

## ייעול השימוש במים והפחתת פוטנציאל זיהום מי התהום על ידי שימוש באומדן מאזני מים ומומסים בשדות מושקים

אפי טריפּלר, זהבה יהודה ואורי שני- מו"פ ערבה דרומית

### רקע, תאור הבעיה

היעילות הממוצעת של שימוש במים בייצור חקלאי בעולם נמוכה. לפי דו"ח של ה-FAO (Smith, 1995) רק כ- 50% מהמים הניתנים נצרכים על ידי גידולים. יתרת המים אובדת דרך התאדות ישירה מהקרקע, נגר עילי, או חלחול למי התהום. אזורים מדבריים בארץ מתאפיינים בהתאדות פוטנציאלית גבוהה, מיעוט משקעים ובמקורות מים מליחים.

השקיה אופטימאלית (כמות ועיתוי) תעלה את יעילות קליטת המים על ידי צמחים מחד, ומאידך, תקטין את כמות המים, המלחים והדשנים המוסעים למי התהום. השקיה זו מחייבת ידיעה מקדימה של שלושה גורמים: עיתוי ההשקיה, כמות ההשקיה וההרכב הכימי של המים. קביעה דינאמית ומרחבית של שלושת הפרמטרים הללו אינה טריוויאלית והתרגום בפועל לממשק ההשקיה אינו חד-ערכי. לכן, בכדי לכוון את ממשק ההשקיה ממדידות בשדה, על המגדל לדעת כיצד לדגום ומתי. שאלה נוספת שקיימת היא מה מידת היציבות והיציגות במרחב הזמן של תכולת רטיבות ומליחות בית השורשים בתנאי השקיה מסודרת.

חוסר היכולת לאמוד את צריכת המים האמיתית של גידולים והחשש מהשראת מחסורי מים ודשן, וכתוצאה מכך פחיתה ביבולים, גורמים בדרך כלל להשקיה ודישון בעודף. עודפי השקיה אלה מהווים בזבוז של משאבי מים. כמו כן, בשל הימצאות אגרוכימיכלים (דשנים, חומרי הדברה) ומומסים במי ההשקיה, יתרת המים שאובדת גורמת לזיהום קרקעות ומי תהום.

ליזימטרים הם כלי חשוב להבנת תהליכים הקשורים ביחסי קרקע- צמח- אטמוספירה. בעזרת ליזימטרים ניתן לערוך מאזן מים ומומסים מלא של בית השורשים. הליזימטרים משמשים בעיקר ככלי להערכת אוופורנספירציה ופוטנציאל זיהום (Lazarovitch et al., 2006). בכלים המהווים ליזימטרים אפשר לאפיין ולכמת תהליכים רבים, שיש קושי למדוד אותם בדרך כלל בתנאי שדה. למשל, ניתן לאסוף את מי הנקז מהליזימטר ולנטרם, או למדוד שינויים בתכולת רטיבות על ידי שקילת הליזימטרים.

באופן כללי ישנן שתי בעיות בשימוש בליזימטרים: האחת היא מידת היציגות בזמן ובמרחב של מאזני המים המחושבים לפיהם; והשנייה, קיומם של תנאי שפה בצידי הליזימטר ובתחתיתו. הפתרונות המסורתיים לבעיות אלו מסובכים ויקרים, ולכן כיום, ליזימטרים משמשים במערכות מחקריות בלבד. את בעיית הנפח ותנאי הסף בצדדים ניתן לפתור על ידי בחירת ליזימטר בעל נפח וממדים המתאימים לגידול ולמערכת ההשקיה. בעיית הגבול התחתון היא תנאי הרוויה שבתחתית הליזימטר. בעיה זאת נפתרת על ידי שימוש בנקז העשוי מחומר בעל מוליכות הידראולית גבוהה (צמר סלעים), אשר מוביל את המים מתחתית הליזימטר לכלי איסוף (Ben-Gal and Shani, 2002). תכולת הרטיבות בקרקע בתחתית הליזימטר בעל נקז כזה דומה לזאת שבשטח המושקה.

ליזימטרים העונים על העקרונות המוזכרים לעיל נמצאים בשימושם של במכוני מחקר שונים בישראל: מו"פ ערבה דרומית (70 ליזימטרים), מו"פ ערבה תיכונה (12), המכוני לחקר המדבר (64), ובמרכז גילת של מנהל המחקר החקלאי (100). הרחבת השימוש בליזימטרים מסוג כזה להערכה כמותית של צריכת המים בשדות חקלאיים, ולא רק ככלי מחקרי, אינה טריוויאלית. דורשת התאמה לגידול, לקרקע וכן נדרש פיתוח שיטות נוחות לאיסוף המידע מהשדה.

### מטרות המחקר

מטרת הפרויקט היא לפתח ליזימטרים המתאימים לשימוש בשדות מושקים, יציגים בהקשר לגידול ולדגם הזרימה והרטיבות, כך שניתן יהיה לערוך מאזני מים ומומסים לצורך קביעת מנת ההשקיה והדישון.

### מהלך המחקר ושיטות העבודה

הליזימטר תוכנן באופן כזה שיתפקד כיחידה עצמאית, המודדת ומחשבת את צריכת המים במרווחי זמן קבועים מראש ומבקרת את מהלך ההשקיה היומי. על-פי התכנון ההנדסי של הליזימטר הבודד נבנו 5 יחידות ששטח פניהן 1.2 מ"ר כל אחת. מיקום הליזימטרים בשדה והטיפולים השונים לניסוי נבחרו באופן אקראי. מערכת זו נבחנה על צמחי סורגוס באביב 2011 אל מול טיפול בו ממשק השקיה התואם את ההמלצות המקובלות לגבי הגידול באזור. אחת לשעתיים נמדדה צריכת המים של הצמחים הגדלים בליזימטר, וכמות ההשקיה לשדה השלם נקבעה לפי גודל החלקה מוכפל בפקטור שטיפה של 1.25. מליחות מי הנקז נמדדה מידי שבוע. רמת היבול, המבוטאת על ידי משקל הצמחים הטרי, נמדדה בעת הקציר.

### תוצאות ודיון

ניתוח של נתוני מאזני המים על פני חודש (21 לספטמבר עד 32 לאוקטובר), המוצג בטבלה 1, מצביע על כך שנפח ההשקיה בטיפולים שהושקו לפי צריכת המים מהליזימטרים היה נמוך בכ-1/8 מהנפח בו הושקו חלקות הביקורת. צריכת המים בטיפול הליזימטרים הייתה גבוהה ב-12% מטיפול הביקורת. חישוב של מאזני המלח על פני התקופה מורה על הדחה של 305 ק"ג של מלחים אל מתחת לבית השורשים, בממשק הביקורת, בהשוואה ל-196 ק"ג בממשק ההשקיה לפי הליזימטרים.

3  
Water amounts (m<sup>3</sup>/ha)

	Control	Lys-wise irrigation
Ir	2,536	2,276
Dr	889	461
$\Delta W$	-	-
ET	1648	1844

---

Leached salts

3.05

1.96

(ton/ha)

---

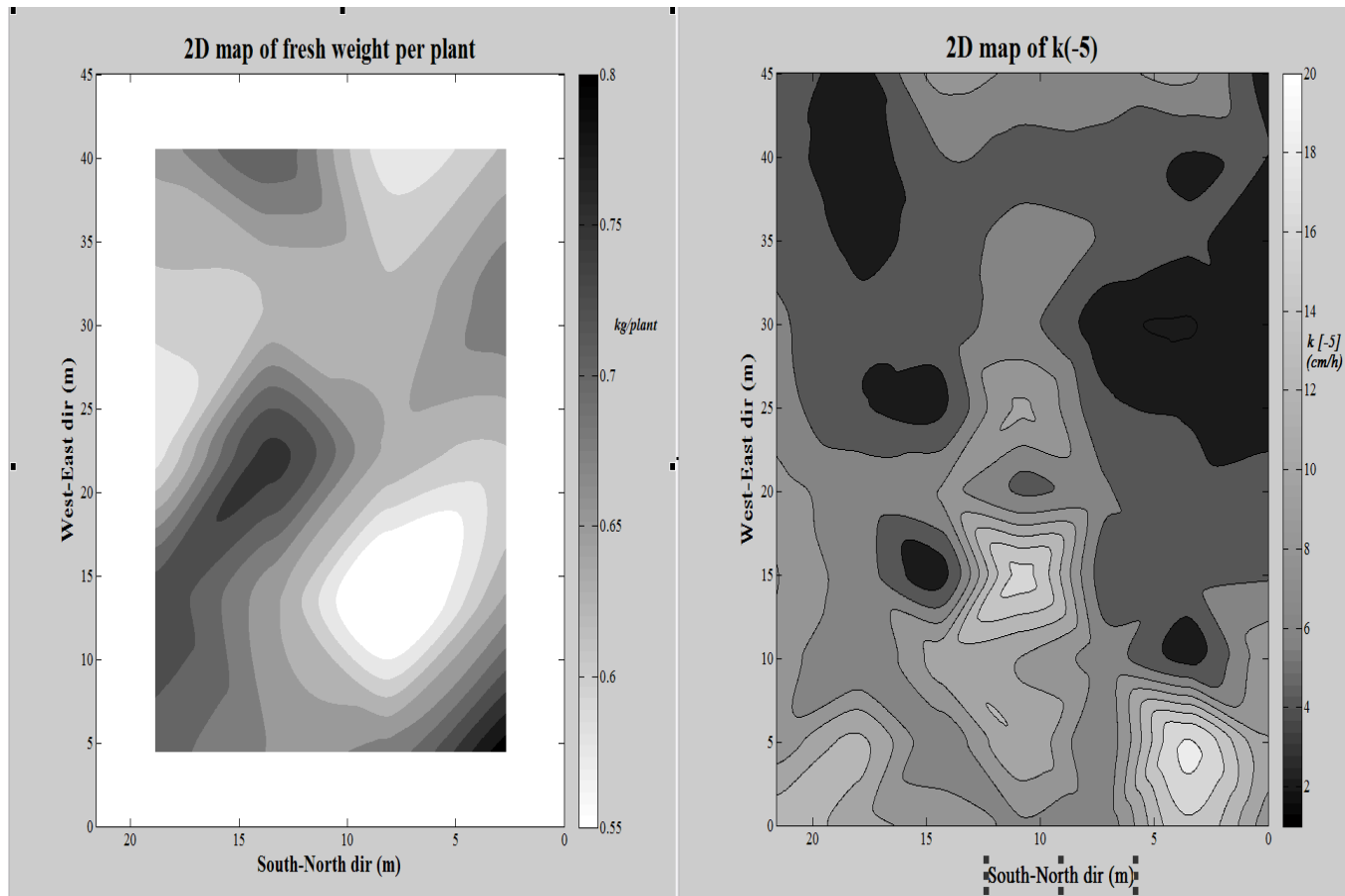
יבול צמחי הסורגום היה דומה בשני הטיפולים - 65.5 טון להקטר. אולם ייעילות השימוש במים בטיפול המשקה לפי הליזימטרים היה גבוה בהשוואה לממשק הביקורת - 28.77 ו- 25.32 ק"ג למ"ק מים.

המוליכות ההידראולית, בעומד מטריצי של 5 cm  $[k(-5)]$  ומשקל רטוב של צמחי סורגום שגדלו בחלקת הניסוי, מוצגים באיור 1. מאיור זה נראה כי המוליכות ההידראולית גבוהה בחלק המערבי של החלקה, ונמוכה בצד המזרחי. מבחן סטטיסטי בסיסי המוצג בטבלה 2 מראה הבדל של כמעט סדר גודל בין הערך המינימאלי והמכסימאלי של  $k(-5)$ . המשוואה המתארת את התלות הלינארית שבין המוליכות ההידראולית לבין אחוז החרסית היא:  $k(-5) = -0.98 \cdot \text{Clay} + 22.8$ . מקדם המתאם שחושב הוא 0.44, ומובהקות הקשר הלינארי הייתה קטנה מ- 0.001.

הדגם המרחבי של המשקל הרטוב של צמחי הסורגום (איור 1 מימין) מראה על משקל צמחים נמוך של 0.55 גר' לצמח במיקום 7.2N;14E, ומשקל גבוה של 0.8 גר' לצמח ב- 14.4N;21E. הטווח בין משקל הצמחים המינימאלי למשקל המכסימאלי היה 0.27 גר' לצמח. הפירוס הדו- מימדי של אינו מראה כיווניות של משקל הצמחים, כפי שנמצאה לגבי המוליכות ההידראולית. לא נמצא קשר כל שהוא בין  $k(-5)$ , או אחוז החרסית לבין משקל הצמחים. מקדם השונות (CV), של  $k(-5)$ , שהינו היחס בין סטיית התקן לבין הממוצע, היה בקירוב פי 3 מהמקדם שחושב לגבי משקל הצמחים הרטוב.

**טבלה 3:** ניתוח סטטיסטי של המוליכות ההידראולית בעומד מטריצי של 5 cm - ושל משקל הצמח הטרי (n=70).

	Units	min	max	mean	STD	CV(%)
<b>Hyd conductivity</b>	cm h <sup>-1</sup>	2.13	18.49	6.85	3.32	48.48
<b>Yield</b>	kg plant <sup>-1</sup>	0.54	0.81	0.65	0.089	13.6



**איור 23:** דגם דו-מימדי של המוליכות ההידראולית בעומד קפילרי של 5 cm- (משמאל), ושל משקל הצמח הטרי. (מימין).

### מסקנות

שימוש בליזימטר לצרכי עריכת מאזני מים וקביעת נפח ההשקיה המיידים מביא להורדה ניכרת של כמויות ההשקיה ושל כמות המלחים המודחת מתחת לבית השורשים. ירידה זו איננה באה על חשבון רמת היבול ואיכותו.

השונויות הקטנה של היבול, בהשוואה לשונויות של התכונות ההידראוליות של הקרקע, מצביעה על כך שבתנאי השקיה עודפת, כפי שנמדד בטיפול הביקורת, האחידות ביבול גבוהה. השקיה במנות קטנות יותר עלולה להגביר את ההשפעה של תכונות הקרקע ולהגדיל את השונויות ביבול.