

תמר - פעילות מים בעצי תמר במהלך עונת ההשקיה

אפרים צפלביץ, ד"ר פני סריג, אבי סטרומזה, רוני מיכאלובסקי - מו"פ בקעת הירדן
ד"ר שי דניאל – משרד בהחקלאות, שה"מ
ד"ר שבתאי כהן, ד"ר זיו מורנו, ד"ר שמוליק פרידמן – מנהל המחקר החקלאי.

תקציר

בניסוי לבחינת פעילות מים בעצי תמר במהלך עונת ההשקיה נבחנו 3 טיפולים ב-4 חזרות. הטיפולים היו:

1. מסחרי - השקיה לפי ההמלצות.
2. IOD - פתיחת מים כשהממוצע של 2 תחנות של טנסיומטרים בעומק 60 ס"מ עולה ל 30- סנטיבר וסגירה כשהממוצע בשתי תחנות של טנסיומטרים בעומק 120 ס"מ יורד ל 13- סנטיבר + 180 ד' של השקיה נוספת להדחת מלחים.
3. IOD משופר - פתיחת מים כשהממוצע של 2 תחנות של טנסיומטרים בעומק 60 ס"מ עולה ל 20- סנטיבר וסגירת מים כמו בטיפול 2. מתוצאות הניסוי עולה שהיבול בטיפול המסחרי היה גבוה באופן מובהק מהיבול בטיפול ה IOD, כמו כן גודל הפרי בטיפול ה IOD המשופר היה נמוך באופן מובהק מגודל הפרי בטיפול ה-IOD הרגיל. בשה"כ נראה שהטיפולים של ה-IOD סבלו מעליה מסוימת במוליכות החשמלית שנובעת מחוסר שטיפה שהיה בטיפולים אלה. סקרים גאו-חשמליים שבוצעו בזמנים שונים לאורך תקופת הגידול וכימות הפרמטרים ההידראוליים של קרקעות המטע תרמו להבנת מנגנוני זרימת והמים והסעת המלחים בטיפולים השונים.

מבוא

תמרים הם ענף מטעים מרכזי בבקעת הירדן והיקפו בעונה הנוכחית מגיע ל- 30,000 דונם. לפי ההמלצות המקובלות כיום, כמות המים הממוצעת להשקיה של דונם תמרים בוגר (החל מגיל 8) הינה 1200-1300 מ³ לעונה. מים הינם משאב במחסור ועלותם יקרה. אי לכך יש מקום לחזור ולבדוק את צריכת המים הכללית של עץ תמר, לנסות לדייק את מרווח ההשקיה וע"י כך לאפשר צמצום הוצאות הגידול ללא פגיעה ביבול – כמות ואיכות. בעקבות מחקר שהתבצע בשנים 2002-2004 נקבע מקדם השקיה ביחס להתאדות גיגית של 0.9 (צפלביץ, 2004). עיקר ההשפעה של מקדם זה ביחס למקדמים נמוכים יותר הייתה על גודל הפרי. בנוסף נמצא שהשקיה לפי מקדמים יותר נמוכים לא השפיע על מסי' הידות שיצאו באפריל. מכאן הגענו לניסוח המלצות ההשקיה למטע תמרים בוגר: מחנטה ועד לשלב שכל הפרי הופך לצהוב השקיה לפי 0.9 מהתאדות גיגית. בהמשך, מעבר להשקיה לפי מקדם של 0.5 עד לחנטה בעונה הבאה. במחקר נוסף (2014-2017) שעסק במשטר ההשקיה לקראת גיד, נמצא שירידה במקדם ההשקיה עד למצב שבו לא משקים כלל החל מפרי צהוב ועד לסיום הגידול עוזר לקבלת אחוז גבוה יותר של פרי יבש שמוכן לאריזה ללא צורך ביבוש נוסף באמצעות תנורים (אורן, 2018). ביישום ההמלצות בכל הבקעה צריך לקחת בחשבון את איכות המים שיכולים להיות שפירים (מוליכות חשמלית 0.8-1.0 דציסימנס למטר), קולחים (מוליכות חשמלית 1.5-1.8 דציסימנס למטר), מי ירדן (מוליכות חשמלית 6.0-8.0 דציסימנס למטר) או מיהול של מקורות המים האלה. כמו כן בבקעה ישנו מגוון גדול של קרקעות שחלקן מליחות ולא מנוקזות היטב. לאור זאת, הוכן והופץ למגדלי התמר דפון עם הנחיות השקיה מפורטות (צפלביץ, 2022). בשנים האחרונות מתרבה השימוש בשיטת השקיה לפי דרישה (I.O.D), כמות המים ומרווח ההשקיה נקבעים ע"י חיווי מטנסיומטרים המצביעים על מתח המים בקרקע (זקס, 2016 ו-2017). שיטה זו נבחנה מספר שנים בתצפית שהתבצעה בקיבוץ קלי"ה באחריות חוקרי מו"פ בקעת הירדן. בתצפית זו ההשקיה הופעלה ונסגרה ע"ס חיווי מטנסיומטרים. פתיחת מים התבצעה כשמתח המים בעומק 60 ס"מ עלה ל 30 סנטיבר וסגירת מים התבצעה כשמתח המים בעומק 120 ס"מ ירד ל 13 סנטיבר כשמתח המים המקסימלית לעץ נקבעה על 1.5 קוב. מסיכום

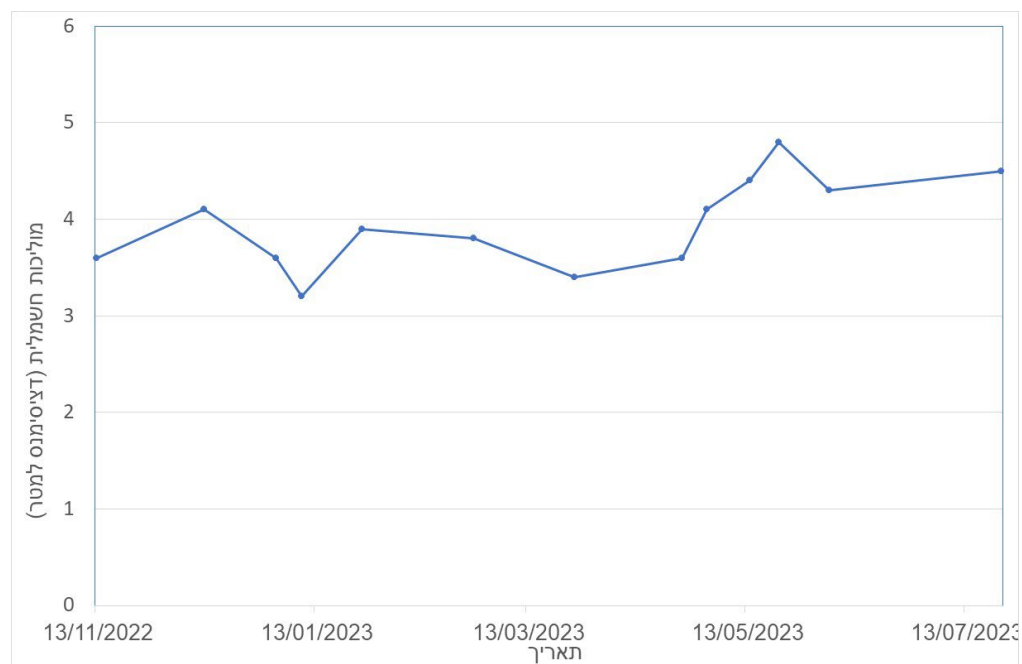
המעקב במשך שנתיים עולה שבטיפול ההשקיה לפי דרישה כמויות המים השנתיות היו כ 50% מהכמויות בהשקיה המסחרית ומרווח ההשקיה היה פי 2-3 יותר ארוך, כל זה ללא פגיעה ביבול או באיכות. ע"ס תצפית זו הוחלט להפעיל ניסוי מסודר שיכלול 2 טיפולים (I.O.D לעומת מסחרי) ולבחון את השפעתה של שיטת ההשקיה לפי דרישה על היבול והאיכות ועל צריכת המים של התמרים. בשנתיים הראשונות של הניסוי בקלי"ה התקבל חיסכון של כ 40% בכמויות המים ללא פגיעה ביבול או באיכות. כמו כן הוחלט להרחיב את הניסיון לחלקה נוספת במרכז הבקעה שבה הקרקעות מוגדרות כקרקעות כבדות והמים שמשמשים להשקיה הם מים מליחים.

מטרת המחקר

מטרת העבודה הנוכחית הינה לבחון את האפשרות להשקות את התמרים לפי הצריכה שלהם כפי שבאה לידי ביטוי במתח המים בקרקע וזאת בתנאי הגידול שקיימים במרכז הבקעה: קרקע בינונית כבדה, מים ממאגר תירצה (מים מהולים עם מוליכות חשמלית ממוצעת 3-5 דציסימנס למטר).

מהלך המחקר ושיטות עבודה

הניסוי מתבצע במטע התמרים של מו"פ הבקעה בזן מגיהול שנת נטיעה 2007 והוא כולל 3 טיפולים ב 4 חזרות באקראיות גמורה. כל חזרה מכילה לפחות 3X3 עצים כך שלעצים הנמדדים יהיו עצי גבול מכל כיוון. השקיה מתבצעת באמצעות 2 מתזים של 55 ליטר לשעה. השתנות המוליכות החשמלית של מי ההשקיה במהלך העונה מופיע באיור מס' 1. המדגמים נלקחו מראש המערכת של הניסוי.



איור 1- השתנות רמת המוליכות החשמלית של המים להשקיה במהלך העונה

הפיצול לטיפולים התבצע בתחילת אפריל 2023. הטיפולים בניסוי:

1. השקיה מסחרית לפי ההמלצות המקובלות בבקעת הירדן.
2. טיפול IOD- הפתיחה מתבצעת כשהממוצע של מתח המים ב- 2 תחנות טנסיומטרים בעומק 60 ס"מ עולה מעל 30 סנטיבר והסגירה מתבצעת כשהממוצע ב-2 תחנות של טנסיומטרים בעומק 120 ס"מ יורד מתחת ל 13 סנטיבר+ תוספת השקיה של 180 דקות להבטחה של שטיפת מליחים.
3. טיפול IOD משופר- בטיפול זה הפתיחה של המים מתבצעת כשהממוצע של 2 תחנות של טנסיומטרים בעומק 60 ס"מ עולה מעל 20 סנטיבר והסגירה מתבצעת כשהממוצע של 2 תחנות של טנסיומטרים יורד מתחת ל 13 סנטיבר.

בכל טיפול הוצבו 2 תחנות של טנסיומטרים תוצרת חברת VIRIDEX - 2 טנסיומטרים בעומק 60 ס"מ שמיצגים את מתח המים במרכז בית השורשים והם נותנים את האינדיקציה לפתיחת המים ו 2 טנסיומטרים בעומק 120 ס"מ שמיצגים את מתח המים בתחתית בית השורשים והם נותנים את האינדיקציה לסגירת המים. בכל הטיפולים בוצעה סגירת מים לפני גדיד בתאריך 9/8/2023 והחזרה להשקיה לפי טיפולים הייתה ב 4/10/2023. הדישון בחלקה התבצע באמצעות הדשן "טוב" או "עידית" תוצרת דשנים וחומרים כימיים ביחס יסודות 9-3-6 בריכוז 0.5 ליטר לקוב במסחרי ובריכוז 1.0 ליטר לקוב בטיפולי ה IOD. מתנהל מעקב אחרי מרווחי ההשקיה וכמויות המים. בגדיד נקבע המשקל הכללי של יבול לעץ בעצי המדגם. הפרי עבר מיון לגודל, % שילפוח ו- % פרי יבש. בדצמבר נבצע בדיקות עלים בחלקה לפי המקובל בחלקות מסחריות. בדיקות קרקע בוצעו בסיום הגדיד לפני החזרה להשקיה לפי טיפולים. הבדיקות בוצעו במדגמי קרקע שנלקחו מדופן של בור שנחפרה במרחק של 0.5 מ' מהגזע עד לעומק 220 ס"מ. במדגמים נבדקה הרמה של יסודות מליחות לכל עומק החתך ויסודות הזנה ב 4 עומקים עליונים. באפריל 2024 תתבצע ספירה של מס' הידות לעץ בכל חזרה.

עבור כל טיפול, הותקנו 72 אלקטרודות במקביל לשלוחות ההשקיה ובמרווחים הנעים מ- 10 ס"מ בקרבת העץ המרכזי, ל-50-25 ס"מ במרכז השורה (בין שני עצים סמוכים) ומרווחים מקסימליים של מטר עבור אלקטרודות הקיצון. מרווחים אלו אפשרו לקבל עומק חדירה של כ-5 מטרים באות החשמלי ושמירה על רזולוציה גבוהה במוקד העניין (אזור בית השורשים). האלקטרודות עשויות מפלדת אל-חלד ובקוטר של 5 מ"מ ואורך של 15 ס"מ. לכל אלקטרודה חובר גיד העמיד במתחים גבוהים (עד 900 וולט) מסוג (LiYv type, Helukable, Germany). הגידים הולחמו יחדיו למתברים של 48 פינים לצורך חיבורם המהיר למכשיר מדידת התנגדות חשמלית רב צמתי מסוג Syscal Proswitch, IRIS instrument, France ולשם שמירה על מיקום האלקטרודות לצורך סקרים גאו-חשמליים עוקבים בזמן. על מנת לאפשר פעילות שוטפת של המטע, האלקטרודות והגידים נקברו בעומק של כ-10 ס"מ. במהלך עונת הגידול בוצעו 4 סקרים גאו-חשמליים עבור כל טיפול אשר נערכו ב-8 למאי, 20 ביולי, 13 באוקטובר, ו-16 בנובמבר. הסקרים כללו מדידות חשמליות מ-3 קונפיגורציות הזרקה/מדידה שונות המסתכמות ב-7,954 מדידות גולמיות עבור כל קו (המושגות בפרק זמן של כשעה וחצי). המדידות הגולמיות סוננו על סמך שגיאות מדידה (סטיות תקן של 6 חזרות עבור כל מדידה חשמלית) והוזנו למודל אינברסיה המייצר את הטומוגרמות החשמליות הדו ממדיות, כלומר, המוליכות החשמלית הגושית של הקרקע. האינברסיה בוצעה על ידי תוכנת (Blanchy et al., 2020).

לצורך כיוול הפרמטרים ההידראוליים של הקרקע, נאספו 36 דגימות קרקע לא מופרות באזורים שונים במטע הכוללים את תלוליות הייצוב ואת קרקעת המטע. מרקם הקרקע אופיין על ידי מדידת פילוג גודל החלקיקים של כל דוגמה אשר שימשו להערכת הפרמטרים ההידראוליים של הקרקע (Schapp et al., 2001). יש לציין שדוגמאות נוספות נאספו על מנת לכייל את הפרמטרים ההידראוליים בצורה ישירה על ידי מערכת (UMS, HYPROP, Munich, Germany). שלב זה טרם הושלם בעת כתיבת הדו"ח.

ריכוזי החמצן האווירני של הקרקע נמדדו בשתי חזרות לכל טיפול, בתחתית הגדודית בכיוון שורת העצים. שלושה בקבוקים מחוררים בנפח של כ-100 סמ"ק מחוברים לצינור בקוטר של כ-4 מ"מ הוטמנו בעומקים של 30, 60 ו-90 ס"מ. במועדי הדיגום ריכוזי החמצן נמדדו באמצעות מד-חמצן של (Logan UT) apogee על-ידי שאיבה של כ-200 סמ"ק והמתנה של כחצי דקה להתייצבות הקריאה.

בטבלה מס' 1 מרוכזים הנתונים של השפעת הטיפולים על היבול והאיכות בגדיד.

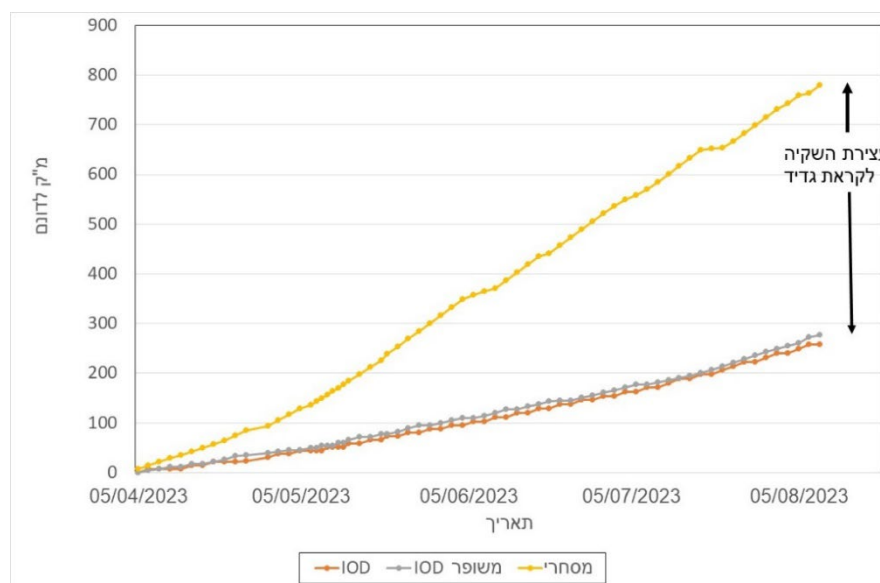
טבלה 1- השפעת הטיפולים על היבול והאיכות בגדיד 2023

הטיפול	יבול (ק"ג לעץ)	משקל פרי (גרם)	פרי מוכן לשיווק (%)	פרי משולפח (%)	פרי נגוע (%)
מסחרי	153.1 א	28.1 אב	34.8	29.7	6.4
I.O.D	135.8 ב	28.7 א	28.7	29.3	4.9
I.O.D משופר	143.5 אב	26.6 ב	40.8	27.1	4.4

α אותיות שונות באותו טור מלמדות על הבדל מובהק ברמה של 5%.

מטבלה 1 ניתן ללמוד שהיבול בטיפול המסחרי היה גבוה באופן מובהק מהיבול בטיפול ה-IOD לעומת זאת היבול בטיפול של IOD המשופר לא היה נמוך באופן מובהק מהיבול בטיפול המסחרי. לגבי גודל הפרי ניתן לראות שגודל הפרי הממוצע בטיפול של ה IOD היה גבוה באופן מובהק מגודל הפרי הממוצע בטיפול של ה IOD המשופר. לגבי הפרמטרים האחרים לא היה הבדל מובהק בין הטיפולים.

2. כמויות מים ואינטרוול השקיה- השפעת הטיפולים על כמויות המים המצטברות במ"ק לדונם מוצגות באיור מס' 2.



איור 2- השפעת הטיפולים על כמויות המים המצטברות במ"ק לדונם

מאיור 2 ניתן ללמוד שכמות המים בטיפול המסחרי מתחילת אפריל ועד לעצירת ההשקיה לקראת הגדיד מגיע לכ 800 מ"ק לדונם ולעומת זאת בטיפולים של ה IOD הכמויות נמוכות מ 300 מ"ק לד', בטיפול של ה IOD המשופר ניתן בכ- 20 מ"ק לדי יותר מכמויות המים בטיפול של ה IOD הרגיל.

השפעת הטיפולים על אינטרוול ההשקיה מרוכזת באיור מס' 3.

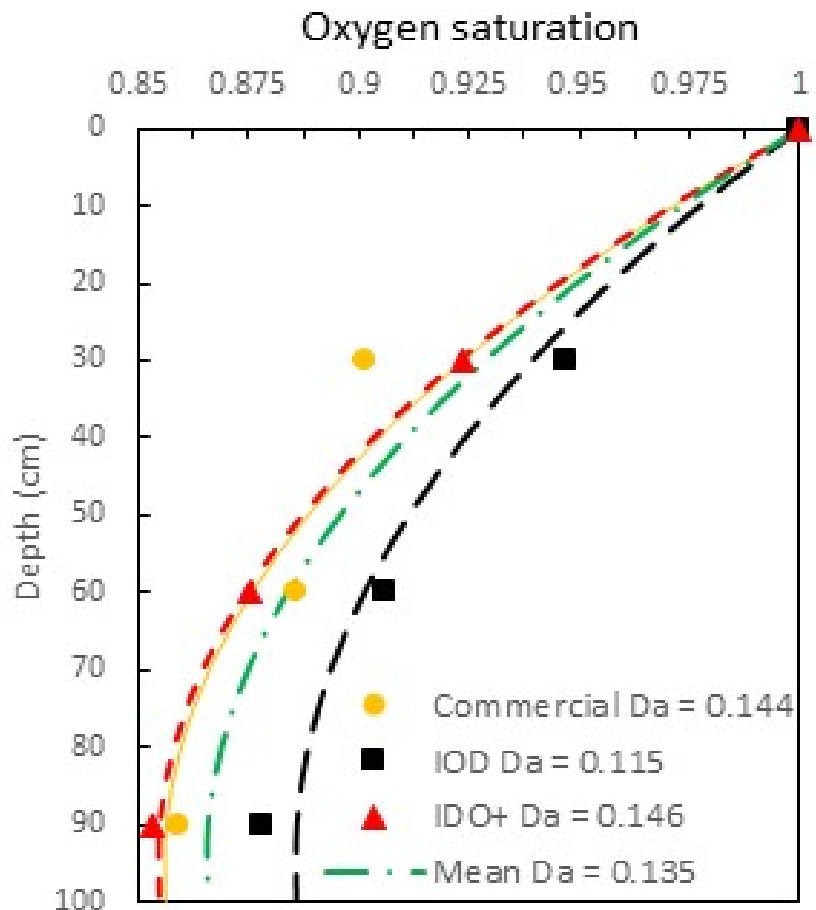


איור 3- השפעת הטיפולים על האינטרוול

מאיור 3 ניתן ללמוד שהאינטרוול בטיפול המסחרי (צבע צהוב) היה פעם ביומיים עד תחילת מאי ואז ההשקיה הייתה יומית עד לסגירת המים, לעומת זאת האינטרוול בטיפול של ה IOD (צבע אדום) היה גדול מפי 2 ועמד על 3-4 ימים במהלך כל הקיץ. בטיפול של ה IOD המשופר (צבע אפור) האינטרוול עמד על 2-3 ימים במהלך הקיץ.

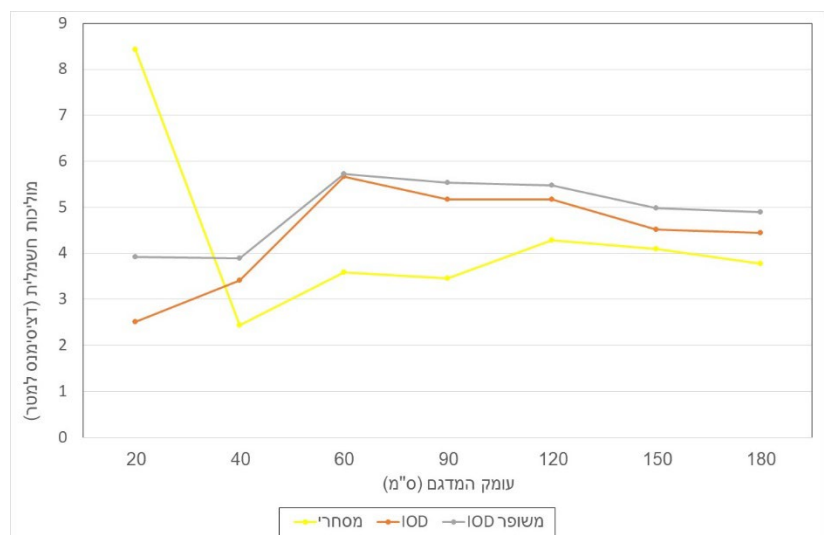
ריכוז חמצן בבית השורשים

ירידה של 10 עד 15% בריכוז החמצן האווירני בעומק של 90 ס"מ (איור 4) עשויה להעיד על כך שהחמצן מהווה גורם מגביל לנשימת שורשים, ואולי אפילו לצימוח והנבה של עצי התמר. בטיפול ה-IOD הירידה בריכוז החמצן יותר קטנה מהירידה בטיפול המסחרי ובטיפול של ה-IOD המשופר, כפי שזה בא לידי ביטוי במספר דמקוהלר נמוך יותר (Da) 0.115, לעומת 0.144 במסחרי ו-0.146 ה-IOD המשופר. מספר דמקוהלר מבטא את היחס בין קצב הנשימה לקצב הדיפוסיה של החמצן האטמוספירי בחתך הקרקע, וכאן הוא נקבע מתוך התאמת הערכים המדודים לפירוש ריכוזים בהנחה של דיפוסיה (ונשימה) תמידיים ונשימה מסדר 0 – קצב נשימה נפחי קבוע – עד לעומק של 95 ס"מ (Ben-Noah and Friedman, 2018; Ben-Noah et al., 2021).



איור 4- השפעת הטיפולים על הירידה בריכוז החמצן האווירני עם העומק (ממוצעים של מדידות ב-3 מועדי דיגום: 8 במאי, 20 ביולי ו-16 בנובמבר, 2 חזרות לכל טיפול)

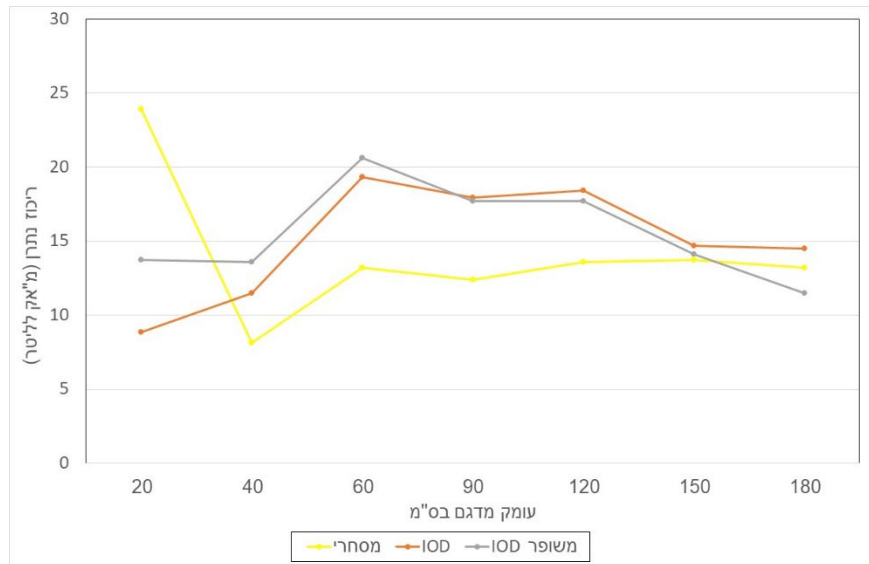
בדיקות קרקע- באיור מס' 5 מרוכזים הנתונים של השפעת הטיפולים על המוליכות החשמלית בחתך הקרקע (המדגמים נלקחו בסיום הגידול לפני החזרת השקיה לפי טיפולים).



איור 5- השפעת הטיפולים על המוליכות החשמלית בחתך הקרקע בסיום הגידול

מאיור 5 ניתן ללמוד שהמוליכות החשמלית בחתך הקרקע בטיפול המסחרי הייתה יותר נמוכה מהמוליכות החשמלית בחתך הקרקע בטיפולי ה-IOD, כמו כן ניתן לראות שהמוליכות החשמלית בטיפול ה-IOD הרגיל הייתה קצת יותר נמוכה מהמוליכות החשמלית בטיפול ה-IOD המשופר. הערך הגבוה של המוליכות החשמלית בעומק 20 ס"מ בטיפול המסחרי נראה כערך חריג ולא ברור מה הסיבה לערך הזה.

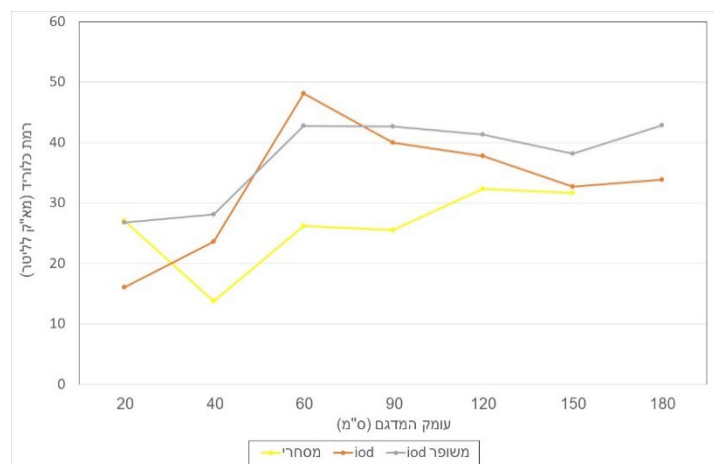
באיור מס' 6 מרוכזים הנתונים של השפעת הטיפולים על רמת הכלוריד בקרקע בסיום הגדיד לפני החזרת השקיה לפי טיפולים



איור 6- השפעת הטיפולים על רמת הכלוריד (מא"ק לליטר) בחתך הקרקע בסיום הגדיד

מאיור 6 ניתן ללמוד שרמת הכלוריד בטיפול המסחרי יותר נמוכה מהרמה בטיפולי ה-IOD, לגבי ההבדל בין טיפולי ה-IOD ניתן לראות שרמת הכלוריד בטיפולי ה-IOD הרגיל ו-IOD המשופר, פחות ברורה ביחס לתמונה של המוליכות החשמלית. שרמת הכלוריד בחלק העליון של הקרקע (עד 90 ס"מ) בטיפול IOD יותר נמוכה ולעומת זאת החל מ-120 ס"מ הרמה בטיפול ה-IOD יותר גבוהה.

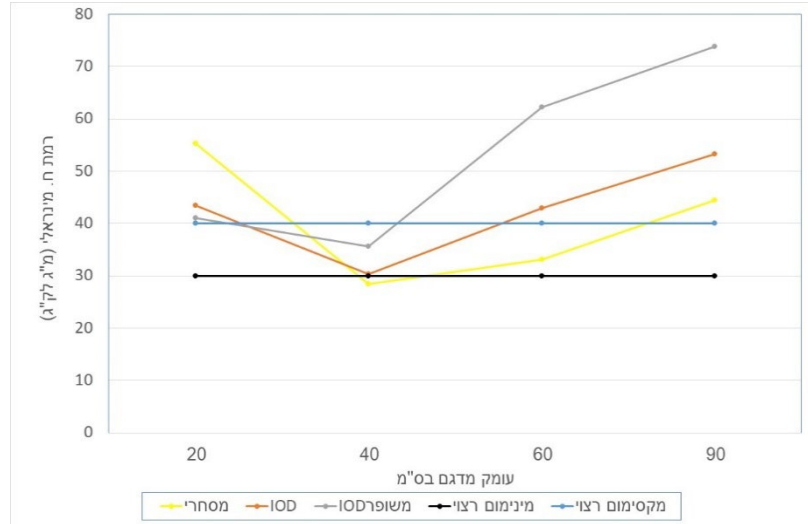
באיור 7 מרוכזים הנתונים של השפעת הטיפולים על רמת הנתרן בחתך הקרקע בסיום הגדיד לפני החזרה להשקיה לפי טיפולים.



איור 7- השפעת הטיפולים על רמת הנתרן (מא"ק לליטר) בחתך הקרקע בסיום הגדיד

מאיור 7 ניתן ללמוד שגם לגבי הנתרן, הרמה בטיפול המסחרי יותר נמוכה מהרמה בטיפול ה IOD, כמו כן גם לגבי הנתרן, הרמה בטיפול ה IOD הרגיל יותר נמוכה מהרמה בטיפול ה IOD המשופר בחלק העליון של הקרקע ולעומת זאת בחלק התחתון הרמה בטיפול ה IOD הרגיל יותר גבוהה.

באיור מס' 8 מרוכזים הנתונים של השפעת הטיפולים על רמת החנקן המינרלי בחלק העליון של חתך הקרקע (עד עומק 90 ס"מ).



איור 8- השפעת הטיפולים על הרמה של החנקן המינרלי (מ"ג לק"ג) בחתך הקרקע בסיום הגדיל

מאיור 8 ניתן ללמוד שרמת החנקן המינרלי בכל הטיפולים הייתה מתאימה לדרישה (לא ירדה מ 30 מ"ג לק"ג), כמו כן נראה שעיקר הקליטה של החנקן בטיפול המסחרי מתבצעת בעומקים 40-60 ס"מ וזאת לעומת הטיפולים האחרים שבהם הקליטה מרוכזת בעומק 40 ס"מ בלבד. בהשוואה בין הטיפולים ניתן לראות שהרמה בטיפול המסחרי יותר נמוכה מהרמה בטיפול ה IOD, כמו כן הרמה בטיפול ה IOD הרגיל יותר נמוכה מהרמה בטיפול ה IOD המשופר.

מתח המים בקרקע- באיור מס' 9 מרוכזים הנתונים של מתח המים בקרקע בעומק 60 ס"מ (הנתונים הם ממוצע של 2 תחנות לכל טיפול).



איור 9- השפעת הטיפולים על מתח המים הממוצע בעומק 60 ס"מ

מאיור 9 ניתן ללמוד שמתח המים בעומק 60 ס"מ בטיפול המסחרי היה בסביבות 10 סנטיבר במהלך כל העונה, עד לעצירת ההשקיה לקראת הגדיד, כמו כן עם עצירת ההשקיה העומק הזה מתייבש ומגיע לערכים של 130- סנטיבר תוך שבועיים. ואז עם החזרה להשקיה הערכים חוזרים לתחום הקודם תוך שבוע. לעומת הטיפול המסחרי הטיפול של ה IOD (צבע אדום) עולה לערכים ממוצעים של 30 סנטיבר (כפי שתוכנן) וגם ההתייבשות שלו יותר מהירה (הבדל של 4 ימים עד להגעה לערכים השלישיים ביותר שהטנסיומטר יכול להראות). בטיפול של ה IOD המשופר הערכים מגיעים לסביבות ה 20- סנטיבר וכך למעשה הם יותר דומים לערכים בטיפול המסחרי (לפי התכנון). הקצב של הייבוש בטיפול זה יותר איטי, עוד 11 ימים ביחס לטיפול המסחרי, עד להגעה לערכים הנמוכים שנמדדו. יש לציין שבטווח התאריכים של האיור עד כתיבת הדוח הטיפול המסחרי חזר לטווח הערכים שנמדדו לפני ההצמאה ולעומת זאת 2 טיפולי ה- IOD עדין לא חזרו.

באיור מס' 10 מרוכזים הנתונים של השפעת הטיפולים על מתח המים בעומק 120 ס"מ (מתחת לבית השורשים העיקרי של התמרים).

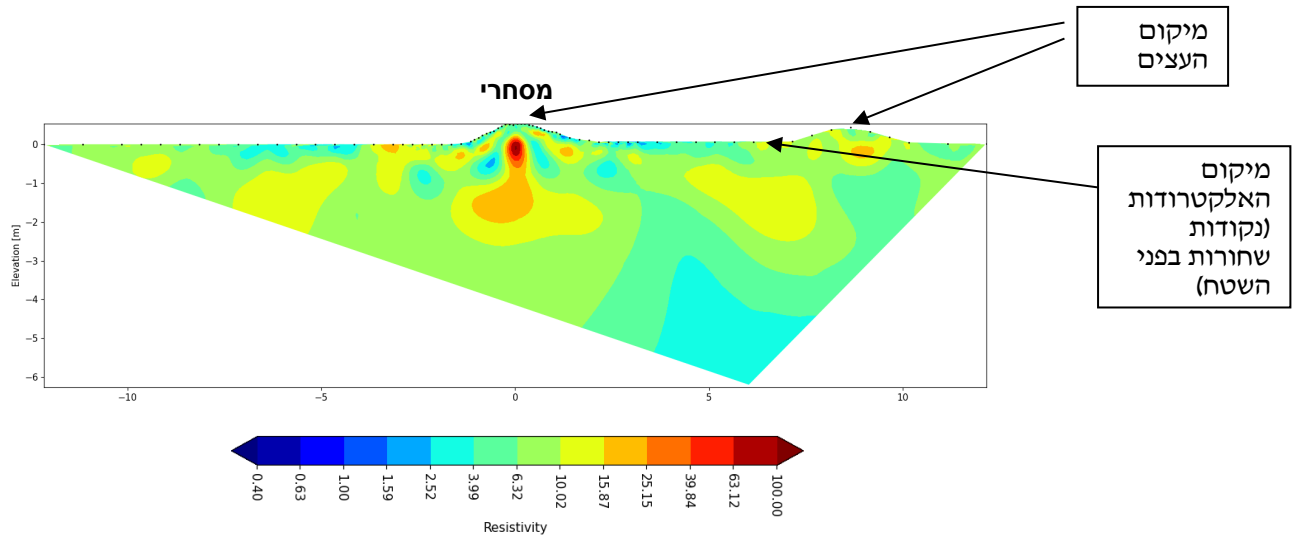


איור 10- השפעת הטיפולים על מתח המים הממוצע בעומק 120 ס"מ

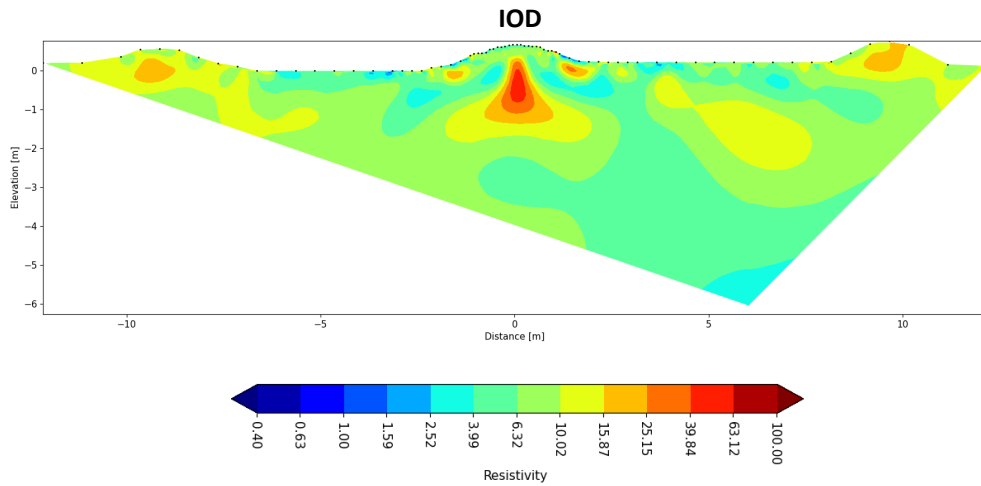
מאיור 10 ניתן ללמוד שבעומק 120 ס"מ מתח המים בטיפול המסחרי היה בסביבות 10 סנטיבר, כמו כן כשעצרנו את ההשקיה בתחילת אוגוסט גם בעומק הזה הקרקע "התייבשה" (מתח המים עלה ל 130- סנטיבר), לגבי ה IOD המשופר, ניתן לראות שבניגוד לעומק 60 ס"מ שבו המתח בטיפול ה IOD המשופר היה דומה למתח המים בטיפול של ה IOD הרגיל, בעומק 120 ס"מ מתח המים בטיפול של ה IOD המשופר היה דומה למתח המים בטיפול המסחרי. באיור ניתן לראות שבכל הטיפולים החתך כולו התייבש כתוצאה מסגירת המים בתחילת אוגוסט.

סקרים גאו-חשמליים של תת הקרקע

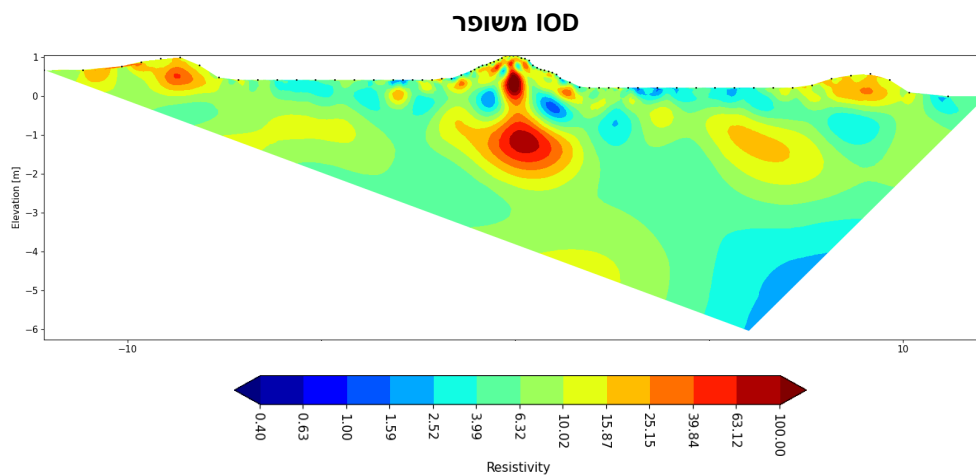
נלוות למדידות המקומיות, ביצענו סקרים גאו-חשמליים עבור כל טיפול. הסקרים כללו החדרת 72 אלקטרודות לקרקע (כ10 ס"מ), וביצוע מדידות חשמליות עם מאות קומבינציות שונות של אלקטרודות הזרקת זרם ומדידת הפוטנציאל החשמלי. כל סקר גאו-חשמלי עורך כשעה. ההתנגדות החשמלית קשורה לתכולת הרטיבות וריכוז המלחים בתמיסת מי הקרקע דרך קשרים פטרופיסיים. על כן, ערכי התנגדות חשמלית גבוהה מציינים אזורים יבשים ואו בעלי ריכוז מלחים נמוך, בעוד שערכים נמוכים מציינים אזורים רטובים ואו בעלי ריכוז מלחים גבוה.



איור 11 – פרופיל דו ממדי של המוליכות החשמלית שהתקבל עבור הטיפול המסחרי



איור 12 – פרופיל דו ממדי של המוליכות החשמלית שהתקבל עבור טיפול ה IOD



איור 13 – פרופיל דו ממדי של המוליכות החשמלית שהתקבל עבור טיפול ה IOD המשופר

מאזורים 11-13 ניתן לראות תבנית הרטבה/המלחה שאופיינית לכל הטיפולים השונים. בקרבת המתזים (מרכז הטומוגרמה ובקרבת פני השטח) קיימים אזורים בעלי התנגדות חשמלית נמוכה הנובעים מהשקיה. ההתנגדות החשמלית גדלה עם העומק מתחת לגזע העץ בעקבות צריכת מים על ידי השורשים. עם זאת, לצדי תלוליות הייצוב ובעומקים רדודים (כ-50-100 ס"מ) קיימים אזורים בעלי התנגדות חשמלית נמוכה אשר מתמשכים עד למרכז השורה. אזורים אלו מעידים על הצטברות מים ומלחים באזור בית השורשים ומצביעים על תבניות זרימת מים למרכז שורות העצים בתת הקרקע.

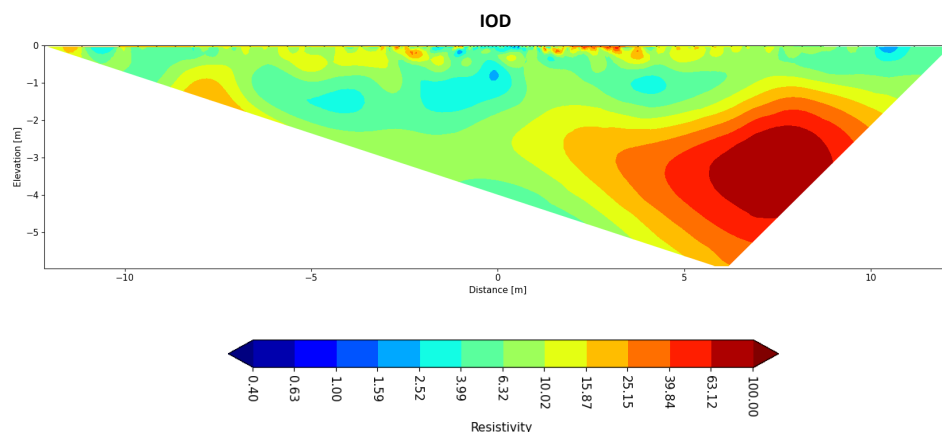
על מנת להבין בצורה טובה יותר את מנגנוני זרימת המים בתת הקרקע, אספנו 36 דוגמאות קרקע לא מופרות באזורים שונים במטע הכוללים את תלוליות הייצוב ואת קרקעת המטע. מרקם הקרקע אופיין על ידי מדידת פילוג גודל החלקיקים של כל דוגמה וסיווגה לאחוז חול (חלקיקים מעל 51 מיקרון), סילט (חלקיקים בין 2 ל-51 מיקרון) וחרסית (חלקיקים מתחת ל-2 מיקרון). פילוגי גודל החלקיקים אפשרו להעריך את הפרמטרים ההידראוליים של הקרקע וסיווגה. קרקעת המטע הוגדרה כקרקע כבדה (Silt loam) בעלת מרקם של 21% חול, 60% סילט, ו-19% חרסית. קרקעת תלוליות הייצוב הוגדרה כקרקע קלה יותר (Sandy loam) בעלת מרקם של 49% חול, 43% סילט ו-8% חרסית. טבלה 2 מסכמת את הפרמטרים ההידראוליים של כל קרקע.

טבלה 2 – הפרמטרים ההידראוליים של קרקע המטע וקרקע תלוליות הייצוב

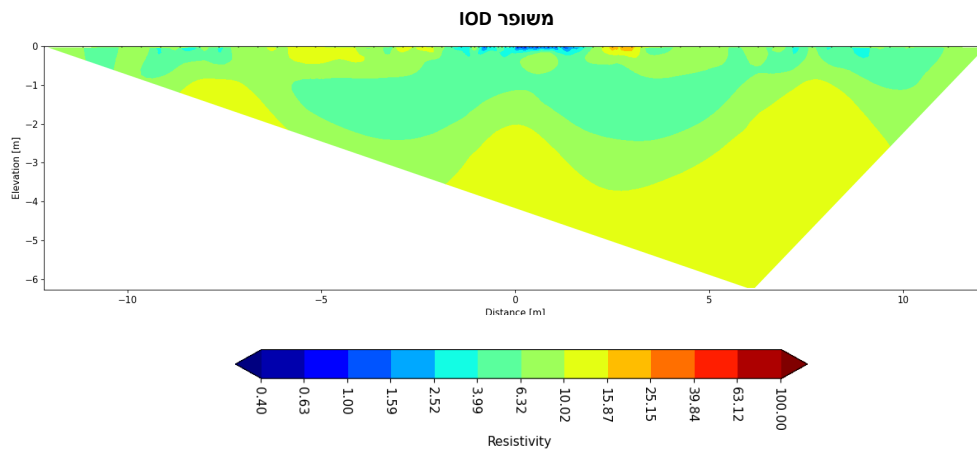
קרקע	Silt loam	Sandy loam
נקבוביות	0.42	0.37
מוליכות הידראולית ברוויה [ס"מ ליום]	22	43

מטבלה 2 ניתן לראות הבדלים משמעותיים בתכונות ההידראוליות של הקרקעות השונות המתבטאות בעיקר במוליכות ההידראולית הרוויה. הבדלים אלו מאוששים את מה שניצפה בסקרים הגאו-חשמליים (איורים 11-13) בכך שמים (ומלחים) חודרים אל קרקע קלה בעלת מוליכות הידראולית גבוהה ונקבוביות נמוכה (תלוליות הייצוב) וזורמים עד הגיעם לקרקע המטע (הכבדה יותר) הממוקמת בעומק של כ-100 ס"מ מתחת לתלולית. המכשול ההידראולי גורם להצטברות מים במפגש בין הקרקעות וגורם לזרימה אופקית אל כיוון מרכז השורה. משם מים זורמים אל פני השטח ומתאדים. המלחים לעומת זאת מצטברים בפני השטח ומרכזי השורות ועל כן ערכי התנגדות חשמלית נמוכה בקרבת פני השטח בין העצים (איורים 11-14).

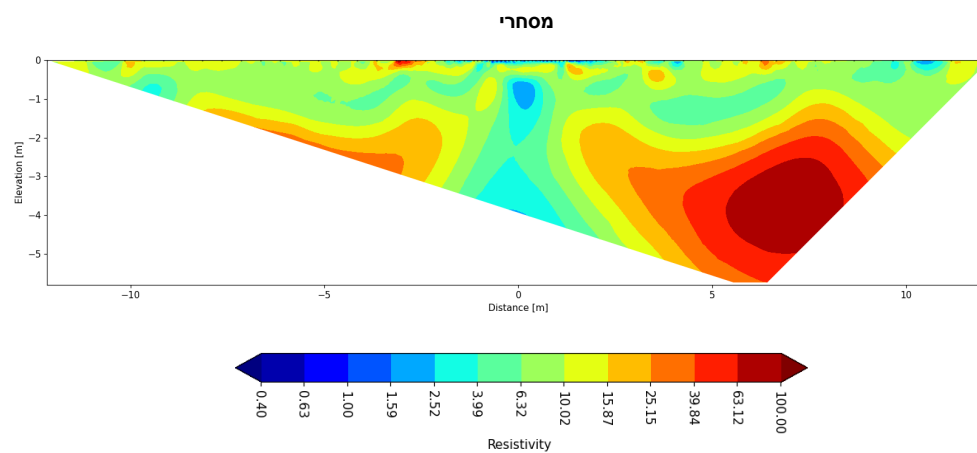
סקרים גאו-חשמליים נוספים בוצעו לאורך עונת הגידול. איורים 14-16 מראים את הטומוגרמות החשמליות שהתקבלו כחודש לאחר החזרת ההשקיה (16 לנובמבר-2023) עבור הטיפולים השונים. יש לציין שתלוליות הייצוב לא מצויות באיורים אלו מאחר שהסקרים בוצעו בתעלה שנחפרה לצד התלולית.



איור 14 - פרופיל דו ממדי של המוליכות החשמלית שהתקבל עבור טיפול הIOD לאחר תקופת ההצמאה



איור 15 - פרופיל דו ממדי של המוליכות החשמלית שהתקבל עבור טיפול הIOD המשופר לאחר תקופת ההצמאה



איור 16 - פרופיל דו ממדי של המוליכות החשמלית שהתקבל עבור הטיפול המסחרי לאחר תקופת ההצמאה

מאיורים 14-16 ניתן לראות את תבניות ההרטבה וההמלחה לאחר החזרת ההשקיה מתקופת ההצמאה בין אוגוסט-אוקטובר. גם כאן הטומוגרמות מראות תבנית זהה עבור הטיפולים השונים. בניגוד לטומוגרמות שבוצעו במהלך עונת ההשקיה, הטומוגרמות שבוצעו לאחר תקופת ההצמאה מראות ערכי התנגדות חשמלית נמוכה מתחת גזע העץ (מרכז הטומוגרמה). ערכים אלו יכולים להעיד על שטיפת מלחים שהצטברו בפני השטח בעת עונת ההצמאה לעומקים של כ-100 ס"מ. ניתן גם לראות שהטיפול המסחרי (איור 16) מאופיין בערכי התנגדות חשמלית נמוכים יותר משני הטיפולים האחרים שמעיד על מליחות גבוהה יותר בבית השורשים כפי שניצפה בפני השטח גם באיור 5.

הניסוי הנוכחי הוא המשך לניסוי קודם שמתבצע בקליי"ה, הניסוי בקליי"ה מתבצע בתנאים של קרקע קלה משמעותית מקרקעות מרכז הבקעה. כמו כן, המוליכות החשמלית הממוצעת של מי ההשקיה בקליי"ה עומדת על 1.5 דציסימנס למטר וזאת לעומת המוליכות החשמלית שקיימת ב 70% מהשטחים בבקעה וגם בניסוי הנוכחי ממוצע 4.0 דציסימנס למטר. באופן מעשי המערכת האוטומטית נתנה כ- 40% מההמלצות ללא הבדל משמעותי בין הטיפולים. נראה לכאורה שזהו הפרש גדול מידי ושאוּלי כדאי לתקן את הספים כדי לשפר את התוצאות. חשוב לזכור שזוהי השנה הראשונה של הניסוי הנוכחי וכבר אנחנו רואים שישנה פגיעה מסוימת ביכול ובאיכות בטיפולי ה IOD. ההסבר לזה יכול להיות קשור למוליכות החשמלית של מי ההשקיה שמשמשים בניסוי. יש לציין שלגבי היכול הפגיעה בטיפול ה IOD המשופר לא הייתה מובהקת, וגם הפגיעה בגודל הפרי הייתה ביחס לטיפול ה IOD הרגיל ולא ביחס לטיפול המסחרי. מהסתכלות בגרפים של מתח המים בקרקע ניתן ללמוד שטיפולי ההשקיה לפי דרישה עבדו לפי התוכנית שהוגדרה, כמו כן ניתן לראות שהמתח בעומק התחתון בטיפול ה IOD המשופר היה יחסית גבוה ודומה למתח ב IOD הרגיל, ע"פ זה נראה שאולי בטיפול הזה היה מצב של חוסר שטיפה מספיק בעומק ונראה לנו שכדאי להוסיף שעה נוספת של השקיה אחרי שהמתח ירד ל 13-.

תמונה של עונה שלמה תתקבל רק אחרי שנראה את השפעת הטיפולים על הנתונים בעלים ועל הופעת הידות בחודש אפריל.

מבקרת ההשקיה בעזרת טנסיומטרים שאנחנו עושים בניסוי הנוכחי ובניסוי בקליי"ה נראה שכנראה התמר לא כ"כ רגיש לבעיות של עודפי מים (כפי שנראה ממתח המים הנמוך שקיים ב-2 העומקים בטיפול המסחרי) ואולי חוסר חמצן, וכנראה שהוא יותר רגיש לבעיות של עודפי מלחים כפי שקיים בטיפול ה IOD. וזאת למרות שבאופן מוחלט גם בטיפולי ה IOD הערכים לא היו מאוד גבוהים לפי הנתונים התיאורטיים שקיימים בספרות.

בשנה הקרובה מתוכננים להתבצע סקרים גאו חשמליים בזמנים עוקבים במהלך ההשקיה ולאחריה (בהפרישי זמן של מספר שעות בודדות). הסקרים יאפשרו לכייל מודל הידרודינמי המדמה את זרימת המים והמומסים בתת הקרקע ובכך לבחון את תגובת המערכת לערכי הסף של טיפולי ההשקיה לפי דרישה. המודל יכול ויבחן בשנת המחקר השלישית.

- א. ציפילביץ, ח. אורן, פ. סריג, ש. אסולין (2004). השפעת מקדם ההשקיה ביחס להתאדות גיגית על היבול והאיכות של תמרים מזן מגיהול. דו"ח מחקרים ואמצעי פיתוח מו"פ בקעה.
- א. צפילביץ, ש. דניאל, ע. פרידמן (2022). המלצות השקיה ודישון לתמרים. משרד החקלאות ופיתוח הכפר שירות ההדרכה והמקצוע אגף פירות ואגף שירות שדה. 6 עמ'.
- ח. אורן, א. צפילביץ, פ. שריג, א. סטרומזה (2018). צמצום ההשקיה לשליטה על רטיבות הפירות ולחסכון במים. עלון הנוטע שנה ע"ב, פברואר 2018 עמ' 22-25.
- זקס מ., גנץ ש., ברונר מ., גנות ל., סלפוי א., קורול א., קליין א. (2016). השקיה אוטונומית של עגבנייה לפי חיווי של טנסיומטר.
(https://www.moag.gov.il/shaham/ProfessionalInformation/Pages/nisui_Tomato.aspx)
- זקס מ., קליין י., טריפלאר א., אופנבך ר., אושרוביץ א., סטרייקר ט. (2017). גידול פלפל בהשקיה בטפטוף של מים מליחים באמצעות טנסיומטרים.
(https://www.moag.gov.il/shaham/ProfessionalInformation/Pages/nisui_gidul_pilpel_hashkaya.aspx)
- (Blanchy, G., Saneiyani, S., Boyd, J., McLachlan, P., & Binley, A. (2020). ResIPy, an intuitive open source software for complex geoelectrical inversion/modeling. *Computers & Geosciences*, 137, 104423.
- Schaap MG, Leij FJ, van Genuchten MT (2001) ROSETTA: a computer program for estimating soil hydraulic parameters with hierarchical pedotransfer functions. *J Hydrol* 251: 163–176
- Ben-Noah, I., **Friedman, S.P.**, 2018. Review and evaluation of root respiration and of natural and agricultural processes of soil aeration. *Vadose Zone J.* 17, 1-47.
- Ben-Noah, I., Nitsan, I., Cohen, B., Kaplan, G. and **Friedman, S.P.** 2021. Soil aeration using air injection in a citrus orchard with shallow groundwater. *Agricultural Water Management*, 245, p.106664.