

פיתוח ממשק השקיה משוב המבוסס על נתונים ממרחב בית השורשים בשדה

אפי טריפלר¹, זהבה יהודה^{1,2}, שרון דבה² ואורי שני².

(1- מו"פ ערבה דרומית; 2- האוניברסיטה העברית. הפקולטה לחקלאות, מזון וסביבה ע"ש רוברט ה. סמית)

הצגת הבעיה

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 ולאור חומרי הדברה, השקיה ברמה גבוהה מזו שהצמח יכול לקלוט בזמן מסוים תגרום להמלחת הקרקע ולאור מי התהום ולזיהומם. השקיה יעילה, קרי השאת יבולים במינימום מים, מחייבת יישום מים לקרקע בנפח ובעיטוי אופטימליים. תכנון ממשק השקיה מיטבי תלוי ביכולת להעריך את כמות המים הנדרשת לקבלת יבול מיטבי באמצעות החזרת המים שנגרעו מהקרקע בתהליכי ההתאדות 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 ומצע הגידול; מין הצמח וגודלו (או צריכת המים שלו).

בשנים האחרונות פותח ציוד השקיה המאפשר השקייה 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., 2001). 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. המגבלה העיקרית של מערכות אלו היא הדגימה הלא מספקת של בית השורשים ופירוסו בשדה כולו.

במחקר המוצע מטרננו לפתח שיטת השקיה, שתבסס על דגימת העומד המטריצי האפקטיבי בבית השורשים בסקלת השדה ועל תכנון ההשקיה על-פי המידע שיתקבל ממדידות אלו באופן בו תשמר בבית השורשים תכולת רטיבות גבוהה וקבועה יחסית. ממערכת זו מצופה כי היא תאפשר הפחתת השימוש במים והקטנת כמות הנקז הזורם אל מתחת לבית השורשים. כתוצאה מכך תופחת אף כמות הדשן המיושמת לקרקע והמחלחלת למי תהום. מערכת כזו תגדיל את יעילות ניצול המים ותמזער נזקי זיהום של משאבי טבע.

מטרות המחקר

פיתוח ממשק השקיה במנגנון משוב מהיר לדרישות הצמח

המטרות הספציפיות של המחקר:

1. פיתוח של טנסיומטר מרחבי הכולל מספר רב של יחידות מדידה המחוברות במקביל;
2. לימוד אופן הפעולה של הטנסיומטר המרחבי בתגובה לעומדים הידראולים שונים הפועלים בסביבת ראשי הטנסיומטר;
3. תכנון ממשק השקיה המתאים את כמויות המים המיושמות על-ידי המערכת לסוג הגידול, לשלב ההתפתחות שלו, לתנאים השוררים בקרקע ולתנאי האקלים המשתנים במהלך היום והעונה;
4. השוואה בין היבול המתקבל ומאזני המים, המלחים והדשנים במערכת המוצעת לבין ממשקי השקיה קיימים הנהוגים בחקלאות.

מהלך המחקר ושיטות העבודה

ניסויי השקיה משוב נערכו בצמחי בצל בשדה ובליזימטרים בקרקע מקומית בתחנת הניסיונות יטבתה. מערכת ההשקיה מורכבת מצינור טפטוף טמון עם טפטפות "אל-נגר" עטופות בגאוטכסטיל, על-מנת ליצור פיזור אחיד של מים ולאפשר מדידה של העומד המטריצי באזור הסמוך לטפטפת. מערכת החישה הוטמנה במקביל למערכת הטפטוף, כאשר החיישנים חוברו אל הטפטפות על-ידי גאוטכסטיל.

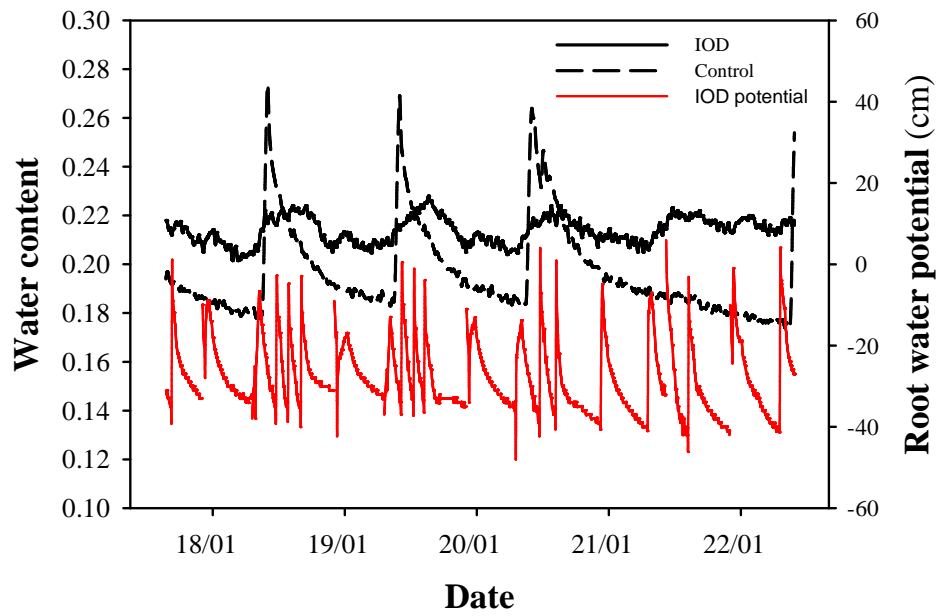
ממשק השקיה נקבע, כאמור, על-פי תכולת המים בקרקע באזור בית השורשים, כפי שנמדדה מהטנסיומטרים. בשיטה הנבחנת נקבע ערך סף, שמתחתיו לא ניתן לקרקע להוסיף ולהתייבש והיא תושקה במנה קבועה. ערך הסף נקבע בכל יום על-פי קריאות הטנסיומטרים ביום האתמול. בנוסף נבחנו שני טיפולי משנה: האחד, קוי טפטפות הפועלים באותה שיטה עטופים לכל אורכם בגאוטכסטיל לעומת צנורות העטופים בגאוטכסטיל רק בסמוך לטפטפות; והטיפול האחר כלל את עומק הטמנת הטפטפת - 5 או 10 ס"מ מתחת לפני הקרקע. טיפולים אלה נבחנו בהשוואה לטיפול השקיה משקי מקובל.

בכל הניסויים נערך מעקב יומי רציף של מהלך ייבוש הקרקע והרטבתה מחדש באמצעות ההשתנות של קריאות העומד המטריצי. בתום הניסוי נמדד משקל היבול בטיפולים השונים. בניסויים שיערכו בליזימטרי השקילה נערכו מאזני מים מלחים ודשן.

תוצאות ביניים

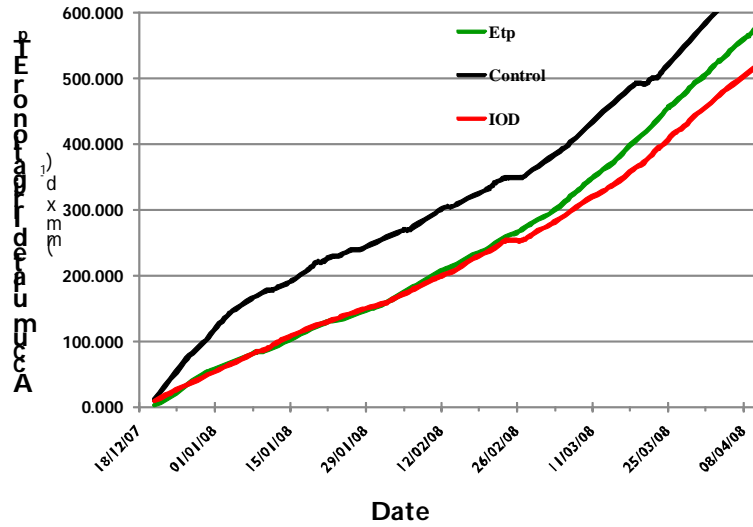
האופוטנספירציה לאורך היום תאמה את כמויות ההשקיה שהמערכת הפעילה. מאיור 1 המציג את תכולת הרטיבות כפונקציה של הזמן בטיפול המשוב ובטיפול הביקורת נראה כי בטיפולי המשוב כמות המים בבית השורשים נשמרה יחסית קבועה לעומת טיפול הביקורת בו התנדטיות הייתה רבה יותר. כמו-כן, ערכי תכולת הרטיבות בטיפול המשוב היו גבוהים מאלו שנמדדו בטיפול הביקורת. יבול הבצל הכללי היה גבוה יותר בטיפול המשוב וגם יעילות השימוש במים (יבול הבצל ליחידת מים) בטיפול זה הייתה גבוהה יותר משל ממשק השקיה מקובל. העומדים בסביבת

השורש שנמדדו על מקור ההשקיה (טפטפת), המוצגים באיור 1 שמרו על טווח קבוע שנע בין 20- ל- 40 ס"מ.



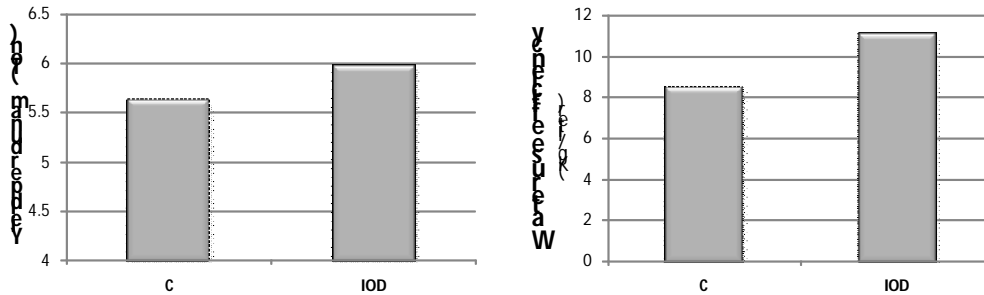
איור 1: דגם תכולת הרטיבות בעומק 15 ס"מ, שנמדדה בטיפול השקיה המבוסס על נתונים ממרחב בית השורשים (עקום רציף) בהשוואה להשקיה יומית המקובלת עבור בצל באזור הערבה הדרומית (עקום מקווקו). העקום האדום מייצג את העומד של השורשים בטיפול המשוב.

כמויות ההשקיה המצטברות בטיפול ה- IOD ובטיפול הביקורת מוצג באיור 2. ממשק ההשקיה שנוהל באופן עצמאי בטיפול המשוב (IOD) הניב כמות השקיה מצטברת נמוכה מזו של טיפול הביקורת (510 לעומת 594 מ"מ, בהתאמה), ונמוכה ב-10% מההתאדות הפוטנציאלית (573 מ"מ). שיפוע העקום של כמות ההשקיה עלה החל מאמצע פברואר היות וכמות ההשקיה היומית עלתה.



איור 2: כמויות מצטברות של ההשקיה, בטיפול המשוב (IOD), ובטיפול הביקורת (עקום שחור). ההתאדות הפוטנציאלית מוגיית סוג א' מיוצגת על ידי העקום הירוק.

הצגה גרפית של היבול ויעילות השימוש במים ניתנת באיור 3. טיפול המשוב הניב יבול גבוהה בהשוואה לטיפול הביקורת (6 לעומת 5.6 טון לדונם), בו מנת ההשקיה ועיתויה נקבע לפי ממשק הגידול המקובל לבצל ירוק בערבה. היות וכמות ההשקיה הטיפול המשוב הייתה נמוכה מטיפול ההיקש (איור 2), ייעול השימוש במים, המחושב ממנת היבול בכמות של מי ההשקיה, היה גבוהה בטיפול ה-IOD לעומת הביקורת.



איור 3: יבול לדונם ויעילות השימוש במים בטיפול השקיית המשוב (IOD) ובטיפול הביקורת. הממוצעים מייצגים מדגם בן 6 חזרות.

מסקנות והמלצות להמשך המחקר

ב-2008 ביצענו ניסוי בו גדל בצל ירוק, בהיקף חצי מסחרי. היבול בטיפול המשוב היה גבוה מטיפול ההיקש, בעוד שמגמה הפוכה נמצאה בהקשר לכמות מי ההשקיה. כמות ההשקיה ועיתויה (במשך שעות האור) נקבע באופן עצמאי, ללא התערבות. אי לכך, נראה כי תפקודה העצמאי של מערכת הבקרה וייעול השימוש במים שהושג בטיפול המשוב, מהווים ממצא ראשוני מעודד אשר עימו נוכל להמשיך ב-2009 ולכיל את מערכת הבקרה בניסוי בליזימטרי שקילה.

התייחסות מיוחדת נדרשת לתנאי אקלים ו/או קרקע אשר בהם ניתן לקיים השקיה עצמאית בתדירות נמוכה או שווה ל-1, לפי משוב ממקור טמון.