



1. מו"פ ערבה דרומית – דוח שנתי

מספר המחקר: 81102

ממשק דישון חנקן מיטבי לעצי תמר מזן מג'הול

Optimal Nitrogen Fertilization Regimen for Medjool Date Palm Trees

שם החוקרת הראשית: יעל רייך הופמן, מו"פ ערבה דרומית
שותפים למחקר: דפנה הררי, טום גרונולד, מו"פ ערבה תיכונה. אורי ירמיהו, משה הלפרן, מנהל המחקר החקלאי-מכון וולקני, מרכז מחקר גילת. עודד פרידמן, דה ניר, שה"מ, משרד החקלאות וביטחון מזון.

- סטטוס התוכנית: נמשכת

- מועד התחלה וסיום התוכנית: 2023-2025

2. תקציר (עד 150 מילים לדוח שנתי 300 מילים לדוח מסכם וסופי)

יש מעט מידע בספרות המקצועית לגבי שיעורי דישון חנקן מיטביים של עצי תמר מזן מג'הול, ויש עדויות שהדישון החנקני הנוכחי באזור הערבה הוא בעודף גדול. יתר על כן, אין מידע זמין לגבי קליטת חנקן של עצי תמר מהזן מג'הול בעונות שונות, אשר ניתן להשתמש בו כדי להתאים את הדישון בחנקן במהלך השנה.

מטרת המחקר היא לייעל את הדישון בחנקן במטע מג'הול מודרני, להבין כיצד שיעורי הדישון בחנקן משפיעים על פרמטרים שונים של יבול ואיכות, ולהבין כיצד שיעורי הדישון משפיעים על גורלו של החנקן בסביבה.

3. רקע קצר, תיאור הבעיה

דישון חנקני הוא חלק חשוב בניהול מטעי עצי פרי, ויש לבצע אופטימיזציה קפדנית שלו. שיעורי דישון נמוכים מהאופטימליים עלולים להפחית את צמיחת העצים ו/או את יבול הפירות עקב חוסר בחנקן (Lazare et al. 2020, דשן מיותרות ולפגיעה סביבתית (Yasour et al., 2020). כמו כן, דישון יתר עלול לפגוע באיכות הפרי במינים רבים (Silber et al. 2022, Fernandez-Escobar et al. 2006, Nava et al. 2007), וכן להפחית את היבול ואת אורך חיי המדף של הפירות. ביצוע אופטימיזציה למשטרי דישון חנקני נערך במיני פירות רבים, כגון רימון (Lazare et al. 2020), שקד (Sperling et al. 2019), זית (Haberman et al. 2019) ומנגו (Silber et al. 2022). עצי תמר מזן מג'הול הם גידול כלכלי חשוב באזור הערבה בישראל, עם שטח גידול של כ-65,000 דונם, יבול של 42 מיליון טון, ותרומה מוערכת של כמיליארד ש"ח לכלכלת ישראל (Libsker, 2020). למרות חשיבותו הכלכלית של גידול זה, למיטב ידיעתנו, לא נערכו מחקרים על אופטימיזציה של דישון חנקני במטעי תמר מזן מג'הול.

ההמלצה העדכנית ביותר לדישון חנקני היא יישום חנקן בריכוז של 35 מג"ל באמצעות הדשיה, בקצב השקיה של 180 מ"ק לעץ בשנה, כלומר 6 ק"ג חנקן לעץ לשנה (Minikaev et al 2021). ככל הנראה, שיעור זה גבוה מדי, שכן

מחקרים במיני תמרים אחרים ובשיטות דישה אחרות מצביעים על רמות אופטימליות בטווח של 0.4–3.6 ק"ג חנקן לעץ (Minikaev et al. 2021).

מכיוון שאין סימנים חיצוניים ברורים לדישה יתר בחנקן, ובהיעדר ניסויי אופטימיזציה, לא ידוע מהי ההשפעה של דישה היתר הנפוץ לכאורה על איכות היבול ועל כמותו בתמרי מג'הול. בנוסף, אין כיום פרוטוקול ברור לדיגום עלים לשם קביעת סטטוס החנקן בעץ. אמנם Minikaev et al (2021) ניתחו את גורל הדשן החנקני במטע תמרים בן שלוש שנים, אך יש צורך במחקרים דומים במטעים בוגרים, על מנת להבין ולמזער את ההשפעות הסביבתיות של דישה חנקתית.

4. מטרות המחקר כפי שהופיעו בתוכנית המקורית

מטרת המחקר היא לייעל את הדישה בחנקן במטע מג'הול מודרני, להבין כיצד שיעורי הדישה בחנקן משפיעים על פרמטרים שונים של יבול ואיכות, ולהבין כיצד שיעורי הדישה משפיעים על גורלו של החנקן בסביבה.

5. מהלך המחקר ושיטות העבודה (תכנון לעומת ביצוע לפי פירוט המשימות לאותה שנה או לכל השנים בדוח מסכם)

א. ניטור ההדשה – כמות וריכוזים

כמות ההשקיה נוטרה לאורך כל השנה כדי להבטיח שכל העצים קיבלו את אותה כמות מים (איור 1). ההשקיה המתוכננת הייתה 180 מ"ק לעץ, אך בפועל הכמות שסופקה הייתה נמוכה משמעותית בשנת 2024 עקב מחסור במים בחצבה, כאשר שני קידוחים הפסיקו לפעול. הדשן שסופק נותר באמצעות מדידת הירידה בגובה הנזול במכלים על בסיס שבועי. כמות הדשן שנמדדה על ידי המחשב תוקנה בהתאם לאחוז השגיה, ולאחר מכן שימשה לחישוב סך כמות החנקן שסופקה (איור 2). כל הפעולות האגרנטיות בוצעו באופן שווה ומתאים בין חלקות הניסוי.

ב. מאזן מים

להערכת שטיפת חנקן, בוצע חישוב שבועי, חודשי ושנתי של רכיבי מאזן המים על פי הנוסחה:

$$ET = P + I - D$$

כאשר ET היא סך ההתאדות והדיות, P הוא המשקעים, I ההשקיה, ו-D כמות הנקז מתחת לבית השורשים. חישוב הנקז יתבצע באמצעות ריכוז הכלור או מוליכות חשמלית (EC) בתמיסת הקרקע שנדגמה באמצעות משאבים, בהתאם לנוסחה:

$$[Cl]D * D = [Cl] * I$$

כאשר $[Cl]D$ ו- $[Cl]$ הם ריכוזי הכלור בתמיסת הקרקע מתחת לאזור השורשים ובהשקיה, בהתאמה (Allison et al., 1994; Raj et al., 2018). המוליכות החשמלית (EC) של מי ההשקיה מוצגת באיור 4 ושל מי הנקז באיור 5. ביצוע מאזן מים על בסיס מדידת המוליכות החשמלית של מי ההשקיה והנקז, כפי שהוצע בתכנון המחקר, אינו מדויק מספיק עקב השינויים הקצרי-טווח בריכוזי הדשן. בנוסף, הדיגום מתבצע אחת לשבועיים בלבד, וריכוז החנקן משפיע באופן משמעותי על ערך ה-EC. ריכוז הכלור במי ההשקיה (איור 6) והנקז (איור 7) עשויים לספק תוצאות טובות יותר כיוון שאינם מושפעים מריכוז החנקן, אך התנודתיות הרבה בריכוז הכלור במי ההשקיה הופכת אותם ללא שמישים (איור 6). איור 8 מציג את השקיית העצים לאורך זמן ומאזן מים שבוצע על בסיס ה-EC, כאשר השפעת החנקן על ה-EC הוסרה באמצעות חיסור 1/10 מריכוז N-NO₃ במיליאקוויוולנט לליטר מכל דגימה (Bresler et al., 1982).

ג. דיגום קרקע

דגימות קרקע נאספו בסמוך לעצים המצוידים במשאבים ב-8 בנובמבר 2023 ושוב ב-26 בנובמבר 2024. הדגימות נלקחו משתי עומקים (0-30 ס"מ ו-30-60 ס"מ) ובשני מרחקים מהעץ: ליד הטפטפת (0.5 מ') ובחזית בצל ההרטבה (1.5 מ'). בנוסף, דגימה אחת מ-0-30 ס"מ נלקחה באזור היבש (3 מ'). דגימות מ-2024 עדיין בתהליך ניתוח לכמות החנקן והפחמן הכוללים, אך תוצאות מ-2023 מוצגות באיור 10. עבור ריכוזי החנקן, נמצא קשר חיובי ברור בין

הטיפוליים ברמות חנקן לבין ריכוזי החנקן בקרקע במרחק של 50 ס"מ מהעץ בעומק 0-30 ס"מ. ריכוזי הפחמן הראו קשר שלילי עם העלייה ברמת הדישון החנקני בעומק 30-60 ס"מ במרחק 50 ס"מ מהעץ.

ד. ניטור פרמטרים של צמיחת העצים

מדידות של קצב התארכות הלולב בוצעו פעמיים בשנה, באפריל וביולי (איור 11). כדי לכמת את השונות האפשרית עקב דילול הפרי, האשכולות דורגו בסולם של 1-5 על ידי שלושה צופים עבור כל העצים (איור 12).

ה. דיגום עלים לניתוח חנקן

בשנת 2024 נדגמו עלים מייצגים בכל עצי הניסוי שלושה פעמים בשנה (איור 15).

ו. גדיד – כמות היבול ואיכות

הגדיד בשנת 2024 בוצע ב-10 בספטמבר וב-9 באוקטובר. מדידות שבוצעו במהלך הגדיד ובבית האריזה כללו: יבול, כללי, מספר האשכולות, התפלגות גודל הפירות, התפלגות צבע הפירות, התפלגות אחוזי שילפוח, התפלגות לחות הפירות (איורים 16-19).

מדידות נוספות יכללו בדיקות לחיידקים ופטירות. אין עדיין תוצאות לבדיקה החיידקית, אך ניתן לראות את השפעת הטיפולים החנקניים על אחוז הפירות הנגועים באספרגילוס בשנת 2023 באיור 20.

ז. חיי מדף אחרי גדיד

כדי לקבוע את השפעת הדישון החנקני על יכולת האחסון של הפירות, דגימות מייצגות מהגדיד הראשון ייבחנו ללחות, צבע, שילפוח, תכולת חלבון, תכולת סוכר ופעילות נוגדת חמצון. הדגימות יאוחסנו בטמפרטורה של 18°C למשך 9 חודשים, ולאחר מכן בטמפרטורת החדר למשך 3 שבועות. לאחר האחסון, אותם פרמטרים ייבחנו מחדש. נכון למועד כתיבת הדוח, מדידות אלו טרם הושלמו.

6. תוצאות ביניים לפי המשימות שהוגדרו בתוכנית המקורית לאותה שנת דיווח או לכל השנים בדוח המסכם, כולל איורים ותיאורים גרפיים במידת הצורך

כמות המים שסופקה הייתה דומה בכל הטיפולים, עם הבדלים של עד 10% בין הכמות הגבוהה לנמוכה ביותר. עקב מחסור במים בחצבה, כאשר שני קידוחים הפסיקו לפעול, כמות ההשקיה שסופקה הייתה נמוכה מהתכנון המקורי של 180 מ"ק לעץ בשנה. ריכוזי החנקן מוצגים באיור 3. בטיפולים 1, 3, 5 ו-6 הריכוזים היו קרובים לרמות היעד (טבלה 1). בטיפול 4 הריכוז היה גבוה מהיעד בתחילת האביב (כאשר לא אמור להיות דישון), ונמוך מהיעד מהאביב ועד תחילת יוני. טיפול 2 היה מעט גבוה מהיעד.

כמות החנקן הכוללת שסופקה מוצגת באיור 2, ונעה בין 0.8 ל-9.5 ק"ג חנקן לעץ לשנה. הירידה בכמות הדשן במכלים נוטרה אחת לשבועיים, והייתה האתמה טובה עם הכמות שנרשמה במחשב. לכן, ריכוז החנקן המחושב מהשקיה ויישום הדשן שנרשם במחשב נחשב לאמין.

מוליכות החשמלית (EC) של מי ההשקיה הייתה יציבה לאורך זמן וגדלה עם העלייה בריכוז החנקן (איור 4). כמות גדולה של נתוני מליחות חסרה במדידות שנעשו במדגמים שנלקחו מהמשאבים שהותקנו בעומק 130 ס"מ בבסיס העץ, עקב תקלה טכנית. (איור 5). כאשר מדידות ה-EC-חודשו בקיץ 2024, כל הטיפולים הראו עלייה במליחות עקב מגבלת השקיה.

מדידות הכלור (CI) במי ההשקיה (איור 6) הראו שונות רבה בין הטיפולים, למרות שהשקיית הבסיס הייתה זהה, והדשנים הכילו כמויות דומות של כלור. השונות במדגמי המים לא הייתה מתואמת עם הטיפולים החנקניים, ולכן יש ספקות לגבי הדיוק של מדידות הכלור במי הנקז (איור 7). ריכוזי הכלור היו אמורים לשמש לחישוב מאזן מים, אך החישוב בוצע במקום זאת על בסיס ערכי EC איור 8).

שיעורי ההשקיה הנמוכים בקיץ 2024 משתקפים בכמות קטנה יותר של מים שסופקה. כמות ממוצעת של מי נקז ביוני 2024 נעה בין 0.5 מ"ק לעץ ליום בטיפול 2 לבין כמעט 1 מ"ק לעץ בטיפול 4, עם שאר הטיפולים החנקניים הנמצאים בטווח זה ללא סדר מסוים. תוצאות אלה אינן נחשבות מהימנות, שכן הסרת השפעת החנקן על ה-EC של הדגימות

בעייתית, מכיוון שחלק מהחנקן נספג על ידי העץ, ובזמן שהחנקן נמצא במי ההשקיה בצורת NH_4 ו NO_3 -במי הנקז נמצא רק כ- 3NO-N

ריכוזי החנקן במי הנקז לאורך זמן מוצגים באיור 9. בטיפול 6 הריכוזים היו גבוהים במיוחד בשנת 2024, כתוצאה מריכוז ההשקיה המוגבר והשקיה מופחתת באותה עונה. בשנת 2024 ריכוזי החנקן במי הנקז תאמו היטב לטיפולים החנקניים, בניגוד לעונת 2023, שבה הנתונים היו משתנים יותר.

Table 1. The original target N concentrations (ppm), “Second” N is the modified N concentrations that were applied after 20/07/23 and “Third” N is the target concentrations after 2/11/23.

Treatment	Original	Second	Third
1	0	0	0
2	8.75	4.4	5
3	17.5	8.8	10
4	35	17.5	32
5	52.5	26.3	32 half year
6	70	35	67

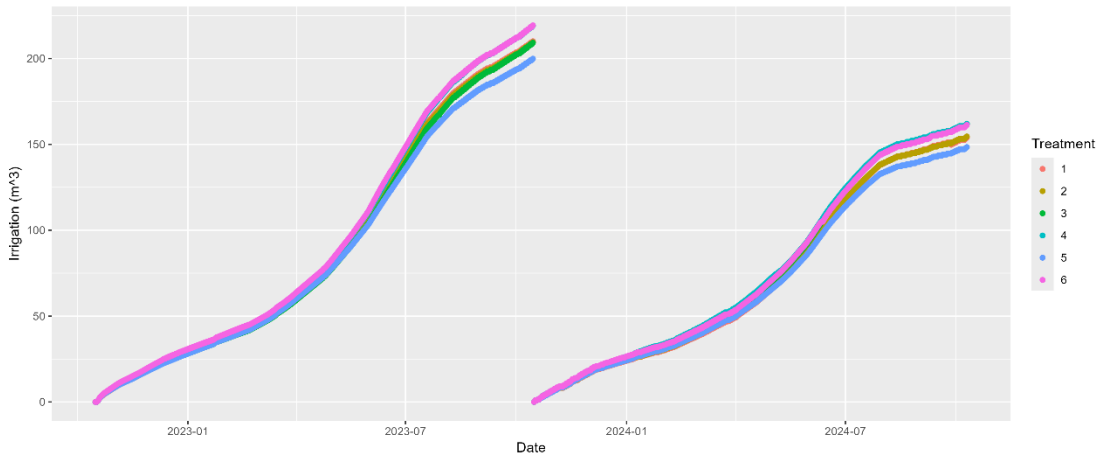


Figure 1. Irrigation per treatment over 2 seasons, the 2024 season was considerably lower due to the water shortages in Hatzeva.

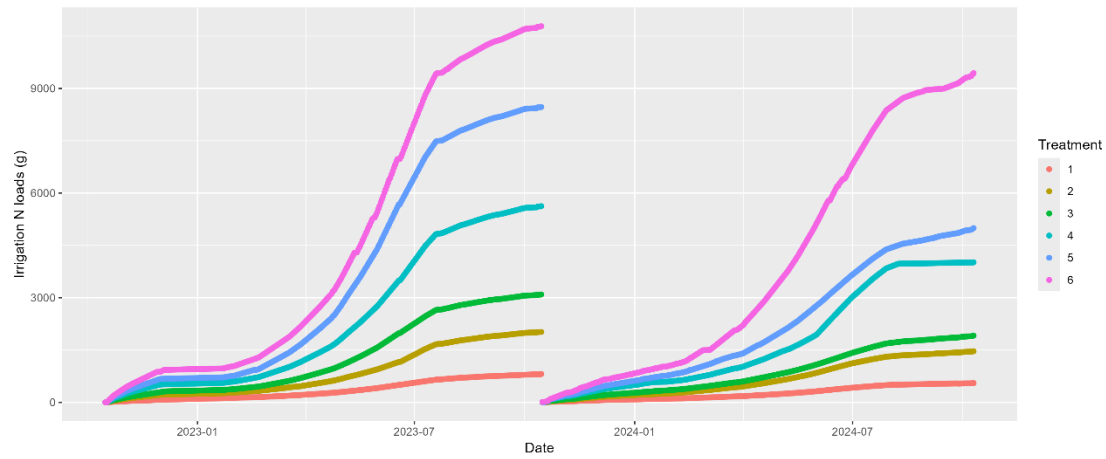


Figure 2. Amount of nitrogen applied per tree over time for the 6 different treatments.

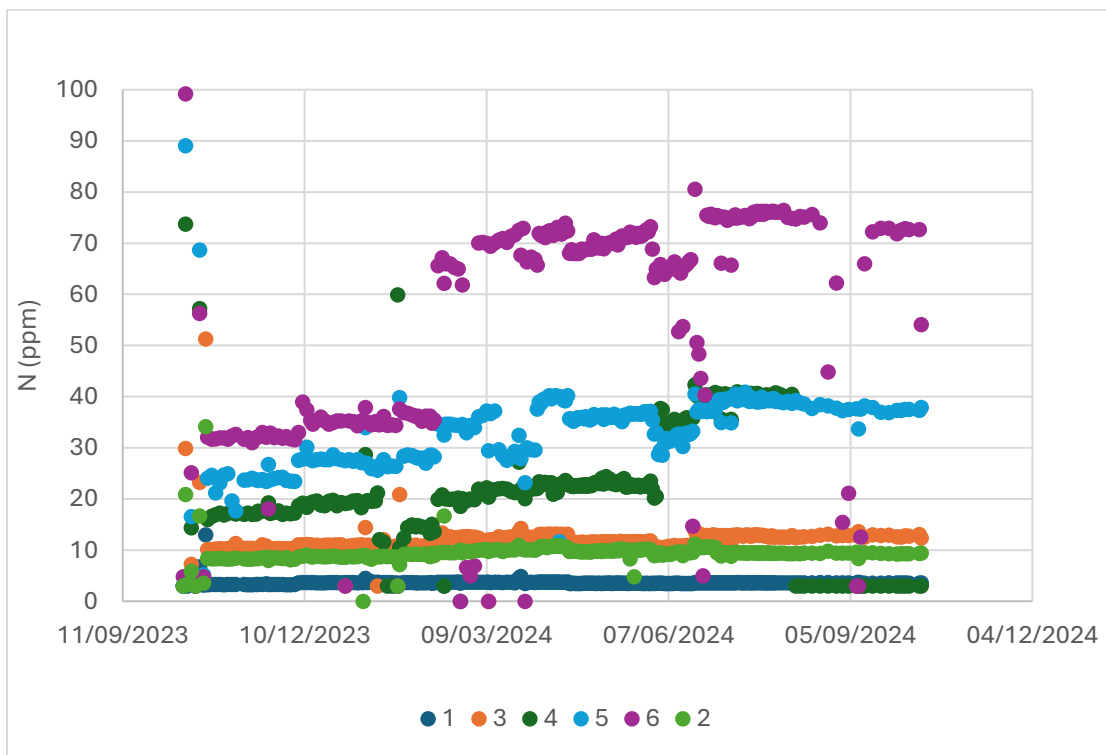


Figure 3. Irrigation water N concentrations over time, based on the fertilizer drawdown from the tanks and the amount of irrigation measured by the water meters.

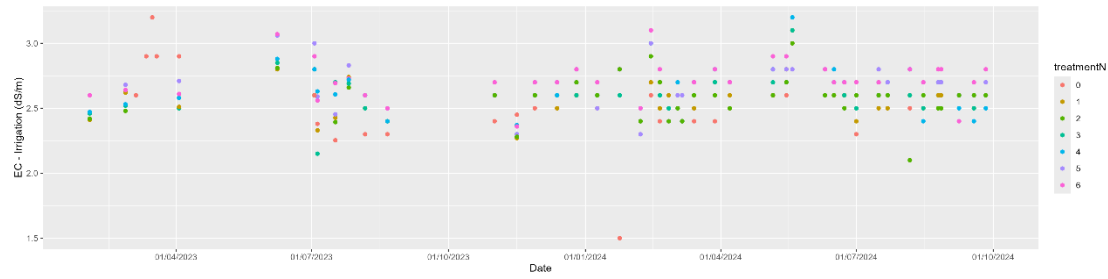


Figure 4. EC of the irrigation water.

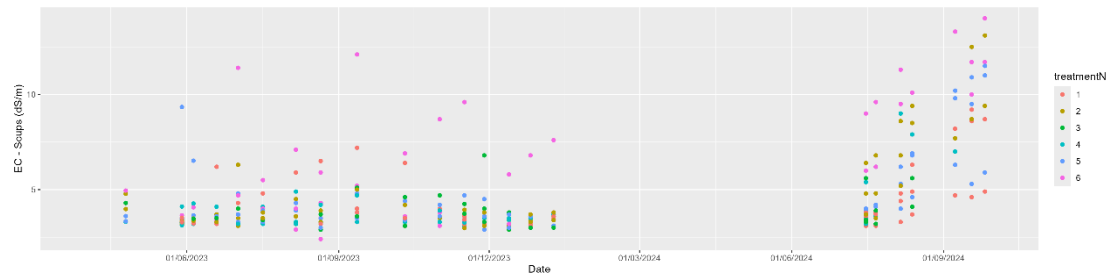


Figure 5. EC of the water from the suction samplers (at 130cm depth).

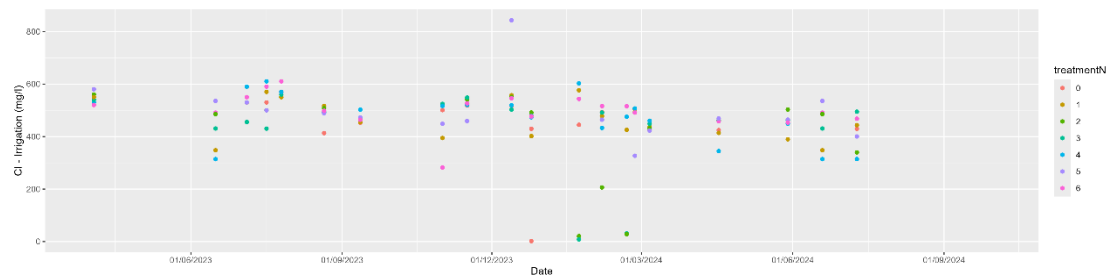


Figure 6. Irrigation water Cl concentration.

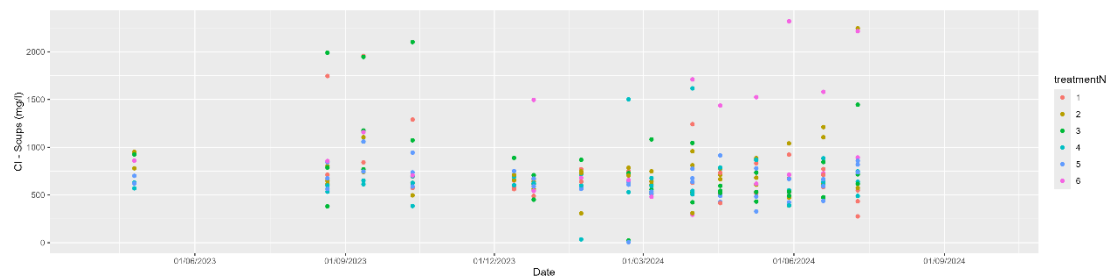


Figure 7. Cl concentration of the water from the suction samplers (at 130cm depth).

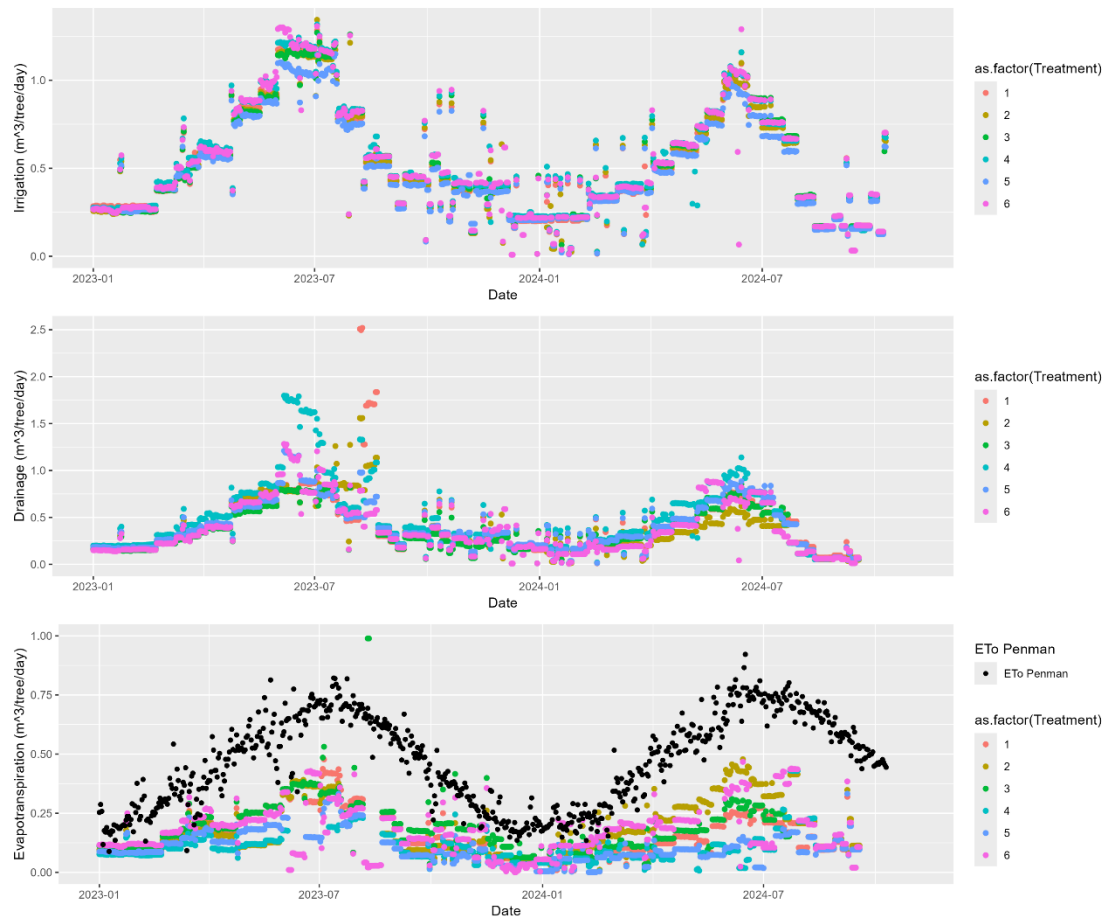


Figure 8. Irrigation per tree over time (top), amount of drainage (middle) and transpiration (lowest) calculated over time on the basis of drainage water salinity.

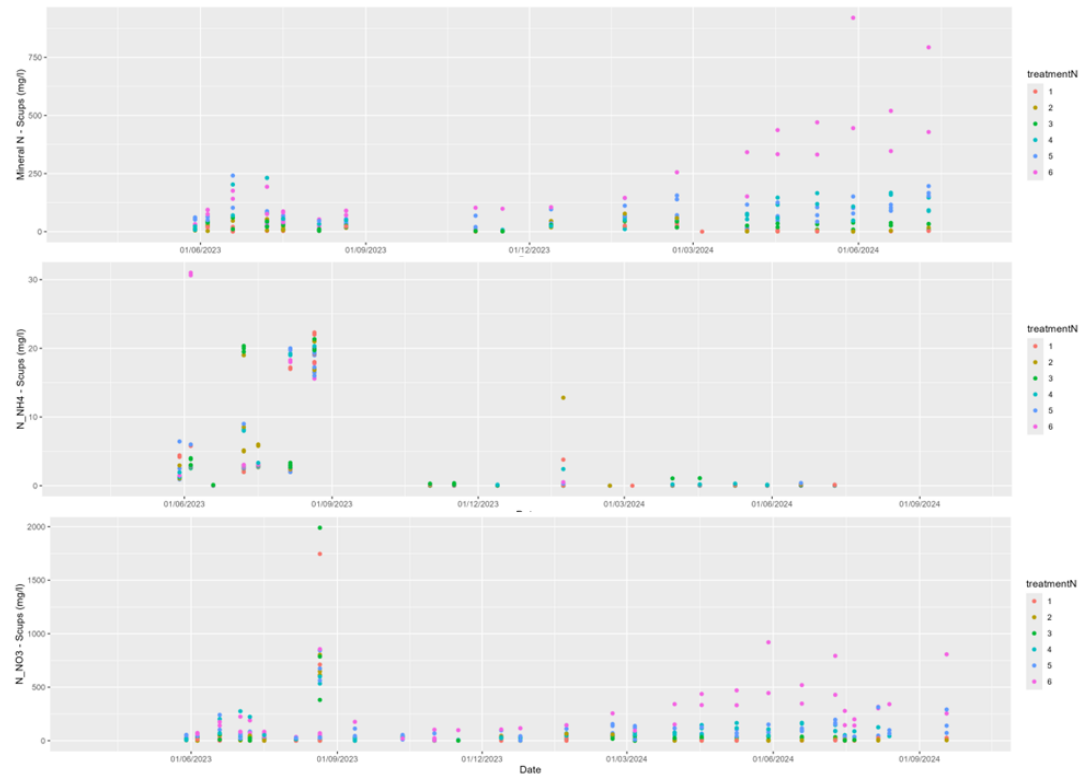


Figure 9. N-NO₃ (lower), N-NH₄ (middle) and total N (top) concentrations in the drainage water samples over time.

מדידות צמיחת העלים שבוצעו באפריל וביוני הראו ירידה בטיפול עם רמת החנקן הנמוכה ביותר בשני המועדים. מספר האשכולות שנראו היה נמוך יותר בטיפולים עם פחות חנקן, לפי ספירה שנעשתה ב-3 במרץ 2024 (איור 13). לאחר הגיזום, מספר האשכולות שנותרו היה דומה בכל הטיפולים (4 באפריל 2024), אם כי בטיפול עם ההדשיה הנמוכה ביותר היו פחות אשכולות מלכתחילה ולכן הוסרו פחות. באותו תאריך, הערכת היבול על פי תצפית חזותית הייתה דומה בכל הטיפולים (איור 12). מספר העלים היה דומה בין כל הטיפולים כמתוכנן (איור 14).

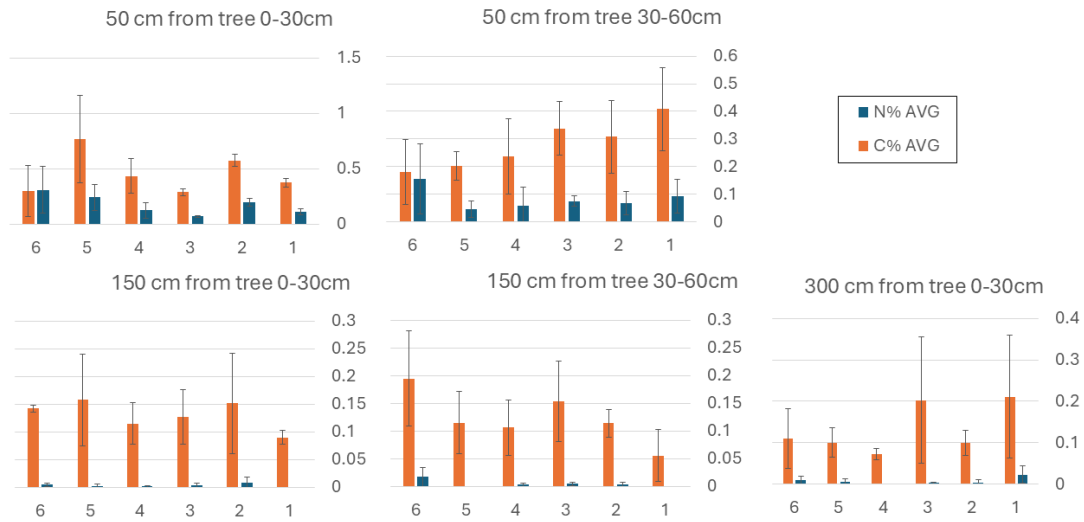


Figure 10. Nitrogen and carbon content of the soil in Nov 2023, reported by distance from tree and depth.

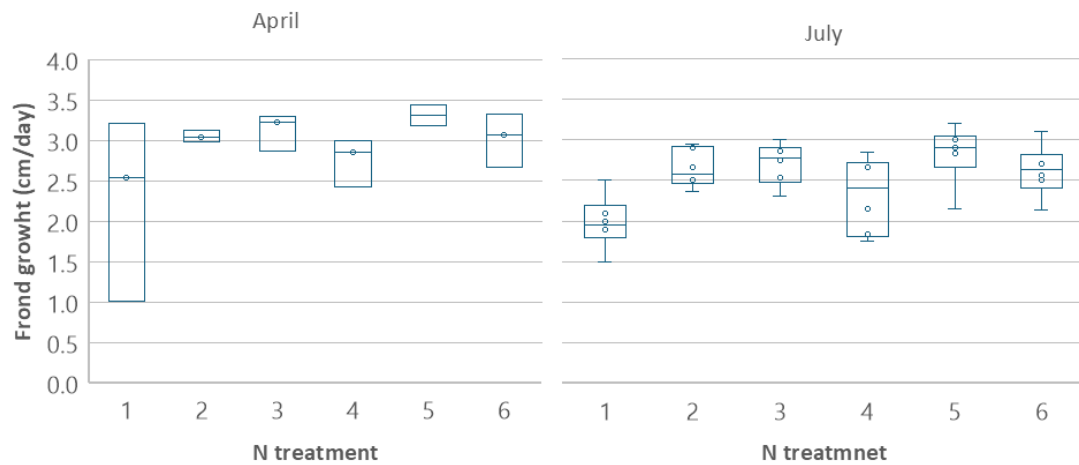


Figure 11. Average frond elongation in April and July 2024.

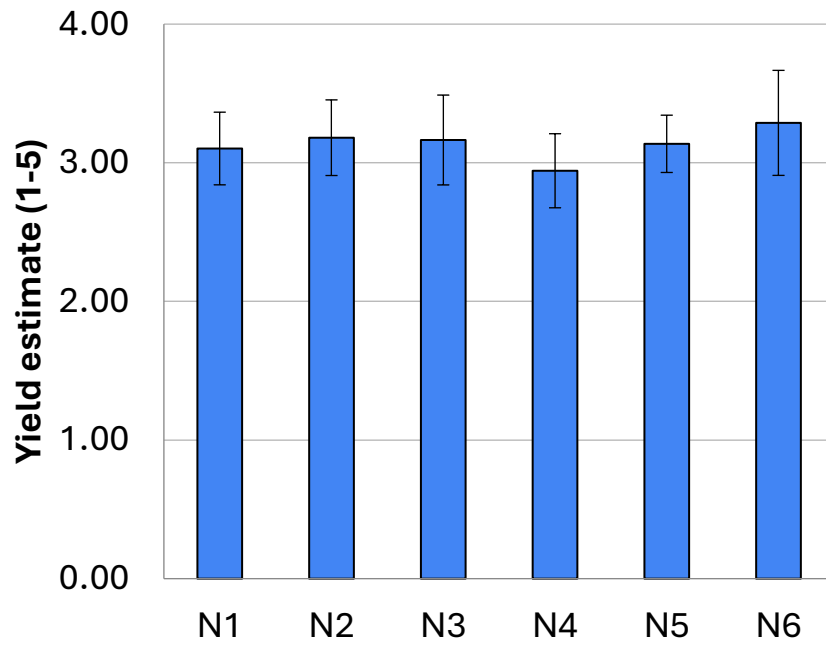


Figure 12. Visual cluster grading done in May 2024 on a scale of 1-5, to estimate variability in the pruning treatments.

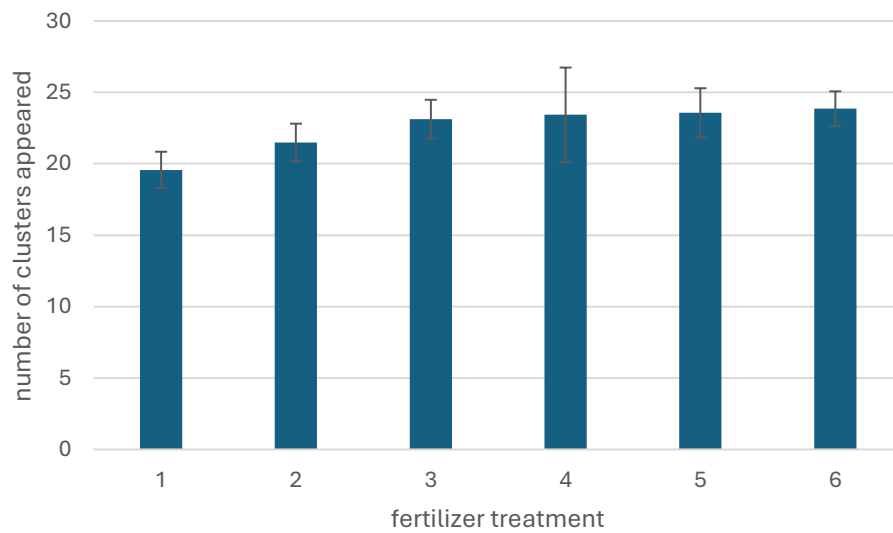


Figure 13. The number of clusters that were visible on 3/3/24.

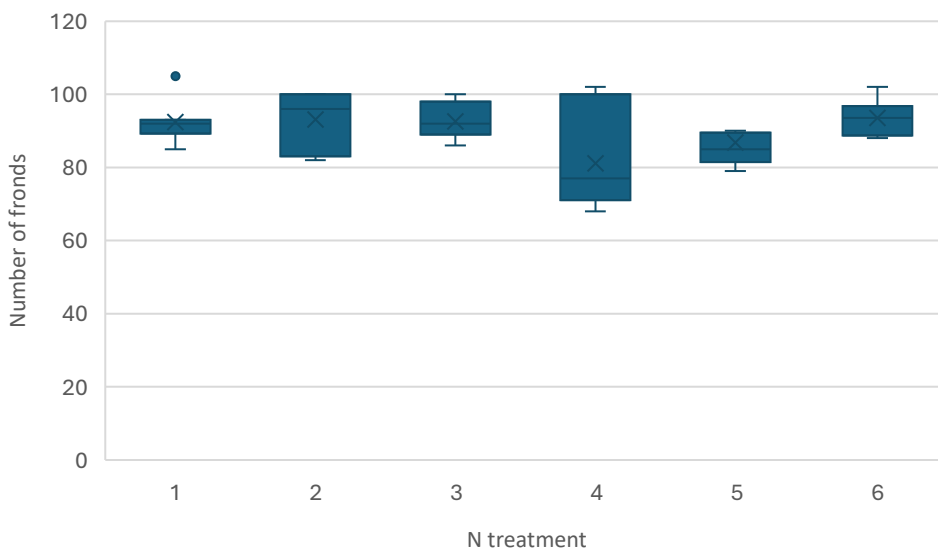


Figure 14. the number of fronds per tree for each of the six fertigation treatments.

ריכוז החנקן בעלים לא השתנה באופן משמעותי בעקבות הטיפולים החנקניים שהחלו באביב 2022 (איור 15). במספר מועדי דיגום נדגמו 18 עצים, ובאחרים נדגמו כל 44 העצים. התאריך היחיד שבו נצפתה ירידה משמעותית בריכוז החנקן בעצים שקיבלו את הטיפול הנמוך ביותר (8 במאי 2023) היה כאשר נדגמו כל העצים. הפירות נדגמו לתכולת חנקן, והעיסה והזרעים נותחו בנפרד, ולא נמצאו הבדלים משמעותיים בין הטיפולים.

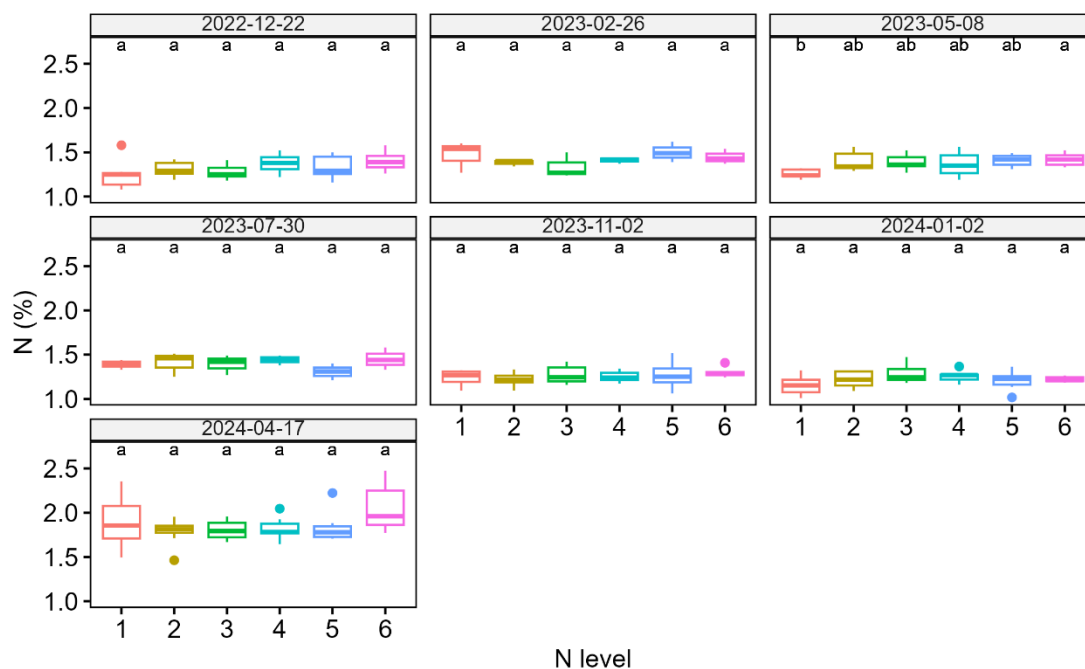


Figure 15. Diagnostic leaf N concentration for the 6 fertilizer treatments from 2022 to 2024.

הממוצע של היבול לא הראה הבדלים מובהקים בין הטיפולים (איור 16). מספר אשכולות הפירות שנקטפו היה נמוך יותר בטיפול ההדשיה הנמוך ביותר (איור 17). ההשערה היא שהאשכולות החסרים נשברו או הוסרו על ידי צוות החווה עקב איכות ירודה. יחד עם העובדה שמלכתחילה היו פחות אשכולות בטיפול ההדשיה הנמוך ביותר, זהו סימן ראשוני למחסור בחנקן.

נתוני בית האריזה מראים עלייה אקספוננציאלית באחוז הפירות הפגומים ("בררה"), ועלייה לינארית באחוז הפירות הלחים והיבשים עם העלייה בכמות הדשן (איור 18). אחוז הפירות בגודל גדול (מעל 18 גרם) ירד בטיפולים 5 ו-6 (איור 19). כמות הפירות עם שלפוח הייתה דומה כאחוז מתוך הפירות שמיונו, אך כיוון שחלק גדול יותר מהפירות לא מיונו ונזרקו בטיפולי ההדשיה הגבוהים יותר, כמות הפירות האיכותיים הייתה נמוכה יותר. כיוון שכל החזרות הוכנסו יחדיו בבית האריזה, לא ניתן לבצע חישוב סטטיסטי למגמות אלה.

תת-מדגם של הפירות נבדק לנוכחות אספרגילוס (פטרייה שחורה שהופכת את הפרי לבלתי ראוי למאכל), ונמצא כי כמות הפירות הנגועים עלתה באופן מובהק סטטיסטית ($P=0.0064$) עם עליית כמות הדשן ליבול של 2023 (איור 20).

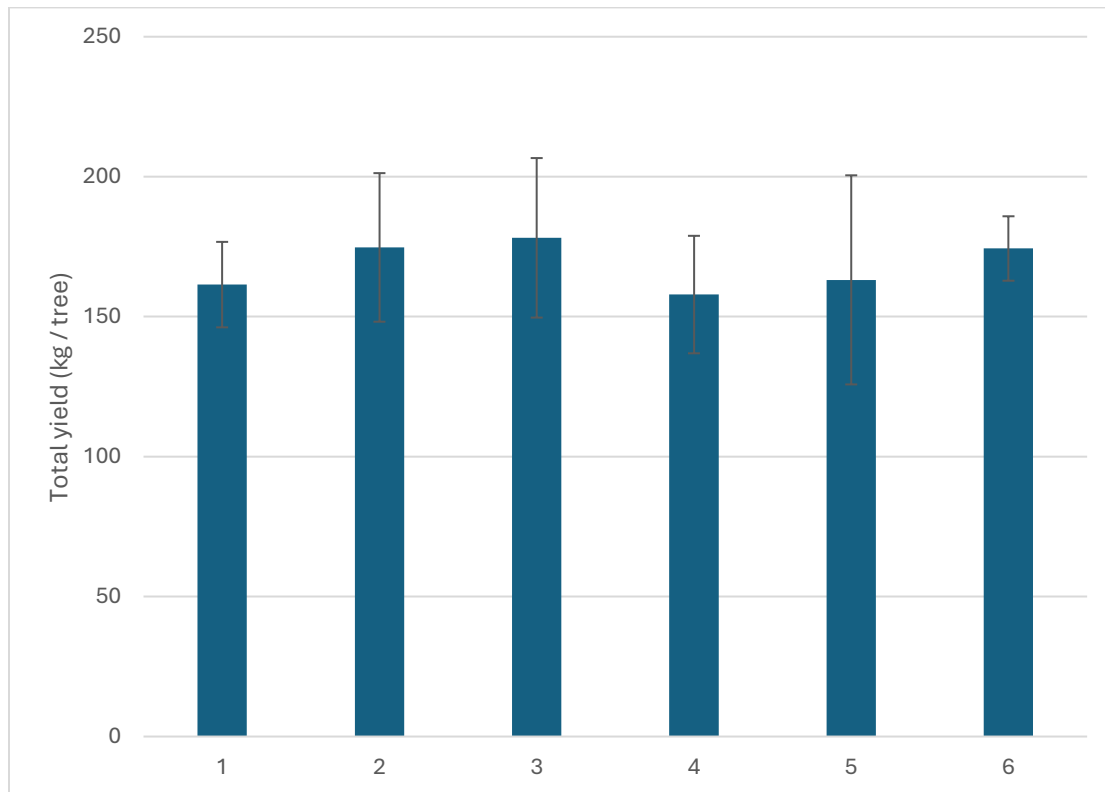


Figure 16. The 2024 date yield per treatment.

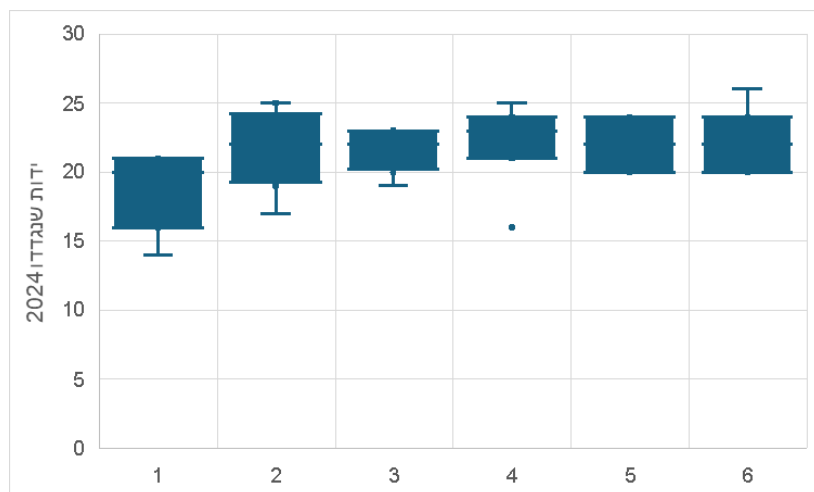


Figure 17. The average number of clusters harvested per tree in 2024.

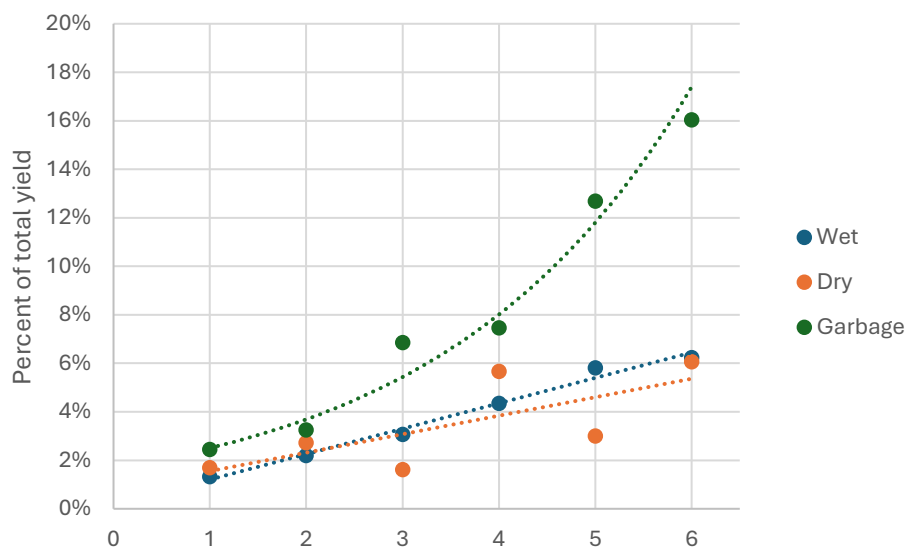


Figure 18. Wet dry and garbage fruit as a percentage of the total yield for the 6 fertilization treatments.

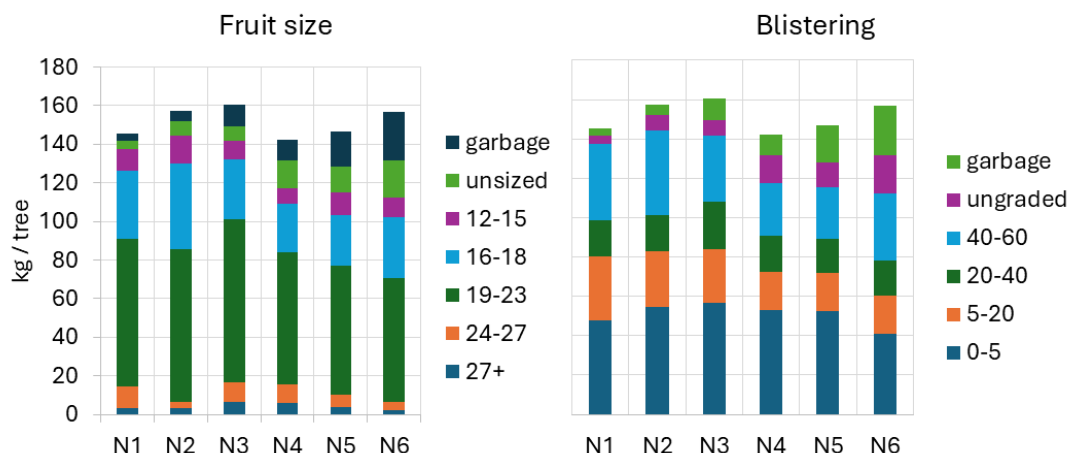


Figure 19. Fruit size fractions and percentage of blistering for the 6 fertigation treatments.

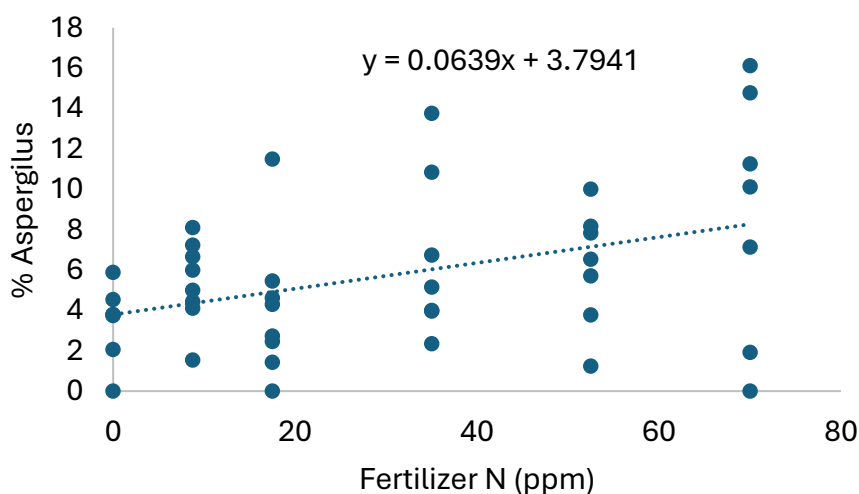


Figure 20. The percentage of a subsample of fruit that was found to contain aspergillus (black mold) for the 6 fertigation treatments ($P < 0.0064$).

7. דיון: הכולל מסקנות והשלכותיהן על המשך ביצוע המחקר או סיומו, תוך השוואה לסקר ספרות שקיימת.

בהתחשב בדרישות הנמוכות של עץ התמר לחנקן, המוערכות בכ-2 ק"ג לעץ בשנה (צפליץ וחב. 2022), סביר להניח כי רוב הטיפולים היו מעל לדרישה זו בשנתיים הראשונות. בטיפול ההזנה הנמוכים יותר שיושמו בשנה האחרונה (טבלה 1), ניתן להעריך כי שני הטיפולים הראשונים היו מתחת לסף זה, הטיפול השלישי היה סביב הסף, ושאר הטיפולים היו מעליו. הירידה במספר האשכולות שהופיעו באביב עבור הטיפול בדישון החנקני הנמוך ביותר עשויה להעיד על תגובה ראשונית לטיפול החנקן.

צמיחת העלים (כפות) מראה שונות גדולה יותר בטיפול החנקני הנמוך ביותר; שונות בצמיחה בין עצים היא תופעה נפוצה במצב של חוסר חנקן, כאשר העצים מגיעים לסף הדרישה שלהם – כך שחלקם חווים מחסור וחלקם מקבלים

כמות מספקת. איכות היבול נראית נמוכה יותר בטיפול החנקן הגבוהים, כולל בטיפול 5, שהוא משטר ההזנה המומלץ כיום על ידי משרד החקלאות.

מאזן המים, שחושב בהתבסס על מליחות תמיסת הקרקע אשר נדגמה עם משאבים, נמצא בטווח הצפוי, אך ההבדלים הגדולים בין הטיפולים אינם סבירים. נתוני ETo שהוצגו יחד עם נתוני הדיות וההתאדות (ET) באזור 8 חושבו על בסיס שטח של 81 מ"ר ופקטור Kc של 1. נתוני ה-ET נראים בסביבות מחצית מכך, מה שנותן ערך Kc דומה של 0.55, שנמצא עבור תמרים במושב עידן הסמוך.

8. ביביליוגרפיה

אפרים צפליביץ, שי דניאל, עודד פרידמן 2022 המלצות השקיה ודישון בתמרים. מו"פ בקעת הירדן, שה"מ

Allison, G. B., Gee, G. W., & Tyler, S. W. (1994). Vadose-Zone Techniques for Estimating Groundwater Recharge in Arid and Semiarid Regions. *Soil Science Society of America Journal*, 58, 6–14.

Bresler, E., B. L. McNeal, and D. L. Carter (1982), *Saline and Sodic Soils*, edited by D. F. R. Bommer, et al. Springer, Berlin

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).

Groenveld, T., Lazarovitch, N., Kohn, Y. Y., & Gelfand, I. (2020). Environmental Tradeoffs between Nutrient Recycling and Greenhouse Gases Emissions in an Integrated Aquaculture–Agriculture System. *Environmental Science & Technology*, 54(15), 9584–9592. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c00869>

Haberman Amnon, Arnon Dag, Nerya Shtern, Isaac Zipori, Ran Erel, Alon Ben-Gal, Uri Yermiyahu, (2019) Significance of proper nitrogen fertilization for olive productivity in intensive cultivation, *Scientia Horticulturae*, Volume 246, 710- 717, ISSN 0304-4238, <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.11.055>.

Lazare Silit, Amnon Haberman, Uri Yermiyahu, Ran Erel, Eli Simenski & Arnon Dag (2020) Avocado rootstock influences scion leaf mineral content, *Archives of Agronomy and Soil Science*, 66:10, 1399-1409, DOI: 10.1080/03650340.2019.1672163

Libsker, Ari. Calcalist, 2020, Black Gold: How One Variety of Dates Took Over a Billion Shekels Industry, <https://www.calcalistech.com/ctech/articles/0,7340,L3800636,00.html>. Last accessed October 2022.

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. PhD Thesis. 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>

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 PoreScale 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., T. Goldberg, O. Shapira, U. Hochberg, (2022) Nitrogen uptake and macronutrients distribution in mango (*Mangifera indica* L. cv. Keitt) trees, *Plant Physiology and Biochemistry*, Volume 181, 23-32, ISSN 0981-9428, <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., 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>

Yasuor, H., Yermiyahu, U., Ben-Gal, A. 2020, Consequences of irrigation and fertigation of vegetable crops with variable quality water: Israel as a case study, *Agricultural Water Management*, Volume 242, ISSN 0378-3774, <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.10636>

9. סיכום עם שאלות מנחות

א. מהם עיקרי הניסויים והתוצאות שהושגו בתקופה אליה מתייחס הדוח

הניסוי, הכולל שישה טיפולי דיכאון חנקני במטע תמרים מסחרי, התנהל בהצלחה בשנת 2024. אמנם טיפולי ההזנה לא היו קבועים, אך הם היו מובחנים והלכו והתגברו לפי הסדר המתוכנן. ריכוזי החנקן במי הנקז הגיבו לטיפול ההזנה כצפוי. הצמיחה והיבול לא הראו הבדלים מובהקים בין הטיפולים, וצפוי שההשפעה של דיכאון החנקן תתברר רק לאחר מספר שנים. ריכוזי החנקן בעלים בטיפול שלא קיבל דיכאון חנקני לא היו שונים באופן מובהק, אך מספר האשכולות שנוצרו בטיפול זה היה נמוך יותר, דבר המראה כי עלי העץ אינם מדד רגיש לתגובה של עץ התמר לדיכאון חנקני.

ב. אנא פרט והסבר כיצד הושגו מטרות המחקר בתקופת הדוח או חלק מהן

היעד של יישום הניסוי כהלכה הושג השנה, אך יעדי המחקר טרם הושגו במלואם מאחר שכל הנתונים עדיין לא נאספו או עובדו.

ג. בהתאם להצעה המקיפה, ציין מה התבצע מתוך טבלת המשימות ואבני הדרך, כולל אבני דרך כמותיים

ניטור הדיכאון בוצע בהצלחה. מאזן המים חושב על בסיס מוליכות חשמלית (EC), מאחר שנתוני הכלור שנאספו לא היו מהימנים. דגימות קרקע נלקחו בשנים 2023 ו-2024, אך הנתונים מהשנה האחרונה טרם עובדו במעבדה. צמיחת העצים נוטרה, דגימות עלים נאספו ונותחו, הפרי נבצר ונשקל, אך איכות הפירות עדיין לא נותחה. מבחני האחסון טרם בוצעו.

הניסוי בוצע בהצלחה השנה, והתאמות נעשו לשנה הבאה. היעדים הכמותיים של המחקר טרם הושגו.

ד. מהן המסקנות המדעיות ומהן ההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו

בשלב זה אין מסקנות סופיות.

ה. מהן הבעיות שנתרו לפתרון ואילו שינויים טכנולוגיים שיוויקיים ואחרים שחלו במהלך העבודה ומה אמורה להיות התייחסותך להמשך

מדידות הכלור שבוצעו במי ההשקיה והניקוז לא היו מהימנות, ומוליכות חשמלית (EC) אינה בסיס אידיאלי למאזן המים, מאחר והיא כוללת גם מלחים המשמשים חומרי הזנה לעץ. לכן, נתחיל לנתח דגימות מים למדידת כלור בשיטת טיטרציה.

ו. פעילויות שנעשו במו"פ במהלך תקופה (סיורים, ביקורים, הרצאות, כינוסים, פיתוחים חדשים וכו'):

הניסוי הוצג בפני קבוצת חקלאים במסגרת אירוע שבו הוצגו מחקרי המו"פ בערבה בנושא גידול תמרים.

ז. פרסומים בעיתונות מבוקרת או בעיתונות בעברית שנבעו מהמחקר

לא פורסם דבר.

ח. פירוט השפעת המחקר על הכלכלה החקלאית באזור, או תרומה מעשית למארג האגרו-אקולוגי באזור.

אין השפעה ישירה בשלב זה.

ט. עם אילו גופי מו"פ נוספים מתוכננת שותפות במסגרת המחקר הנוכחי או בעתיד כהמשך למחקר הנדון?

המחקר הוא פרויקט משותף עם מו"פ ערבה תיכונה, שה"מ, אוניברסיטת בן-גוריון ומכון וולקני.

י. המלצות להמשך המחקר או שינוי במחקר

המחקר חייב להימשך, מחקרים תזונתיים על עצים בוגרים מצריכים מספר שנים עד לקבלת תוצאות ברורות.

יא. פטנטים שנבעו מהמחקר

לא