



1. מו"פ ערבה דרומית – דוח שנתי

מספר המחקר: 81101

נושא ההצעה: כימות קליטת מינרלים (NPK) ומים בעצי תמר מזן מג'הול, על ידי מערכת ניטור מתקדמת, בתנאי מטע מסחרי בערבה הדרומית.

Water and mineral (NPK) uptake in Medjool date palm trees under commercial orchard conditions in an advanced experimental monitoring system

שם החוקרת הראשית: יעל רייך הופמן, מו"פ ערבה דרומית

שותפים למחקר: אלון בן-גל, מנהל המחקר החקלאי-מכון וולקני, מרכז מחקר גילת; אהוד צאלים, מו"פ ערבה דרומית, מיכל אדלר-אגמון, מו"פ ערבה דרומית, עמית בהלול, מו"פ ערבה דרומית – אוניברסיטת בן-גוריון.

סטטוס התוכנית: נמשכת

מועד התחלה 1/1/2023 – מועד סיום 31/12/2025

2. תקציר

כיום, אין הנחיות דישון בעצי תמר אשר מושקים במים מליחים המבוססות על עקומי קליטה בתנאים חקלאיים מסחריים. מטרת המחקר היא לכמת את קליטת מינרלים (NPK) ומים בעצי תמר מזן מג'הול על ידי מערכת מנוטרת היטב (ליזימטר) בתנאי מטע מסחרי בערבה הדרומית. בנוסף, היעד העיקרי הינו פיתוח עקומי קליטה של NPK לתמרים מזן מג'הול המושקים עם מי קו בעקרה הדרומית.

במחקר המוצג נעשה שימוש בליזימטר ענק בסקלת השדה אשר מאפשר מדידה ישירה של רכיבי מאזן המים והדשן, והתפלגותם ברצף קרקע-צמח. איסוף מידע זה לגבי השימוש במים ודשן בפועל יאפשר שינויים בפרוטוקולי דישון וייעול מרבי של מערכת הגידול עם השלכות כלכליות משמעותיות.

בדוח זה מוצגות תוצאות של צריכת מים יומית של 8 עצי דקל התמר מזן מג'הול אשר גדלים בתוך ליזימטר שדה ענק. מערכת זו מודדת מאזני מומסים כללים ודשן, עם מיקוד בחנקן, אשר נע בקרקע

כחנקה והינו יסוד מרכזי בהזנת עצי התמר. פרויקט זה גם משמש כפלטפורמה לכיול, בדיקה והבנה עמוקה של מתודולוגיות אשר משמות מחקרים אחרים בהם אין ליזימטר ענק, כגון ספירת איברים צמחיים, שימוש במשאבי קרקע ומדי לולב.

3. רקע ותיאור הבעיה

במהלך שני העשורים האחרונים, אנו עדים לעלייה מתמדת בשטח נטוע של מטעי תמרים, בעיקר של הזן מג'הול. כיום, נטועים בערבה הדרומית כ-110,000 עצי תמר, ומהווים כ-14% מכלל עצי התמר בישראל וכ-20% מכלל עצי התמר באזורי המדבר בישראל (הערבה, מגילות ועמק הירדן) (מפקד התמרים ינואר 2022). בעשור האחרון גדל מספר העצים בדרום הערבה במאות אחוזים. בשיא הדרישה, עצי תמר בערבה הדרומית מושקים בכ-1000 ליטר מים לעץ ליום, דבר אשר שם לחץ רב על מערכת הספקת המים בכל האזור.

לפי המלצות הדישון בעצי תמר בוגרים (משרד החקלאות ופיתוח הכפר, 2022) יש לדשן 150% מצריכת העץ נטו כאשר משקים עם מים שפירים. אין כיום המלצות רשמיות לגבי דישון במים מליחים או באיכות משתנה. לפי אותן המלצות, הצריכה השנתית של עץ תמר מוערכת ב-2 ק"ג חנקן, 2.6 ק"ג אשלגן ו-0.29 ק"ג זרחן, המתרחשת בעיקר בחודשי האביב עד שהפרי מחליף צבע.

למרות זאת, ומכיוון שאין מידע מהימן לגבי קצב ורמות קליטה של מינרלים (NPK) בעצי מג'הול מניבים בתנאי שדה, שיטת הדישון כרגע בערבה הדרומית מובנית על ידי דישון במהלך כל השנה (או כמעט כל השנה), לפי ריכוז דשן במי ההשקיה (35 מג"ל-N, 52 מג"ל-P, לפי נפח של דשן המשלב NPK). שיטה זו מספקת כמות שנתית של כ-74 ק"ג/דונם חנקן, 82 ק"ג/דונם אשלגן. כמויות דשן אלו מייצגות דישון פי 4 עד 5 מצריכת העץ ובזרחן המצב דומה (Minikaev et al., 2021) (פרידמן, שה"ם 2021). עודף בדישון, בעיקר על ידי חנקן, מהווה בזבז משאבים וכסף וגם מקור לזיהום קרקעות ומי תהום המזוהה כבעיה עולמית. בערבה אקוויפרים של מי תהום כבר היום מזוהמים בחנקה שמקורו דישון של גידולים מקומיים (רשות המים 2014).

הנחת המחקר היא כי ייעול הדישון ישפר יבול, יחסוך הוצאות כספיות ובנוסף ימזער זיהום פוטנציאלי של חנקן למי תהום. לכן, קיים צורך בהבנת השונות העיתית בקליטת המינרלים על ידי עצי התמר. במחקר המוצע נפתח עקומי קליטה כפונקציה של תקופת הגידול, של מינרלי יסוד NPK על ידי עצי מג'הול בוגרים בתנאי שדה. מידע זה יאפשר לחקלאים לדשן בקפדנות לפי צריכת העץ וככה לעלות אל יעילות קליטת המינרלים בגידול.

ליזימטרים הינם כלי מחקרי המאפשר ניטור רציף של רכיבי הנקז, הדיות והאידיו במאזן המים והמומסים הכולל. בעזרת ליזימטרים ניתן למדוד את פרקציית השטיפה במערכת הגידול. ליזימטרים יכולים לשמש גם ככלי תפעולי המאפשר סגירת מאזן מים, דשנים ומלחים ולייעל את השימוש במים ודשן עבור מגוון

גידולים בתנאים מסחריים. באופן זה ניתן להשתמש בליזימטר ככלי אינפורמטיבי התורם לקבלת החלטות נכונה על ידי המגדל. על ידי מאזני מים ומינרלים פשוטים, ליזימטרים גם מאפשרים לבחון את תגובת הצמח לשינויים במשטרי השקיה, הדישון או באיכות המים (Ben-Gal & Shani, 2002; Raij et al., 2016; Tripler et al., 2012).

4. מטרת המחקר וחשיבותו

מטרת המחקר: למדוד את השונות העיתית של קליטת מינרלים (NPK) ומים בעצי תמר מזן מג'הול על ידי מערכת ניסוי מנוטרת היטב (ליזימטר ענק) בתנאי מטע מסחרי בערבה הדרומית. מטרות משנה:

- פיתוח עקומי קליטה של NPK כפונקציה של תקופת גידול לתמרים מזן מג'הול המושקים עם מי קו בערבה הדרומית.
- לתאר תקופות בשנה בהם קיימת חוסר יעילות בקליטת מינרלים כאשר מדשנים באופן קבוע כל השנה.
- עדכון פרוטוקולים לדישון NPK לעצי תמר בוגרים מזן מג'הול.

5. מהלך המחקר ושיטות העבודה

תכנון לעומת ביצוע לפי פירוט המשימות בשנה ב':

	<u>משימה</u>	<u>ביצוע</u>
א	ניתוח מאזני מים, מומסים כלליים, וכלוריד - חישוב אידוי דיות על ידי כמות ואיכות.	לאורך שנות 2023 ו-2024 נמדדו מוליכות חשמלית וכלוריד בהשקיה ובנקז מידי שבוע. נתונים אלו, ביחד עם כמויות ההשקיה וכמויות נקז, שמשו כדי לחשב את האידוי-דיות על ידי שלוש שיטות. שיטה ראשונה היא מאזן מים פשוט: השקיה פחות נקז שווה ל-ET. השיטות הנוספות הן חישוב נפחי נקז על ידי EC או ריכוז כלוריד בנקז ובהשקיה כמפורט במשימה 1 ואז שימוש בנקז המחושב כדי לחשב ET.
ב	ניתוח שונות העצים בכל הליזימטר על ידי כל המשתנים אשר נמדדו בשנה 1	מקדמי שונות בין 8 עצים בליזימטר חושבו לשישה פרמטרים אשר נמדדו לעונת 2023 (שנה 1). הפרמטרים כוללים: מספר ידות אחרי דילול הפרי, מספר עלים אחרי דילול עלים, יבול, אידוי-דיות שנתי, קליטת חנקן אשר חושבו באמצעות הליזימטר הענק לשנת 2023, והתארכות לולב מצטברת לשנת 2023. לכל פרמטר חושבו ממוצע וסטיית תקן. מקדם השונות חושב כסטיית תקן חלקי הממוצע כפול 100.

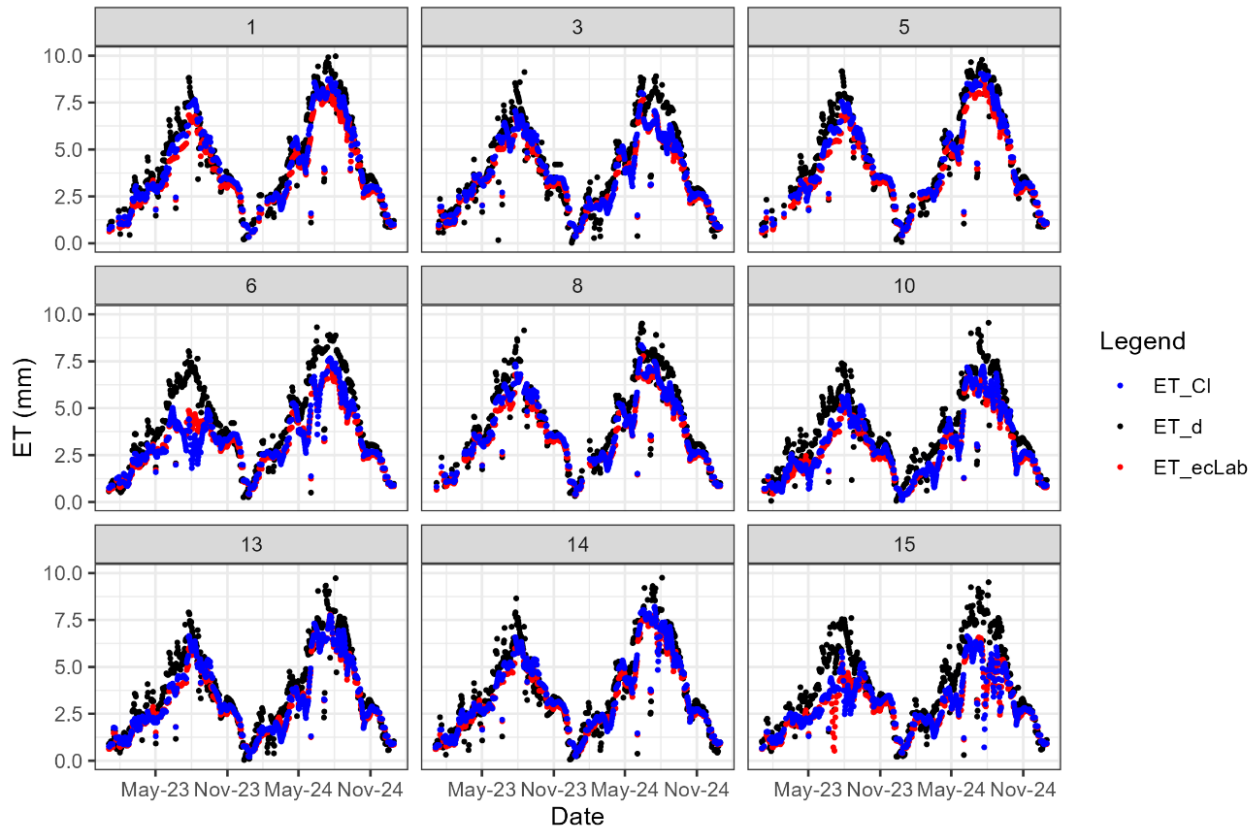
<p>ג</p> <p>המשך טיפול משקי בעצים כמקובל במטעי הערבה הדרומית.</p>	<p>החלקה מטופלת באופן קונבנציונלי ע"פ הנהוג וע"פ המלצות הגידול לגידול מסחרי של מג'הול בערבה הדרומית. דילול הפירות היה ב-9/4/2024, גדידים ב-29/8/2024 ו-26/9/2024, גיזום ב-25/10/2023.</p> <p>כמויות מי ההשקיה ודשן מנוטרות על ידי מערכת ממוחשבת. המוליכות החשמלית וריכוז הכלוריד של מי ההשקיה נמדדו בצורה ידנית פעם בשבוע. ריכוזי חנקה, אמון, זרחן ואשלגן במי הטפטפת נמדדו פעם או פעמיים בחודש לפי הצורך במעבדת קרקע, מים וצמח במו"פ ערבה דרומית.</p>
<p>ד</p> <p>המשך ניטור ודיגום נקז מהליזימטר לכל עץ בנפרד</p>	<p>נפח הנקז לכל עץ ומוליכות החשמלית שלו נמדדו באופן אוטומטי פעם או פעמיים ביום, תלוי בנפח הנקז. פעם אחת בשבוע הנקז נדגם באופן ידני ונעשות בו בדיקות של מוליכות חשמלית וכלוריד, פעמיים בחודש בודקים גם חנקה ואמון ופעם בחודש גם אשלגן וזרחן.</p>
<p>ה</p> <p>המשך דיגום וניטר תמיסת הקרקע.</p>	<p>במרץ 2023 הותקנו 6 משאבים עמוקים באורך של 1.5 מ'. ביולי 2024 התוסף עוד משאב באותו אורך בעץ מספר 5.</p> <p>המשאבים נדגמו פעם בשבוע ונבדקו ריכוזי כלוריד ומוליכות חשמלית באותו יום כמו הנקז בצורה ידנית. בנוסף, פעם בשבועיים נבדקו גם ריכוזי חנקה ואמוניום.</p>
<p>ו</p> <p>המשך מדידה של שטף המים מתחת לבית השורשים על ידי טנסיומטרים.</p>	<p>הפסקנו את מדידת שטף המים באמצעות טנסיומטרים מאחר שהנתונים שנאספו בשנת 2023 לא היו מספקים. מלכתחילה, השימוש בטנסיומטרים נועד לנסות ולאמת את נתוני הליזימטר, אך נמצא כי מאזן המלח מספק אימות מדויק יותר. בנוסף, מדידות הטנסיומטרים הינן נקודתיות ואינן מאפשרות הסקה מהימנה על שטף המים לכלל שטח העץ (81 מ"ר).</p>
<p>ז</p> <p>המשך ניטור מדדים פיזיולוגיים של גדילת העצים.</p>	<p>קצב התארכות הלולב נמדד פעם או פעמיים בשבוע לאורך כל שנת 2024. מספר תפרחות וידות נספרו ב-6/3/2024. מספר כפות נספרו ב-25/10/2024. הגדידים היו ב-29/8/2024 ו-26/9/2024, כל עץ נשקל בנפרד וכל הפרי נשלח למיון בבית האריזה של ערדום לבדיקת איכות. בדוח זה מוצג איכות הפרי מגדיד 2023 אשר לא נכלל בדוח 2023 מכיוון שמיון הפרי בערדום לניסויי המו"פ נעשה בחודש פברואר.</p>
<p>ח</p> <p>המשך ניטור קליטת מינרלים על ידי העץ.</p>	<p>נערכו דיגומים באיברי הצימוח השנתיים של העץ, עלים, ידות, פרי. חישבנו את קליטת המינרלים על ידי חישוב כמותי ומשקלי עבור כל איבר בעץ, בנוסף לחישוב אחוז המינרלים המצויים באותו איבר. תוצאות לשנת 2023, 2024 מוצגות בפרק זה.</p>

ט	<p>המשך ניטור ריכוזי NPK, כלוריד, מוליכות חשמלית ותכולת רטיבות בקרקע.</p>	<p>דיגום קרקע שנתי נעשה בחודש ינואר 2024, בשיטה של שבעה דוגמאות ב-8 עצים בהם נבדק חנקן מינרלי ותכולת רטיבות. מיקומי הדיגום היו בעומקים של 30, 60 ו-90 ס"מ במרחק 100 ס"מ מהעץ ובעומקים 30 ו-60 ס"מ במרחק של 200 ו-300 ס"מ מהעץ במטרה לאפיין את בצל ההרטבה. בדיקות שנתיים יעשו שוב בתחילת שנת 2025 במטרה לחשב את השינוי השנתי.</p>
י	<p>חישוב קליטת כלוריד חנקן, אשלגן וזרחן על ידי העצים בשיטת מאזן מאסה פשוט.</p>	<p>בשלב הזה של המחקר אנו מתרכזים בקליטת חנקן מבחינת המינרלים. נתוני קליטת חנקן חושבו על ידי מאזן מאסה פשוט $N_{irr} - N_{dr} = Uptake$, כך שנלקחו דגימות דו חודשיות למדידת ריכוזי חנקן מינרלי בנקז והוכפלו בכמות הנקז היומית. בנוסף, נעשו דגימות שבועיות של תמיסת ההשקיה לבדיקת ריכוזי חנקן ואמוניה כבקרה של מערכת ההשקיה ודישון. תוצאות לשנת 2023 ו-2024 מוצגות בפרק הבא בדוח זה.</p>

6. תוצאות ביניים

(א) ניתוח מאזני מים, מומסים כלליים, וכלוריד - חישוב אידי דיות על ידי כמות ואיכות הנקז. אידי-דיות יומי חושב על פי כמות הנקז (כהפרש בין השקיה לנקז) ובהתאם לריכוזי הכלוריד או המוליכות החשמלית בנקז, עבור השנים 2023 ו-2024. ניתן לראות את ההתאמה בין השיטות באיור 1, עבור תשעה עצים בליזימטר הענק. ניכר כי בכל העצים חלה עלייה בצריכת המים ב-2024 בהשוואה

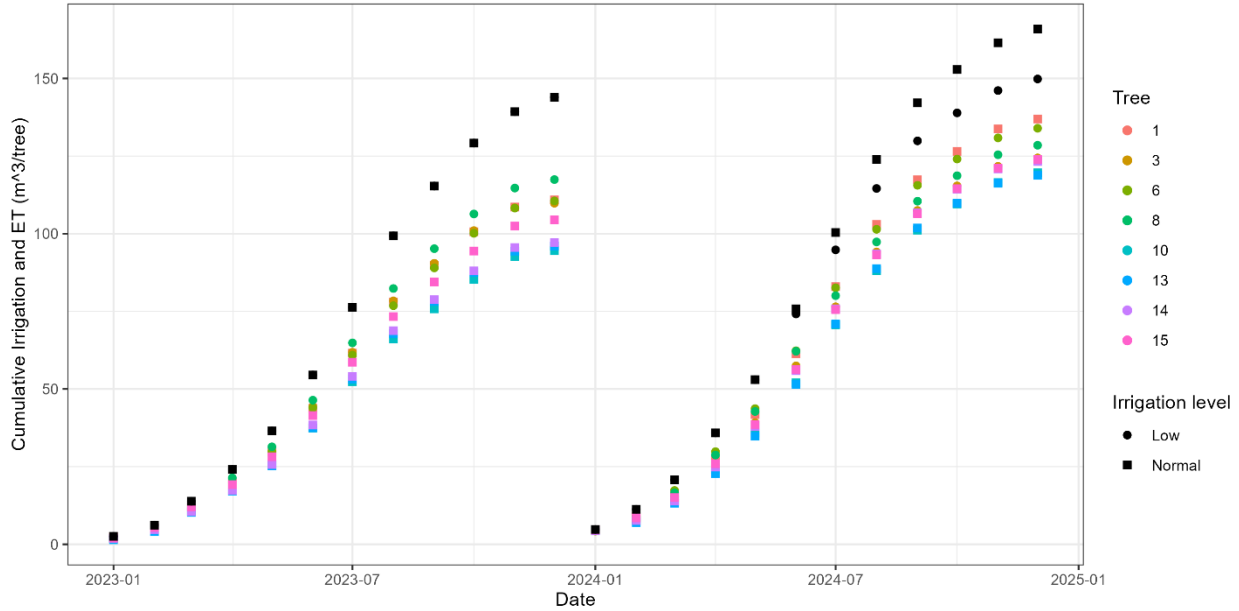
לשנת 2023 (איור 2).



איור 1 - אידוי-דיות מחושב על ידי מאזן מים (ET_d), מאזן כלוריד (ET_{CI}) ומאזן מוליכות חשמלית - מומסים כלליים (ET_{ecLab}) ל 9 עצים בלהימרט הענק לשנת 2023 ו2024.

תזמון ההשקיה בשנת 2024 בוצע באופן דומה לשנת 2023. פעם בשבוע חושב ה-ET כהפרש בין כמות ההשקיה לנקז, ולאחר תיקון בהתאם למקדם שטיפה של 0.25, עודכנה ההשקיה לשבוע הבא. ביוני 2024, בעצים 3, 6 ו-8 הוחלפו הטפטפות לספיקה של 42 ל/ש במקום 50 ל/ש, בשל הצפות שנצפו בעצים אלו כתוצאה ככל הנראה ממוליכות הידראולית נמוכה יותר. לכן, ניתן לראות באיור 2 כי ישנם שני ערכים

להשקיה המצטברת, בהתאם לספיקה של הטפטפות. מאזן המים חושב לכל עץ בהתאם להשקיה של אותו עץ.



איור 2 - אידוי-דיות והשקיה מצטברת לעצי הליזימטר בשנות 2023 ו-2024.

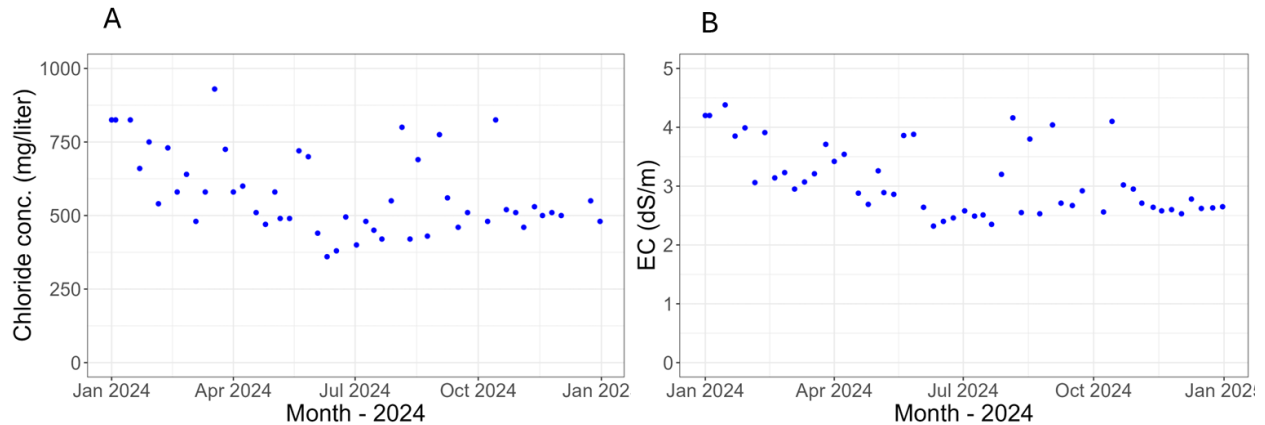
ב) ניתוח שונות העצים בכל הליזימטר על ידי כל המשתנים אשר נמדדו.

מקדמי שונות בין 8 עצים בליזימטר חושבו לשישה פרמטרים אשר נמדדו לשנת 2023 (שנה 1). הפרמטרים כוללים: מספר ידות אחרי דילול הפרי, מספר עלים אחרי דילול עלים, יבול, אידוי-דיות שנתית, קליטת חנקן אשר חושבו באמצעות הליזימטר הענק לשנת 2023, והתארכות לולב מצטברת לשנת 2023 (טבלה 1). לכל פרמטר חושבו הממוצע וסטיית התקן. מקדם השונות חושב כיחס בין סטיית התקן לממוצע, כפול 100. הפרמטר בעל השונות הכי גדולה היה קליטת חנקן (24%) ואחריו היבול (19%). לעומת זאת, פרמטרים הידועים כמשויכים לקליטת מים, כגון קצת התארכות הלולב ומספר עלים, היו בעלי שונות נמוכה, בדומה לצריכת המים (אידוי-דיות).

# Tree	גובה עץ (m)	ידות לעץ אשר נגדדו 2023	מספר עלים לעץ 14/2/24	יבול 2023 (ק"ג/עץ/שנה)	אידוי-דיות שנתית (מ"מ/עץ/שנה)	קליטת חנקן (גר"/עץ/שנה)	התארכות לולב (ס"מ/עץ/שנה)
mean	1.3	18.1	84.6	94.1	102620.0	2837.9	963.5
stdev	0.2	3.8	6.2	18.1	8349.8	677.7	56.5
CV %	18.7	20.7	7.3	19.2	8.1	23.9	5.9

טבלה 1 - ממוצע, סטיית תקן ומקדמי שונות לפרמטרים הקשורים לגדילת העצים ב-2023.

ג) טיפול משקי בעצים כמקובל במטעי הערבה הדרומית.

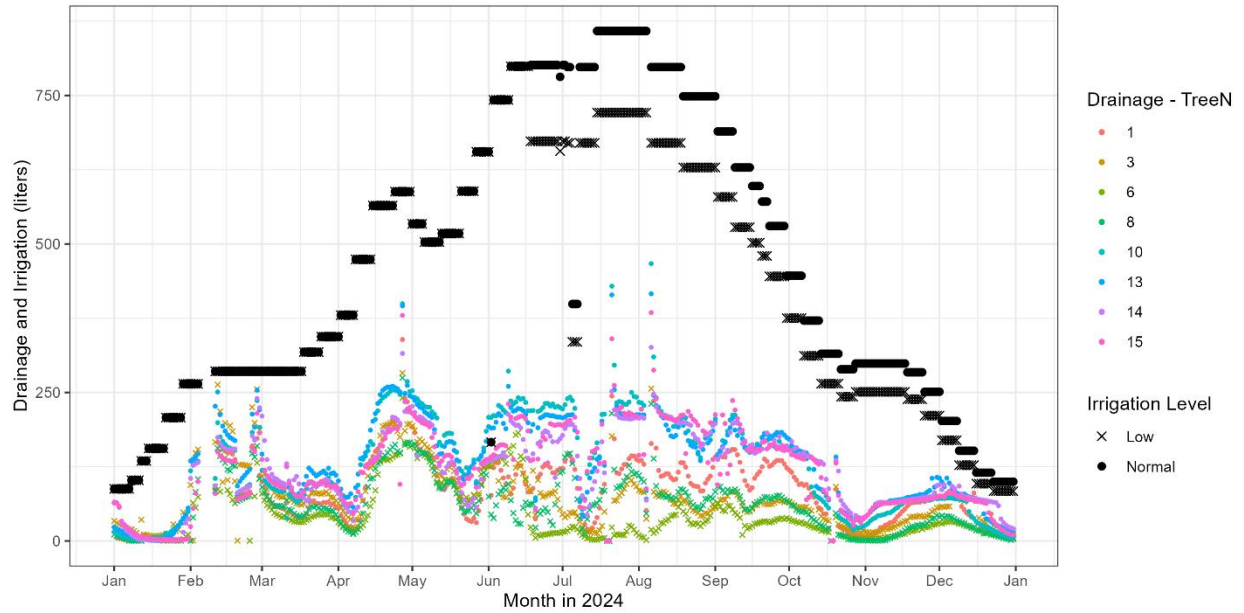


איור 3 - ריכוזי כלוריד (A) ומוליכות חשמלית (B) בתמיסת ההשקיה לאורך העונה

מוליכות החשמלית וריכוזי הכלוריד של תמיסת ההשקיה נמדדו לאורך כל עונת הגידול 2024 (איור 3). ההבדלים בערכים בין התאריכים השונים נובעים משינויים בהספקת מים האזורית.

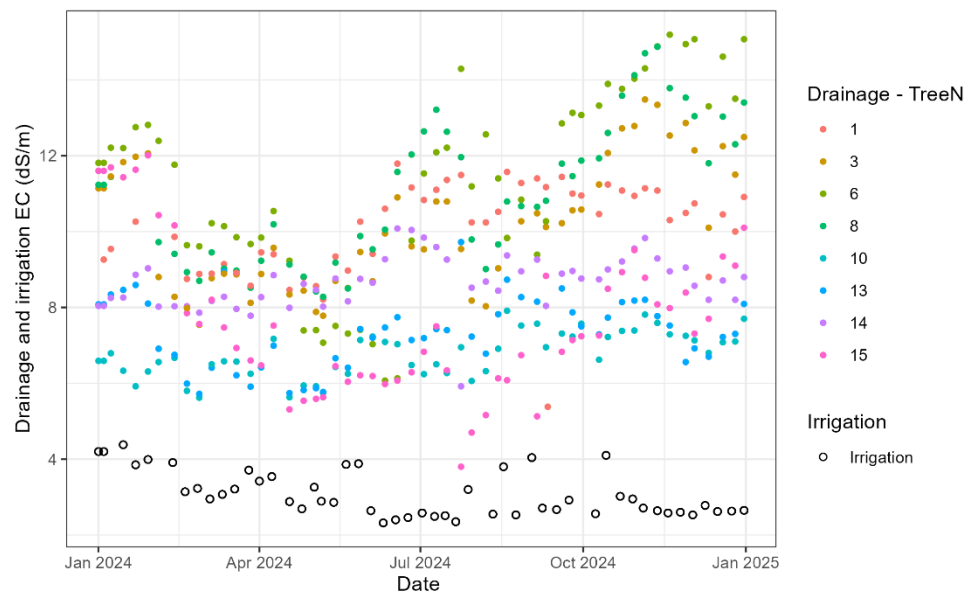
ד) ניטור ודיגום נקז מהליזימטר לכל עץ בנפרד.

איור 4 מראה השקיה ונקז כתוצאות ישירות ממערכת הליזימטר ל 8 עצים. ניתן לראות תקופות עם יותר מפחות שונות בכמויות הנקז בין העצים, העיקר אחרי שחלק מהעצים החלו לקבל ספיקה קטנה יותר לאותו אורך השקיה ולכן נפח ההשקיה היומי היה נמוך משאר העצים. בשיא העונה בסוף חודש יולי רוב עצים קיבלו 858 ליטר/עץ/יום לעומת העצים עם ההשקיה מופחתת אשר קיבלו 721 ליטר/עץ/יום.

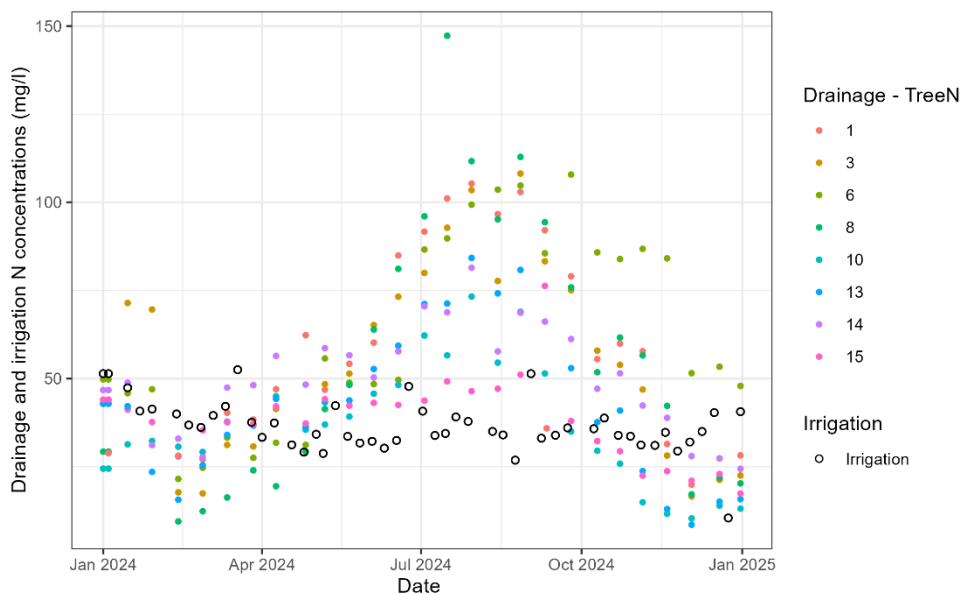


איור 4 – כמות מי ההשקיה וכמות הנקז לעץ ליום

מוליכות החשמלית של תמיסת ההשקיה הייתה מעט גבוהה בתחילת השנה (איור 5) ואחרי חודש מאי התייצבה סביב ה-2.5 דצ"ס/מ'. מוליכות החשמלית של הנקז בכל עצים עלתה קצת המחצית השנייה של הנשנה. בסוף 2025 יהיה ניתן לראות אם זו מגמה שנתית או רב שנתית.



איור 5 – מוליכות חשמלית הנמדדת במי ההשקיה ובמי הנקז עבור כל עץ. המוליכות החשמלית של ההשקיה נמדדה אחת לשבוע באופן ידני.

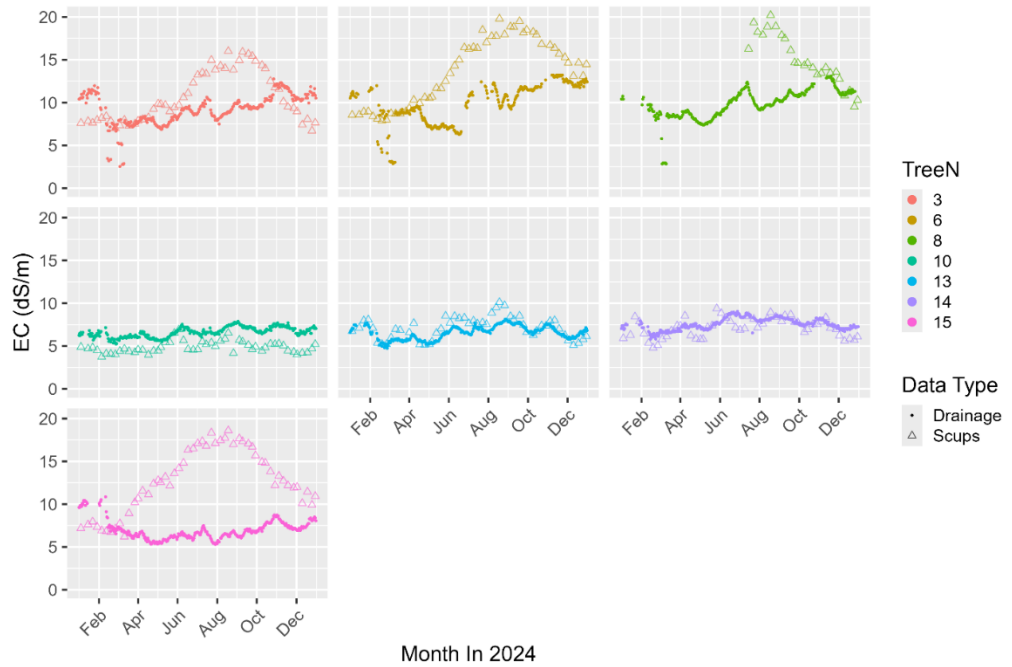


איור 6 – כמות החנקן הכללי (חנקת+אמוני) במ"ג חנקן עבור ליטר של מים במי ההשקיה ובמי הנקז עבור כל עץ.

ריכוז החנקן בתמיסת ההשקיה עודכן ל-35 מג"ל בתחילת 2024 וזאת כדי להתאים את הניסוי להנחיות המקובלות לגידול תמרים בערבה הדרומית. הדישון היה קבוע לאורך השנה וניתן לראות עליה משמעותית בקיץ בריכוזי החנקן בנקז ולאחר מכן ירידה באוקטובר, נובמבר, דצמבר (איור 6). התנודתיות לאורך השנה יכולה להעיד על קליטה לא ליניארית של חנקן לאורך השנה (לאומת ההשקיה שהיא כן ליניארית).

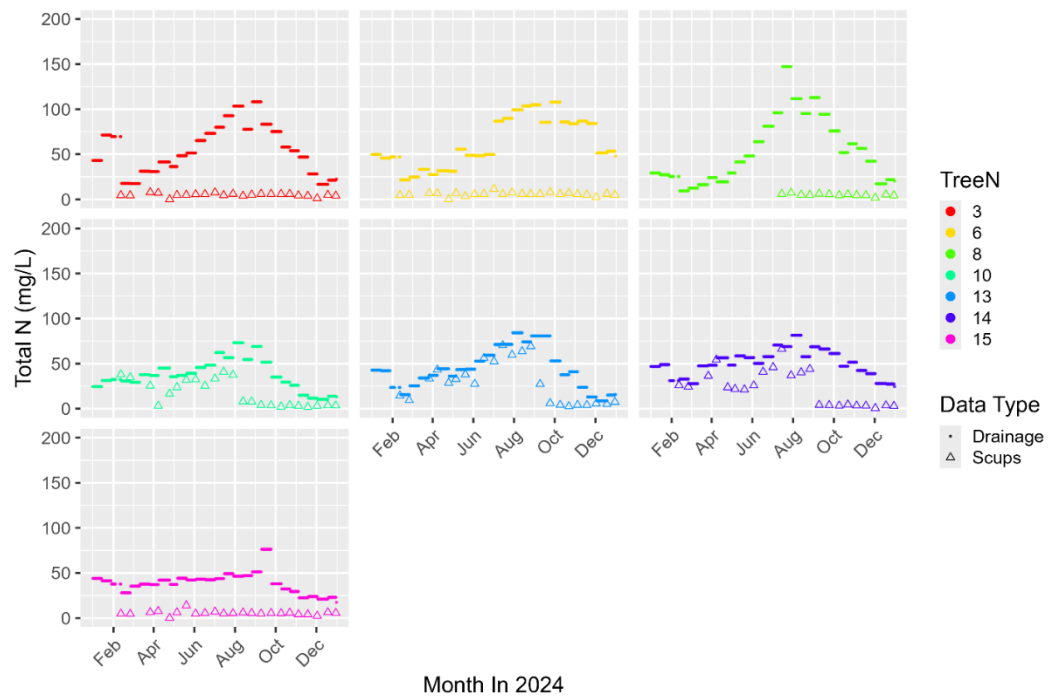
ה) דיגום וניטור תמיסת הקרקע

מוליכות חשמלית וחנקן מינרלי במי משאב מייצגים את תמיסת הקרקע שזורמת מתחת לבית השורשים. באיור מס' 7 ניתן לראות השוואה בין מוליכות החשמלית בנקז לבין מוליכות החשמלית במשאבים בכל עץ בנפרד, לפי תוצאות הגרף ניתן להסיק כי בעצים בהם קצב החלחול גבוה ביחס לעצים אחרים (10,13,14) ישנה התאמה כמעט מלאה בערכי המוליכות החשמלית הנמדדים, כך שהמומסים אשר מגיעים לנקז אכן שייכים לאותו העץ. בעצים בהם ההתאמה פחות טובה (3, 6, 15), ישנה עליה במוליכות החשמלית במשאב בחודשי הקיץ, תופעה שגם נצפתה באותה תקופה בשנת 2023. עצים אלו, גם מראים הבדלים בין ה-ET שמחושב דרך כמות הנקז לאומת איכות הנקז (איור 1) אם כי לפי ההתנהגות של שאר העצים לא נראה כי יש בעיה בכמות הנקז אלא הפרעה בשיווי משקל של המלחים בקרקע.

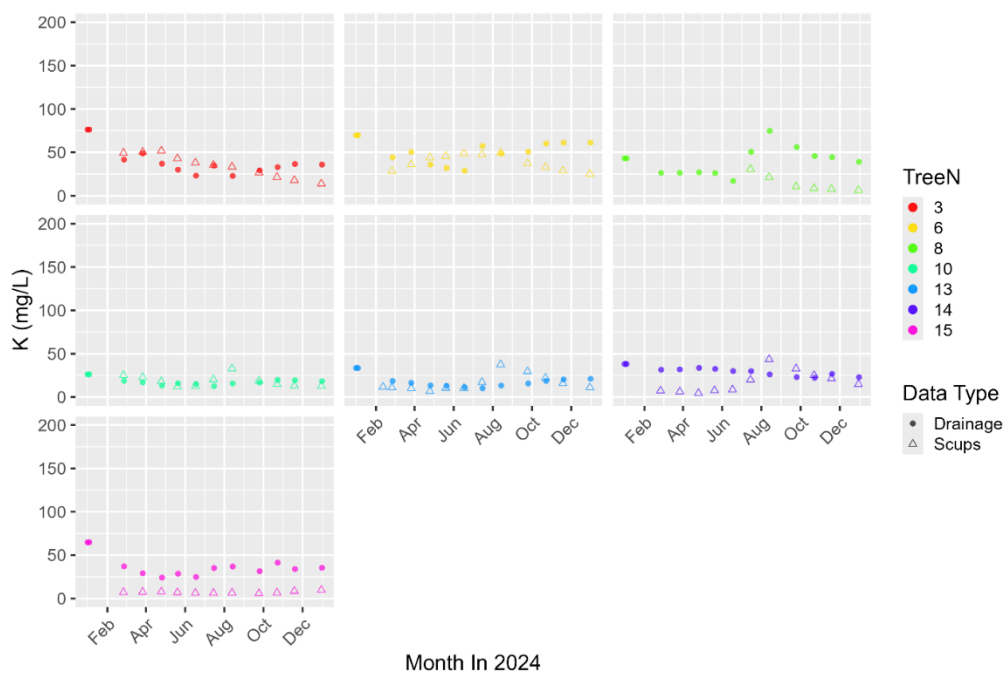


איור 7 – השוואה בין המוליכות החשמלית המדודה במשאבי הקרקע לבין המוליכות החשמלית המדודה בנקז עבור כל עץ.

יחד עם זאת, ערכי החנקן אשר נמדדו במערכת המשאבים לא מעידה לנו על הימצאות חנקן תחת בית השורשים (איור 8). לפיכך, דישון עודף בזרימת המים למערכת איסוף הנקז לא בהכרח עוברת תחת שורשי העץ.



איור 8 – ערכי החנקן הכללי המדודים עבור כל עץ במשאבי הקרקע ובמערכת איסוף הנקז



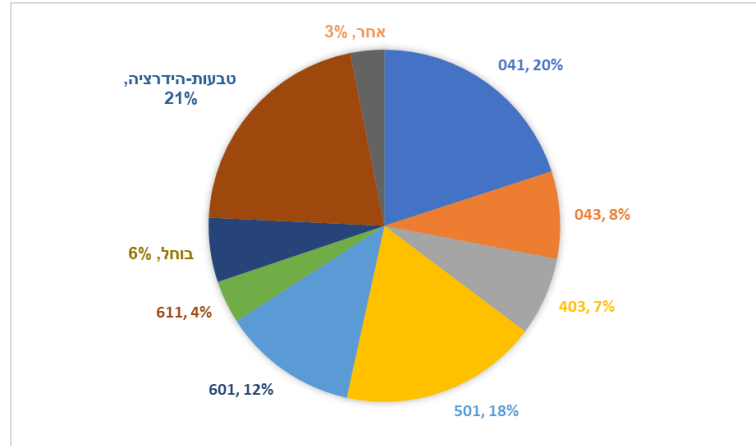
איור 9 - ערכי האשלגן המדודים עבור כל עץ במשאבי הקרקע ובמערכת איסוף הנקז

ריכוזי האשלגן, אשר נמדדו פעם בחודש בנקז ובמשאבים כן מעידים על התאמה בין השיטות (איור 9).

ו) מדידה של שטף המים מתחת לבית השורשים על ידי טנסיומטרים. לא היו מדידות של טנסיומטרים ב-2024.

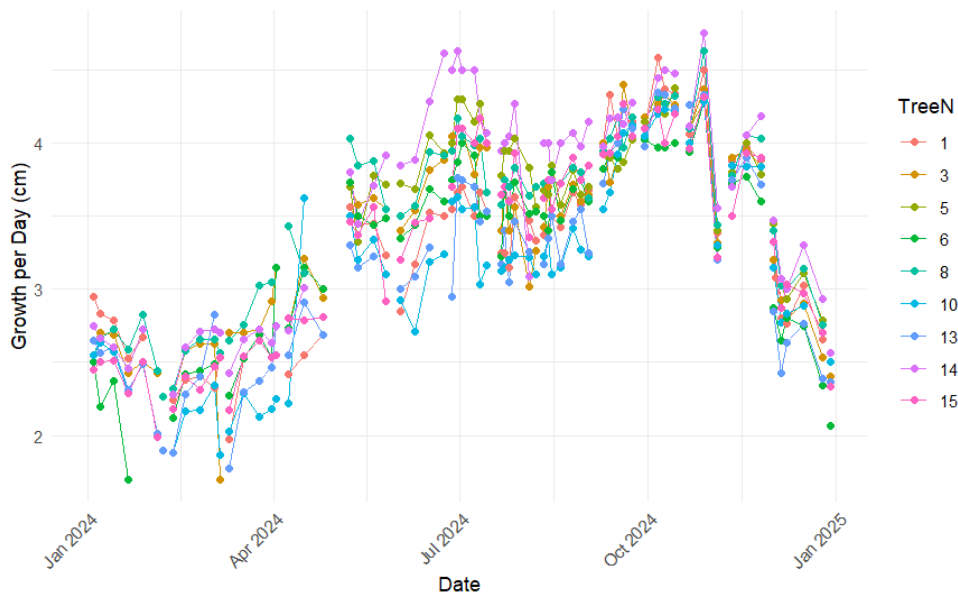
ז) ניטור מדדים פיזיולוגיים של גדילת העצים.

המחיר המשוקלל לא כולל פרי שהלך לטיפולים, לפי המיון בבית האריזה ערדום לגדיד 2023, היה 16 ש"ח/קילו (איור 10). יבול הממוצע היה 90 קג/עץ, כאשר נגדדו בממוצע 18 ידות לעץ.

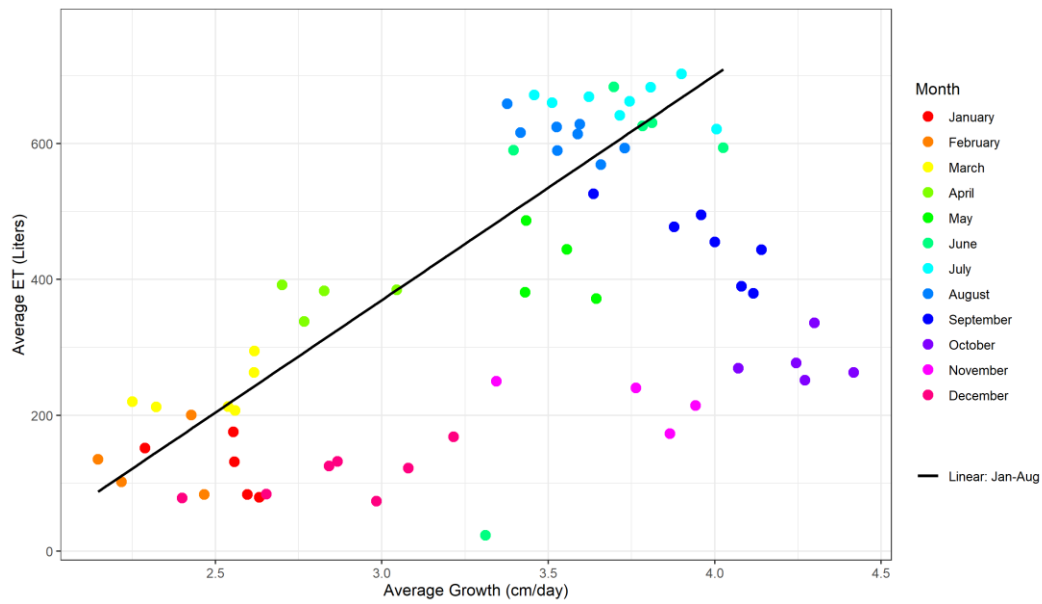


איור 10 - נתוני מיון גדיד 2023 – אחוזים לכל סוג איכות פרי מסך כל הפרי הנגדד בניסוי.

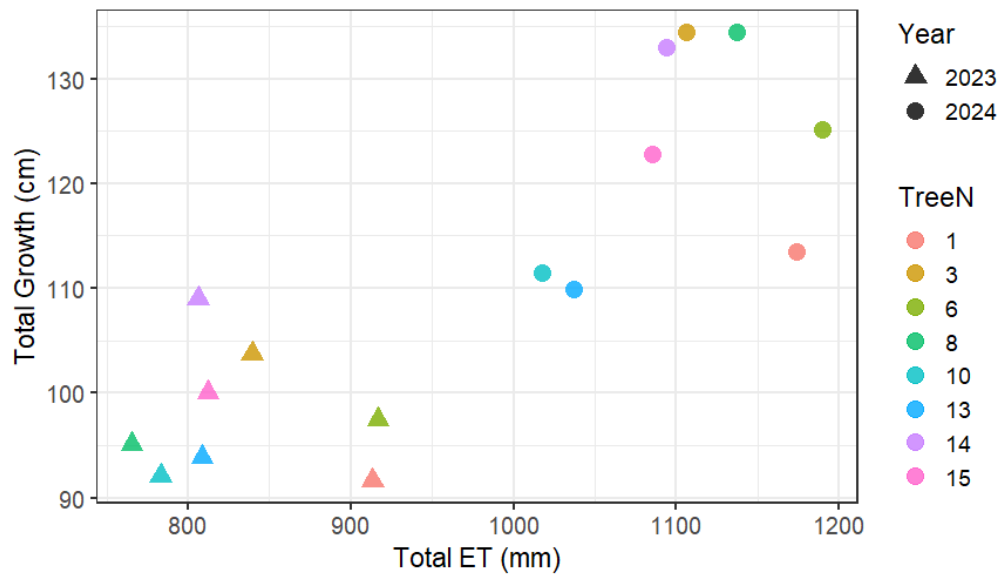
באיור 11, ניתן לראות שבמהלך חודשי החורף והאביב (ינואר-אפריל) קצב התארכות הלולב נע בין 2-3 ס"מ ליום ובחודשי הקיץ (מאי-אוקטובר) קצב ההתארכות נע בין 3-4.5 ס"מ ליום. מה שמעיד על כך שקצב התארכות הלולב אינו תלוי רק בתנאי מזג האוויר. ניתן לראות את היחס הליניארי בין קצב התארכות הלולב הממוצע בין העצים לבין אידוי-דיות הממוצעת המדודה בין העצים (איור 12), בחודשים ינואר עד אוגוסט. בנוסף, ניתן לראות עלייה משנה לשנה בהתארכות הלולב המצטברת בסנטימטרים בחודשי פברואר עד אוגוסט לבין האידי-דיות המצטברת לאותה תקופה בין השנים 2023 עד 2024 (איור 13). כמו כן, ישנו קשר עולה בין היבול לכל עץ לבין האידי-דיות המצטברת לתקופה שבין דילול הפרי (אפריל) עד הגדיד הראשון (סוף אוגוסט).



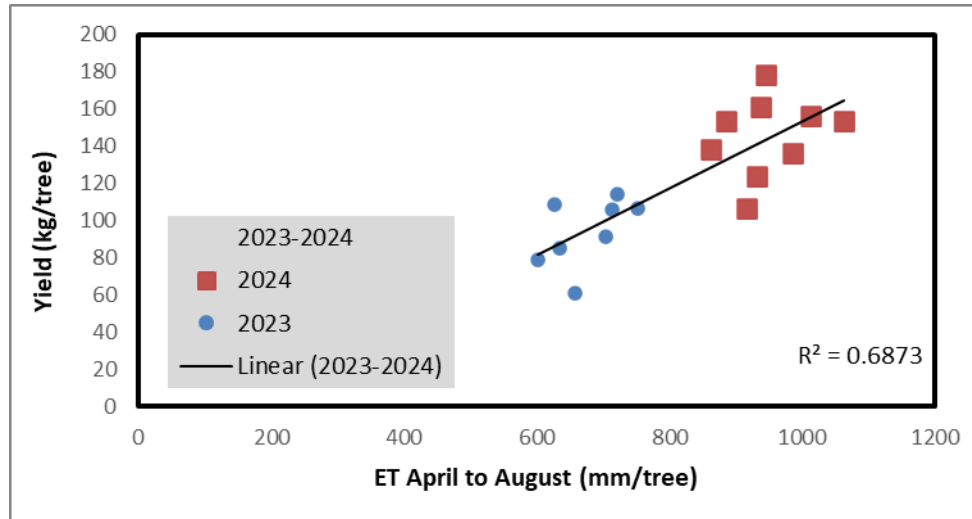
איור 11 – קצב התארכות הלולב ליום עבור כל עץ במהלך שנת 2024.



איור 12 – קצב התארכות הלולב הממוצעת כתלות באידיוי דיות הממוצעת הנמדדת בין העצים יחד עם קו מגמה ליניארי בין חודשים ינואר-אוגוסט.



איור 13 - התארכות הלולב המצטברת כתלות באידיוי דיות המצטבר בין חודשים פברואר עד אוגוסט, לשנים 2023-2024.



איור 14 - יבול אל מול אידוי דיות מדוד בעצים, ניתן לראות עלייה באידוי דיות יחד עם עלייה בכמות היבול בין שנים 2023-2024.

ח) ניטור קליטת מינרלים על ידי העץ

במהלך שנות 2023 ו-2024 נערכו בדיקות ביומסה לאורך העונה כדי לחשב את הצטברות החנקן העונתית על ידי העץ.

גזע: תוספת השנתית לביומסה של הגזע נמדד על ידי מדידות גובה שנתיות, נתוני שטח החתך הרחבי של הגזע וצפיפות גושית אשר נמדדו בעצים שנפתו בעבר. ריכוז החנקן בגזע נמדד מדגימות גזע טריות אשר נדגמו בעצי שוליים של הליזימטר. ערכי אחוז חנקן וצפיפות גושית: $N\% = 0.26 \frac{g}{cm^3} \rho b$, 0.969.

- עלים חדשים: שלושה עלים צעירים הכי בוגרים, בני שנה, נגזמו בעצי שוליים ונמדד ביומסה, אחוז רטיבות ואחוז חנקן בשדרה ובהוצים. נתוני אלו שומשו כדי לחשב מסת החנקן הכוללת בכל עלה חדש. סך החנקן אשר הושקע על ידי העץ בעלים חדשים חושב כמספר עלים חדשים בשנה כפול חנקן לעלה מהחישוב המוסבר קודם.

דילול וידות: בכל עץ בניסוי, נערך דיגום של כל החומר הצמחי אשר הורד עם הדילול ומכל הידות אשר הורדו מהעץ בסוף עונת הגידול. חושבו משקלים רטובים, יבשים ואחוז חנקן.

- יבול: כל הפרי הנגדד מכל עץ נשקל, נערכו דגימות לאחוז החנקן בגלעין ובפרי וכן של אחוז חומר יבש לחישוב כמות חנקן אשר ירדה מהעץ עם היבול.

כמויות החנקן בכל חלקי העץ היו גבוהות ב-2024 משאר 2023 בממוצע וזאת בשל העלייה ביבול. מהניתוח הראשוני של תוצאות אלו נמצא כי המבלעים העיקריים לחנקן הם העלים החדשים והפרי (טבלה 3 4).

2023						
TreeN	N in trunk growth (g)	N in New leaves (g)	N in dilul(g)	N in yield(g)	N in Yadot (g)	Total N (g)
3	142	612	145	538	31	1467
6	80	597	92	423	10	1203
10	163	597	188	361	27	1336
13	107	626	113	346	26	1218
14	118	713	25	265	21	1143
15	120	641	78	310	22	1171
Avg Per Tree	122	631	107	374	23	1256
STDEV	29	44	56	96	7	123
%CV	23	7	52	26	31	10

טבלה 3 – חישוב קליטת החנקן עבור כל עץ על ידי דיגום חלקי העץ לאורך עונת 2023, ממוצע קליטת חנקן הינו 1256 גרם לעץ.

2024						
TreeN	N in trunk growth (g)	N in New leaves (g)	N in dilul(g)	N in yield(g)	N in Yadot (g)	Total N (g)
1	134	539	131	663	27	1493
3	160	524	108	759	32	1583
5	134	568	82	511	38	1333
6	118	553	94	630	40	1436
8	150	553	97	576	30	1406
10	72	510	122	660	26	1390
13	112	553	89	656	27	1438
14	115	568	93	504	25	1304
15	83	553	92	462	24	1214
Avg Per Tree	120	547	101	602	30	1400
STDEV	29	19	16	96	6	108
%CV	24	4	16	16	20	8

טבלה 4 – חישוב קליטת החנקן עבור כל עץ על ידי דיגום חלקי העץ לאורך עונת 2024, ממוצע קליטת חנקן הינו 1410 גרם לעץ.

ט) ניטור ריכוזי NPK, כלוריד, מוליכות חשמלית ותכולת רטיבות בקרקע.

במהלך שנת 2024 נערכו בדיקות קרקע ב-8 עצים, 7 דוגמאות לעץ עם בדיקות של תכולת רטיבות וחנקן מינרלי. בשל השונות הגדולה עם מקדמי שונות של 7 עד 21% בתכולת רטיבות ובין 56 עד 209% בכמויות חנקן מינרלי בין 8 העצים, ישנה חשיבות בדיגום נרחב. לכן הוחלט לבדוק פחות מדדים NO_3 , NH_4 ותכולת רטיבות ולא כלוריד, זרחן או אשלגן) עם הרבה חזרות. בממוצע, ככל שמתרחקים מהעץ תכולת הרטיבות קטנה ותכולת החנקן המינרלי עולה (טבלאות 15 ו-6). לעומת זאת, המגמה של תכולת הרטיבות עם העומק פחות ברורה, יש עצים עם עליה עם העומק וכאלו עם ירידה. בממוצע אין

הבדלים בתכולת רטיבות עם העומק במרחק של 100 ו-200 ס"מ מהעץ. ישנה עליה מתונה של תכולת הרטיבות עם העומק במרחק 300 ס"מ מהעץ. מבחינת תכולת החנקן יש עליה עם העומק ב-100 ס"מ מרחק מהעץ וירידה עם העומק כאשר מתרחקים מהעץ.

Average Gravimetric Water Content (g/g)			
Depth/Distance (cm)	100	200	300
20-30	0.15	0.10	0.05
50-60	0.14	0.10	0.07
80-90	0.15		

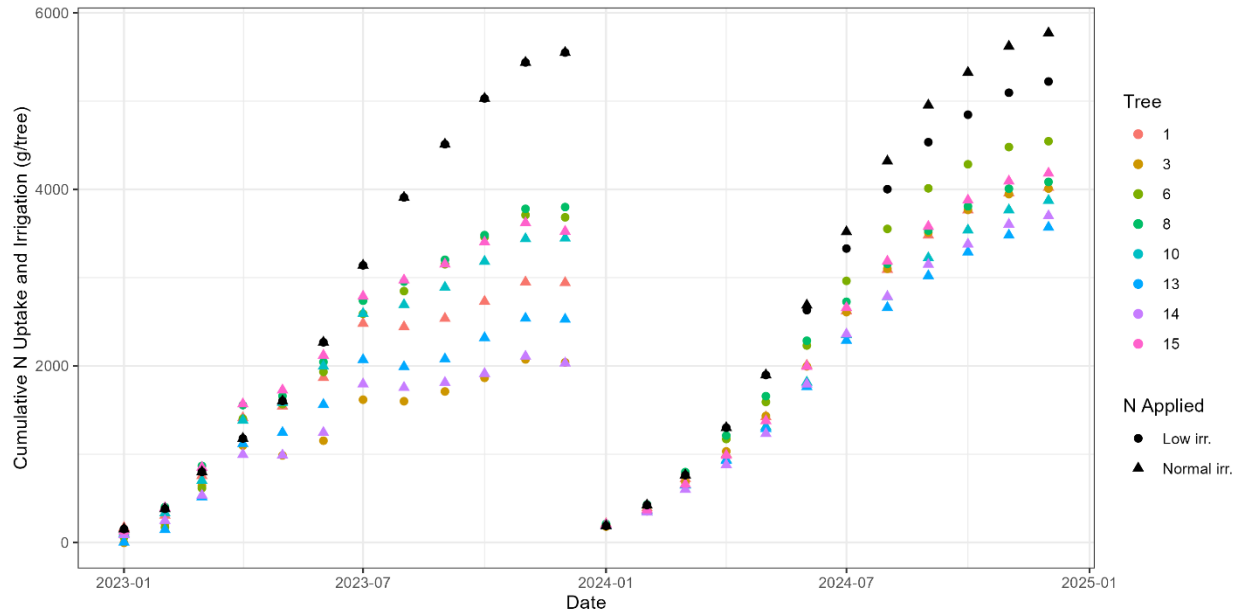
טבלה 5 – תכולת רטיבות נפחית ממוצעת ל-8 עצים בעומקים ומרחקים מהעץ משתנים.

Average soil mineral N (mg N/Kg soil)			
Depth/Distance (cm)	100	200	300
20-30	23	156	244
50-60	27	124	52
80-90	34		

טבלה 6 – תכולת חנקן ממוצעת ל-8 עצים בעומקים ומרחקים מהעץ משתנים.

י) חישוב קליטת כלוריד חנקן, אשלגן וזרחן על ידי העצים בשיטת מאזן מאסה פשוט.

בשלב הזה של המחקר אנו מתרכזים בקליטת חנקן מבחינת המינרלים. נתוני קליטת חנקן חושבו על ידי מאזן מאסה פשוט $N_{irr} - N_{dr} = Uptake$, כך שנלקחו דגימות דו חודשיות למדידת ריכוזי חנקן מינרלי בנקז והוכפלו בכמות הנקז היומית. בנוסף, נעשו דגימות שבועיות של תמיסת ההשקיה לבדיקת ריכוזי חנקן ואמוניה כבקרה של מערכת ההשקיה ודישון. מכאן, ניתן להסיק שבמהלך שנת 2024 יושמו 5.8 ו-5.2 ק"ג של חנקן במי ההשקיה עבור כל עץ בהשקיה הרגילה וההשקיה המופחתת בהתאמה. לפיכך, לאחר בדיקות איכות מי הנקז וכמותם התקבלנה ערכים סופיים של כממוצע 2 ק"ג חנקן אשר נשטפו למכלי הניקוז ולא נקלטו על ידי העץ או הקרקע.



איור 15 - כמויות חנקן מצטברות בהשקיה ובקליטה המשוערת על ידי מאזן מסה פשוט לשנת 2023 ושנת 2024

7. דיון

שנת המחקר השנייה (2024) מציגה תוצאות עקביות בתחום של קליטת המים והחנקן בעצי הליזימטר. עם זאת, תוצאות מבדיקות הקרקע השנתיות ואיכות היבול טרם התקבלו, והן חיוניות להשלמת התמונה המחקרית. העלייה באידוי-דיות ויבול הפרי מעידה כי העצים עדיין לא הגיעו לבגרות מלאה. לכן, המשך המחקר הכרחי עד לייצוב האידוי-דיות השנתי, במטרה להסיק מסקנות מבוססות על עצים בוגרים ולא רק על עצים צעירים.

במהלך השנתיים הראשונות, נבחנו גם מתודולוגיות נוספות, כולל שימוש במשאבי קרקע, מדי לולב, טנסיומטרים, ספירת איברים ודיגום של כלל חלקי העץ. מטרת בדיקות אלו היא לכייל ולבחון את הכלים הללו מול נתוני הליזימטר בחלקה מנוטרת היטב. כיוול והשוואה אלה כבר מיושמים במחקרים נוספים על עצי תמר בערבה הדרומית והתיכונה, בשיתוף פעולה בין החוקרת הראשית לבין חוקרים מאוניברסיטת בן גוריון, מנהל המחקר החקלאי, שה"מ ומו"פ ערבה תיכונה.

8. ביביליוגרפיה

Baram, S., Couvreur, V., Harter, T., Read, M., Brown, P. H., Hopmans, J. W., & Smart, D. R. (2016). Assessment of orchard N losses to groundwater with a vadose zone monitoring network. *Agricultural Water Management*, 172(3), 83–95. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2016.04.012>

Ben-Gal, A., & Shani, U. (2002). A highly conductive drainage extension to control the lower boundary condition of lysimeters. *Plant and Soil*, 239(1), 9–17. <https://doi.org/10.1023/A:1014942024573>

- Fernández-Escobar, R., Beltrán, G., Sánchez-Zamora, M. A., García-Novelo, J., Aguilera, M. P., & Uceda, M. (2006). Olive Oil Quality Decreases with Nitrogen Over-fertilization. In *HORTSCIENCE* (Vol. 41, Issue 1).
- Minikaev, D., Zurgel, U., Tripler, E., & Gelfand, I. (2021). Effect of increasing nitrogen fertilization on soil nitrous oxide emissions and nitrate leaching in a young date palm (*Phoenix dactylifera* L., cv. Medjool) orchard. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 319. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107569>
- Nava, G., Dechen, A. R., & Nachtigall, G. R. (2008). Nitrogen and potassium fertilization affect apple fruit quality in southern Brazil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 39(1–2), 96–107. <https://doi.org/10.1080/00103620701759038>
- Raij Hoffman, I.** (2018). *In-situ Drainage Lysimeters for Water and Solute Balances: Field and Numerical Experiments*. Ben-Gurion University of the Negev.
- Raij, I.**, Ben-Gal, A., & Lazarovitch, N. (2018). Soil and irrigation heterogeneity effects on drainage amount and concentration in lysimeters: A numerical study. *Agricultural Water Management*, 195, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2017.09.012>
- Raij, I.**, Šimůnek, J., Ben-Gal, A., & Lazarovitch, N. (2016). Water Flow and Multicomponent Solute Transport in Drip Irrigated Lysimeters - Additional Supporting Information. *Water Res. Research*, 1–6.
- Rimon, Y., Dahan, O., Nativ, R., & Geyer, S. (2007). Water percolation through the deep vadose zone and groundwater recharge: Preliminary results based on a new vadose zone monitoring system. *Water Resources Research*, 43(5), 1–12. <https://doi.org/10.1029/2006WR004855>
- Rimon, Y., Nativ, R., & Dahan, O. (2011). Physical and Chemical Evidence for Pore-Scale Dual-Domain Flow in the Vadose Zone. *Vadose Zone Journal*, 10(1), 322–331. <https://doi.org/10.2136/vzj2009.0113>
- Shani, U., **Ben-Gal, A.**, Tripler, E., & Dudley, L. M. (2007). Plant response to the soil environment: An analytical model integrating yield, water, soil type, and salinity. *Water Resources Research*, 43(8), 1–12. <https://doi.org/10.1029/2006WR005313>
- Silber, A., Goldberg, T., Shapira, O., & Hochberg, U. (2022). Nitrogen uptake and macronutrients distribution in mango (*Mangifera indica* L. cv. Keitt) trees. *Plant Physiology and Biochemistry*, 181, 23–32. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2022.03.036>
- Sperling, O., Karunakaran, R., Erel, R., Yasuor, H., Klipcan, L., & Yermiyahu, U. (2019). Excessive nitrogen impairs hydraulics, limits photosynthesis, and alters the metabolic composition of almond trees. *Plant Physiology and Biochemistry*, 143, 265–274. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2019.08.030>
- Tripler, E., **Ben-Gal, A.**, & Shani, U. (2007). Consequence of salinity and excess boron on growth, evapotranspiration and ion uptake in date palm (*Phoenix dactylifera* L., cv. Medjool). *Plant and Soil*, 297(1–2), 147–155. <https://doi.org/10.1007/s11104-007-9328-z>

Tripler, E., Shani, U., **Ben-Gal, A.**, & Mualem, Y. (2012). Apparent steady state conditions in high resolution weighing-drainage lysimeters containing date palms grown under different salinities. *Agricultural Water Management*, 107, 66–73. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2012.01.010>

Tripler, E., Shani, U., Mualem, Y., & **Ben-Gal, A.** (2011). Long-term growth, water consumption and yield of date palm as a function of salinity. *Agricultural Water Management*, 99(1), 128–134 <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2011.06.010>

9. סיכום עם שאלות מנחות (ענה בקצרה, שלוש עד חמש שורות)

- א.** אנא פרט מהם הניסויים שבוצעו על פי תוכנית העבודה תוך התאמה למטרות המחקר כפי שהופיעו בהצעה המקיפה
- בשנת ניסוי 2024 מערכת הליזימטר הענק עבדה כמתוכנן. מטרות של מאזני מים, מומסים וחנקן הושגו והתוצאות נראות בהמשך ישיר למה שנצפה ב2023. הניסוי ממשיך כמתוכנן.
- ב.** מהם עיקרי הניסויים והתוצאות שהושגו בתקופה אליה מתייחס הדו"ח
- המחקר מורכב מניסוי אחד בו עצי תמר נמצאים בתוך ליזימטר ענק. הניסוי שנעשה כל שנת 2023 הוא ניטור מאזן המים, מלחים ויסודות הזנה ברצף השקיה-צמח-נקז. תוצאות המחקר מראות קליטה של מים וחנקן לעצי הניסוי לשנת 2024.
- ג.** אנא פרט והסבר כיצד הושגו מטרות המחקר בתקופת הדו"ח או חלק מהן
- השקית הליזימטר מתוזמנת כ-30% מצריכת המים על ידי העץ אשר נמדדת עם הליזימטר. לכן, המערכת נמצאת במצב פסאודו-יציב וניתן לחשב את מאזני הכלוריד, חנקן ומים בצורה מיטבית. מאזני מים וחנקן לשנת 2024 הראו עליה בקליטת מים וחנקן על ידי העצים, ביחד עם יבול גבוה יותר מאשר ב2023. ב2024 הושגה מטרת המחקר של מדידת השונות העיתית של קליטת מים וחנקן וכן נצפתה גדילת העצים ביבול ובקליטה.
- ד.** בהתאם להצעה המקיפה, ציין מה התבצע מתוך טבלת המשימות ואבני דרך, כולל אבני דרך כמותיות
- רוב המשימות בוצעו כמתוכנן. כמו בשנת 2023, גם ב2024 התרכזנו בנושא החנקן בניתוח הנתונים אם כי הדיגום אכן התבצע בפועל והתוצאות יונתחו בהמשך המחקר. אבני הדרך: ג) סיכום וניתוח כלל הנתונים של השנתיים הראשונות – בוצע והוצג בדוח זה. ב) סיכום עקומי קליטה לזרחן, חנקן ואשלגן בשנתיים הראשונות – נעשה לחנקן.
- מתוך המשימות, משימת "ו" לא בוצעה כי תוצאות המדידות על ידי טנסיומטרים לא היו מספקות בשנה א' ולכן הם לא שומשו במחקר בשנת 2024.
- ה.** מהן המסקנות המדעיות ומהן ההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו
- מערכת הליזימטר הענק מאפשרת למדוד את צריכת המים האמיתית של 9 עצי תמר ולכם ניתן לחשב את מאזני החנקן לאורך השנה. בשנת 2024 נמדד עודף דישון חנקני נמוך יותר מאשר בשנת 2023.
- ו.** מהן הבעיות שנתרו לפתרון ואו שינויים טכנולוגיים שיווקיים ואחרים שחלו במהלך העבודה ומה אמורה להיות התייחסותך להמשך
- יסודות הזנה אשלגן וזרחן פחות נעים בקרקע ולכן ישנו קושי בשימוש מערכת הליזימטר לחישוב מאזנים.
- ז.** הפצת הידע בכנסים או פעילויות שנעשו במו"פ במהלך התקופה (סיורים, ביקורים, הרצאות, כינוסים, פיתוחים חדשים וכו')
- 12/2/24 – הצגת תוצאות מקדימות במפגש מגדלים בערבה הדרומית, קיבוץ קטורה.
- 28/5/24 – הגת תוצאות בכנס מחקרי תמר בערבה הדרומית, קיבוץ גרופית.
- 29/5/24 – הצגת תוצאות בכנס השנתי על שם פרופ' אבן ארי, קמפוס שדה בוקר, אוניברסיטת בן גוריון.
- 28/7/24 – כנס מו"פים האזוריים, באר שבע, אוניברסיטת בן גוריון.
- 22/10/24 – מצגת מקוונת בכנס השנתי בנושא השקיה וניקוז, אוניברסיטת מנבי, אקוודור.

ח. פרסומים בעיתונות מבוקרת או בעיתונות בעברית שנבעו מהמחקר
בדצמבר 2024 התפרסם מאמר עם תוצאות המחקר מעונת 2023 בעלון הנוטע.
רייך-הופמן, יעל, צהלים, א., גרוסמן, ד., בהלול, ע., אדלר-עגמון, מ., פרידמן, ע., בן-גל, א. (2024) כימות
קליטת חנקן ומים בעצי תמר מזן מג'הול בתנאי מטע מסחרי בערבה הדרומית – סיכום עונה 2023. עלון
הנוטע, שנה ע"ט, גיליון מס' 10.

ט. ציון השפעת המחקר על כלכלת החקלאות באזור, או תרומה מעשית למארג האגרו-אקולוגי באזור
טרם.

י. עם אילו מו"פים נוספים מתוכנן שת"פ במחקר הנוכחי או בעתיד כהמשך למחקר הנידון
ישנו שיתוף פעולה עם מו"פ ערבה תיכונה, מכון מחקר גילת ואוניברסיטת בן גוריון. תוצאות הליזימטר,
בעיקר של השוואת הנקז למשאבים משמשת חוקרים שותפים לפענח תוצאות בניסוי רמות חנקן
בחצבה.

יא. המלצות להמשך המחקר או שינוי במחקר
המשך מדידות שגרתיות בצורה הכי עקבית שניתן.

יב. פטנטים שנבעו מהמחקר
לא רלוונטי.