

## פיתוח ממשק השקיה משוב המבוסס על נתונים ממרחב בית השורשים בשדה

שרון דב<sup>1</sup>, אפי טריפלר<sup>2</sup>, זהבה יהודה<sup>1,2</sup>, אורי שני<sup>1,2</sup>

1- האוניברסיטה העברית בירושלים. הפקולטה למדעי החקלאות, המזון ואיכות הסביבה - מו"פ ערבה דרומית.

### מבוא

היעילות של שימוש במים בחקלאות נמוכה על פי רוב, ורק כ- 50% מהמים המיושמים נצרכים על-ידי הגידולים. יתרת המים מתבזבזת על-ידי התאדות ישירה מן הקרקע, נגר עילי או חלחול למי תהום. כיון שמי ההשקיה מכילים לעיתים דשנים, רמות גבוהות של מלחים וואו חומרי הדברה, השקיה ברמה גבוהה מזו שהצמח יכול לקלוט בזמן מסוים תגרום להמלחת הקרקע וואו מי התהום ולזיהומם. השקיה יעילה, קרי השאת יבולים במינימום מים, מחייבת יישום מים לקרקע בנפח ובעיתוי אופטימליים. תכנון ממשק השקיה מיטבי תלוי ביכולת להעריך את כמות המים הנדרשת לקבלת יבול מיטבי. ממשק השקיה כולל קביעה של מנת המים לפולס השקיה ו של מרווח הזמן בין הפולסים כפונקציה של מכלול המשתנים העיקריים: תנאי האקלים, התכונות ההידראוליות של מערכת ההשקיה ומצע הגידול; מין הצמח וגודלו (או צריכת המים שלו). בשנים האחרונות פותח ציוד השקיה המאפשר השקיה בתדירות גבוהה: (I) השקיה זעירה - השקיה בספיקות נמוכות מאד ( פחות מ- 500 מ"ל לשעה לטפטפת; Assouline, 2002), ולכן מתאפשרת השקיה של כמות מים נתונה בזמן ארוך; (II) טפטוף במערכת אל-נגר, המונעת התרוקנות של מערכת ההשקיה בין פולס לפולס (השקיה בפולסים), ולכן מגדילה את אחידות ודיוק ההשקיה (Assouline, 2002; Segal et al., 2006). במקביל התפתחו והוזלו מערכות הבקרה והשליטה, ופותחו שיטות דיגום של נפח הקרקע המושקה לאפיון תמיסת הקרקע. כמו כן מצויות בשימוש מערכות המתבססות על ניטור העומד המטריצי ותכולת הרטיבות בקרקע. אולם, השונות המרחבית בקרקע, בין צמחים ובאקלים מצריכה כמות חיישנים רבה, ולכן יקרה, לצורך אפיון מרחב השדה וקביעת ממשק השקיה.

### מטרות המחקר

1. דיגום של בית השורשים במרחב השדה
2. פיתוח ממשק השקיה במנגנון משוב מהיר התואם את דרישות הצמח.

תבחן מערכת פשוטה של דוגמי רטיבות הקרקע שתיפרס במרחב השדה, ויפותח ממשק של השקיית משוב על פי הנתונים של מערכת הדיגום.

### שיטות

צמחי שעועית גודלו בליזמטרים בעלי נפח של 1 קוב (1x1x1). הליזימטרים הונחו על מאזניים אלקטרוניים המודדים באופן רציף את משקלם. מערכת הליזימטרים מאפשרת שליטה בעומד המטריצי בתחתית הליזימטרים בתחום שבין רוויה לקיבול שדה. מערכת בקרת ההשקיה מאפשרת תמיסת השקיה ייחודית לכל ליזימטר תוך שליטה על כמות מי השקיה הנתנת בפולס ותדירות ההשקיה. מערכות הניקוז והשקילה מאפשרות עריכת מאזן מים רציף ומאזן מלחים

יומי עבור כל אחד מן הליזימטרים. בניסויים אלו נוסו לראשונה שני משטרי השקיה חדשניים באופיים, השקיה לפי ערך סף והשקיה במרווחים הנקבעים על פי מדידה של קצב ירידת העומד המטריצי והשוואתו לקצב ירידה "רטוב". טיפולי השקיה אלה הושוו הושוו להשקיה מקובלת בניסויי ליזימטרים של פולס אחד ביום בשיעור של 120% מן האופוטורנספירציה המירבית של יום האתמול. הניסויים בוצעו ב-3 – 4 חזרות.

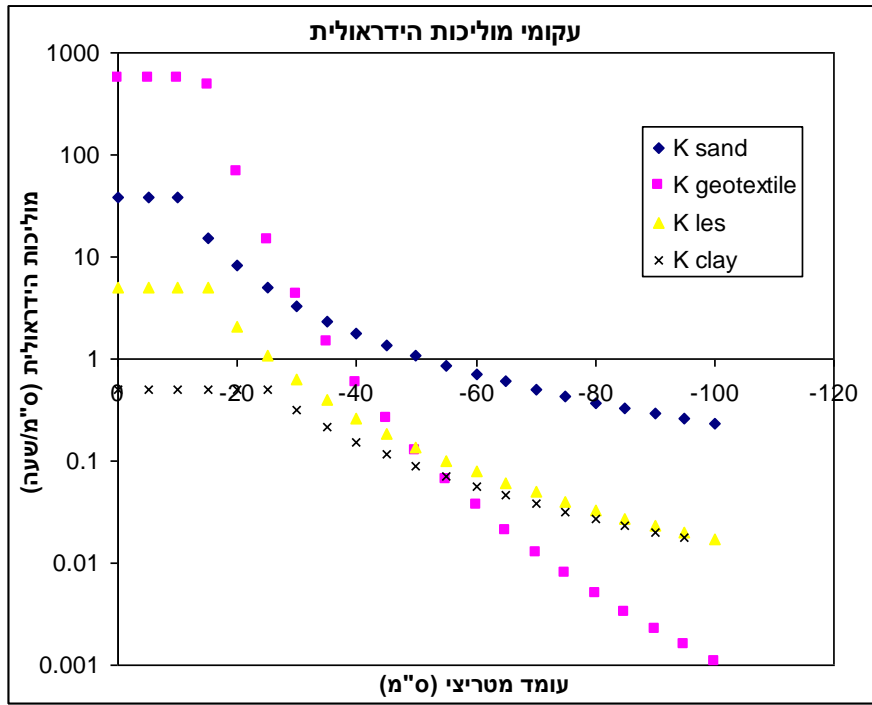
ב-20.06.2007 נשתלו צמחי שעועית הליזימטרים המונחים על תאי עומס. שיעור הכיסוי של הצמחים על פני הליזימטרים היה 60%. המשלב למתן השקיה ניתן ממדידות של פוטנציאל מטריצי בקרקע של 2 טנסיומטרים ערכים אלו הוצבו במשוואה 1 לשם חישוב הממוצע של  $\Phi$ .

$$\Phi = \int_{-\infty}^{\psi} K(\psi) d\psi \quad [1]$$

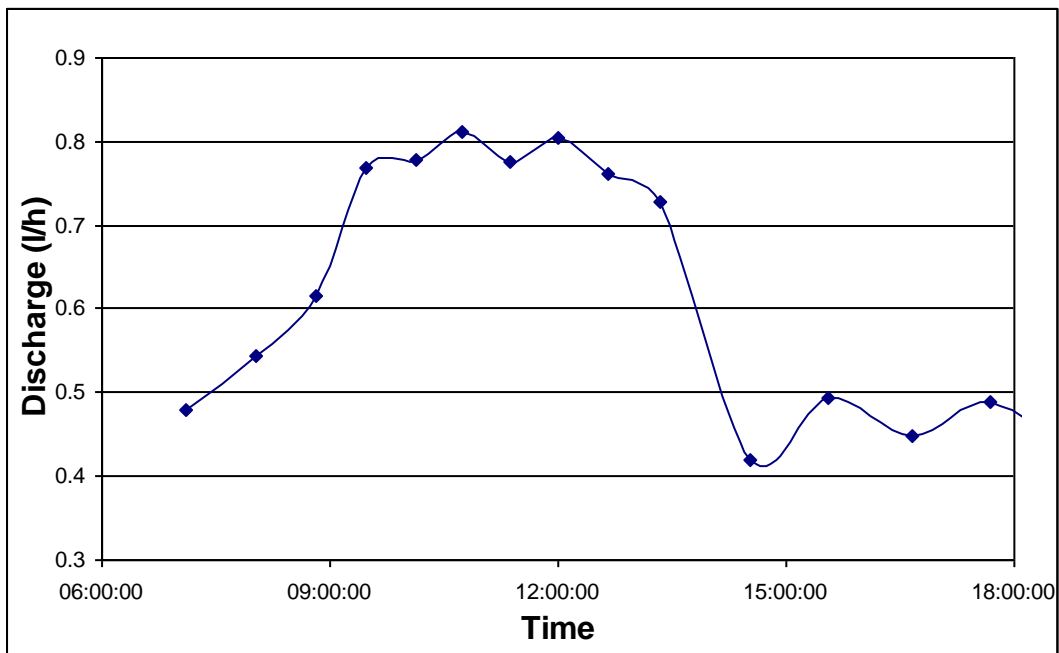
כאשר  $\phi$  הינו פוטנציאל השטף המטריצי  $[L^2 T^{-1}]$ , K הינה המוליכות ההידראולית ו  $\psi$  הינו העומד המטריצי [L].

### תוצאות

השתנות המוליכות ההדראולית של הגאוטקסטיל עם העומד המטריצי נמדדה בהשוואה לטיפוסי קרקע שונים, והיא נתונה באיור 1. מן הגרף המוצג ניתן לראות שבתכולות הרטיבות הגבוהות (עומד מטריצי גבוה) המוליכות של הגאוטכסטיל גבוהה מזו של כל הקרקעות, אך הירידה במוליכות עם העליה במתח המטריצי הינה תלולה מאוד בהשוואה לקרקעות שנבחנו. כאשר העומד המטריצי יורד אל מתחת לכ 30- ס"מ, חל היפוך במוליכויות של קרקע חול ושל הגאוטכסטיל, והמוליכות בחול גבוהה מזו של הגאוטכסטיל. היפוך דומה בין הגאוטכסטיל לקרקע לס ולקרקע החרסיתית מתרחש בעומד נמוך מ- 50 ס"מ ו-50 ס"מ, בהתאמה.

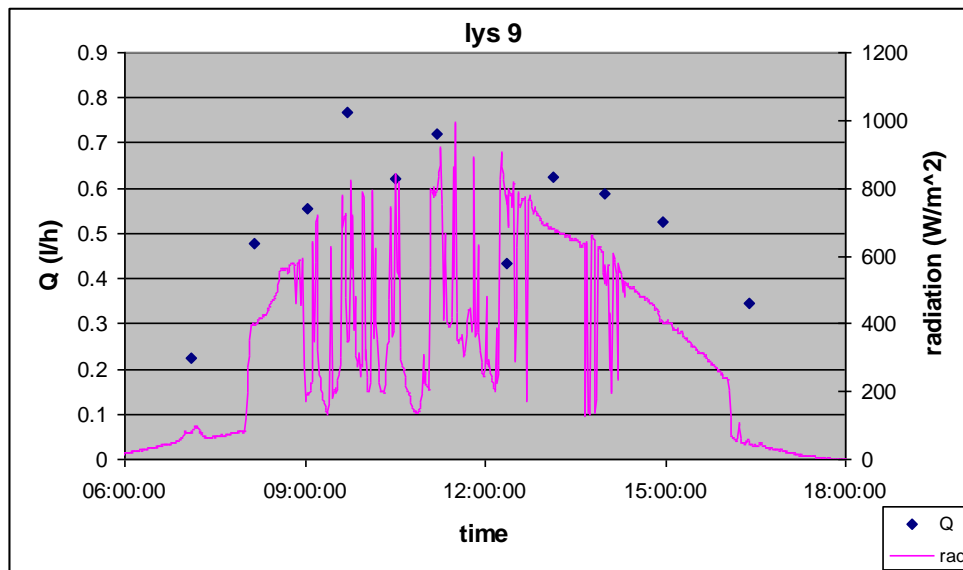


**איור 1.** השתנות המוליכות ההידראולית של גאוטכסטיל עם העומד המטריצי בהשוואה לקרקעות שונות. השתנות ספיקת מערכת ההשקיה של צמחי שעועית מוצגת באיור 2. עם זריחת השמש הקרינה והטמפרטורה מתחילות לעלות, ואיתן עולה הדיות. הקרינה מגיעה לשיא בצהרי היום. לאחר מכן מתחילה ירידה בקרינה ובטמפרטורה ואיתן ירידה בדיות. ניתן לראות שמערכת ההשקיה מנסה להתגבר על ירידה בזמינות המים בקרקע על ידי השקיה בספיקות גבוהות יותר. כאשר זמינות המים בקרקע גבוהה יותר ספיקת מערכת ההשקיה יורדת.



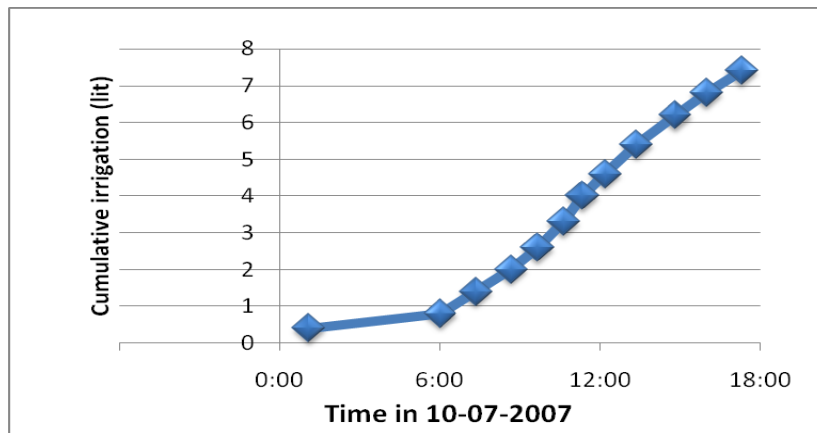
**איור 2.** השתנות ספיקת מערכת ההשקיה בניסוי בו גודלו צמחי שעועית בליזימטרים לאורך היום.

השתנות ספיקת מערכת ההשקיה והקרינה נטו לאורך היום בניסוי שבוצע בצמחי חמניה בליזימטרי שקילה מוצגות באיור 3. כמו בניסוי הקודם בשעועית, עם זריחת השמש הקרינה והטמפרטורה מתחילות לעלות, ואיתן עולה הדיות. הקרינה מגיעה לשיא בצהרי היום. לאחר מכן, מתחילה ירידה בקרינה ובטמפרטורה ואיתן ירידה בדיות. דיות המים מהקרקע משפיעה על זמינות המים בקרקע. גם כאן נראה בברור כי מערכת ההשקיה מנסה להתגבר על ירידה בזמינות המים בקרקע על ידי השקיה בספיקות גבוהות יותר (כשהקרינה גבוהה). כאשר זמינות המים בקרקע גבוהה יותר ספיקת מערכת ההשקיה יורדת (כשהקרינה נמוכה).

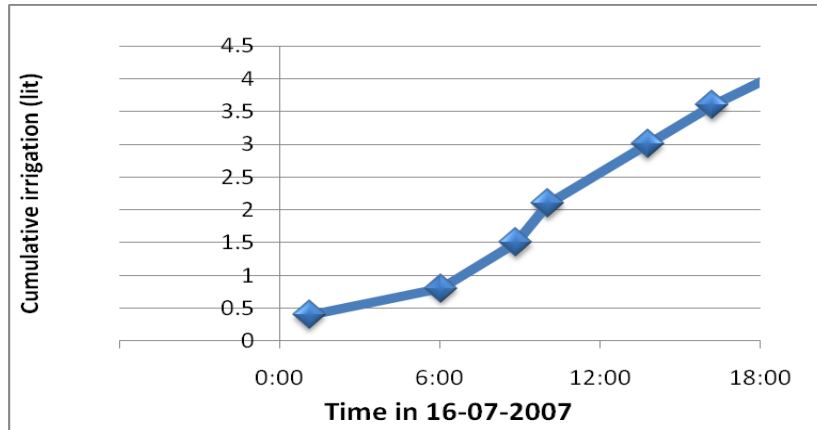


**איור 3.** השתנות ספיקת מערכת ההשקיה בגידול חמניות בליזימטרי שקילה ומהלך הקרינה נטו לאורך היום.

גובה צמחי שעועית ב-10.07.2007 היה 30 ס"מ. העקום שבאיור 4, המציג את נפח ההשקיה המצטברת, מראה כי בוצעו 11 השקיות בנפח מצטבר של 7.4 ליטר לליזימטר. יום לאחר הקטיף, לאחר שהצמחים הוסרו ב-16.07.2007, מספר ההשקיות ירד ל-4 וכמות המים המצטברת אף היא ירדה ל-4.1 ליטר (איור 5).



**איור 4.** השקיה מצטברת בזמן בו גדלו צמחי שעועית ב10.07.2007. המערכת בצעה 11 השקיות במהלך היום.



**איור 5.** נפח השקיה מצטבר יום לאחר הסרת הצמחים-16.07.2007 (איור תחתון).

לסיכום, יצרנו מערכת המגיבה לשינויים בדרישת הצמח, הנובעים משינויים סביבתיים או משלבים שונים בהתפתחות הצמח וגידולו.

#### רשימת ספרות

Assouline S. 2002. The effect of microdrip and conventional drip irrigation on water distribution and uptake. Soil Sci. Soc. Am. J. 66:1630-1636.

Segal, E., A. Ben-Gal and U. Shani. 2006. Root water uptake efficiency under ultra-high irrigation frequency. Plant and Soil 282:333-341.