

## חקר הגורמים להתנוונות ותמותת עצי אבוקדו

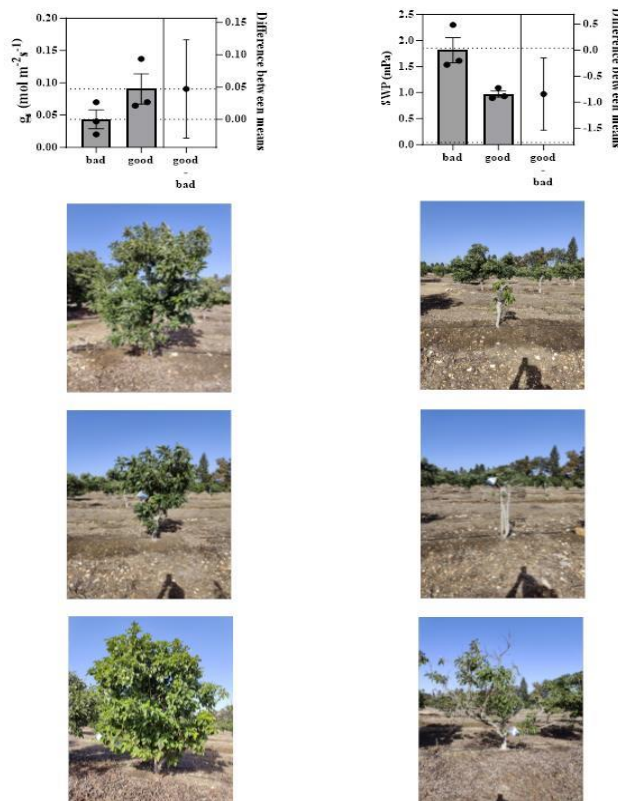
אור שפירא (מו"פ צפון), אמיר מעגן (מרכז חקלאי העמק), דוד ילין (מכון וולקני), יותם זית (פקולטה לחקלאות רחובות), אורטל בחשיאן נמרוד אבן (שהמ).

בשנים האחרונות נצפתה התנוונות ותמותת עצים נרחבת במטעי האבוקדו ברמות מנשה כאשר התופעה התאפיינה בתבנית של עצים פגועים לצד עצים בריאים. תופעה דומה של התמוטטות עצים נושאי פרי נצפתה בעוד מספר מטעים ברחבי הארץ וניכר שלתופעה זו חשיבות ברמה הארצית. ממידע שנאסף נראה כי התופעה מחמירה בשנים גשומות במיוחד עם אירועי גשם ארוכים. השנה יבוצעו כמה ניסויי גישוש כדי לקבל מושג טוב יותר על הסיבות לתופעה באזור.



## תוצאות

בסתיו 2023 בוצעו מדידות מוליכות פיוניות ופוטנציאל מים בגזע בחלקה של רמת השופט שנפגעה קשות בשנים שעברו. נבחרו 4 זוגות עצים קרובים שאחד מהם הראה פנוטיפ בריא והשני פנוטיפ פגוע אחרי שילוד וגם לפני שילוד



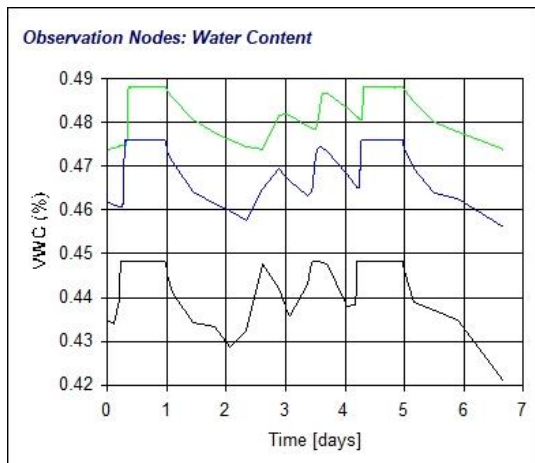
(עץ שקוף מלא או חלקי). התוצאות מוצגות באיור 1.

איור 1. מוליכות פיוניות (גרף שמאלי) ופוטנציאל מים בגזע (גרף ימני) בעצים "בריאים" (good) לעומת "עצים פגועים" (bad).

פוטנציאל המים בגזע של העצים הפגועים היה גבוה יותר מאשר בעצים הבריאים וההפרש עמד על כמעט 100%. גם במוליכות הפיוניות הייתה פגיעה בעצים הפגועים וגם כאן ההפרש התקרב ל-100%. התוצאות הנ"ל מצביעות לקושי בקליטת מים אפילו בסתיו כשהדרישה האטמוספירית נמוכה והקרקע רטובה. הסיבות לכך יכולות להיות מליחות מקומית כפי שנמצא בסקר קרקע מפורט שנערך ע"י האזור (נורית בן הגיא) או מערכת שורשים

שאינה עומדת בדרישות הנוף (יחס שורש נוף נמוך) עקב פגיעה כל שהיא.

בבדיקות קרקע שביצענו במטעים באזור (רמות מנשה) נמצא שהקרקעות מכילות 60-70% חרסית עם מוליכות הידראולית נמוכה מאד (סנטימטרים בודדים ליום) וללא מליחות. הרצות מודל זרימת מים בקרקע עם נתוני הקרקעות שנדגמו מראות שכאשר ישנו רצף גשמים שנמשך מספר ימים והכמויות משמעותיות הקרקע נמצאת קרוב לרוויה ויתכן מחסור מתמשך של חמצן בקרקע (איור 1). 210 מילימטר מה-26 עד ה-31 לינואר 2024 נמסר ע"י איתי אייזנר מרמות מנשה). סה"כ ירדו באזור כ-1000 מ"מ גשם לעומת כ-500 מ"מ בשנה שעברה.



איור 2. תכולת רטיבות נפחית בקרקע (VWC) לאורך אירוע גשם מתמשך בשלושה עומקים 0-30 ס"מ (קו שחור, רוויה 44.8%), 30-60 ס"מ (קו כחול, רוויה 47.5%), 60-100 ס"מ (קו ירוק, 48.8%). התוצאות חושבו במודל Hydrus 1d בעזרת הרכב מכני מקרקע מקומית. כמויות הגשם במילימטר לפי ימים:

- 76 .1
- 5 .2
- 18 .3
- 22 .4
- 83 .5
- 7 .6

התוצאות מראות שאירוע גשם רציני גורם למחסור זמני בחמצן בבית השורשים שאורכו לפחות כאורך אירוע הגשם. הקרקע נמצאת קרוב לתכולת הרטיבות ברוויה (קו שטוח) ובמצב כזה רוב נקבובי הקרקע מלאים במים ואין מספיק חמצן. סקירת ספרות העלתה ששתילי אבוקדו שהוצפו למשך ימים ספורים סבלו קשות (60% תמותה ונזק לשתילים שנשארו בחיים). יתכן שזאת הסיבה העיקרית לתופעת ההתנוונות והתמותה של העצים.

השערת המחקר הנוכחית:

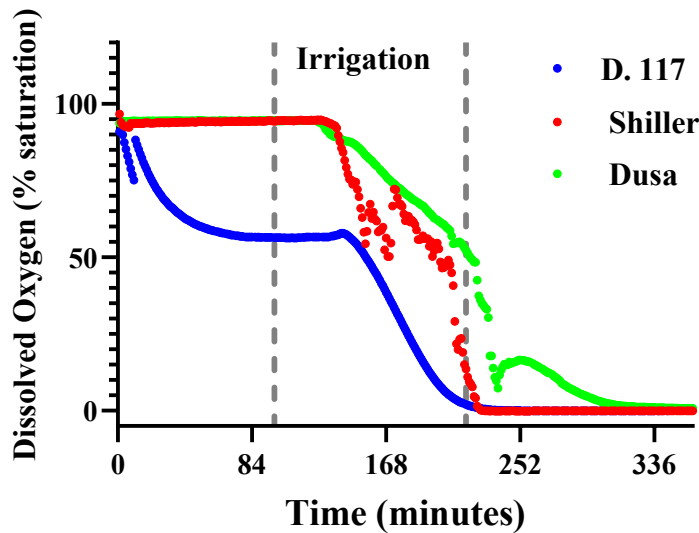
**מחסור זמני של חמצן בבית השורשים עקב אירועי גשם מתמשכים גורם להתנוונות הדרגתית ו / או לתמותה מהירה של העצים.**

פעולות שנעשו עד כה (נכון לפברואר 2025)

ניסוי בשתילים - נרכשו שתילים מהזן BL מורכבים על 7 כנות שונות (10 שתילים מכל כנה). 2 כנות מקסיקניות (שילר ודוסה) כנת דגניה 117 ככנה המקובלת בארץ ו-5 כנות VC נוספות מקווים של משתלת הסקלברג כולל כנה טטרה פלואידית (320 על בסיס דגניה) וכנות שנחשבות ע"י השתלנים כעמידות לפיטופטורה. השתילים הועברו לעציצים של 10 ליטר וגדלים בבית רשת בצמח ניסיונות. ההשקיה בטפטפות נעץ 8 ליטר שעה לעציץ. ב-20/12/24 חולקו השתילים מכל כנה (סה"כ 10) לשני טיפולים 1. ביקורת - השקיה פעמיים ביום עד נקז משמעותי. 2. הצפה – העציצים הוכנסו לשקית כפולה ועציץ נוסף וחוברו להשקיה הרגילה. לאחר שהעציץ הוצף בהשקיה הראשונה ההשקיות היומיות שמרו על העציץ מוצף. בשלב זה הופסק הדישון בשני הטיפולים (איור 3). בשלושה עציצים המיועדים להצפה הותקנו מדי חמצן מומס במרכז העציץ (דגניה 117, שילר ודוסה) בניסיון לתאר את מהלך צריכת החמצן ע"י השורשים (איור 4).



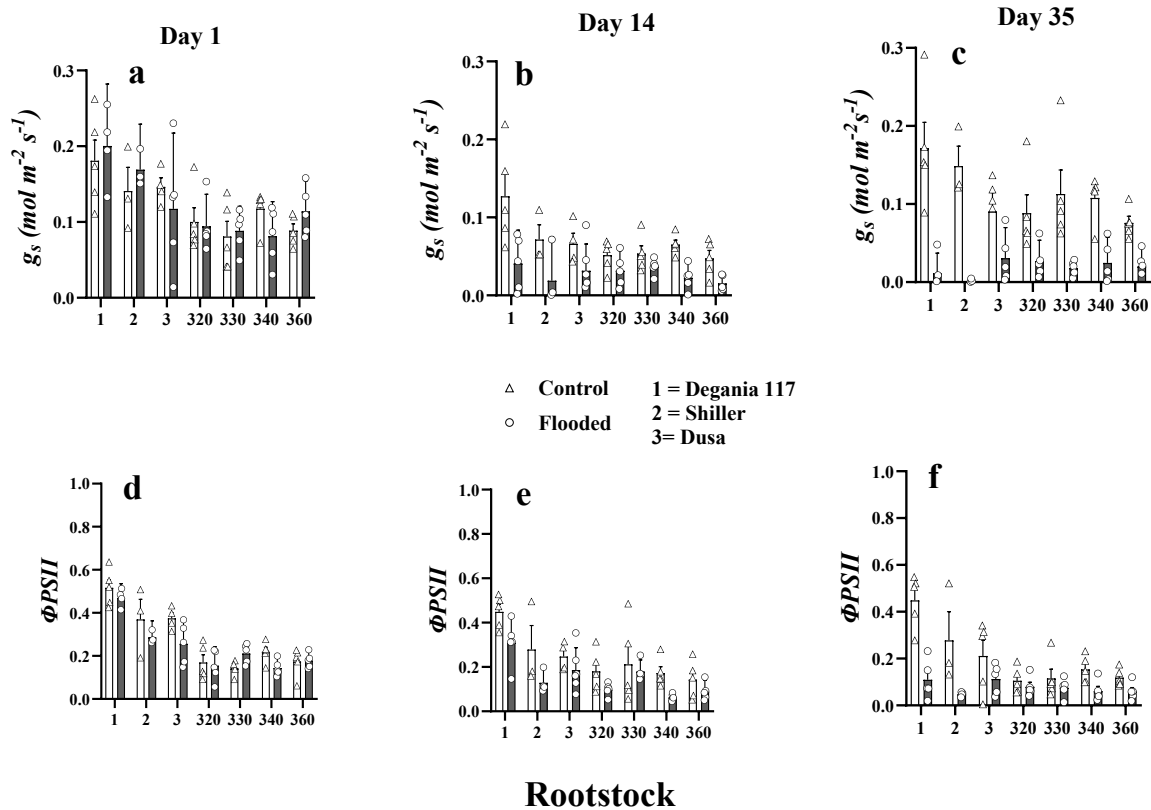
איור 3. מבנה  
הניסוי ושיטת  
ההצפה



איור 4. ריכוז החמצן המומס (או אטמוספירי בתחילת ההשקיה) בעציץ בשתילי BL המורכבים על 3 כנות שונות. החיישנים הוחדרו לעומק 15-20 סמ' קרוב לגוש השורשים המקורי. החמצן נמדד כל דקה. לאחר שעה וחצי החלה ההשקיה (קו אפור מקווקו) שנמשכה שעה וחצי בנפח מצטבר של 12 ליטר.

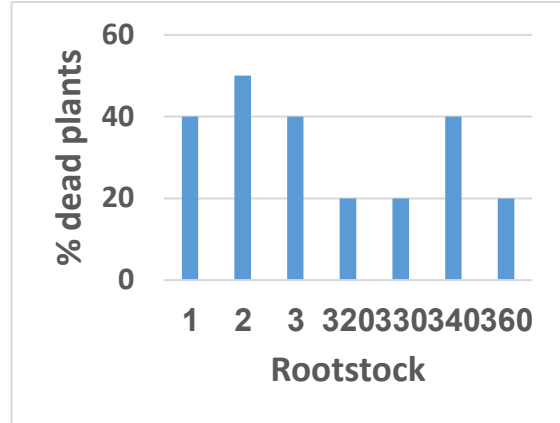
ריכוז החמצן בעציצים של דוסה ושילר התייצב מיד עם החדרת החיישן בערכים של 94% מרוויה אטמוספירית שהם 19.7% חמצן. לעומת זאת בעציץ של דגניה 117 ריכוז החמצן החל מיד לרדת בחדות (למרות שליפה והחדרה מחודשת כפי שמתבטא בעליה הפתאומית בקו הכחול) והתייצב לאחר יותר משעה על 56% מרוויה אטמוספירית או 11.6% חמצן. עם תחילת ההשקיה (קו אפור מקווקו באיור 4) נשמרה היציבות בריכוז החמצן כ-15 דקות ואז החלה לרדת בחדות בכל העציצים. הירידה החלה לאחר שהצטברו 3 ליטר מי השקיה בעציץ בתוספת לתכולת המים של קיבול עציץ לערך (השקיה קודמת 6 שעות מוקדם יותר). במצב זה קצב צריכת החמצן בעציץ ע"י השורשים והמיקרואורגניזמים, גבוה יותר מקצב התנועה של החמצן מהאטמוספירה. על החמצן לעבור יותר מים על מנת להגיע לשורשים וקצב התנועה של החמצן במים איטי בהרבה לעומת קצב התנועה באוויר. בסוף ההשקיה נותר מעט מאד חמצן בעציצים והמחסור החריף נשמר לאורך כל שבועות הניסוי עד היום.

השפעת המחזור בחמצן על מוליכות הפיוניות והיעילות הקוונטית של השתילים מתוארת באיור 5.



איור 5. מוליכות הפיוניות (a,b,c) והיעילות הקוונטית (d,e,f) של שתילי אבוקדו מזן BL על 7 כנות שונות. המדידה התבצעה בין השעות 10 ל-11 בבוקר בקרינה ישירה של PAR = 650. כל עמודה מסמלת ממוצע (מוצג גם שגיאת התקן) של 5 שתילים שונים מאותה כנה (למעט שילר 3 ו-4 שתילים בביקורת ובטיפול בהתאמה). בכל שתיל נמדדו 2-3 עלים בעזרת פורומטר ליקור 600. מוצגות תוצאות מהיום ה-1 לפני ההצפה (ביקורת כללית) היום ה-14 להצפה והיום ה-35 להצפה. התוצאות של המדידה ביום הראשון לפני ההצפה מתארות את ההבדלים בין הכנות השונות. הכנות הזריעות דגניה 117 ושילר הציגו ביצועים מעט גבוהים לעומת הכנות הווגטטביות גם במוליכות הפיוניות וגם ביעילות הקוונטית. מבין הכנות הווגטטביות נראה יתרון לדוסה לעומת השאר. גם בצמחה הווגטטיבי היה יתרון בולט לדגניה 117 לעומת כל שאר הכנות בגודל ובגלי הליבלוב. לאחר שבועיים של הצפה נראו הבדלים בולטים במוליכות הפיוניות כאשר 117, שילר, דוסה 340 ו-360 איבדו למעלה מ-50% מוליכות לעומת הבקורות. 320 ו-330 איבדו פחות מוליכות וגם שמרו על יעילות קוונטית ללא פגיעה. לאחר 35 יום מוליכות הפיוניות של כנות הזריעות ירדה כמעט לאפס. בכל הכנות הווגטטיביות עדיין הייתה פעילות חילוף גזים ברמה נמוכה. היעילות הקוונטית של כנות 320 ו-330 הייתה ללא פגיעה כלל לעומת הביקורות ובאופן כללי הכנות הווגטטיביות נפגעו פחות מהכנות הזריעות (איור 5).

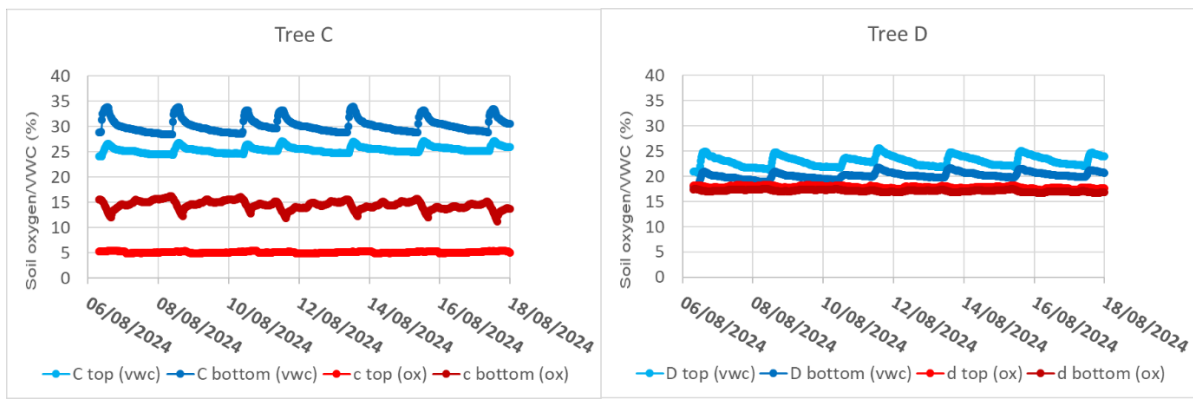
איור 5. אחוז הצמחים שהתייבשו להם רוב העלים 35 ימים מתחילת ההצפה לפי כנות. מוצגים רק הצמחים מטיפול ההצפה. בטיפול הביקורת לא התייבשו צמחים כלל.



עד כה לכנות הווגטיביות שרידות טובה יותר לעומת הכנות הזריעות אך צריך לזכור כי המספרים נמוכים (5 חזרות לכל כנה (למעט שילר 4 חזרות). לא ראינו אירוע של נשירת עלים ירוקים לאורך כל הניסוי. הסימנים הראשונים היו התכופות עלים כלפי מטה ואחר כך התייבשות של כל העלה. בחלק

מהצמחים הופיעו לאורך הזמן כוויות על העלים בשטח מוגבל אולם ללא קשר לטיפולים. הניסוי נמשך.

ניסיון לבחון את ההשערה שאפשר להרוג עץ אבוקדו בוגר ע"י הצפה - 8 עצים בוגרים אחידים סומנו במטע אבוקדו בחוות הניסיונות של הפקולטה לחקלאות. הותקנו חיישני חמצן ורטיבות קרקע ליד העצים עשרים סמ' מטפפת בשני עומקים 25 ו-50 סנטימטרים. הקרקע אופיינית לאזור חול חום אדום קיבול שדה סביב 21% רטיבות נפחית ומוליכות הידראולית ברוויה כ-2.6 סמ' לשעה. איור 6 מציג את ריכוזי החמצן ותכולת הרטיבות הניפחית בשני עצים סמוכים תחת משטר השקיה דו יומי. עץ D מראה התנהגות מצופה בהשקיה דו יומית סביב קיבול שדה וריכוז חמצן בסביבות 18% כלומר 85% מריכוז החמצן באוויר. בעץ C התמונה שונה עם רטיבות גבוהה יותר וריכוז חמצן נמוך מאד בשכבה העליונה סביב 5% שווה ערך ל-24% מהריכוז באוויר. יתכן וההבדלים נובעים משכבה חרסיתית יותר בחתך של עץ C. נראה אם כך שיש שונות משמעותית בחלקה.



איור 6. רטיבות נפחית (קו תכלת וקו כחול 25 ו-50 סמ' עומק בהתאמה) וריכוז חמצן (קו כתום וקו בורדו 25 ו-50 סמ' עומק בהתאמה) בשני עצים סמוכים תחת משטר השקיה דו יומי.

כדי להציף את העצים הוספנו טפטפות לעצים שבטיפול לספיקה של 100 ליטר שעה לעץ בפיזור הגאומטרי של ההשקיה המקורית. בהנחה שלכל עץ אזור מושקה בגודל שלא עולה על 4 מטר מרובע ההשקיה תהיה בערך בספיקה המקסימלית של הקרקע. ההשקיה ניתנה 24 שעות ביממה למשך חודשיים. מדדנו מוליכות פיוניות ותא לחץ ללא הבדלים בין הטיפולים. החמצן בעצים המטופלים ירד מאד ורטיבות הקרקע עלתה בהתאם אבל לא ראינו שום סימנים על העצים לעומת הביקורת. ההשקיה נסגרה והעצים יהיו במעקב באביב ובקיץ.

#### מסקנות בינתיים

ניסוי העיצים מספק מידע חשוב על תגובת אבוקדו למחסור מוחלט בחמצן. התגובה איטית יחסית ומתחילה בפגיעה בחילוף גזים ומחריפה כאשר העלים מתחילים לאבד טורגור לאחר כמה שבועות. הכנות הווגטיביות קצת פחות חזקות מהכנות הזריעות גם בצימוח וגם בחילוף גזים אבל בינתיים אחוז התמותה בהם קצת נמוך יותר. העובדה שהניסוי נערך בחורף והטמפרטורות נמוכות עשויה להסביר את התגובה האיטית מכיוון שגם הדרישה האטמוספירית וגם קצב הנשימה נמוך. יערך ניסוי דומה בקיץ.