

## בחינת ממשקי השקיה שונים בתמרים מזן מג'הול בהשוואה לליזימטרים

טריפלר אפי<sup>1</sup>, גלעד הורוביץ<sup>1</sup> ואלכס דוידוף<sup>1</sup>

(1- המרכז לחקר ייעול השימוש במים. מו"פ ערבה דרומית)

### הצגת הבעיה

קיומם של גידולים חקלאיים בכלל ותמרים בפרט מותנה בהימצאותם של מים (משקעים או השקיה) באזור בית השורשים של הצמח. ייעול ההשקיה (כמות, תדירות וסדירות) הנו מרכיב חשוב לאור התדלדלות מקורות המים מחד, וזיהומם מאידך, כתוצאה מניהול לא יעיל של משק המים (Or and Hanks, 1993).

שטף המים מהקרקע לשורש מושפע מהגרדיינט ההידראולי לאורך מסלול הזרימה ומהמוליכות ההידראולית (Gardner, 1960). שני גורמים אלה תלויים בתכולת הרטיבות של הקרקע באופן לא ליניארי (Mualem, 1976). בתהליך קליטת המים על ידי השורש, מתרחש ייבוש בסביבתו המיידית. כתוצאה מכך חלה ירידה במוליכות ההידראולית, ובשטף המים אל השורש. תופעה זו בולטת בקרקעות חוליות בהן המוליכות ההידראולית פוחתת באופן תלול עם הירידה בתכולת הרטיבות בקרקע. על מנת להתגבר על הירידה בזמינות המים לצמח, יש לנקוט במשטר השקיה שיבטיח שמירה על מוליכות הידראולית גבוהה ושטף שיטייב את משק המים של הצמח. משטר כזה ימנע מחסורים זמניים בשטפי המים ומוטמעים לצמח.

תנועת המים לאורך במסלול שורש- גזע- עלים- אטמוספירה היא תנועה פאסיבית המוכתבת על ידי גרדיינט בין פוטנציאל המים בסביבת העלה ובין פוטנציאל המים בעלה. על כן ערכי ההתאדות הפוטנציאליים שונים מאזור לאזור, בהתאם לתנאי האקלים (טמפרטורה, לחות, קרינה ומהירות רוח) (Nobel, 1999) ובהתאם למליחות מי ההשקיה (Shani and Dudley, 2001).

מספר המחקרים העוסקים בתצרוכת המים של התמר המופיעים בספרות המדעית מועט, ולרוב תצרוכת המים השנתית של התמר מוערכת בעקיפין. (Al-Amoud et al. (2000 ו-Al-Amoud (2006 מצאו שצריכת מים שנתית של 108 מ<sup>3</sup> לעץ מאפשרת יבולים אופטימאליים באזור ריאד בערב-הסעודית. הערכה של צריכת המים השנתית של עצי תמר ממדידות של התאדות פוטנציאלית מגיגית בדרום קליפורניה ובאיראן בוצעה ע"י Furr (1975) ובשיטת פנמן-מונטיט בערב-הסעודית ע"י Alazba (2004). קרמר וחוב (2006) הסיקו בניסוי תלת-שנתי, שבחן תגובת עצי תמר בוגרים מזן מג'הול לכמויות שנתיות שונות של מי השקיה בערבה התיכונה, כי ניתן להוריד את כמות המים השנתית המומלצת לעץ ב-10% (מ-183 מ<sup>3</sup> ל-165 מ<sup>3</sup>). מדידות ישירות של אוופוטנסיפריציה (ET) בתמרים מזן מג'הול בוצעו ע"י מאירי וחוב (1993), במיכלי גידול בנפח של 1.5 מ<sup>3</sup> בבקעת הירדן. ממצאיהם הראו על צריכת שנתית של

110 מ<sup>3</sup> לעץ (יש להסתמך על נתון זה בזהירות בגלל גודל המיכל). במערכת של לייזמטרי השקילה המצויה ביטבתה, גדלים עצי תמר מזן מג'הול שנטעו בסתיו 1999 במיכלי גידול בנפח 10 מ<sup>3</sup> (מועלם וחוב' 2007). מערכת ניסויית זו מאפשרת כימות מדויק ( $\pm 50$  ג') ורגעי של קצבי ET בעצים. איור 2 מציג את המהלך היומי של ה-ET בארבע רמות המליחות הקיימות בניסוי ביולי 2007. ה-ET השנתית המחושבת לעץ מג'הול בגיל 8 שנים, המושקה במים מותפלים, הינה 76 מ<sup>3</sup>. פרויקט לייזמטרים של התמרים בערבה מספק מזה 5 שנים נתונים יומיים אודות ה-ET היומי של עצי המג'הול הגדלים במגוון איכויות מים (באתר: <http://mop.ardom.co.il>). נראה כי יישום מנות המים להשקיה, כפי שנמדדו בניסוי זה ושיימדדו בעתיד עשוי ליעל את השימוש במים, ע"י השקיה בכמויות נמוכות מהמקובל כיום. בכך תפחת אולי מצוקת המים ותתאפשר הרחבה עתידית של נטיעת תמרים. המשכו של מחקר רב-שנים זה נחוץ בשל החיסכון האפשרי במים ובדשנים ועל-מנת לקיים חקלאות משגשגת בת קיימא בערבה הדרומית.

מחקר זה בוחן את תגובת העצים למשטרי השקיה שונים: על-פי המידע המתקבל מהליזמטרים (כמות ותדירות) ולפי ההמלצות ההשקיה המקובלות בערבה הדרומית בחלקה מסחרית בני גיל דומה לגיל העצים בליזמטרים.

למחקר זה חשיבות גוברת כיוון שבערבה הדרומית מתרחשים במקביל שני תהליכים אשר עלולים באופן פוטנציאלי להקטין את קצב הגידול של ענף זה, שהינו מרכזי לכלכלת מתיישבי הערבה הדרומית. התהליך הראשון הינו עליית מחירי מי הקולחין והמים המליחים, והשני הינו העדר מקורות מים חדשים ומתחדשים. ממצאים ממחקר זה עשויים לגרום להפחתה בכמות מי ההשקיה, לחיסכון במים, ולהפנייתם לנטיעות חדשות.

## מטרות המחקר

1. בחינת השפעת מנת ההשקיה על יבול וצימוח של עצים מזן מג'הול
2. בחינת ההשפעה של תדירות ההשקיה על היבול והצימוח.

## מהלך המחקר ושיטות העבודה

הניסוי מתבצע במשק גרופית במטע הסמוך למאגר אליפז, בו גדלים עצי מג'הול שנטעו כחוטרים והם בגיל דומה לגילם של העצים הגדלים לייזמטרים בחוות הניסיונות ביוטבתה. יחידת הניסוי היא העץ הבודד. בניסוי 4 טיפולים. חלקת הניסוי מחולקת לארבע. לכל חלקה מותקן מגוף נפרד שמופעל ממחשב ההשקיה. בקר זה מתפעל מיבקר השקיות במספר פולסים ליממה.

- I. השקיה לפי המנה המומלצת ע"י שה"מ (הן תדירות והן מנת המים).
- II. השקיה לפי מאזן המים המחושב מהליזמטרים בתוספת פקטור נקו של 25% ממנת ההשקיה, בתדירות יומית.
- III. השקיה לפי טיפול I הניתנת במספר פולסים ליום.
- IV. השקיה לפי טיפול II הניתנת במספר פולסים ליום.

הפרמטרים הנמדדים ותכיפות המדידה שלהם מפורטים בטבלה שלהלן:

תדירות	פרמטר	
שבועית	קצב התארכות לולב	1
שבועית	קוטר ואורך פירות במהלך התפתחותם	2
מידי 10 ימים במהלך עונת ההבשלה	יבול ואיכות פרי	3
יומית	מנת המים להשקיה	4
30 דק'	מתח מים	5
30 דק'	תכולת רטיבות נפחית (TDR)	6

#### תוצאות

##### ממשק ההשקיה

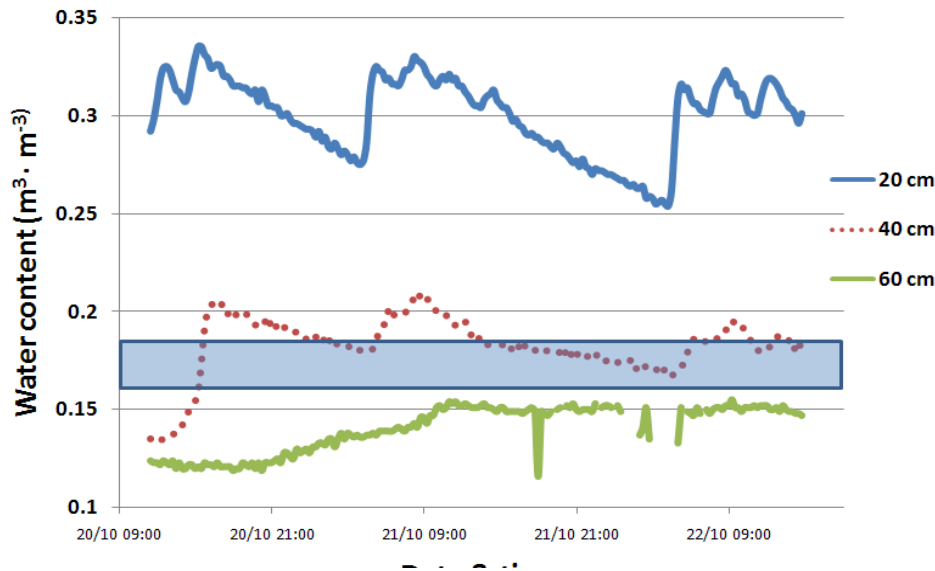
כמויות המים להשקיית עץ בודד בתקופה שבין מאי לבין אוקטובר מוצגות בטבלה 1. ניתן ללמוד מטבלה זו כי כמויות המים להשקיית עצי התמרים בטיפולים II ו-IV הן 75% מהכמויות הניתנות לעצים המושקים בטיפולי ההיקש (I, III). השקיה בתדירות דו-יומית ניתנת בטיפול ההיקש מאמצע אוקטובר; כמות המים הניתנת לעץ בטיפול זה ובטיפול III נמוכה מהטיפולים המושקים לפי הכמות המחושבת מניסוי הליזימטרים. תדירות ההשקיה בטיפול המשקי הייתה יומית החל ממאי ועד לאוקטובר, בנובמבר העצים הושקו בימים א', ג' ו-ה' ובדצמבר ההשקיה בוצעה בימים ב' ו-ה'. ההשקיה היומית החלה ב-06:00 והסתיימה ב-14:00, בעוד שבטיפולי התדירות (IV, III) ההשקיה הייתה בשעות 06:00, 09:00, 12:00 ו-15:00.

טבלה 1: כמות מים יומית לעץ בטיפולים בהם מנת המים היא על-פי המלצות שה"מ (I ו-III, היקש) ובטיפולים בהם מנת המים נקבעת על-פי צריכת המים של העצים הגדלים בליזימטרים (II ו-IV).

	מאי	יוני	יולי (1-10)	יולי (11-31)	אוג'	ספט' (1-15)	ספט' (16-30)	אוק' (1-15)	אוק' (16-31)	נוב'	דצמ'
<b>צריכת מים מדודה מהליזימטרים (I)</b>	350	400	440	460	460	400	400	320	250	190	100
<b>כמות להשקיה (I)</b>	490	560	616	644	644	560	560	448	350	260	140
<b>טיפול היקש (I)</b>	700	800	800	900	900	900	700	700	300	300	200

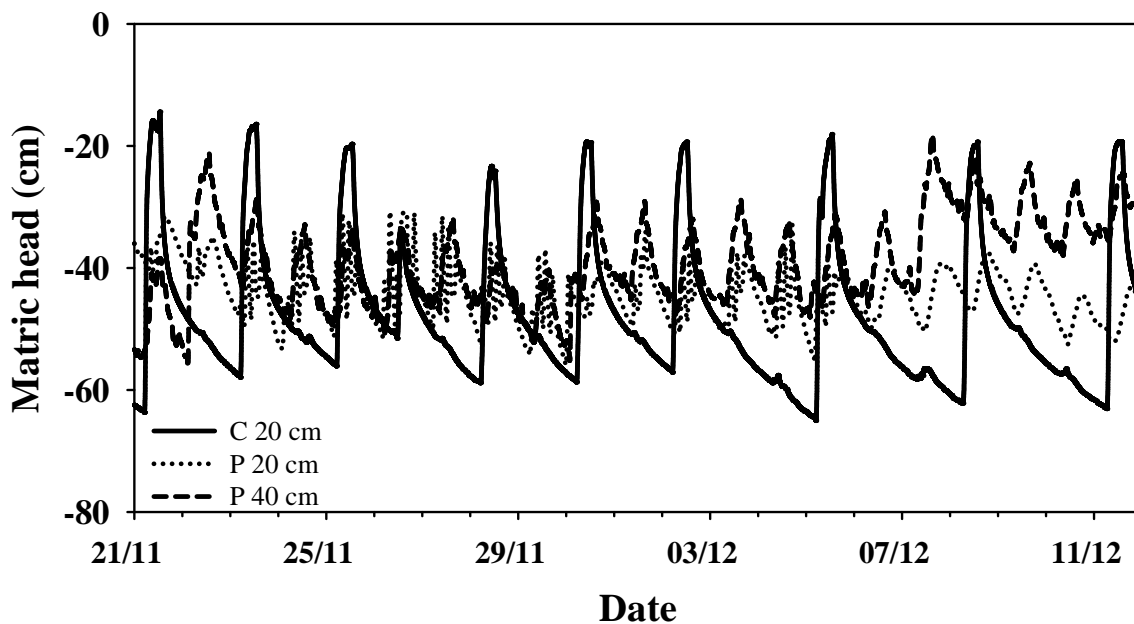
## עומדים קפילריים ותכולת רטיבות

התבנית של תכולת הרטיבות בטיפול בו ההשקיה ניתנת 4 פעמים ביממה, מוצגת באיור 1. בשכבה העליונה נמדדה תכולת רטיבות גבוהה, הקרובה למצב רוויה. במהלך הלילה מתנקזים מי כובד במורד הפרופיל. בשתי השכבות התחתונות (40-60 ס"מ), מהן מתבצעת מרבית קליטת המים, נשמרת תכולת רטיבות הדומה לקיבול שדה. מכאן ניתן להסיק כי השקיה בפולסים במנת מים המחושבת על-פי צריכת הליזימטרים שומרת על רטיבות אופטימאלית בבית השורשים של התמר.



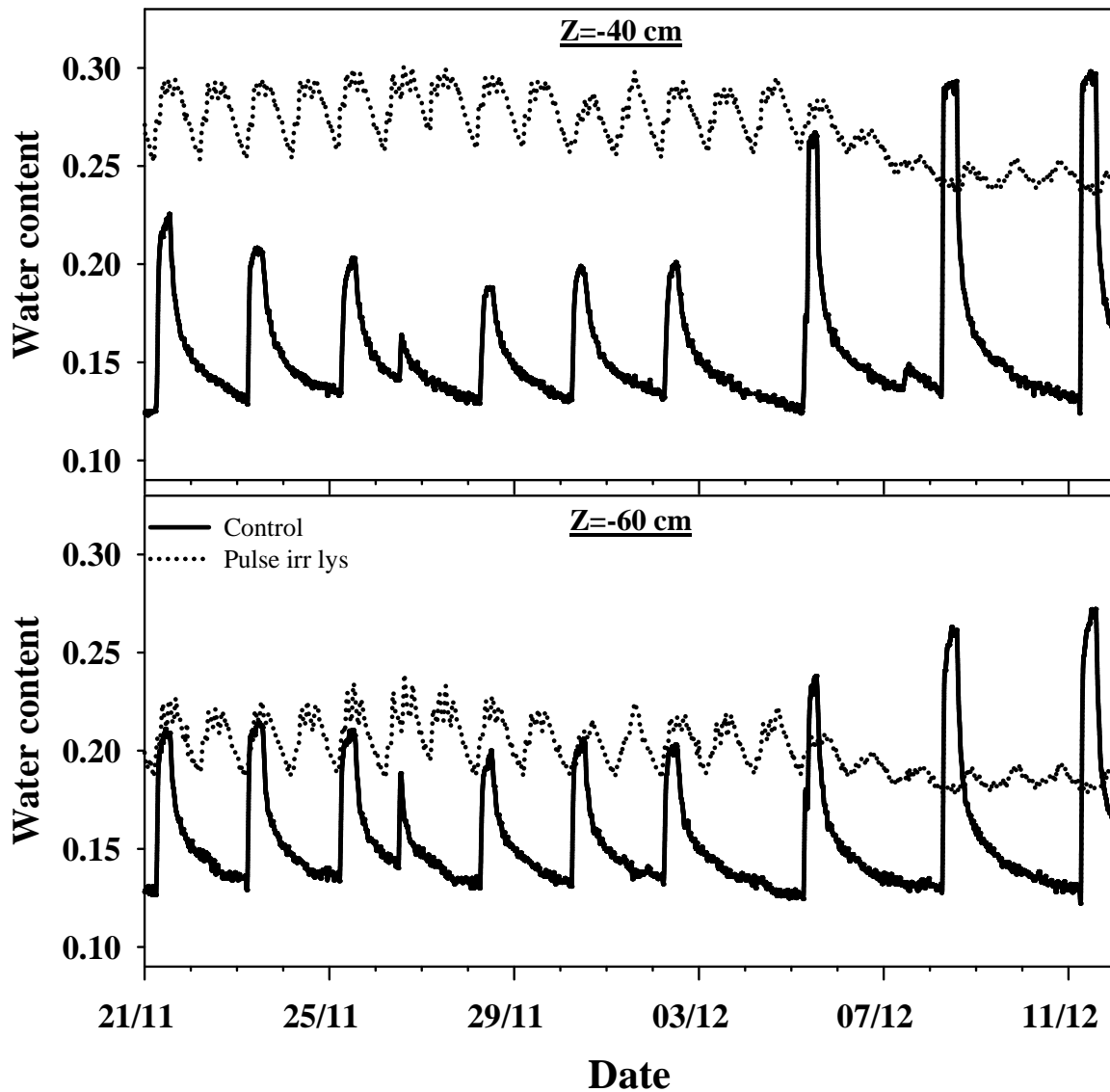
**איור 1:** דגם חד מימדי של תכולת הרטיבות בטיפול בו תדירות ההשקיה היא 4 ליום, ב-3 שלושה עומקים, כפי שנמדדה באמצעות TDR. החישובים מוקמו במרחק של 0.5 מ' מגזע התמר. השטח המודגש מסמן את תחום תכולת הרטיבות בקיבול שדה של הקרקע.

הסדרות העיתיות של העומד הקפילרי בטיפול המשקי (I), בו ההשקיה ניתנה אחת ליומיים בנובמבר 2008 ואחת ל-3 ימים בדצמבר של אותה שנה, ושל העומד בטיפול בו כמות ההשקיה המחושבת מהליזימטרים מחולקת ל-4 מנות הניתנות בשעות היום (טיפול IV), מוצגת באיור 2. העומדים בטיפול I דומים ביום ההשקיה לעומדים שנמדדו בטיפול IV בשני העומקים (20 ו-40 ס"מ), אולם החל מהיום שלאחר ההשקיה העומד הקפילרי באזור בית השורשים נמוך מהטיפול המקביל [(-40) - (-50) ס"מ]. מעבר להשקיה בתדירות של 1/3 הורידה את העומד המטריצי לערכים סביב 60 ס"מ. בטיפול IV, בו ההשקיה היא בפולסים העומדים הקפילריים שומרים על ערכים הדומים לאלו של "קיבול שדה" (~40 ס"מ).



**איור 2:** עומד קפילרי כפונקציה של הזמן. העקום הרציף מייצג מדידות מהטיפול המשקי, העקומים המנוקד והמקווקו מייצגים את העומד בטיפול בו מנת ההשקיה המחושבת על-פי הצריכה בליזימטרים ניתנה ב-4 פולסים ביממה, בעומקים של 20 ס"מ ו-40 ס"מ, בהתאמה.

דגם תכולת הרטיבות בין 21/11 לבין 12/12, בטיפול המשקי ובטיפול IV, בעומקים 40 ו-60 ס"מ, מראה כי השקיה בארבעה פולסים לאורך היממה שומרת על יציבות בתכולת הרטיבות בשעות בהם מתרחשת קליטת מים ע"י התמר. תחום תכולת הרטיבות עד לתום נובמבר בטיפול הפולסים בכמות המחושבת על-פי הליזימטרים, בעומקים 40 ו-60 ס"מ היה 0.29-0.26 ו-0.19-0.22, בהתאמה. הורדה של מנת ההשקיה בתחילת דצמבר גרמה לירידה בתכולת הרטיבות בשני העומקים (לערכים של 0.26~ ו-0.2~). הדגם הדינמי של תכולת הרטיבות שנמדדה בטיפול המשקי בשני העומקים בנובמבר דומה. מרווח ההשקיות גדל בדצמבר מהשקיה בימים א', ג' ו-ו' להשקיה בימים ב' ו-ה', וזאת תוך שמירה על מנת השקיה קבועה. תכולת הרטיבות בעומק של 60 ס"מ הייתה נמוכה ביום שלפני ההשקיה מזו שנמדדה בעומק 40 ס"מ.

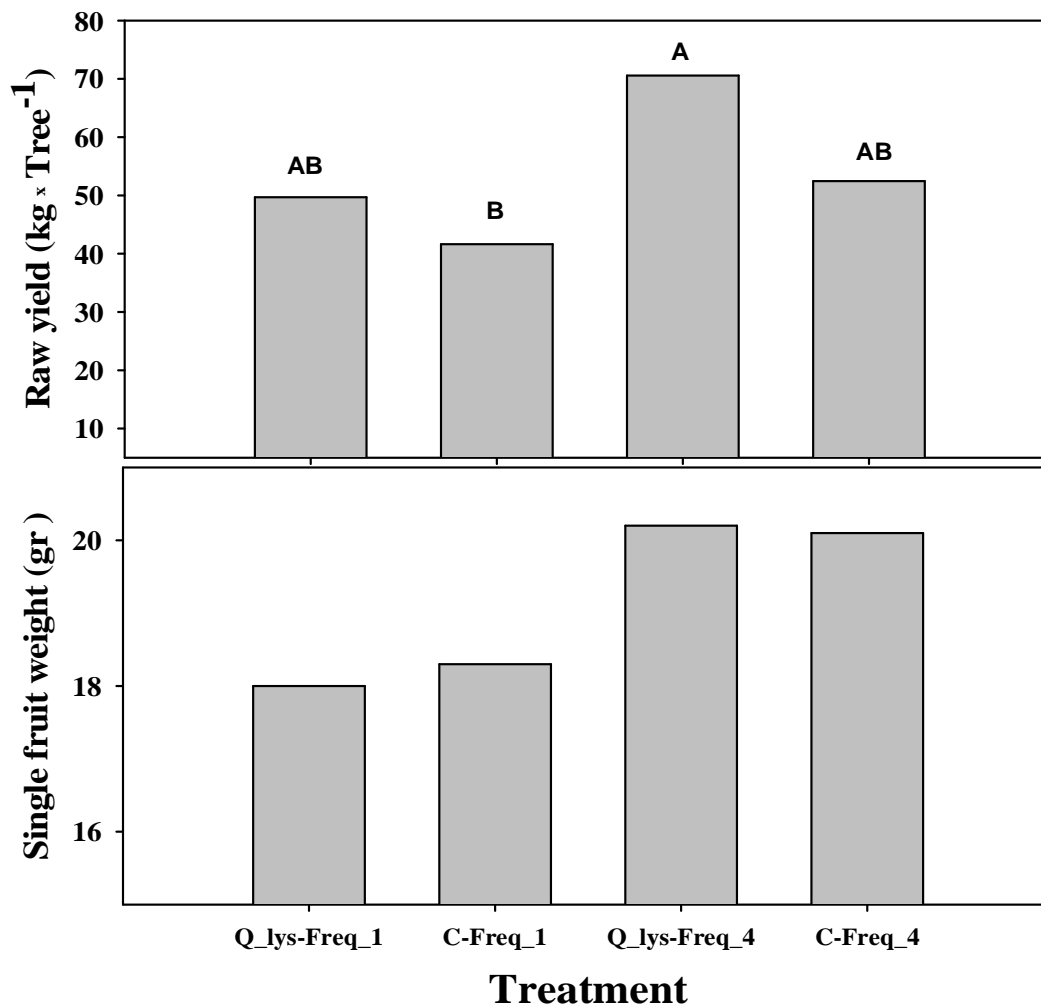


**איור 3:** תכולת רטיבות כפונקציה של הזמן, בעומק 40 ס"מ (למעלה) ובעומק 60 ס"מ (למטה). העקום הרציף מייצג את הטיפול המשקי, העקום המנוקד מייצג את תכולת הרטיבות בטיפול בו מנת ההשקיה המחושבת על-פי צריכת המים בליזימטרים ניתנת ב-4 פולסים ביממה.

יבול

היבול הגולמי הנמדד בטיפולים השונים מוצג באיור 4 למעלה. מאיור זה נראה כי ממשק ההשקיה בניסוי השפיע על יבול עצי המג'הול. היבול הגבוה התקבל בטיפול בו מנת ההשקיה ניתנה על-פי צריכת המים של העצים הגדלים בליזימטרים וחולקה ל-4 פולסים. יבול זה נבדל באופן מובהק מטיפול ההיקש (70.5 לעומת 41.6 ק"ג,  $p < 0.01$ ). ממצאים אלה צריכים להילקח בערבון מוגבל, היות והניסוי החל בסוף אפריל 2008. משקל הפרי הממוצע בשני טיפולי

התדירות (IV, III) היה גבוה ממשקל הפירות בטיפולים שהושקו פעם ביממה (איור 4 למטה). מבחן סטטיסטי שבוצע (Tukey-Kramer) לא מצא הבדלים מובהקים.



**איור 4:** יבול גולמי (למעלה) ומשקל פרי בודד (למטה) מעצים שנגדו בטיפולים השונים. Q\_lys\_Freq\_1 הינו טיפול בו ההשקיה היומית מחושבת על-פי צריכת העצים בליזימטרים וניתנת בפולס יחיד; C-Freq\_1 - טיפול היקש בתדירות יומית; Q\_lys\_Freq\_4 - מנת ההשקיה מחושבת על-פי צריכת העצים הב ליזימטרים וניתנת ב-4 פולסים ביממה; ו-C\_Freq\_4 - טיפול בו מנת טיפול ההיקש ניתנת ב-4 פולסים ביממה. אותיות לועזיות שונות מצביעות על הבדל סטטיסטי בר"מ 95% במבחן Tukey-Kramer (n=5).

### מסקנות והמלצות להמשך המחקר

המחקר בוחן את תגובת העצים למשטרי ההשקיה על-פי צריכת המים של עצים בני גיל דומה הגדלים בליזימטרים ולפי ההמלצות ההשקיה המקובלות בחלקה מסחרית בערבה הדרומית. המחקר החל בסוף אפריל 2008, עת הפרי מצוי בשלבי ההתפתחות בו חל גידול מואץ במשקל הפרי ובמימדיו החיצוניים. ממצאים מעונת 2008, המצביעים על יבול

גבוה בטיפול בו ההשקיה מתבצעת על-פי מאזני מים בליזימטרים ב-4 פולסים, מראים, לכאורה, כי תנאי רטיבות אופטימאליים השוררים בבית השורשים של עצים המושקים בתדירות הגבוהה מונעים עקת מים בעצי תמר ואינם מעכבים את התפתחות הפרי. בנוסף נמצא כי השקיה במנה הנמוכה בכ-30% מהמלצות ההשקיה המקובלות אינה גורמת לירידה ביבול ובמדדי איכות הפרי.

תוצאות אלו, כמו גם אי ירידה ביבול צריכות להיות מאוששות בשנתיים הבאות של הניסוי, בהן תיבחן ההשפעה ארוכת הטווח של השקיה לפי מנת מים מחושבת על-פי הצריכה הב ליזימטרים, הנמוכה בכ- 30% מכמות ההשקיה המומלצת בערבה הדרומית, כמו גם ההשפעה של ממשק השקיה בתדירות גבוהה.