נספח ג': השפעת מנת וסוג המים (מי כינרת ומים מזוככים: S1 ו-S2, בהתאמה) והכיסוי (שטח פתוח ובית רשת: Out ו-Net, בהתאמה) על יבול השנה הראשונה. (13) – היקף הגזעול בגובה מטר בתאריך 19 דצמבר 2010; (14) – היקף שזרה; (15) – משקל אשכול (16) – אורך אצבע מייצגת מכף שלוש. קיום אנכיים מייצגים את שגיאת הניסוי לכל טיפול.

: חיסכון במים להשקיה כתוצאה משימוש במים מותפלים: בנות בעמק הירדן 10-0632-301 תכנית מחקר כגידול מודל

מטרות המחקר לתקופת הדו"ח:

המטרה הכללית של המחקר היתה לבחון את האפשרות של חיסכון משמעותי בכמויות המים להשקיה ע"י מעבר לשימוש במים ברמת מליחות נמוכה: מים מזוככים בתוספת דשן. המטרות הייחודיות היו: (א) לימוד התגובה של צמחי בנות הגדלים בעמק הירדן בשטח פתוח ובבית רשת לאיכות שני מקורות מי ההשקיה (כינרת ומים מזוככים) ובחינת מקדם ההדחה (LR) הנדרש לכל אחד מהם; ו-(ב) לימוד השפעת הגומלין בין איכות המים ומקדם ההדחה על הצטברות ופרוס מלחים בנפח בית השורשים.

עיקרי הניסויים בתקופת הדו"ח:

המחקר מתבצע בחוות הבנות בצמח, עמק הירדן. בניסוי נבחנת התגובה של צמחי בנה לאיכות המים (מי כינרת בהשוואה למים מזוככים) ולמנת המים בשטח פתוח ובבית רשת (רשת לבנה "שקופה", 13-15 אחוז צל). הניסוי כולל 8 טיפולים: 2 טיפולי מים (מי כינרת ומים מזוככים) X 4 מנות מים שהשתנו במהלך העונה כמקובל באזור. כל טיפול כלל 8 חזרות בשטח הפתוח ו-6 חזרות בבית הרשת, כשבכל אחת מהן בית אחד. השתילה הייתה באביב 2010 (2 שתילי בנה בכל בית).

מסקנות המדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו:

שימוש במים מזוככים הביא לירידה משמעותית בריכוזי הכלור, הנתרן והמוליכות החשמלית של תמיסת הקרקע. השפעת סוג המים הייתה מובהקת גם בקרקע ללא צמח אך הייתה משמעותית יותר בנוכחות צמחים. הריכוזים של יסודות המזון בעלים (אימא ונצר) במהלך הניסוי הושפעו בעיקר מסוג המים (כינרת ומזוככים) והכיסוי (שטח פתוח לעומת בית רשת) ולא ממנת המים. מקור המים (כינרת ומזוככים), מנות המים והכיסוי (שטח פתוח ובית רשת) השפיעו על תולכת הפיוניות במהלך עונת הקיץ. השקיה במים מזוככים הביאה לשיפור משמעותי במשק המים בצמח ובעקבות זאת, לשיפור הצימוח הווגטיבי (קוטר גזעול, גובה צמח, שטח עלה מייצג, היקף שזרה ומספר אצבעות באשכול) של צמחים במהלך כל עונת הגידול. יכול השנה הראשונה הושפע באופן מובהק (סטטיסטי) ממנת המים, מקור המים ומהכיסוי. השקיה במים מזוככים הביאה לעלייה מובהקת בכל מרכיבי היבול (משקל אשכול, משקל ואורך אצבע), בכל מנות המים אולם הייתה יותר מובהקת במנות המים הנמוכות. הפחתת מנת המים ל-60% מהמקובל באזור הביאה לפגיעה של 20% ושל 12% ביבול של הצמחים שהושקו במי כינרת בשטח פתוח ובבית רשת, בהתאמה. לעומת זאת, צמחים שהושקו במנה זהה של מים מזוככים הניבו יבול דומה לזה של צמחים שהושקו במנה מלאה של מי כינרת. מכאן, השקיה במים מזוככים הביאה לחיסכון של 40% ממנת המים. אנו צופים כי ההבדלים בין הטיפולים יהיו גדולים יותר בשנים הבאות. העלייה בתולכת הפיוניות ושיפור היבול של צמחים שהושקו במים מזוככים בכל מנות ההשקיה מלמדת כי הפחתת המלחים במי ההשקיה עשויה להביא לשיפור היבול, זאת מעבר לחיסכון הצפוי במי ההשקיה בעקבות הקטנת מנת השטיפה הנדרשת. אנו מניחים כי השיפור בדיות וביבול של צמחים שהושקו במים מזוככים קשור להשפעה אוסמוטית *per se*. מכאן, השילוב של שיפור התפוקה יחד עם חיסכון משמעותי במים עשוי להביא לשיפור בכדאיות הכלכלית של שימוש במים מזוככים להשקית גידולים חקלאיים. נושא זה ייבחן בשנים הבאות.

בעיות שנתרו לפתרון

השלמת מערכת הליזימטרים ומערכות המעקב שיאפשרו מדידה רציפה (on line) של משטר המים בקרקע ובצמח עדיין לא הושלמה מסיבות תקציביות. מערכות אלו חיוניות מאוד ויאפשרו הפקת כל הלקחים האפשריים ממחקר זה.

האם הוחל כבר בהפצת הידע שנוצר בתקופת הדו"ח:

חקלאים ומדריכי גידול רבים מבקרים באתר הניסוי. במהלך 2010 נתנו מספר הרצאות לחקלאים באזורי הגידול עם פירוט הממצאים העיקריים.

פרסום הדו"ח: אני ממליץ לפרסם את הדו"ח ללא כל הגבלה שהיא.