

תגובת צמחים לעיתוי השקיה

שם התחום: פיתוח שיטות להערכה של צריכת מים בגידולים חקלאיים ליעול ההדשה.

שם התכנית: תגובת צמחים לעיתוי ההשקיה

מספר מוקד פנימי: 82250

חוקר ראשי: אהוד צאלים

חוקרים שותפים: חמוטל בורוכוב, אלון בן-גל, דרול ג'ילט.

סטטוס התכנית: נמשכת.

רקע, תיאור הבעיה, ומטרות המחקר:

השקיה יעילה המתבטאת בישום מים לקרקע בנפח ובעיתוי אופטימליים מובילה למקסימום משקל יכול ליחידת מים (Water Productivity). תכנון ממשק השקיה מיטבי תלוי ביכולת להעריך את כמות המים הנדרשת לקבלת יכול מיטבי באמצעות החזרת המים שנגרעו מהקרקע בתהליכי האידיוי והדיות (Hanks, 1983). ממשק השקיה כולל קביעה של מנת המים לפולס השקיה ושל מרווח הזמן בין הפולסים כפונקציה של מכלול המשתנים העיקריים: תנאי האקלים, התכונות ההידראוליות של מערכת ההשקיה, מצע הגידול, מין הצמח וגודלו (או צריכת המים שלו). Shani (et al. 2004) מצאו כי ממשק ההשקיה המיטבי כולל הגעה לתכולת רטיבות מיטבית (בדרך כלל גבוהה) באזור בית השורשים במהירות האפשרית, ושמירה על תכולת רטיבות זו במשך כל שלבי הגידול. שמירה על תכולת רטיבות גבוהה וקבועה בבית השורשים מגדילה את זמינות המים לצמח, עקב עומד מים גבוה ומוליכות הידראולית גבוהה יותר בקרקע. דיוק במתן המים, בהתאם לסוג ותנאי הגידול ולתנאי הסביבה בפועל, משמעותי מאוד במצב בו המים להשקיה בעולם כולו, ובישראל בפרט, מהווים גורם מגביל לפיתוח החקלאות. השקיה בעודף היא אחד ממחוללי הזיהום של אגרו-כימיקלים, בסביבה החקלאית והכפרית.

עלייה במליחות מי ההשקיה גורמת לעלייה במליחות תמיסת הקרקע ומקטינה את קליטת המים על ידי צמחים. הקטנה זו, יחד עם רעילות ספציפית של יונים שונים גורמת לפחיתה ביכולת הפתרון המערכתית להשקיה במים מליחים הוא הגדלה של כמות מי ההשקיה. הגדלה כזו גורמת למיהול של תמיסת הקרקע והקטנת רמת המליחות בה, ולשטיפה של המלחים המצטברים בקרקע אל מחוץ לבית השורשים. בנוסף, עלייה במליחות מי ההשקיה גורמת לתוספת של כמות המלחים הכוללת המוספת לשדה ומגיעה בסופו של תהליך למי התהום. עלייה במליחות מי התהום כתוצאה מהשקיה היא אחד התהליכים העיקריים המסכנים את מקורות מי התהום. הפתרון של הגדלת כמות מי ההשקיה במקרה של שימוש במים מליחים מגדיל עוד את כמות המלחים המוספת ומאיץ את תהליך זיהום מי התהום.

היות ומטרת השימוש במערכת IOD (Irrigation On Demand) היא העלאת היעילות הכלכלית של החקלאי והקטנת הפגיעה הסביבתית על ידי העלאת יעילות ניצול מי ההשקיה, והיות ובעבודה שנעשתה עד כה במסגרת "פ" ערבה דרומית הוכח כי ניתן לשמור על רמת היבול תוך כדי הקטנת השימוש במים, עולה השאלה מה תעשה הקטנה כזו במקרה של שימוש במים מליחים. מטרות העבודה הנוכחית כוללות לימוד של השפעת השימוש בשיטת דגימת פוטנציאל מי הקרקע והשורש ואלגוריתם ההשקיה שפותחו על יעילות השימוש במים ורמת היבול בתנאי מליחות, והתאמות נדרשות בדגימה ובאלגוריתם כתוצאה משימוש במים אלו.

במחקר הנוכחי גודל שום תוך שימוש מערכת ההשקיה מסוג IOD בתנאי מליחות שונים לבחינת יעילות המערכת בתנאים אלה. במסגרת הניסוי יישמו השקיה בשתי מתכונות: השקיה משקית חד יומית הנקבעת על פי אידיוי מגייגית (הנגזר מתנאי אקלים) והכפלה בפקטור גידול, והשקיה על פי אלגוריתם השקיה עצמאי (חלק ממערכת ה- IOD) הפועל על פי ערך סף של עומד באזור בית השורשים.

מהלך המחקר ושיטות העבודה (תכנון לעומת ביצוע):

השנה (2014) מתמקד המחקר בחקירת ביצועי מערכת ה- IOD בהשקית חלקת שום (כ-500 מ"ר) בניסוי 4 טיפולים המשלבים השפעת גומלין של מליחות וממשק השקיה: שני ממשקי השקיה: [1] ממשק IOD רגיל, בו קיים ערך סף קבוע לאורך כל תקופת הגידול ולפיו נקבעת פתיחת

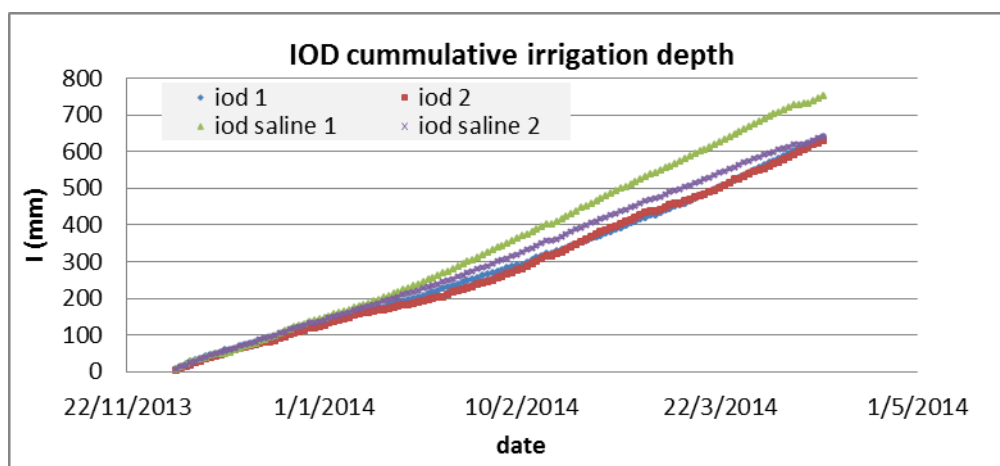
ההשקיה. מנת ההשקיה הייתה 0.75 מ"מ, והיא יכולה להתבצע בכל שעות היממה; [2] ממשק השקיה של שום, בהתאם להמלצות הגידול המקובלות (השקיה פעם ביום). שני הטיפולים הנ"ל בוצעו בשתי רמות של מליחות מי ההשקיה: 0.9 ו-6 דצ"ס/מ'.

בניסוי נמדדו כמות מים לכל טיפול באופן רציף ומצטבר, התפתחות יבול באמצעות דגימות יבול לאורך תקופת הגידול ומדידה של פרמטרים צמחיים כמו גובה והסתעפות שהם קורלטיביים ליבול, ריכוז מלחים בעלים, יבול ביומסה סופי ואיכות יבול. בקרקע נמדדו פוטנציאל מים באזורי הדגימה הקובעת להשקיה ונדגמה קרקע משלושה עומקים בכל חזרה (בכל אחת מ-32 חלקות המשנה והליזימטרים). כמו כן חושבו מאזני מים בליזימטרים.

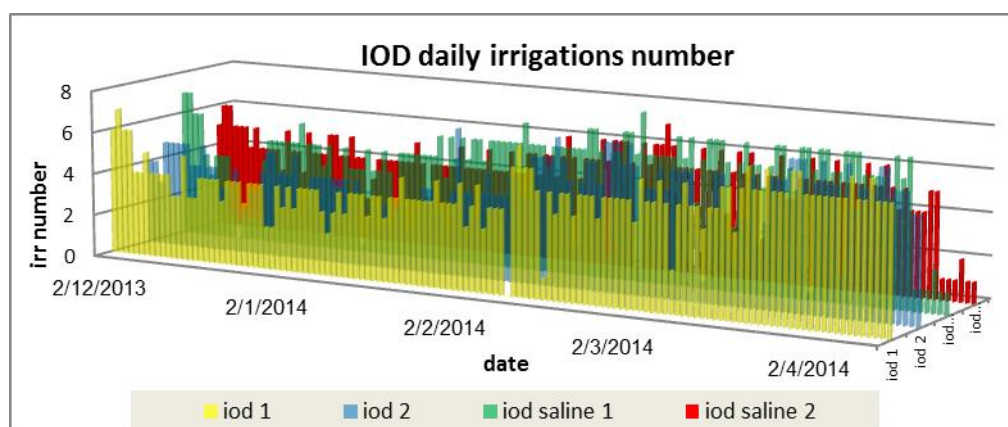
תוצאות ביניים:

ניסוי IOD מליחות 2013-2014

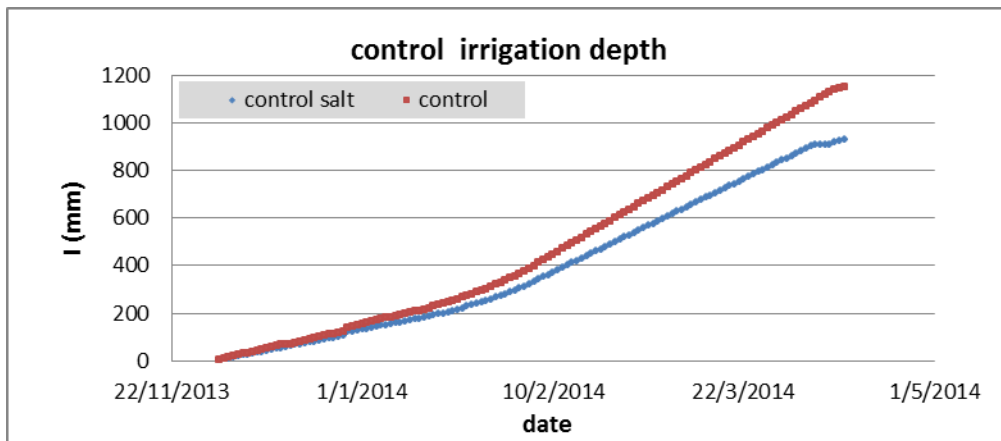
1. השקיה: בניסוי הושוו טיפולי IOD והשקיה משקית (מנה אחת יומית על פי אידוי פוטנציאלי מוכפלת בפקטור גידול משתנה בזמן).



תרשים 1.1: סיכום של עובי ההשקיה המצטבר בטיפולי ה-IOD. מספר השקיות מצטבר בטיפולי IOD היה דומה. טיפול "IOD saline 1" היה חריג ונמדדו השקיות רבות יותר החל מתחילת פברואר. עובי השקיה מצטבר בטיפולי IOD - מים שפירים היה כמעט זהה (נמדדו הפרשים של 1-2 ליטר במצטבר), כצפוי ממספר השקיות מצטבר דומה. בחזרות טיפולי המליחות לא נצפתה התנהגות דומה. בחזרה אחת נמדדה השקיה דומה ל- IOD מותפלים ואילו בחזרה השנייה נמדדה השקיה מצטברת גבוהה בכ-17%.

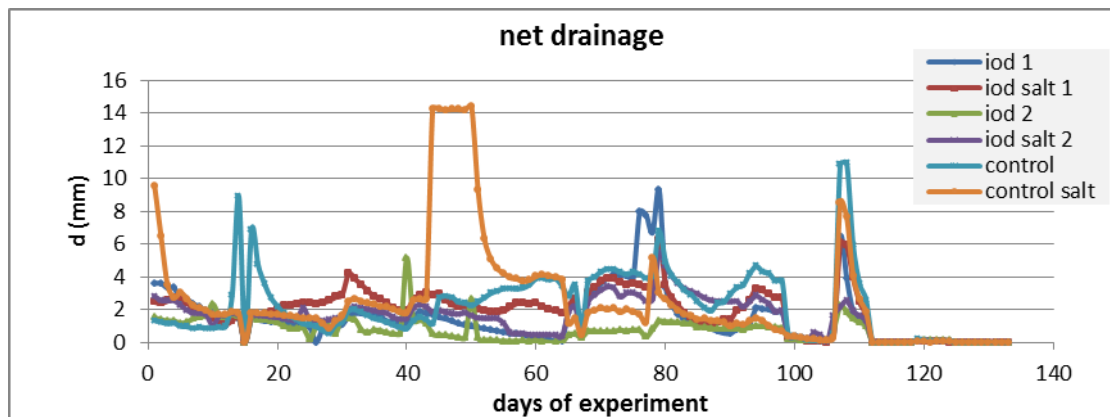


תרשים 1.2: מספר השקיות יומי בטיפולי ה- IOD נע בין 4 ל-7 השקיות, כלומר בין 3-5.5 מ"מ עובי השקיה יומי (עובי פולס 0.75 מ"מ). לא נצפו הבדלים גדולים מבחינת ההתנהגות לאורך העונה וככל שהצמחים גדלו ו/או הדרישה האקלימית גדלה, נצפתה עלייה במספר ההשקיות.



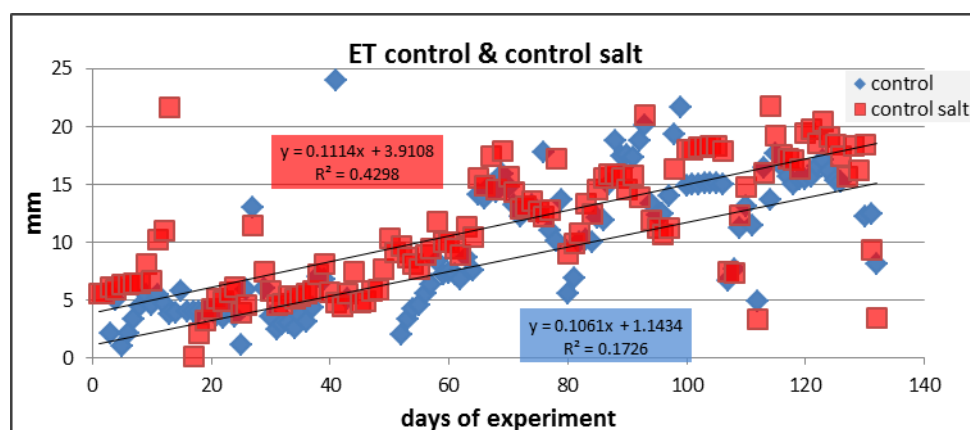
תרשים 1.3: עובי השקיה בשני טיפולי הביקורת היה גבוה מטיפולי IOD. קיים הפרש גדול בעובי ההשקיה המצטבר בין טיפולי הביקורת, טיפול המלוח השקה בכ-13% פחות. קביעת כמויות השקיה יומיות שונות בין הטיפולים גרמה להבדל לא רצוי בעובי ההשקיה. כלומר דווקא הטיפול בו הושרתה עקת מלח סבל ממחסור מסוים גם במים.

הבדלים בעובי השקיה בין החלקות בשדה לליזימטרים הושקו בעובי השקיה גדול בכ-40% מהחלקות, ע"פ חישוב יחס מספר טפטפות לשטח בחלקות ובלזימטרים. יש לשים לב שתדירותם 1.1 עד 1.4 לעיל מתייחסים לחלקות בשדה ולא לליזימטרים.

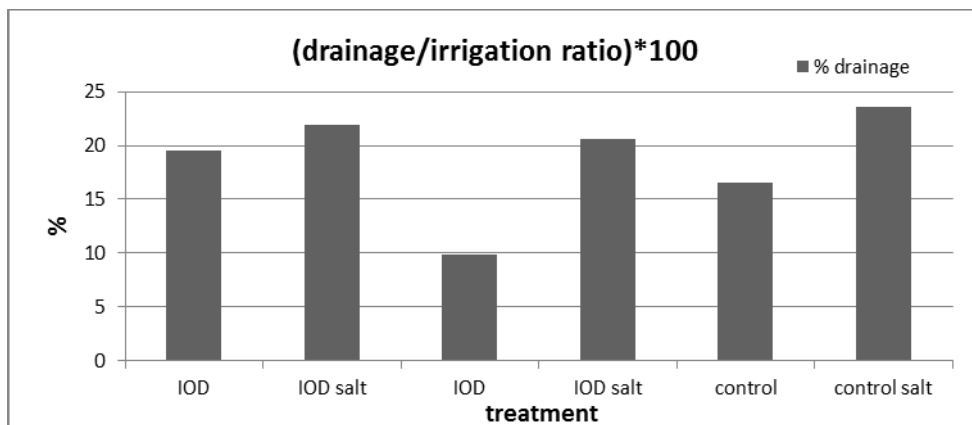


תרשים 1.4: עובי נקז (ממוצע לחזרות ליזימטרים עבור כל טיפול) במהלך הניסוי נע בתחום רחב, אך פרט כמה חריגות זמניות ברוב הטיפולים ערכי הנקז היו סבירים לקיום שטיפת המלחים ושימור מאזן מלח מאוזן בקרקע. בטיפול הביקורת המלוח (control salt) הייתה חריגה משמעותית בכמות הנקז למשך כשבוע בין 10/1/14 ל-18/1/14. מנתוני ההשקיה לא נראית סיבה לעליה בכמויות הנקז. שלושת הליזימטרים של הטיפול הראו עליה דומה בכמות הנקז.

התרשימים הבאים (1.6 ו-1.7) מתייחסים לטיפולי הביקורת:

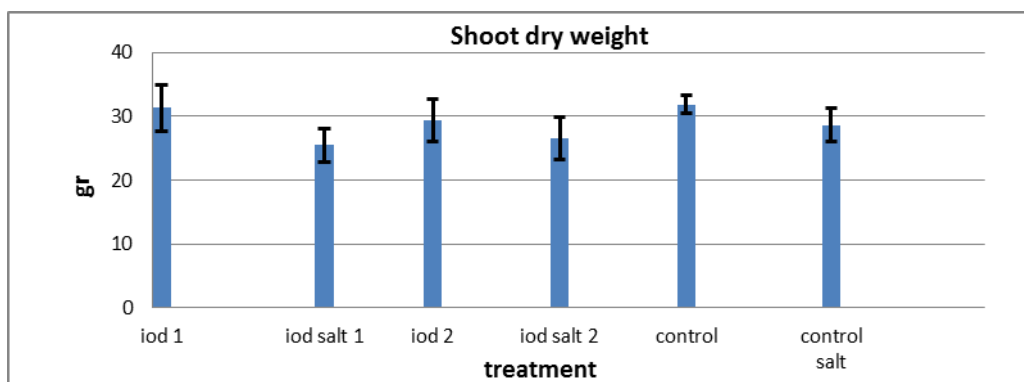


תרשים 1.5: ET מחושבת לשני טיפולי הביקורת (ממוצע של כל הליזימטרים המתייחסים לשני הטיפולים). דיות ואידוי לפי חישוב ממאזני מים בליזימטרים במנעד רחב כתלות בזמן. נצפתה מגמת עליה דומה בשני הטיפולים.



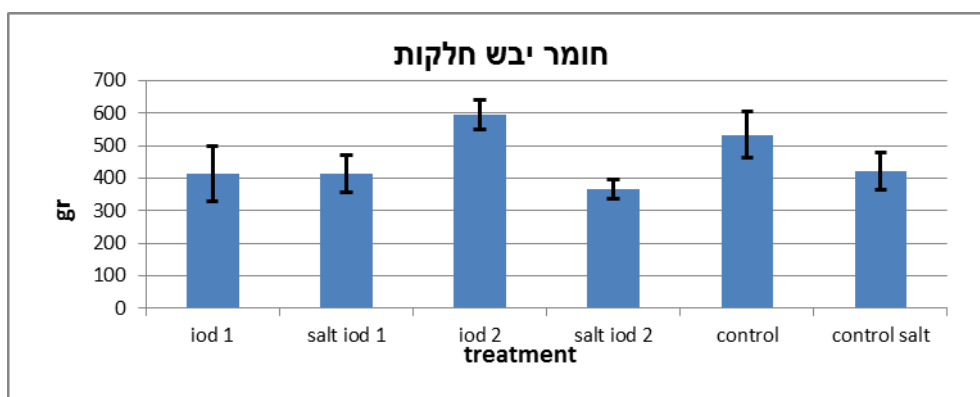
תרשים 1.6: אחוז נקז (נקז חלקי השקיה*100), מחושב עבור הליזימטרים. ניתן לראות שעבור מנת ההשקיה שניתנה בניסוי כמויות הנקז היו מספקות, למעט טיפול שני של IOD מותפל, ואף גבוהות יותר בטיפולי המלח להדחה יעילה יותר של המלחים אל מתחת לבית השורשים ושמירה על EC של תמיסת הקרקע בתחום הרצוי.

2. חומר יבש



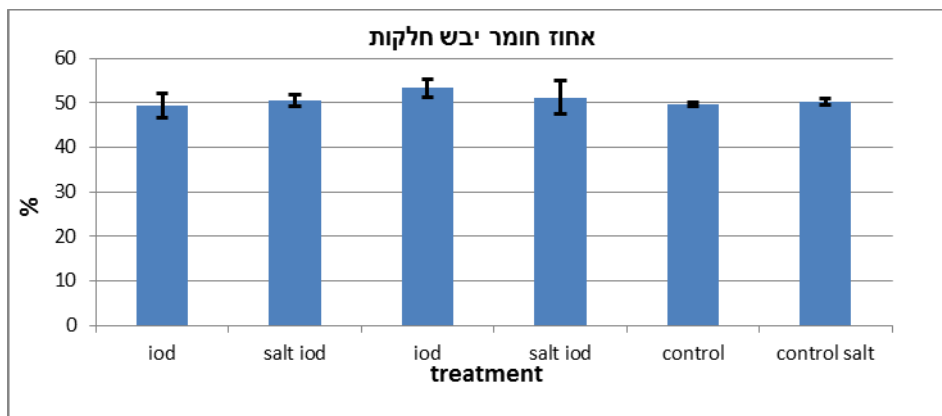
תרשים 2.1: בבדיקת משקל יבש של העלווה (בלבד) לא נצפו הבדלים מובהקים בין טיפולי ה-IOD השונים. כמו כן בביקורת ההבדלים אינם מובהקים.

חומר יבש חלקות: נדגם כל היבול מהליזימטרים (30 בצלים בכל ליזימטר) ומדגם של 10 בצלים מכל חלקה.



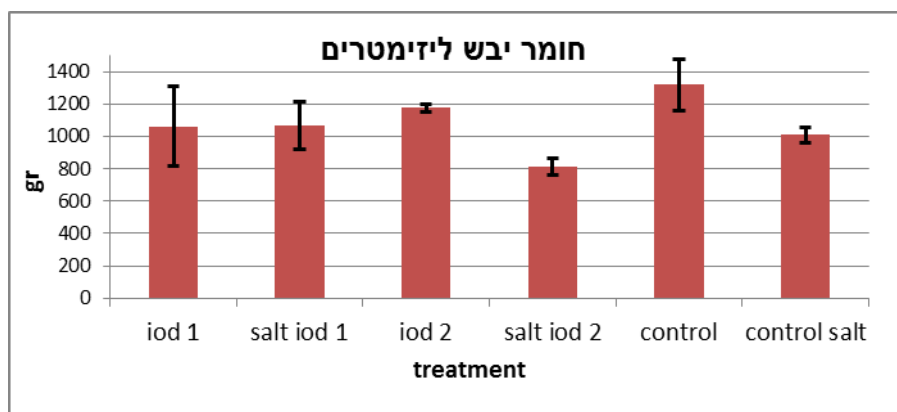
תרשים 2.2: בטיפול הביקורת יש יתרון לטיפול המותפל על המלוח כצפוי אך התוצאות לא מובהקות. ב-IOD 1 משקל החומר היבש היה דומה ללא הבדלים מובהקים. בטיפול IOD 2 התקבלו הבדלים מובהקים במשקל החומר היבש בין הטיפולים כאשר בטיפול המותפל יבול גבוה

בכ-50%. בהתחשב בכמות המים הזוהי שניתנה בין הטיפולים ב-IOD2 תוצאות אלה מתיישבות עם ההנחה שהטיפול המלוח (salt IOD 2) סבל מעקת מלח שהתבטאה ביבול החומר היבש.

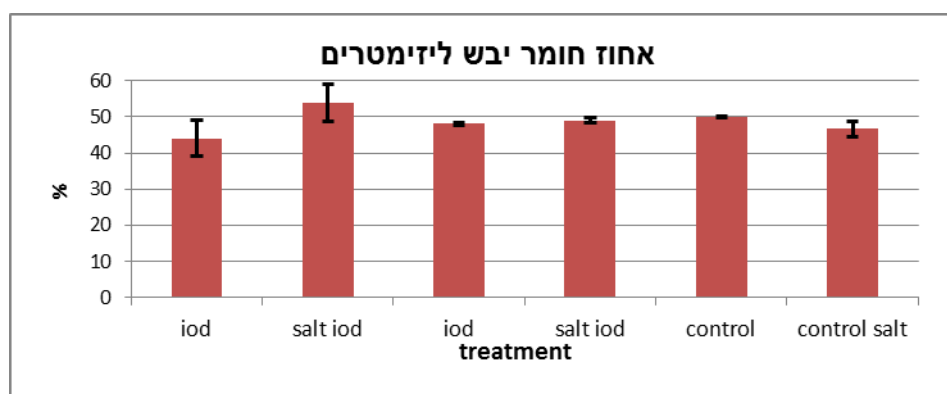


תרשים 2.3: אחוז החומר היבש בחלקות בין הטיפולים ובתוך הטיפולים בין החזרות היו דומות. לא נצפתה השפעה של המליחות על אחוז החומר היבש.

חומר יבש ליזימטרים:



תרשים 2.4: בדומה לחלקות גם בליזימטרים לא נצפו הבדלים מובהקים בטיפולי ה-IOD1 ו-IOD1 salt. התוצאה הזאת מתאימה לכמויות ההשקיה, שבטיפול ה-IOD המלוח היו גבוהות מאד ואחוז הנקז היה גבוה (ראה תרשים 1.6 לעיל) ולכן עקת המלח הייתה קטנה יותר, בעקבות שטיפת מלחים יעילה יותר ושמידה על תכולת רטובה גבוהה בקרקע בזמן הניסוי (ראה תוצאות דומות בתרשים 2.2 לעיל וכמויות השקיה מצטברות בתרשים 1.1). בטיפולי ה-IOD2 ו-IOD2 salt נראו הבדלים מובהקים בחומר היבש כאשר הטיפול המותפל התקבל יכול גבוהה בכ-45% לעומת הטיפול המלוח. גם כאן התוצאות מחזקות את התוצאות שהתקבלו בחלקות.



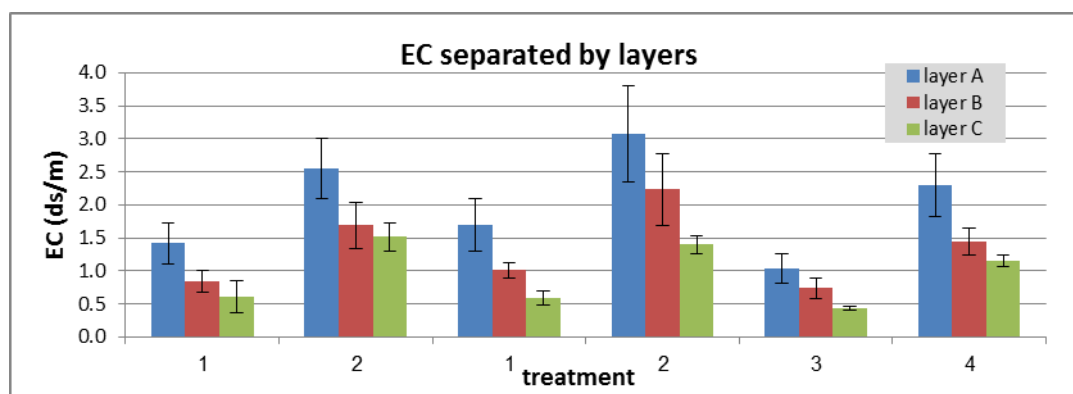
תרשים 2.5: בדומה לחלקות גם אחוז החומר היבש בליזימטרים נע סביב 50% ולא נצפו הבדלים מובהקים בין הטיפולים. התוצאות בליזימטרים מחזקות את התוצאות בחלקות (תרשים 2.3).

דיגום קרקע:

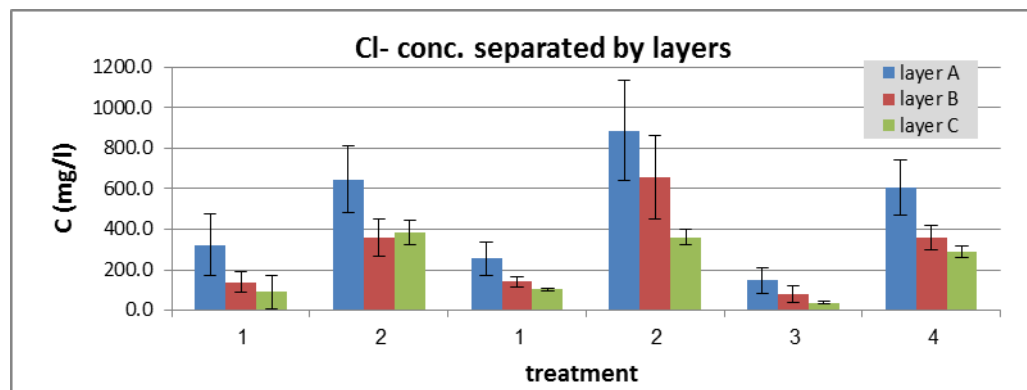
במסגרת ההשקיה הניתנת בניסוי עיקר חשיבות דיגומי קרקע היא עד לעומק של 40 ס"מ. מתחת לעומק זה השינויים במוליכות החשמלית וריכוזי הכלוריד קטנים בהרבה (וחשיבותם פחותה, בהנחה שעומק השורשים לא חורג מגבול 40 ס"מ). למרות זאת, המוליכות החשמלית וריכוז הכלורידים במיצוי קרקע מהשכבה 40-60 ס"מ ניתן ללמוד לגבי רמת השטיפה, ולקבל תמונה מאזנית טובה יותר של תנועת המלחים בקרקע הניסוי. בין מדדי מוליכות חשמלית וריכוז כלורידים נמצאה התאמה טובה מאד וניתן להניח שמדדים אלה מייצגים היטב את המצב בקרקע. התאמה טובה נצפתה גם בהשוואה בין הליזימטרים לשדה במדדי מוליכות חשמלית וריכוזי כלוריד. קיים דמיון רב בין החזרות השונות בטיפולי ה- IOD והתאמה בין התוצאות של מוליכויות חשמליות וריכוזי כלוריד בתמיסה לבין כמויות השקיה: כאשר ההשקיה המצטברת הייתה גדולה יותר (IOD saline 1, תרשים 1.1) המוליכויות והריכוזים היו קטנים יותר.

מקרא לציר X בשני התרשימים הבאים: IOD : 1 ; IOD+salt : 2 ; IOD : 3 ; IOD+salt : 4 ; EC=0.9 ds/m ;

EC=6 ds/m : 4 ביקורת

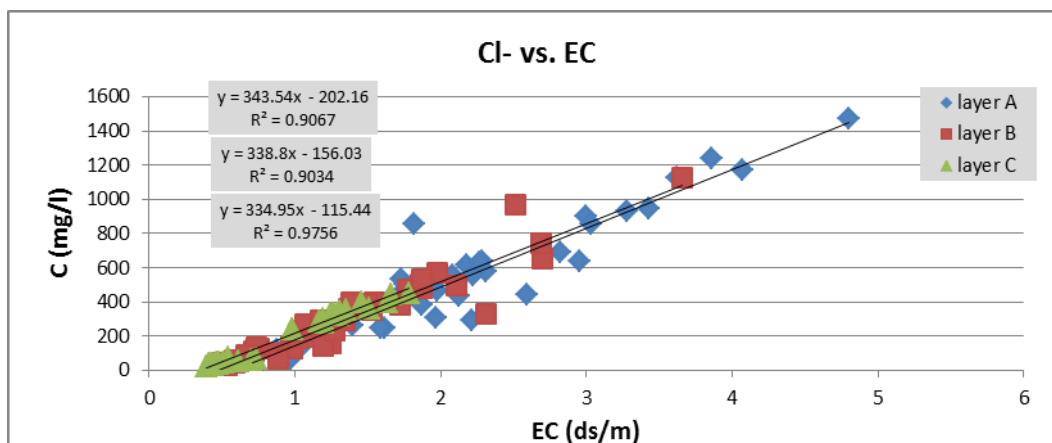


תרשים 3.1: ירידה במוליכות חשמלית של לעומק הקרקע מהשכבה העליונה (0-20 ס"מ) לשכבה התחתונה (40-60 ס"מ). המוליכויות לא גבוהות באופן חריג באף שכבה. לא בכל הטיפולים יש הבדלים מובהקים בין שתי השכבות העליונות אך בכל הטיפולים ההבדלים מובהקים בין השכבה העליונה לתחתונה. יש לזכור שבמיצוי העיסה הרוויה מתבצע מיהול משמעותי של מומסי תמיסת הקרקע כך שבפועל המוליכויות בשדה גבוהות בהרבה במהלך הניסוי. פקטור המיהול בהכנת העיסה הרוויה היה בסדר גודל של X10, כך שניתן לקבל הערכה לריכוזים הממוצעים האמיתיים בתמיסת הקרקע. בקרבת השורשים (באזור הריזוספרה) הערכים צפויים להיות גבוהים הרבה יותר מהערכים הממוצעים (עקב שפילה בתכולת הרטיבות והצטברות יונים שאינם עוברים דרך הממברנות הסלקטיביות בשורש).

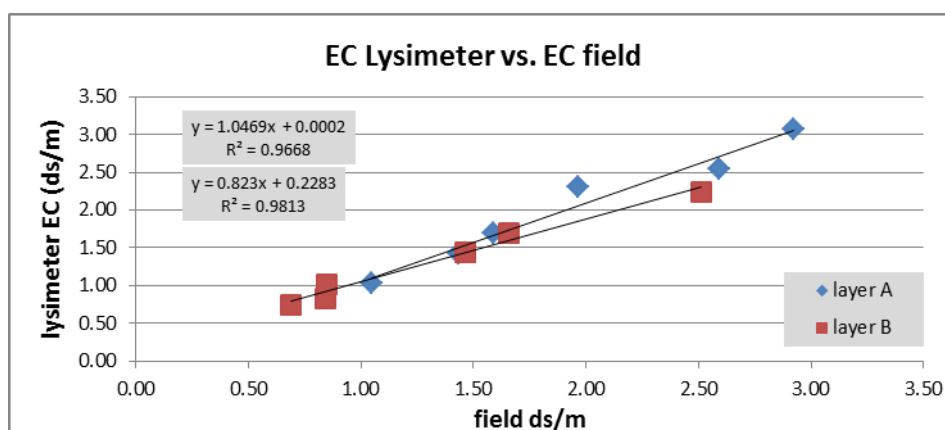


תרשים 3.2: ריכוזי הכלורידים בעיסת המיצוי, בשכבות השונות נמצאת בהתאמה טובה למוליכות החשמלית. משני התרשימים 3.1 ו-3.2 ניתן לשער ששטף המים מתחת לבית השורשים (בעומק מעל 60 ס"מ) היה נמוך ותצרוכת השטיפה בשכבה זו נמוכה.

מנתוני ההשקיה בטיפול הביקורת (תרשים 1.3) ומתוצאות המוצגות בשני התרשימים 3.1 ו-3.2 ניתן להסיק שגם בטיפול המלוח בו כמות ההשקיה הייתה פחותה בהרבה מהטיפול במים מותפלים היה מספיק מבחינת כמות המים המסופקת (עליה במוליכות החשמלית וריכוזי הכלוריד גם בעומק 40-60 ס"מ).



תרשים 3.3: התאמה לינארית טובה מעידה על הקשר בין מוליכות התמיסה לריכוזי הכלורידים. הכופל הממוצע בהמרה מ-EC לסך ריכוזי המלחים (אניונים או קטיונים) ב- mg/l הוא 640 (בתחום מוגבל של עד מוליכות חשמלית $EC = 10$ ds/m). במקרה שלנו הכופל הוא כ-340. נמדדו רק כלורידים. ניתן להניח שסך ריכוז האניונים בתמיסה הוא פי 2 מריכוז הכלורידים שנמדדו בניסוי.



תרשים 3.4: התאמה טובה בין EC בתמיסת המיצוי מקרקע הליזימטר ומקרקע השדה בשני עומקי הדיגום (0-20 ו-20-40 ס"מ). EC של שכבת 20-40 ס"מ בחלקות גבוה במעט מהליזימטרים כצפוי בעקבות עובי השקיה קטן יותר בחלקות. בשכבה העליונה אין הבדל בין הליזימטרים לחלקות.

מסקנות, בעיות שהתעוררו והמלצות להמשך המחקר:

טיפול ביקורת: יכול החומר היבש של צמחי שום שהושקו במים מליחים (6 ds/m) בחלקות המשנה היה גבוה בטיפול המותפל (control), אך לא באופן מובהק בהשוואה לטיפול המלוח (control salt). בהשקיית הביקורת כמויות המים שניתנו היו גבוהות באופן יחסי (דומות לעובי השקיה מצטבר בגידול מסחרי) והטיפול המותפל קיבל כמות גדולה יותר של מים מהטיפול המלוח. עם זאת, נראה שעובי השקיה של הטיפול המלוח היה גדול מספיק על מנת לפצות במידה מסוימת על רמת המליחות הגבוהה ולכן הבדלי החומר היבש בין הטיפולים אינם מובהקים.

טיפול IOD: בטיפול IOD1 salt ו-IOD1 לא נצפו הבדלים מובהקים ביבול, אבל בהתחשב בכמויות ההשקיה השונות שישומו (הטיפול המלוח קיבל יותר השקיה, ראה תרשים 1.1) תוצאה זו בהחלט צפויה. לעומת זאת, בטיפול ה-IOD2 salt ו-IOD2, התקבל יבול גבוה יותר בטיפול המותפל. ההשקיה בשני הטיפולים הייתה שווה ולכן ניתן לייחס את הירידה ביבול החומר היבש בטיפול המלוח לעקת המלח.

ליזימטרים: נצפו הבדלים מובהקים בחומר היבש (כ-30% יותר בטיפול המותפל לעומת הטיפול המלוח). נראה שהעקה הייתה משמעותית למרות שהדחת המלחים בטיפול המלוח הייתה גבוהה (מעל 20%). היות וההשקיה הייתה גבוהה באופן יחסי, לא נצפו תופעות של ירידה או עליה באחוז חומר יבש.

התוצאות המתוארות לעיל מלמדות על ירידה מובהקת ביבול בטיפול המוליכות החשמלית הגבוהה (6 ds/m). הניסוי הבא מתוכנן לבחינת השפעת המליחות ברזולוציה גבוהה של טיפולי מלח: 0.9, 1.6, 2.5, 3.5, 4.5, 5.5 ds/m. הניסוי יערך תוך הקפדה על עובי השקיה זהה בכל הטיפולים על מנת למנוע הבדלים בהשקיה המצטברת ומשפיעים על רמת המליחות אליה חשופים שורשי הצמחים. כמו כן ובנוסף לבדיקות שבוצעו בניסוי הנוכחי יתבצע ניטור שבועי של מי ההשקיה והנקז על מנת לכמת את שטפי המלחים והדשן באופן רציף במהלך הניסוי. פירוט הניסוי ותוצאותיו יוצגו בדוחות הבאים.

המלצות להמשך המחקר:

נכון להיום הניסוי בשדה נמצא לקראת סופו ותוצאות חלקיות מוצגות לעיל (בפרק תוצאות ביניים). הניסוי הבא במערכת צפוי להתחיל בתחילת ינואר 2015 כאשר המטרה היא לבצע ניסוי שדה וניסוי ליזימטרים בקרוסלה שייתן פתרון לבעיית השפעת הטמפרטורה בליזימטרים. ניתוח כולל של תוצאות הניסוי האחרון על פי מטרות וניסויים משולבים שדה/קרוסלה יוצגו בשנה הבאה.