

כימות המתאם בין השתנות מוליכות חשמלית של הגזע למנות ומועדי השקיה המיטביים

Evaluating the relations between the variation of stem electrical conductivity and irrigation requirements of the trees

מוגש לקרן מדען ראשי – יעול השמוש במים שפירים באזורים נטולי חלופה

ע"י

אריה נדלר, המחלקה לפיסיקה של הקרקע, מינהל המחקר חקלאי <wnad@agri.gov.il>

ערן רוה, המכון למדעי הצמח, מנהל המחקר, חוות גילת <eran@agri.gov.il>

ניצן רוטמן - שה"מ- משרד החקלאות, מוטי פרס - שה"מ - משרד החקלאות, זמיר עשור - מו"פ צפון

אבי שטרול - avi.strul@gmail.com

תקציר

בנוסף למחסור במים לחקלאות בכל הארץ הבעיה חמורה במיוחד באזורים דלי אוכלוסין שנעדרת מהם חלופה של קולחים מטוהרים. מצב כזה מחייב שמוש יעיל במיוחד במי ההשקיה תוך מזעור הפגיעה בעץ וביבול. הצעתנו נותנת תשובה על ידי אתור העתוי האופטימלי של ההשקיה על פי מדד צמחי. בהנחה שהשקיה 'אינטואיטיבית' או על פי מדדים עקיפים היא פחות מדויקת – אנחנו מעריכים שניעל את ההשקיה בלפחות 30% לעומת המצב הנוכחי, ומבלי לפגוע ביבול. העקרון המבסס את המחקר: המוליכות החשמלית של הגזע, פרמטר פשוט וזול למדידה, תלוי כמעט אך ורק ברטיבות הגזע, שכשלעצמה מיצגת נאמנה את מצב המים בצמח ודרגת עקת המים. עקרון העבודה הוא: על בסיס מליוני מדידות של מוליכות חשמלית ורטיבות שנאספו במשך 10 שנים בגזעים של 15 עצים שונים נבנה אלגוריתם שמנתח את המדידות במחזורים של 24 שעות ומקבל החלטה אם להשקות. מטרת המחקר היא לבחון את האלגוריתם על ידי כך שכל אחד משלושת הפרמטרים המרכזיים שלו יופעלו בנפרד בכל טפול, ובטפול הרביעי יופעל המדד המשולב. המטרות שהוגדרו לשנת המחקר הראשונה כללו הקמת מערך הליזימטרים, התקנת מערך חישני המדידה, רכישה והקמה של מערך התקשורת האלחוטית, ובחינה ראשונית של המערכת. כרגע, בתום השנה הראשונה למחקר, בשלב סיום העמדת הנסוי התוצאות מורות שמערכות המדידה, הנתוח והתקשורת פועלות כמתוכנן, ושהמדידות רגישות מספיק לאתר את ההבדלים הצפויים בין הטפולים.

מבוא, רקע מדעי ומטרות המחקר לתקופת הדו"ח

עם העליה התלולה במחסור ובמחיר המים להשקית מטעים יש למצוא דרך ליעול השמוש במים. הצורך הזה מתחזק כיון שכיום רוב השיטות מבוססות על מדידות עקיפות: רטיבות קרקע (מחושי גבס, מפזר נאוטרונים, טנסיומטרים), דנדרומטרים (רגישות נמוכה, קשיים באינטרפרטציה של הממצאים), התנגדות פיוניות (יקר), צלומים טרמיים (IR), מושפעים אנושות מתרומת הקרקע שבין השורות, תלויים בשונות העננות, המדידה איננה רציפה, והמחיר גבוה) או פוטנציאל האופוטנספירציה כתלות בתנאים אקלימיים. קימות גם שיטות המקשרות בין פרמטרים צמחיים ורמת עקת המים ובין ממשק ההשקיה (טורגור עלים-עדין בשלבי פתוח, מדידות TDR בגזע (יקר מאד). אבל שיטות אלו (תא לחץ) ידניות, מסורבלות, דורשות מומחיות, או שאינן נתנות לאוטומציה. אנחנו פתחנו שיטה לקביעת מועד אופטימלי לעתוי השקיה על סמך מדידות גזע פשוטות, זולות ומדויקות. לשיטה המוצעת יש פוטנציאל להיות מעשית/ישומית/כלכלית. אם נצליח נוכל לתת בידי החקלאי שיטה פשוטה להפעלה, רציפה, אמינה, אוטומטית, זולה, אוניברסאלית (שאינה דורשת



כיול).

מטרות המחקר

המטרה כפולה ומשולבת:

- א. בחינת תלות רכיבי הכלי למדידות המוליכות החשמלית בגזע הדרושות לאלגוריתם: שונות, רגישות, והקשר לממשק ההשקיה. ב. נתוח התוצאות:

מדידות ההולכה החשמלית של גזע העץ המתקבלות במהלך המדידה הרצופה תלויות ישירות וכמעט בלעדית ברטיבות הגזע (1, 2, 3) אבל הרטיבות עצמה איננה נמדדת ולכן יש צורך לפתח בטוי מתמטי (שנקרא אלגוריתם) שיודע לנתח את השינויים הנמדדים במוליכות החשמלית של הגזע בהתאם לפרמטרים שנבחרו על סמך עשרות מליוני מדידות דומות בלפחות עשרה מיני עצים שונים.



פירוט הניסויים שבוצעו והתוצאות שהתקבלו לתקופת הדו"ח

השנה הנוכחית היא השנה הראשונה למחקר, כלומר שנת ההקמה.

1. בחירת החלקת הנסוי



נבחרה חלקה של עצי אשכולית אדומה על שמוטי בת 20 בקבוץ דפנה שמקבלת מימה מהדן, כלומר איכות נדירה בארצנו. **2. בדוד עצי המדידה.** בעזרת מחפרון צר-כף ויריעת פלסטיק עמידה לתנאי קרקע רטובים ופרוק מיקרוביאלי, נחפרו תעלות סביב העצים כך שמערכת השרשים של כל אחד מארבעת עצי המדידה יכול לפרוש את שרשיו במרחב באופן המגביל ל 3 מ' מהגזע לכל צד לאורך השורה, 2 מ' לכל צד בניצב לשורה ולעומק מרבי של 90 ס"מ (עומק סלע האם). בשורה 5 מותקנו ארבעת העצים הנמדדים.

3. בניה והתקנת מחושי הגזע (בפברואר, שני מחושים בכל גזע) והקרקע

(באפריל, שלושה עומקים בכל עץ: 10, 40 ו 70 ס"מ, בכל פרופיל). בגלל הצורך להמתין 6 חודשים לרפוי פצע ההחדרה הזדרזנו להתקין כך שבאוגוסט נוכל למדוד.



למנשה לוי על נהול ההקמה ויעוץ נבון.)

4. הקמת מערכת ההשקיה ובקרת היבול. לנסוי הוקצו 8 שורות של 40

עצים כל אחת: 1 ו 2 גבול; 3, 4, ו 5 לשני טפולים כאשר בשורה מס 4 מצויים ארבעת עצי המדידה, ושאר העצים מקבלים, כל חצי שורה, השקיה כמו שני טפולים. כולל 3 ו 5 שורות גבול. כנ"ל בשורות 6, 7, ו 8: 6 ו 8 שורות גבול וחצי מכל 7 מקבל השקיה כמו שני הטפולים הנותרים. זה נעשה כי מצד אחד איננו יכולים למתקן יותר מעץ אחד לטפול ומצד שני צריך לפחות 20 עצים על מנת לקבל דיוק משמעותי ביבול. (רחשי תודה

5. העמדת מערכת המדידה, התקשורת, בתוך ארון

מבודד לחום.

תקצר היריעה לתאר את התלאות, אלפי הק"מ שנגמעו, אלפי הפעולות שנגקטו, ומאות השעות שבילינו אצל אנשי ה IT עד שזכינו לראות מערכת מתפקדת. (זה המקום להודות למיכאל ברנר ולערן אביב על המסירות והנחישות לראות את המערכת המורכבת הזו פועלת ללא דופי).

5א': אנחנו בשלבים של חבור ציוד נוסף: מצלמות, תקשורת

למערכת ההשקיה כך שנהיה עצמאיים בעתוי והכמות, ואולי אף נתקין מערכת טרמית, כשיטת יוחס לרטיבות הגזע.



6. הרצת המכלול. בתאריכים 12/9- 19/9 עצרנו באופן יזום את ההשקיה ואילו בתאריכים 7/10 עד 13/10 החלקה לא קבלה מים בגלל טעות אנוש.

7. רכישות מיוחדות: באופן יוצאות דופן אשר המדען שתי הוצאות גדולות:

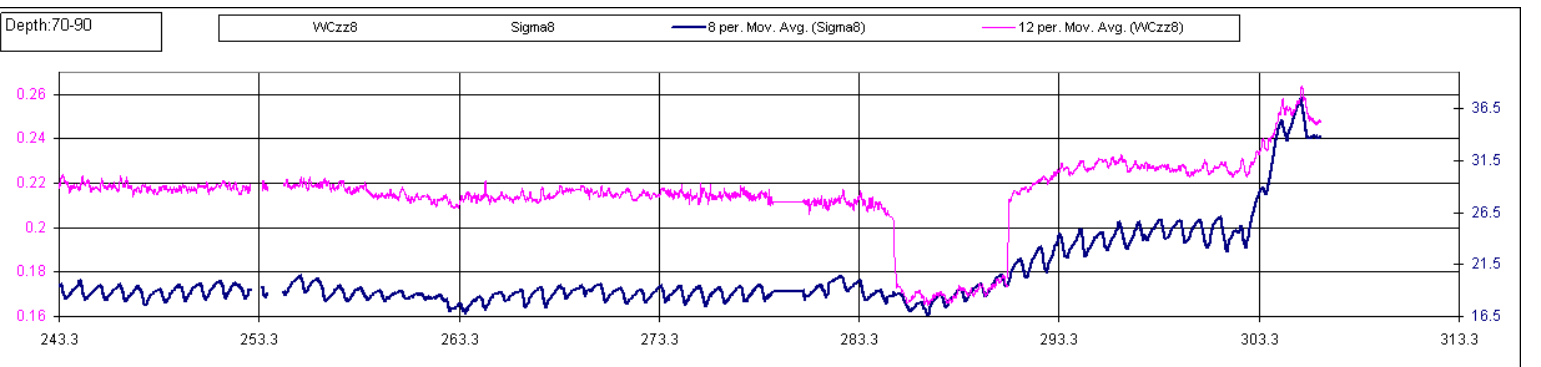
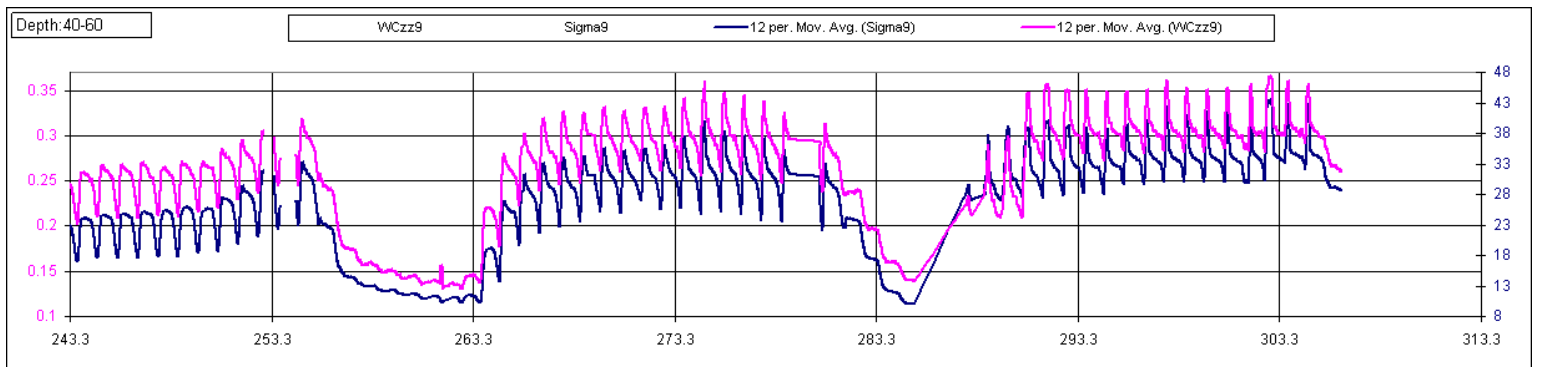
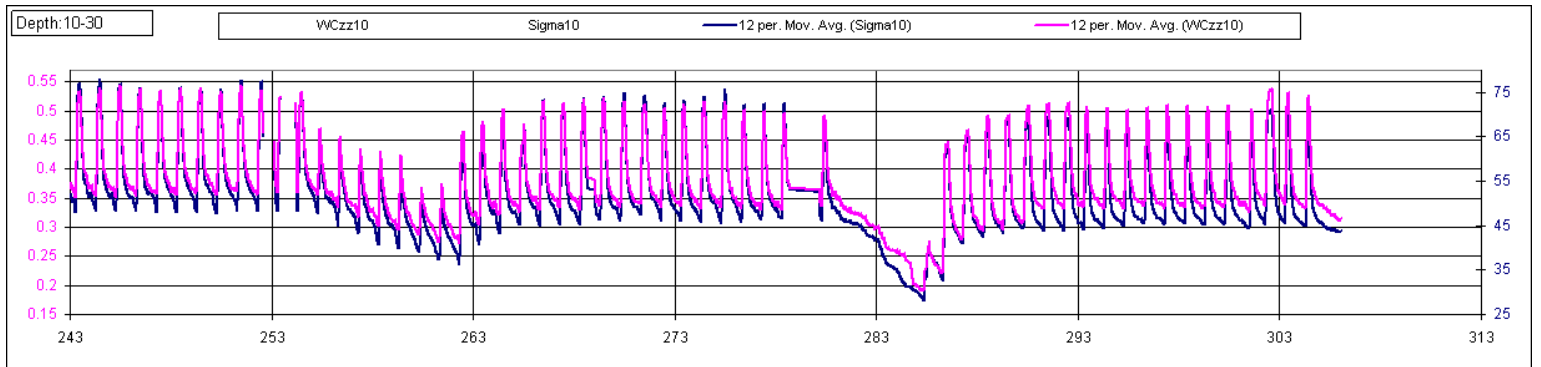
א. תכנות האלגוריתם שהושלם כמעט לגמרי ושאותו נבדוק בעונה הבאה ב. רכישת TDR חדיש (בעלות של 100,000 ₪) שמתוכנן להגיע בשבועות הקרובים.

נתוחי ממצאים והדיונים בהם: בשלב הנוכחי של ההקמה איננו מתערבים בהשקיה והשורות שלנו מושקות משקית, כמו כל הפרדס. המדידות החלו ב 28/7 אבל היו מקוטעות ורק החל מאוגוסט הצלחנו למדוד די ברציפות את הרטיבות והמוליכות החשמלית הן בקרקע והן בגזע של ארבעת העצים (ראה ציורים 1 ו 2). על מנת לבדוק רגישות מערכת המדידה, וקצב התאוששות העצים לאחר מחסור במים הפחתנו באופן מבוקר את מנת ההשקיה ב 50% ביום 12/9 לשבוע (ימים 255 עד 262 בציור מס 1). הפסקת השקיה נוספת של שבוע, בלתי מתוכננת, ובלתי רצויה, קרתה בין ה 7/10 ל 13/10 (ימים 280 עד 286 בציור מס 1).

ציור מס 1 מציג את השתנות הרטיבות היומית בקרקע (בסגול) בשלוש השכבות הנמדדות. **בשכבה העליונה**, ניתן לראות שהעליה והירידה היומיים כמעט זהים בגודל ובשפוע ופרושו שהכמות הנכנסת לשכבה המדודה זהה ליוצאת ורק חלק קטן נצרך על ידי השרשים. **בשכבה האמצעית**, בימים של קצוץ מנת ההשקיה העליה היומית ברטיבות קטנה מהירידה מה שמראה שחלק גדול יותר מהמנה היומית נצרך על ידי העץ. כפי שנראה בברור **בשכבה העמוקה** ערך הרטיבות היה יציב בכל ימי המחסור ואחריו שפרושו: כל מה שהתנקז משכבת הביניים הספיק לצרכי העץ משכבה זו, ויש להניח שהיה עודף. כלומר מסקנה ראשונה מתוצאות ראשוניות אלו הן שבתקופה המדוברת ההשקיה המשקית היתה בעודף רב והערך הנכון הוא איפשהו בין מה שניתן לבין מחציתו. לגבי תקופת המחסור החמור במים (בימים 280-286) ניתן לראות שהעצים מיצו את רוב המים הזמינים בכל השכבות, הורידו את הרטיבות בשכבה העמוקה מ 0.22 ל 0.17 שזה הרבה מתחת לקבול שדה.

איך מושפע מצב המים בצמח בעקבות הפעלת שתי עקות אלו? בציור מס 2 מוצגים השינויים היומיים ברטיבות (סגול) והולכה חשמלית (כחול) כפונקציה של הזמן. רואים בברור שההשפעה של העקה הראשונה היא בינונית עד קלה. הגזע הפסיד סה"כ 4% רטיבות תוך כמה ימים אבל הערך המינימלי של כל יום לא ירד כלומר חלק מהמים שלא הגיעו היו עודפים בכל מקרה והחלק האחר נוצל לשמירת המאגר וכך ההתאוששות אחרי חזרה להשקיה היתה מהירה. לעומת זאת, בהפסקה המוחלטת של ההשקיה (בימים 280-286) היתה ירידה דרסטית של 8% רטיבות שזו מכה בלתי הפיכה בעצים מסוימים, וההתאוששות היתה ממושכת. כל האמור לעייל היה תאורי ומטרת המחקר הוא לכמת את ממצאים שהוצגו.

ציור מס. 1 (נתוני קרקע משלושה תחומי עומקים: 10-30, 40-60, ו-70-90 סנטימטר מפני השטח)



ציור 2 (נתוני הולכה חשמלית של הגזע).

