

## תגובת צמחים והתפלגות המים וחומרי ההזנה בקרקע במשטר השקיה בתדירות גבוהה

זהבה יהודה<sup>1,2</sup> אפי טריפלר<sup>1</sup>, לאה זיגמונד<sup>1</sup>, גלעד הורוביץ<sup>1</sup>, אלכס דוידוף<sup>1</sup> ואורי שני<sup>2</sup>

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

### הצגת הבעיה

בשנים האחרונות פותח ציוד השקיה המאפשר השקיה בתדירות גבוהה: (I) השקיה זעירה-השקיה בספיקות נמוכות מאד, המאפשר 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). מחזור השקיה כולל שלושה שלבים: (1) חיזור; (2) רדיסטריבוציה; ו-3) קליטת מים מאוגר הקרקע (Polak and Wallach, 2001). בשיטות השקיה בתדירות נמוכה השלב השלישי הוא הארוך ביותר, ועיקר קליטת המים מהקרקע נעשית בו. לעומת זאת, בתדירות השקיה גבוהה שני השלבים הראשונים הופכים אף הם משמעותיים גם מבחינת הקליטה של מים מהקרקע ולא רק מבחינת פירוסם. בתהליך קליטת מים מהקרקע בשלב האוגר חל ייבוש של הקרקע באזור המידי של השורש (Polak and Wallach, 2001). ייבוש זה גורם לירידה במוליכות ההידראולית, ומכאן להקטנה בשטף המים והמינרלים לשורש. בתנאים של השקיה בתדירות גבוהה, ולכן של זרימת מים בבית השורשים בתהליכי החיזור והרדיסטריבוציה, נשמרים בסביבה המיידית של השורש ערכים גבוהים של רטיבות ומוליכות הידראולית, ולכן גם שטף גבוה אל השורש (Segal et al., 2006). מערכות ההשקיה הזעירות נלמדו באופן אינטנסיבי בחממות (Koenig, 1997), ותוצאות ראשוניות הראו שהן הפחיתו צריכת מים בצמחי עגבניה ב-38%, העלו את היבול ב-14-26%, והפחיתו את הנקז ב-10-40% (Assouline, 2002). בניסוי שדה בתירס מתוק (Assouline et al., 2002) הראו שבהשוואה להשקיה שגרתית בטפטוף, השקיה זעירה עשויה לשפר יבול, להפחית את שטף הנקז ולהשפיע על התפלגות תכולת הרטיבות בריזוספרה. כמו כן, נצפתה הפחתה בשינויים הדינמיים בתכולת הרטיבות במהלך היום בחלק הפעיל ביותר של אזור השורשים בתירס (Assouline, 2002). שמירה על תכולת רטיבות גבוהה באזור בית השורשים על-ידי אספקת מים בתדירות גבוהה מצמצמת את תנודות הייבוש וההרטבה (Bresler 1977), ומעלה את שטף המים ואת זמינות יסודות המזון לשורשים (Ben-gal and Dudley, 2003; Silber et al., 2003). השקיה בתדירות גבוהה השרתה עליה משמעותית בריכוז הזרחן בעלים של חסה בריכוזי זרחן נמוכים בתמיסת ההשקיה, בעוד שבריכוזי זרחן גבוהים לא נצפתה השפעה מובהקת של תדירות ההשקיה (Xu et al., 2004). כמו כן נמצא מתאם הקושר בין תכולת הזרחן בצמח והיבול בלבד. הם ייחסו את ההשפעה העיקרית של תדירות ההדשה לשיפור בניידות הזרחן ובקליטתו בצמח. ההשפעה של השקיה בתדירות גבוהה על ההרכב הכימי של תמיסת הקרקע ועל קליטת יסודות ההזנה בצמח טרם נחקרה דיה. בעבודה קודמת בחנו את ההשפעה של שילוב עקות מלח עם רמות שונות של דישון חנקני על קליטת החנקן בצמחי תירס מתוק. התוצאות הצביעו על כך, שעקום התגובה של הצמח לדישון חנקני עשוי להיות שונה בממשקי גידול שונים. כך למשל ריכוז החנקן המומלץ עלול להיות גבוה בכ-50% מהנדרש לקבלת יבול מרבי או קרוב לכך בשימוש בתדירות השקיה גבוהה. הדשנים שאינם נצרכים על-ידי הצמח עלולים להשטף למי התהום ולזהמם.

המחקר הנוכחי מתבסס על שתי הנחות יסוד השלובות זו עם זו. האחת היא שהשקיה בתדירות גבוהה ו/או בתדירות מתמשכת גורמת להתפלגות מרחבית של מים, חמצן וחומרי הזנה, ומאפשרת את קליטתם היעילה על ידי הצמח. ההנחה השנייה הינה שהשקיה תכופה גורמת לאופטימיזציה של פונקציות הייצור של הגידול.

### מטרות המחקר:

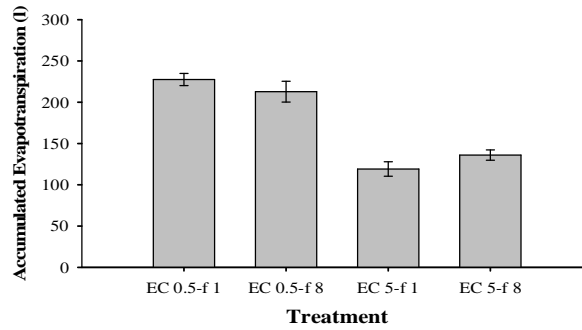
1. ללמוד על התפלגות המים וחומרי ההזנה במשטר השקיה רציף ממקור נקודתי.
2. לאפיין רמות אופטימאליות של חומרי הזנה בתנאי השקיה תכופה.
3. לפתח פרוטוקול לשימוש במים ובחומרי הזנה לגידולים בשטח פתוח ובמבנים.

### מהלך המחקר ושיטות העבודה

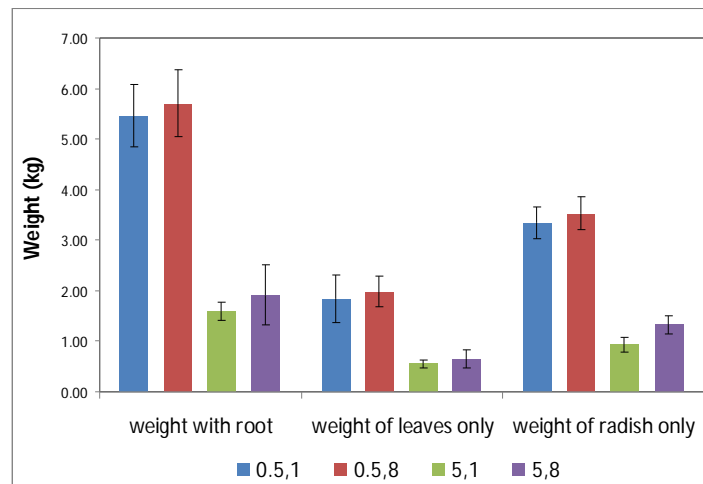
ההשפעה המשולבת של תדירות ההשקיה ורמות שונות של מלח במי ההשקיה על יבול וצימוח של צמחי צנונית נלמדה בניסוי דו-גורמי המבוצע בליזימטרי שקילה ובשדה. הליזימטרים בנפח של 440 ל' מוקמו בתעלה במרכז החלקה באופן בו שטח פני הקרקע שלהם היה בגובה פני הקרקע בשדה הסובב. מערך הניסוי כלל מיכל ומערכת הובלת תמיסת השקיה אינדיבידואלים; מערכת איסוף אוטומטי ומדידה של נפח מי הנקז; משקל לשקילה רציפה, בקר ממוחשב אוטומטי ורשם נתונים לכל ליזימטר. בכך התאפשרה עריכת מאזני מים ומלח מדוייקים לכל ליזימטר בכל תקופת זמן רצויה. הקרקע בליזימטרים ובשדה הובאה לשיווי משקל עם תמיסת ההשקיה על-ידי שטיפה ארוכה טרם השתילה. זרעי צנונית נזרעו ב-14/02/2008 בקרקע חול דמוי לס בליזימטרי שקילה ובשדה. בכל ליזימטר נזרעו 48 זרעים. לכל טיפול נקבעה מנת מים ייחודית שחושבה לפי האופוטורנספירציה המרבית שנמדדה ביום הקודם (120%). שתי תדירויות השקיה שנבחנו היו: [1] השקיה פעם ביום ב 10:00 (f 1) ו- [2] תדירות של 8 פולסים ביום (f 8). שתי רמות מליחות מי ההשקיה היו: [1] מים מותפלים ( $EC=0.5 \text{ dS m}^{-1}$ ) ו- [2] מליחות מי הקו באזור הערבה המשמשים בחקלאות ( $EC=5 \text{ dS m}^{-1}$ ). הפרמטרים שנמדדו בניסוי: א. אוופוטורנספירציה יומית ומצטברת; ב. תכולת NPK בעלים, בקרקע, במי ההשקיה ובמי הנקז; ג. יבול פירות ויבול כללי.

### תוצאות ביניים

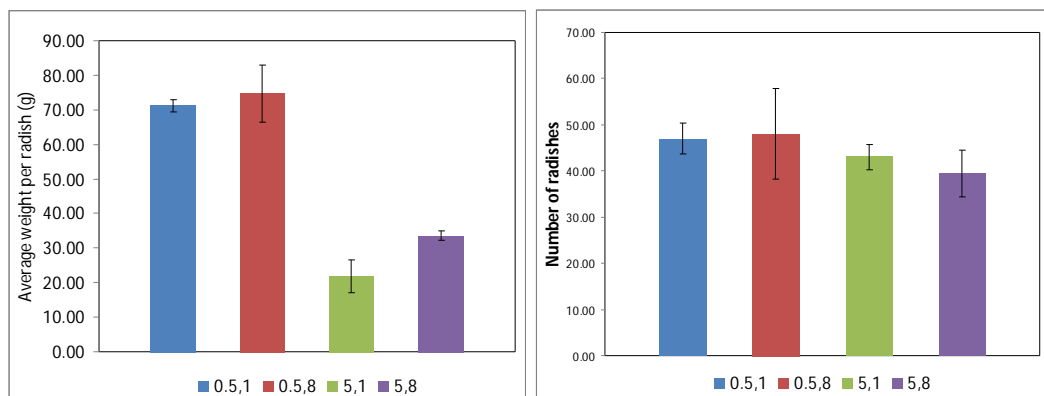
האוופוטורנספירציה בצמחי הצנונית נמדדה באופן רציף עם הזמן, והכמות המצטברת מיום הנביטה ועד ליום הקטיף מוצגת באיור 1. רמת האוופוטורנספירציה של צמחים שהושקו במים בעלי מליחות של 5 דצ"ס/מ' הייתה 0.54 מהרמה שנמדדה בצמחי צנונית שהושקו במים מותפלים ( $p < 0.001$ ) במבחן Holm-Sidak). הדיות בצמחים שהושקו במים מותפלים בתדירות יומית לא היתה שונה באופן מובהק מזו שנמדדה בצמחים שהושקו באיכות מים זהה וב-8 פולסים. כמו כן, הדיות שנמדדה בצמחים שהושקו במים בעלי רמת המליחות הגבוהה יותר אף היא לא היתה תלויה באופן מובהק בתדירות ההשקיה בין אם ניתנה בפולס בודד או ב-8 פעמים ביממה.



**איור 1.** שיעורי האוטרנספירציה המצטברת בצנונית כתלות במליחות מי ההשקיה (0.5 או 5 דצ"ס/מ') ובתדירותה (1 או 8 פולסים). רווחי הסמך מייצגים סטיית תקן. כצפוי רמת מלח גבוהה גרמה לפחיתה ביבול הפירות והביומסה בהשוואה להשקיה במים מותפלים בעלי מוליכות חשמלית של 0.5 דצ"ס/מ' (איור 2). לתדירות ההשקיה לא היתה השפעה דומה והבדל מובהק נמצא רק במשקל הפירות בצמחים שהושקו במים מליחים. בצמחים אלה נצפה יתרון להשקיה בתדירות הגבוהה יותר של 8 פולסים ביום על-פני השקיה בפולס בודד. בטיפולים אלה מספר הפרות הממוצע לצמח היה דומה, אך המשקל הממוצע של פרי בודד היה גבוה יותר באופן מובהק בצמחים שהושקו בתדירות הגבוהה יותר של 8 פולסים מאשר בצמחים שהושקו פעם ביום (איור 3).

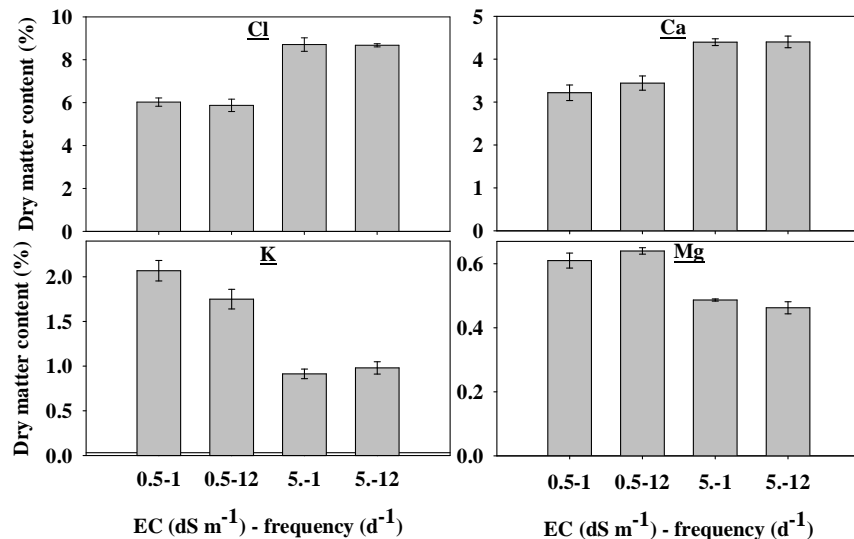


**איור 2.** יבול פרות וביומסה של צנונית כתלות במליחות מי ההשקיה (0.5 או 5 דצ"ס/מ') ובתדירותה (1 או 8 פולסים).



**איור 3.** יבול הפרי בצנונית כתלות במליחות מי ההשקיה (0.5 או 5 דצ"ס/מ') ובתדירותה (1 או 8 פולסים): מימין - מספר הצנוניות בכל טיפול; משמאל המשקל הממוצע לפרי.

תכולות יונים עיקריים בעלי הצונות, כפי שנמדדו בתום הניסוי, מוצגות באיור 4. רמות הכלורידים והסידן היו גבוהות בצמחי צנונית שהושקו במים מליחים (5 דצ"ס/מ'), בהשוואה לצמחים שהושקו במים בעלי מוליכות חשמלית של 0.5 דצ"ס/מ' ( $P < 0.001$ ). רמות האשלגן והמגניון ברמת המליחות הגבוהה היו נמוכות מהרמות שנמדדו בצמחים שהושקו במים מותפלים ( $P < 0.004$ ). השקיה בתדירות של 8 פעמים ליממה הקטינה את רמות האשלגן בעלים, בהשוואה לטיפול בו מנת ההשקיה ניתנה בפולס בודד. (1.75 לעומת 2.06, בהתאמה,  $P < 0.02$ ).



**איור 4.** ריכוזי כלורידים (שמאל למעלה), סידן (ימין למעלה), אשלגן (שמאל למטה) ומגניון (ימין למטה), בעלי צנונית. רווחי הסמך מייצגים סטיית תקן.

#### מסקנות והמלצות להמשך המחקר

ההשפעה של רמת המליחות של מי ההשקיה הייתה משמעותית מזו של תדירות ההשקיה. לתדירות גבוהה של השקיה ניכר יתרון בהשקיה במים מליחים והיא גרמה להגדלת היבול בצנוניות שהושקו במים אלה. בהמשך המחקר אנו מתכננים לבדוק את השפעת התדירות על גידולים חקלאיים שונים בהשקיה במים בעלי מליחויות ביניים המשמשים להשקיה בערבה הדרומית.

בניסוי קודם שנערך במסגרת המחקר הנוכחי השקיה רבת-פולסים גרמה להאצת הגידול של צמחי עגבניה בשלב הצימוח הוגטיבי ההתחלתי והשפיעה על הקדמת ההבשלה. באם תוצאה זו תחזור על עצמה בהמשך המחקר, למסקנה זו חשיבות רבה בחסכון בתשומות (מים, ימי גידול ועבודה) ואף בתכנון מועד ההבשלה של הפרי לפי צרכי השוק.

בהמשך המחקר בכוונתנו לבחון את השפעת התדירות על ההזנה של הצמחים ברמות דשן שונות שבין 30% ל-100% מרמות הדשן המומלצות בדישון.

#### 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.

- Assouline S., S. Cohen, D. Meerbach, T. Harodi, and M. Rosner. 2002. Microdrip irrigation of field crops: effect on yield, water uptake and drainage in sweet corn. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 66:228-235.
- Ben-gal, A. and L.M. Dudley. 2003. Phosphorus availability under continuous point source irrigation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 67:1449-1456.
- Bresler, E. 1977. Trickle-drip irrigation: principles and application to soil-water management. *Adv. Agron.* 29:343-393.
- Koenig, E. 1997. Methods of micro-irrigation with very small discharges and particularly low application rates. (In Hebrew.) *Water Irrig.* 365:32-38.
- Segal, E., A. Ben-Gal and U. Shani. 2006. Root water uptake efficiency under ultra-high irrigation frequency. *Plant and Soil* 282:333-341.
- Silber, A. B. Bar-Yosef and Y. Chen. 1999. pH dependent tuff dissolution kinetics. *Geoderma* 93:125-140.
- Silber, A., G. Xu, I. Levkovitch, S. Soriano, A. Bilu and R. Wallach. 2003. High fertigation frequency: the effects on uptake of nutrients, water and plant growth. *Plant and soil.* 253:467-477.
- Xu, G., I. Levkovitch, S. Soriano, R. Wallach, and A. Silber. 2004. Integrated effect of irrigation frequency and phosphorus level on lettuce: P uptake, root growth and yield. *Plant and soil.* 263:297-309.