

השפעת תדירות השקיה על הפיסיולוגיה ועל

הביצועים של הזן מרלו בעמק איילון

עבודת גמר

**מוגשת לפקולטה למדעי החקלאות, המזון ואיכות
הסביבה**

ע"ש רוברט ה. סמית

האוניברסיטה העברית בירושלים

לשם קבלת תואר "מוסמך למדעי החקלאות"

על ידי

יחזקאל הראש

יולי 2016

רחובות

סיוון תשע"ו

תודות

אפתח בהודאה לשני המנחים שלי :

לד"ר ישי נצר על שלקח אותי תחת חסותו, ולימד אותי את רזי הגפן יחד עם הסברים ותדרכים לרוב, ועל סבלנותו הרבה, ועל ימים רבים (וחמים..) יחד בשטח.

לפרופ' אמנון שוורץ על הדרכה, ייעוץ, הכוונה, דיוק, וקפדנות לכל אורך הדרך.

למדען הראשי של משרד המדע, ולמועצת גפן יין על מימון מחקר זה.

ליקב "טפרברג" על שיתוף פעולה ועל תרומתם להצלחת מחקר זה.

לחקלאי שמעון בטר ממבוא חורון, שנרתם לעזור בכל צרה גם בהתראות קצרות.

לערן הרכבי, על ייעוץ והדרכה במהלך המחקר.

לכל צוות המעבדה שתמיד היו שם לעזור ולייעץ ברגעי אמת, ועל אינספור כוסות קפה – יותם זית, שראל מוניץ, יאיר היאט, אלון חורש, דרור דותן, אילנה שטיין, אור שפרלינג, נגה קוסטו, ושרון קוליקובסקי.

לאנשים רבים שיצאו איתי לשטח בכל מזג אוויר - אבינועם ברנשטיין, אלנתן גולן, אביעד שבות, יונתן חסין.

ואסיים בתודה מיוחדת – לאורית אשתי וחברתי היקרה שהיה לה הכוחות והסבלנות לתמוך ולעזור לכל אורך הדרך.

תקציר

להשקיה בכרמים השפעה גדולה על כמות ואיכות הענבים והיין. השרייה של עקת יובש היא הגורם העיקרי המשפיע על צבירת הטאנינים והפנולים ומכאן חשיבותה הרבה ביינות אדומים. מחד, עקת יובש מתונה הינה הכרחית בגידול זה, וקיים צורך לוודא שהעקה אינה חריפה מידי, בכדי לא לפגוע בצימוח הווגטיבי והפרודוקטיבי הנגרמים כתוצאה מעקה זו. ההשקיה בניסוי זה התבססה על תחשיבי מודל ההשקיה המתבסס על נתוני האקלים ועל נתוני שטח העלווה (LAI). שיטת ההשקיה שננקטה בניסוי הנוכחי היא RDI (Regulated Deficit Irrigation) - השקיה גרעונית מוסתת אשר מתאימה את מקדמי העקה (K_s) לשלבים הפנולוגיים השונים, כאשר העונה מחולקת לשלושה שלבים פנולוגיים: מפריחה מלאה ועד אשכול צפוף, מאשכול צפוף ועד שלב הבוחל, ומבוחל ועד הבציר. בניסוי הנוכחי נבחנו השפעתם של חמישה טיפולי השקיה השונים בתדירות ההשקיה שלהם: השקיה מידי יום, פעמיים בשבוע, אחת לשבוע, אחת לשבועיים, והשקיה מצטופפת: בשלב 1 - השקיה אחת לשבוע, שלב 2 - השקיה פעמיים בשבוע, ובשלב 3 - השקיה מידי יום. הניסוי בוצע במשך שלוש עונות בין השנים 2013-2015, בעמק איילון צפונית ליישוב מבוא-חורון, בתוך חלקה מסחרית בזן מרלו. מקדמי העקה (K_s) שחושבו לכל הטיפולים בעונה 2013 עמדו על 50% מהאוופוטורנספירציה של הגידול (ET_c) בשלב 1, ו-20% בשלבים 2 ו-3. בעונות 2014 ו-2015 המקדמים עמדו על 40% בשלב 1 ו-15% בשלבים 2 ו-3. המדדים שנלקחו במהלך הניסוי כללו: מדדי חילוף גזים ופוטנציאל מים, מדדים וגטיביים ואגרוטכניים כגון קוטר גזע, אינדקס שטח העלווה, וכן מדידה של כלל מרכיבי היבול ואיכות היין. בתום הניסוי נדגמו גלילי עצה מהגזעים והזמורות לניתוח אנטומי, לצורך חישוב המוליכות ההידראולית. בנוסף הותקנו שתי מערכות למדידה רציפה בכרם: מערכת IriWise (נטפים, ישראל), למדידה רציפה של רטיבות נפחית בקרקע - VWC (Volumetric Water Content), וכן מערכת דנדרומטרים של גזע (PhyTech, ישראל) למדידת רציפה של התרחבות והתכווצות של הגזע. נמצאו מספר הבדלים בין הטיפולים בחלק מן המדדים שנבדקו. בטיפול ההשקיה עם התדירות הנמוכה ("פעם בשבועיים") נצפתה ירידה הן במדדי הצמיחה והן במדדים הפיזיולוגיים, ומדדי האיכות של היין עלו, בהשוואה לטיפול ההשקיה "פעמיים בשבוע" ו"השבועיים". בטיפול ההשקיה "היומי" נצפתה מגמה מעורבת בהשוואה לטיפולים השונים: בדומה לטיפול ההשקיה "שבועיים" ו"פעמיים בשבוע" - מדדי חילוף הגזים ופוטנציאל המים היו משופרים ואיכות היין נמוכה, אך חלק ממדדי הצמיחה תאמו למעשה את טיפול ההשקיה "פעם בשבועיים". בתוצאות הטיפול "המצטופף" לא נרשמו הבדלים משאר הטיפולים. יתירה מזאת, גם לאחר שטיפול זה שונה לטיפול "ללא השקיה" בעונה האחרונה לניסוי (2015), לא נמצאו הבדלים משמעותיים. הסבר אפשרי לחוסר ההבדלים שהתקבל הוא, שלא נוצרה בניסוי עקת יובש משמעותית. במסגרת המאמצים להגדיל את עקת היובש צומצמו מנות המים בין העונות באופן משמעותי על ידי דחיית מועד פתיחת ההשקיה, כאשר ממוצע מנות המים העונתיות שיושמו בעונות 2013, 2014 ו-2015 עמדו על 49,105 ו-30 מ"מ בהתאמה. ככל הנראה, יכולת השפעה של תדירות ההשקיה על מדדי צמיחה ופיזיולוגיה של הגפן, מוגבלת מאד בחלקת הניסוי הנוכחי, עקב סוג הקרקע (40% חרסית), ההתאדות הנמוכה יחסית בקיץ (6 מ"מ ליום), יחד עם המשקעים המרובים בחורף ובאביב, והסמיכות לנחל איילון.

תוכן

3	תקציר
6	סקירת ספרות
6	מבוא
6	ביולוגיה של הגפן
7	השקית ענבי יין
8	חישוב מנות מים בניסוי
9	השפעת תדירות ההשקיה על הגפן
10	היפותזת המחקר
10	מטרת המחקר
11	חומרים ושיטות
11	אתר הניסוי
12	תבנית הניסוי
13	תחשיבי ההשקיה ותנאי אקלים
14	פוטנציאל מים
15	חילוף גזים
15	אינדקס שטח עלווה
17	קוטר גזע
17	דנדרומטריה
18	מדידה רציפה של תכולת רטיבות בקרקע
20	מדידות אנטומיות של העצה וחישוב מוליכות הידראולית
21	יבול ומרכיביו
22	הכנת יין ואנליזה
23	תוצאות
23	פנולוגיה ואקלים
24	השקיה
25	פוטנציאל מים בגזע
29	חילוף גזים – קצב קיבוע פחמן ומוליכות פיוניות
32	מהלכים יומיים של מדדים פיזיולוגיים
32	עונה 2014
33	עונה 2015
35	מתאמים
37	אינדקס שטח עלווה
39	מדידה ידנית של קוטר גזע – קליבר
39	מדידת קוטר גזע – דנדרומטריה
41	מדידה רציפה של תכולת רטיבות נפחית בקרקע
43	השפעת טיפולי ההשקיה על גודל הטרקאות בגזע ובזמורה
46	מעקב אחר התפתחות משקל ואיכות הגרגר

48	מדדי יבול והבשלה
51	מדידות איכות וטעימות יין
53	דיון
53	קרקע ואקלים
53	השקיה
54	פוטנציאל מים בגזע
55	פוטנציאל מים בגזע – מעקב בין השקיות
56	חילוף גזים – קצב קיבוע פחמן ומוליכות פיוניות
58	מהלכים יומיים של מדדים פיזיולוגיים
59	אינדקס שטח עלווה
59	מדידת קוטר גזע – ידני
60	מדידת קוטר גזע – דנדרומטריה
61	מדידה רציפה של תכולת רטיבות נפחית בקרקע
61	מדידות אנטומיה של גזע וזמורות
62	מעקב התפתחות הגרגר
62	מדדי יבול והבשלה ואיכות יין
63	סיכום
64	רשימת ספרות

סקירת ספרות

מבוא

גפן היין היא אחת משבעת המינים בהם השתבחה ארץ ישראל (דברים, ח'). הגפן מופיעה במקורות היהודיים במספר רב של מקומות: החל בסיפורו של נח במקרא (בראשית, ט) ולאורך כל התנ"ך, המשנה והתלמוד. עדויות ארכיאולוגיות רבות של גתות, חרצנים ומבנים מעוטרים בצמח הגפן נמצאו בארץ באתרים שונים, המעידים על קיום הגידול מזה שנים רבות ועל חשיבותו בתקופות אלו (ברושי 1985; הדס 2008). בסוף המאה ה-19 החלו המתיישבים החלוצים בנטיעות מחודשות של כרמי יין בתמיכתו של הברון דה-רוטשילד (גור 1974). בשנים האחרונות חלה התפתחות גדולה בתחום גידול גפן היין, שהובילה להקמת יקבים רבים ברחבי הארץ, הגברת היצוא ועיסוק מחודש בתחום היינות. נכון לשנת 2014 היקף השטחים הנטועים בכרמי יין עומד על 55,000 דונם (מועצת גפן היין, דו"ח 2014), כאשר הזנים האדומים העיקריים הם: קברנה סובניון, שיראז, מרלו, קברנה פרנק, ופטיט סירה. הזנים הלבנים העיקריים הם: סובניון בלאן, שרדונה, מוסקט וריזלינג.

ביולוגיה של הגפן

גפן היין (*Vitis Vinifera*) שייכת למשפחת הגפניים (*Vitaceae*). במשפחה זו ישנם עשרה סוגים שונים בהם הסוג ויטיס (*Vitis*), בסוג זה קיימים 32 מינים, כשנהוג לחלקם לשני תתי-סוגים: מוסקדיניה (*Muscadinia*) ו-אאויטאס (*Euvitisa*). בתת הסוג האחרון קיימות שלוש קבוצות: אמריקאית, אסיאתית ואירופית, כשמין גפן היין (*Vitis Vinifera*) הינו המין היחיד בקבוצה האירופית, רוב זני המאכל והיין מקורם במין זה. בקבוצה האמריקאית ישנם מספר מינים המשמשים ככנות לגפן היין (*Vitis Vinifera*) העמידות לכנימת הפילוקסרה לאחר שזו כמעט וחסלה את הגידול באירופה בשנת 1864 (הוכברג 1954).

הגפן הינה צמח נשיר רב-שנתי, הנכנס לתרדמה בתקופת החורף. הבלבוב מתרחש בתחילת האביב בחודש מרץ, כאשר הפקעים הרדומים מתנפחים לקראת פריצת העלים הראשונים (Budburst). ניצנים אלו הפורצים מן הפקעים ומתארכים תוך כדי פרישת העלים הם למעשה ענפים הנקראים שריגים. התפרחות מתפתחות ונפרשות במקביל להתארכות השריגים, כאשר הפריחה מתחילה עם חשיפת העלי והאבקנים (חד-ביתי) לאחר נשירת הקליפטרה (*Calyptra*). פריחה מלאה מוגדרת לאחר נשירת הקליפטרה מ-50% מהפרחים בתפרחת (Coombe 1995). ההפריה נעשית בעיקר בהאבקה עצמית בעזרת הרוח וחרקים, אשר יוצרים חנטים קטנים, הגדלים עד למצב בו הגרגרים נוגעים אחד בשני. מגמת התפתחות גודל גרגרי הענבים נראית בתצורת סיגמואיד כפול, אשר ניתן לחלקה לשלושה שלבים פנולוגיים עיקריים: הראשון, מחנטה ועד אשכול צפוף, שלב שני מאשכול צפוף ועד שלב הבוחל, ושלב שלישי מבוחל ועד הבציר. בשלב הראשון (מחנטה ועד אשכול צפוף) - מתבצע תהליך גידול מהיר של הגרגר ע"י רצף מהיר של חלוקות תאים במקביל להתפתחות זרעים והצטברות רבה של חומצה בגרגר, בעיקר חומצה טרטריט ומאלית, וכן הצטברות של טאנינים בזרעים ובקליפה. תקופת זו אורכת כ-60 יום מתחילת הפריחה, כאשר בסוף תקופה זו מספר התאים בגרגר נשאר קבוע, והגרגר נראה כאפונה (pea size). לאחר מכן בשלב השני (מאשכול צפוף

ועד הבוחל) - ישנה תקופה קצרה של שבועיים-שלושה בה גדילת הגרגר נעצרת (lag phase), והגרגר מתחיל להתרכך מעט. השלב השלישי (מבוחל ועד הבציר) - מתחיל בבוחל (veraison) הכולל את שינוי הצבע בגרגר, ומיד אחריו מתחילה הצטברות של האנטוציאנין בעיקר בקליפה, וכן של הסוכרים העיקריים סוכרוז ופרוקטוז, כאשר הגרגר מכפיל את משקלו בשלב זה. שלב זה מסתיים בבציר התלוי בכמות הסוכר ($^{\circ}\text{Brix}$) והחומצה (TA) והוא תלוי בסוג היין אותו מתכוונים להכין ובהעדפות אישיות של הייננים (Coombe 1995; Kennedy 2002; Hellman 2003; Conde et al. 2007).

השקית ענבי יין

לאקלים ולקרקע השפעה על פוטנציאל הגידול והתוצרת שתתקבל, אך על גורמים אלו לא ניתן להשפיע. לעומת זאת, להשקיה ישנה חשיבות יתירה בהשפעה על כמות ואיכות הענבים (Fereres and Evans 2006; Romero et al. 2010; Williams 2012). האתגר בהשקיית ענבי יין הוא לאזן בין עקת יובש מתונה הקריטית בגידול זה, לבין צמצום הפגיעה בצימוח הווגטיבי והפרודוקטיבי הנגרמים כתוצאה מעקת היובש, מה שאין כן ברוב גידולי מטע אחרים. עקת יובש היא הגורם העיקרי לקבלת ענבי איכות ולהתפתחות הטאנינים והפנולים ביין ולכן חשיבותה כה רבה ביינות אדומים (Hardie and Considine 1976; Bravdo et al. 1985; Van Leeuwen et al. 2009; Acevedo-Opazo 2010). מקורם של חומרי הטעם, הארומה והצבע של היין הוא בעיקר בקליפות הגרגר וככל שהגרגר קטן יותר, גדל היחס בין שטח הפנים שלו לבין הנפח, וכך היין יהיה עשיר יותר בארומה וצבע (Kennedy et al. 2002; Roby et al. 2004). אשכולות בעלי גרגרים גדולים משמשים בדרך כלל להכנת יין באיכות נמוכה יותר או לייצור תירוש. עקת היובש הרצויה משתנה בהתאם למטרת הגידול, כאשר באופן גס ניתן לחלק את הגידול לשניים: גידול ליעד איכותי וליעד כמותי. מטרת הגידול ב"כרמי כמות" היא הגדלת היבול גם על חשבון איכותו עד לרמה מסוימת של גודל הגרגר והן של מספר האשכולות. לעומת זאת כורמים המגדלים "כרמי איכות" שואפים להגבלת היבול וליצירת גרגר קטן עשיר בצבע ובארומה המתאים להכנת יינות איכות. הגדלת היבול ע"י הגדלת מספר האשכולות והגדלת משקל הגרגרים גורמת בד"כ לירידה באיכות היין. מכיוון שגודל הפרי ואיכותו מושפעים מגודל מנות המים המיושמות, קיימת חשיבות רבה ליישום השקיה מושכלת על מנת להגיע ליעדי הפרי והאיכות הרצויים. כאשר משק המים של הגפן נמצא במצב משופר, היכולת של הצמח לקבע פחמן זו חמצני עולה, ובכך משתפר הגידול הווגטיבי והפרודוקטיבי (Williams 2012). ישנם שיטות השקיה שונות ליישום עקת היובש הרצויה בענבי יין: SDI (Sustained Deficit Irrigation) השקיה גירעונית קבועה – השריית עקת יובש קבועה למשך כל עונת הגידול, כאשר מקדם העקה (K_s) מוגדר כאחוז מההתאדות הפוטנציאלית המחושבת (ET_0) (Chalmers et al. 2010; Shellie 2014). שיטה אחרת שפותחה באוסטרליה מכונה PRD (Partial Root Zone Drying), בשיטה זו מנסים ליצור אזור יובשני בחלק מסביבת השורש על ידי יישום השקיה משני צדי הגפן לסירוגין כך שבכל פעם רק צד אחד בלבד של הגפן מושקה, תוך שמירה על אזור יבש בסביבת השורש בצדו השני של הגפן. שיטה זו מגבירה את ייצור חומצה

האבציסית (ABA) התורמת להצטברות האנטוציאנינים והפנולים מחד, ומאידך שומרת על משק מים תקין באופן יחסי ומקטינה את הפגיעה בגידול הווסטיבי. (Dry and Loveys. 1999; Fuentes)
 – (2005; Romero et al. 2012) RDI (Regulated Deficit Irrigation) השקיה גרעונית מוסתת –
 התאמת מקדם העקה (K_s) לשלב הפנולוגי של הגידול ובכך להביא את הגידול למצב מאוזן, בין פגיעה בכמות הפרי לבין שיפור איכותו. (Acevedo-Opazo 2010; Romero et al. 2010;)
 (Santesteban et al. 2011). לאופן יישום ההשקיה (טפטוף, המטרה או הצפה) ישנה השפעה על זמינות המים. כיום נהוג בארץ להשקות את הכרמים בטפטוף, בצורת השקיה זו אנו יוצרים נפח קרקע מורטב בצורת "בצל" ממוקד תחת הטפטפת, שיגרום להתפתחות השורשים בעיקר בתחום הנפח המורטב. בשיטה זו דוחקים את המלחים לשולי נפח הקרקע המורטב, מקטינים את הגר העילי שנוצר בהמטרה, ומפחיתים נגיעות של מחלות פטרייתיות המתפתחות כאשר הנוף נרטב בעת השקיה בהמטרה (Bresler 1977; Araujo et al. 1995; Camp 1998).

חישוב מנות מים בניסוי

צריכת מים של כל גידול מושפעת ישירות מתנאי האקלים השוררים בסביבת הגידול. המדד המשוכלל המקובל להערכת האופוטורנספירציה הפוטנציאלית (ET_0) היא נוסחת פנמן מונטית' המתוקנת (Monteith 1965; Allen et al. 1998; Allen et al. 2006) ע"פ שיטת ASCE (American Society of Civil Engineers) המבוססת על מספר מדדים מטאורולוגיים: טמפרטורה, לחות יחסית, ומהירות הרוח. נוסחה זו נותנת אומדן בלבד לאופוטורנספירציה המקסימלית של הגידול (ET_c), אשר ניתנת למדידה באופן ישיר באמצעות ליזמטרים. במערכת ליזמטרים של עודפים (Drainage lysimeter) הגפנים נטועות בתוך מכלים גדולים ומקבלות אספקת מים לכאורה בלתי מוגבלת, עודפי הנקז נאספים ונמדדים באופן יומי. מי הנקז נשקלים וכך ניתן לחשב את כמות המים שנצרכו ע"י הגפנים בתהליך הדיות (טרספירציה), כאשר חלק קטן (באופן יחסי) מן המים התאדו מפני הקרקע בתהליך האופורציה. צריכה זו משתנה בין גידולים ותלויה גם בפרקטיקה החקלאית המקובלת באותו גידול (Picón-) (Williams and Ayars. 2005; Toro et al. 2012). בעוד שמדידת האופוטורנספירציה של הגידול (ET_c) מורכבת מאד, חישוב האופוטורנספירציה הפוטנציאלית (ET_0) נעשית באמצעות תחנות מטאורולוגיות המפוזרות ברחבי הארץ, ולכן ניתן להשיג את ערך זה באינטרנט בצורה פשוטה. הערך הקושר בין האופוטורנספירציה הפוטנציאלית (ET_0) לבין האופוטורנספירציה של הגידול (ET_c) הוא מקדם הגידול (K_c) הניתן לביטוי בנוסחה:

$$\frac{ET_c}{ET_0} = K_c$$

כאשר:

K_c - הוא מקדם הגידול.

ET_c - אווטרנספירציה של הגידול או צריכת המים האמתית המקסימלית.

ET_o - אווטרנספירציה פוטנציאלית או ההתאדות הפוטנציאלית המחושבת.

ע"פ הנוסחה, מקדם הגידול (K_c) הוא היחס בין ההתאדות האמתית של הגידול (ET_c) לבין ההתאדות הפוטנציאלית (ET_o), ומכיוון שלכל גידול ערכים שונים של ההתאדות, קיימים גם עקומי מקדם גידול (K_c) ספציפיים לכל גידול. חישוב עקום מקדם הגידול לענבי יין בוצע בעבודות שונות (López-Urrea et al. 2012; Picón-Toro et al. 2012) כאשר במחקר הנוכחי התבססנו, על עקום מקדם גידול שנבנה במהלך שבע שנות גידול של ענבי מאכל בלכיש (Netzer et al. 2005; Netzer et al. 2009). נמצא כי קיים מתאם גבוה בין אינדקס שטח העלווה (LAI) לבין מקדם הגידול (K_c) הניתן לביטוי בנוסחה: $K_c = 0.2609 \times LAI + 0.3645$. מאחר שמדידה לא הרסנית של ה-LAI ניתנת לביצוע בקלות יחסית, ניתן לחשב את ערכו של מקדם הגידול (K_c), ע"י הצבת הערך הנמדד של LAI בנוסחה הקושרת ביניהם. לאחר שקיבלנו את ערך מקדם הגידול (K_c) ניתן לחלץ את ערכי ההתאדות האמתית של הגידול (ET_c) ע"י שימוש בנוסחה:

$$K_c \times ET_o = ET_c$$

כמו שנכתב לעיל, בגידול ענבי יין (אדומים בפרט) יש צורך ליצירת תנאי עקת יובש מבוקרת, ולכן יש לכלול בחישוב גודל מנת המים היומית גם את מקדם העקה (K_s) המבטא את האחוז מסך ההתאדות של הגפן (ET_c).

השפעת תדירות ההשקיה על הגפן

ראשית יש לציין את העובדה שמעט מאוד מחקרים פורסמו בנושא תדירות השקיה בגידולים רב-שנתיים. לתדירות ההשקיה השפעה רבה על זמינות המים לצמח, כאשר תדירות ההשקיה נגזרת מסוג והרכב הקרקע, ומצורת ההשקיה. ככל שהקרקע חולית או סלעית יותר תאחיזת המים קטנה יותר, ומנגד בקרקע כבדה בעלת אחוזי חרסית גבוהים, תאחיזת המים גדולה יותר. ולכן באופן כללי ניתן לומר שבקרקעות קלות תדירות ההשקיה תהיה גדולה יותר בהשוואה לקרקעות כבדות. לתדירות ההשקיה השפעה עקיפה על גודל מנת המים המיושמת, כאשר ע"פ רוב ככל שתדירות ההשקיה תרד כך גודל מנת המים תעלה בהתאמה. לכן תדירות נמוכה של השקיה תיצור "בצל ההרטבה" גדול יותר גם מעבר לנפח שתופס בית השורשים הפעיל, בהשוואה לתדירות גבוהה של השקיה עם מנות מים קטנות יותר בכל יישום השקיה אשר תיצור "בצל ההרטבה" קטן יותר (Goldberg et al. 1971; Levin et al. 1979). לשטח המורטב הנגזר מגודל מנת מים המיושמת השפעה על התפתחות מערכת השורשים, בעוד שבתדירות השקיה גבוהה עם מנות מים קטנות יותר העץ מייצר מערכת שורשים שטחית, בתדירות השקיה נמוכה עם מנות מים גדולות יותר בכל השקיה, מערכת השורשים שתפתח תהיה עמוקה ומפוזרת יותר (Holzapfel et al. 1991;).

מהותית על גודל בית השורשים ועל צפיפותם (Archer and Strauss 1985). קיימות עדויות בתפוח שתדירות השקיה של "פעמיים בשבוע" הביאה למצב שהשטח המורטב סביב הטפטפת, ופיזור השורשים הינו הגדול ביותר בהשוואה לטיפול השקיה "יומי" ו"שבועי" (Levin et al. 1979), כמו כן נצפתה עלייה בגובה היבולים במטע תפוח בהשקיה "יומית" לעומת השקיה "שבועית" (Neilsen et al. 1997). בניסויים בענבי מאכל בתנאי גידול של קרקע קלה, נצפתה מגמת עליה בכמות היבול ומשקל הגזם ככל שתדירות ההשקיה עלתה (Goldberg et al. 1971; Myburgh 2012). אולם בעבודה אחרת שנעשתה בענבי מאכל בקרקע כבדה, התוצאות העלו את התבנית ההפוכה, ככל שתדירות ההשקיה ירדה כך כמות היבול וגודל הגרגר עלו בהתאם, כאשר ערכי פוטנציאל המים היו משופרים יותר (Selles et al. 2004). למרות המגמות הסותרות שנצפו בענבי מאכל, בניסוי שנערך בענבי יין (זן סירה) בקרקע כבדה, כמעט ולא נראו הבדלים בין תדירות השקיה של "פעם ביומיים" לבין "פעם בארבעה ימים" (Sebastian et al. 2015).

היפותזת המחקר

תדירות יישום ההשקיה עשויה להשפיע על משק המים של הגפן, ועל איכות הפרי לתעשיית היין. בבסיס המחקר הנחנו שככל שתדירות ההשקיה תעלה כך זמינות המים לגפן תעלה בהתאמה. המדדים שנבחרו לבחינת ההיפותזה כללו מדדי חילוף גזים ופוטנציאל מים וכן מדדים וגטיביים ואגרוטכניים כגון צימוח העלווה ומשקל הגרגר הרגישים לשינויים במשק המים.

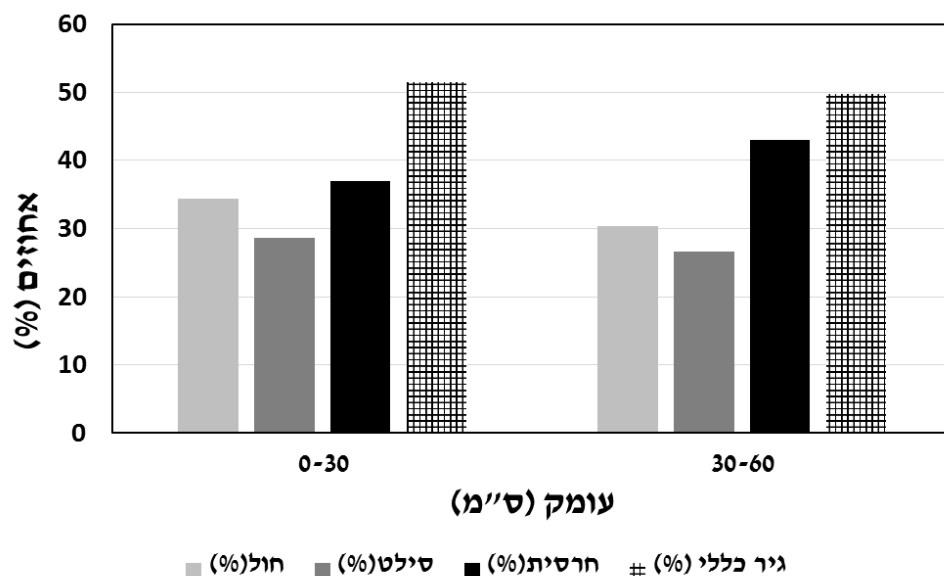
מטרת המחקר

מטרת המחקר היתה לבחון את השפעת תדירות מתן ההשקיה בכרם על המצב הפיסיולוגי של הגפן, ועל מדדי היבול ואיכות היין שיופק מהפרי. בניסוי הנוכחי נבחנו השפעתם של חמישה טיפולי השקיה, השונים בתדירות ההשקיה שלהם: השקיה מידי יום, פעמיים בשבוע, אחת לשבוע, אחת לשבועיים, והשקיה מצטופפת – בתחילת העונה השקיה אחת לשבוע, העוברת לפעמיים בשבוע, ובסוף העונה השקיה מידי יום. כאשר בכל עונות הניסוי סופקו מנות מים עונתיות זהות לכל הטיפולים.

חומרים ושיטות

אתר הניסוי

הכרם שבו נערך הניסוי ממוקם צפונית ליישוב מבוא חורון, סמוך לנחל איילון (35.020 E, 31.860 N) בגובה של 200 מ' מעל פני הים. הניסוי התבצע בתוך חלקה מסחרית השייכת ליישוב מבוא חורון המנוהלת בידי הכורם שמעון בטר. החלקה ניטעה בשנת 2009 בזן מרלו על גבי כנת רוג'רי. כיוון השורות הינו 45° (צפון מזרח-דרום מערב). החלקה נמצאת בשיפוע של כ- 15° לכיוון 135° (דרום מזרח). צפיפות הנטיעה היא 3 מ' בין השורות, ו-1.5 מ' בין הגפנים כנהוג בנטיעה מסחרית, וההדליה נעשית בשיטת ה-VSP (Vertical Shoot Positioning) המקובלת בכרם יין. ההשקיה התבצעה בטפטוף הטמון בעומק של 10-20 ס"מ, במרחק של 0.75 מ' בין הטפטפות, בספיקה של 2.3 ליטר/שעה. ההשקיה בכרם בוצעה בשעות הערב על ידי מערכת בקרה מסוג IRRInet של חברת "אקוה" (ראש העין, ישראל) הנשלטת דרך רשת האינטרנט, כאשר אחת לשבוע עודכנו מנות המים לכל הטיפולים. מי ההשקיה הינם מים שפירים בתוספת דשן נוזלי מורכב 12-6-3 הניתן בריכוז של 0.1%. הקרקע מסוג רנדזינה עם הרכב של 32% חול, 28% סיין, ו-40% חרסית, במרקם סיין חרסיתי, עם תכולת גיר גבוהה יחסית העומדת על 50% (איור 1). בהרכב הקרקע יש הבדל בכמות המסלע, כך שככל שעולים בטופוגרפיה אחוז האבניות בקרקע עולה, עובדה שהשפיעה על אופן עיצוב הניסוי (ראה להלן).



איור מס' 1: התפלגות הרכב מכני של הקרקע בשני עומקים - 0-30 ס"מ, 30-60 ס"מ. ניסוי מרווחי השקיה מרלו, מבוא חורון 2013-2015.

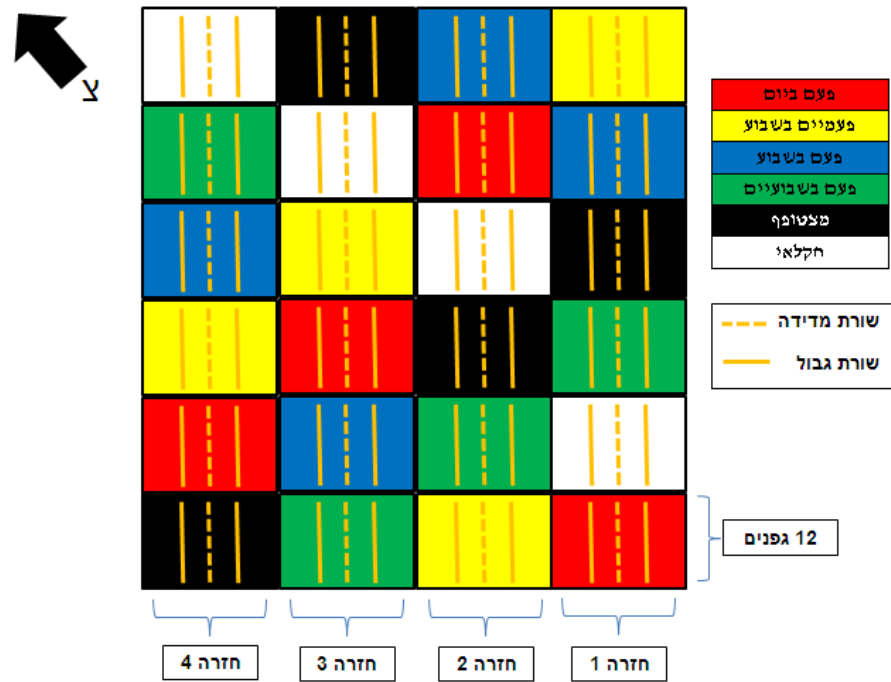
תבנית הניסוי

הניסוי הינו חד גורמי ובו נבחנים חמישה טיפולים במתכונת של בלוקים באקראי (van Es at el. 2007). בכל אחד מארבעת הבלוקים מוקמו חמשת הטיפולים (איור מס' 3). הבלוקים מסודרים עם השיפוע של פני השטח, כך שכל בלוק ממוקם לאורכו של כל קו שיפוע. כל בלוק מורכב משלוש שורות של גפנים, כשהשורה האמצעית בלבד מוגדרת כ"שורת מדידה" ויתר השורות הינם "שורות גבול". בכל חזרה קיימים 16 עצים, כאשר שני העצים הקיצונים מכל צד משמשים כ"גפני גבול". בשורות המדידה קיימים 60 עצים מדידה (5*12), בסך הכול 240 עצים מדידה בכל הניסוי.

הערה: בניסוי נכלל גם טיפול שישי שהוא הממשק החקלאי, מכיוון שתזמוני ההשקיה היו שונים נבצר מאתנו לקבל את מדדי הפיסיולוגיה בזמן הנכון (יום לפני ההשקיה). כמו כן איכות המים הייתה שונה (קולחים באיכות משתנה) ובשל כך החלטנו להשמיט את התוצאות של טיפול זה.



איור מס' 2: תצלום אוויר של החלקה, בסמוך אליה תחנה מטאורולוגית. ניסוי מרווחי השקיה מרלו, מבוא חורון 2013.



איור מס' 3: תרשים הצבת ניסוי, ניסוי מרווחי השקיה מרלו, מבוא חורון 2013-2015.

תחשיבי ההשקיה ותנאי אקלים

בניסוי זה מנות המים שיושמו חושבו על בסיס עקום מקדם הגידול K_c (Crop coefficient) המותאם לענבי יין, שנבנה במהלך שבע שנות גידול של ענבי מאכל בגפנים הנטועות בליזמטרים (Netzer et al. 2009) כמו שפורט לעיל בהרחבה (סקירת ספרות). מנות המים חושבו במספר שלבים:

שלב ראשון – חישוב מקדם הגידול K_c על ידי הצבת ערך אינדקס שטח העלווה (LAI) בנוסחה:

$$K_c = 0.2609 \times LAI + 0.3645$$

שלב שני – קבלת ערך אוופוטרינספירציה פוטנציאלית (ET_0) מתחנה מטאורולוגית שהוצבה כ-300 מטר מאתר הניסוי (איור מס' 2).

שלב שלישי – חילוף של ערכי ההתאדות האמתית של הגידול (ET_c) ע"י הצבת הערכים: K_c ו- ET_0 (מהשלבים הקודמים) בנוסחה:

$$K_c \times ET_0 = ET_c$$

שלב רביעי – חישוב גודל מנת המים היומית ליישום, ע"י הכפלת ערכי ההתאדות האמתית של הגידול (ET_c) במקדם העקה (K_s) ליצירת תנאי עקת יובש מבוקרת. מקדם עקה זה משתנה במהלך העונה על פי השלבים הפנולוגיים, כחלק מתפיסת השקיה גרעונית מווסתת (Regulated Deficient Irrigation) RDI. בעונה 2013 מקדם העקה בשלב 1 (פריחה עד אשכול צפוף) היה 0.5, ובשלבים 2 ו-3 (אשכול צפוף עד בציר) היה 0.2 (טבלה 1). בעונות 2014 ו-

2015 שונו המקדמים ל-0.4 בשלב 1, ו-0.15 לשלבים 2 ו-3 (טבלה מס' 1). מקדמים אלו נקבעו בהתאם למסקנות משני ניסויי השקיה קודמים שבוצעו בכרמי יין באזור חולדה ובאזור דולב שבשומרון (מוניץ עבודת גמר; Netzer et al. 2012).

טבלה מס' 1: טבלת מקדמי השקיה מ- ET_c , ע"פ שלבים פנולוגים, בשלושת עונות הניסוי. ניסוי מרווחי השקיה מרלו, מבוא חורון 2013-2015.

מקדם השקיה מ - ET_c			שלב
2015	2014	2013	
0.4	0.4	0.5	שלב 1: פריחה – אשכול צפוף
0.15	0.15	0.2	שלב 2: אשכול צפוף – בוחל
0.15	0.15	0.2	שלב 3: בוחל - בציר

לאור האמור גודל מנת המים המיושמת תלויה בגודל הנוף (LAI), ולכן קיימים הבדלים בגודל מנות המים בין הטיפולים. בפועל ההבדל בגודל הנוף אינו משמעותי בניסוי הנוכחי מכיוון שהכרם עובר באופן תדיר "קיטומי צד" לחשיפת הפרי לשמש (יבואר להלן). עם זאת מכיוון שההבדל בין הטיפולים הוא בתדירות מתן ההשקיה, גודל מנת המים שיושמה בכל השקיה הייתה שונה בטיפולים השונים.

פוטנציאל מים

מהפריחה ועד לבציר נמדד פוטנציאל המים בגזע בצהרי היום (Midday Stem Water Potential) אחת לשבועיים בעונות 2013 ו-2014, ואחת לשבוע בעונת 2015. בכדי למדוד את המצב הקיצוני ביותר של משק המים של הגפן, המדידה התבצעה בצהרי היום בין השעות 12:00-14:00 מספר שעות לפני תחילת השקיה (בשעה 19:00). נבחרו עלים בוגרים, שאינם קרועים, וקרובים ככל הניתן לגזע. שעה וחצי לפני המדידה כוסו עלי המדידה בשקית ניילון למניעת אידוי, והוכנסו לתוך כיסוי אלומיניום ייעודי למניעת פוטוסינתזה ומניעת התחממות. בצהרי היום נקטף העלה יחד עם השקיות, והפטוטר נחתכה בסכין סקלפל בכדי ליצור חתך אחיד. לאחר החיתוך, העלה הוכנס יחד עם שקית הניילון לתוך תא המדידה תוך חצי דקה ומטה מרגע הניתוק מהגפן. על מנת לקצר את משך הזמן בין הניתוק למדידה, תאי הלחץ נישאו על גבי מריצות וטרקטורון. בשלב המדידה הוזרם גז חנקן לתוך התא, בקצב אחיד. ברגע שנצפתה "כיפת מים מלאה" על שטח פני הפטוטר נעצרה הזרמת הגז והלחץ נרשם. המדידה התבצעה באמצעות תא לחץ של חברת "mic" מדגם ARIMAD 3000 (חולון, ישראל), כשבמהלכה נמדדו 3 עלים לחזרה, שהם 12 עלים לטיפול, 60 עלים סה"כ ליום מדידה סטנדרטי. במהלך ימי פיזיולוגיה (מדידת מהלך יומי) המדידות נערכו ע"י 2 תאי לחץ במקביל במהלך של חמישה שבבים ביום, סה"כ 300 עלי מדידה ליום.

בתחילת חודש אוגוסט 2015, ביצענו מדידה של פוטנציאל מים בגזע בצהרי היום כל יומיים, במשך שבועיים, סה"כ שש מדידות רציפות. מכיוון שמנות המים שיושמו בכל השקיה היו שונות לכל טיפול, רצינו לבחון את מצב משק המים בגפן גם לאחר מתן ההשקיה, ולא רק יום לפני ההשקיה כשהגפן במצב עקת יובש קיצוני. מדידה זו נעשתה לארבעה טיפולי השקיה: "יומי", "פעמיים בשבוע", "שבועי", ו"פעם בשבועיים".

חילוף גזים

במהלך הניסוי נערכו מדידות חילוף גזים לאורך העונה, אלו בוצעו בימי שמש, בשעות הצהריים בטווח השעות 12:00-14:30. לצורך המדידה נבחרו עלים בוגרים ושלמים החשופים לשמש. בכל יום נמדדו 3 עלים לחזרה, שהם 12 עלים לטיפול, 60 עלים בסה"כ. העלים נמדדו במערכת פוטוסינטטית ניידת מסוג LI-6400XT (LI-COR, Lincoln, Nebraska USA). מערכת זו מורכבת מיחידת בקרה, ומיחידת ה-IRGA (Infra-red gas analyzer). המערכת מחשבת את קצב קיבוע הפחמן ($\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), ואת מוליכות הפיוניות ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) לאחר מדידת קצב הטרנספירציה ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). החישובים נעשים ממדידת ההפרש בין ריכוזי ה- CO_2 וה- H_2O בזרם האוויר הנכנס לתא המדידה לבין ריכוזם בזרם האוויר היוצא מתא המדידה. כדי לצמצם את השונות בין ימי המדידות כל המדידות בוצעו כשבתא המדידה של המכשיר שררו התנאים הבאים:

Flow rate: $500(\mu\text{mol m}^2 \text{ s}^{-1})$
PAR: $1000(\mu\text{mol m}^2 \text{ s}^{-1})$
 CO_2 Reference: $400(\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1})$

אינדקס שטח עלווה

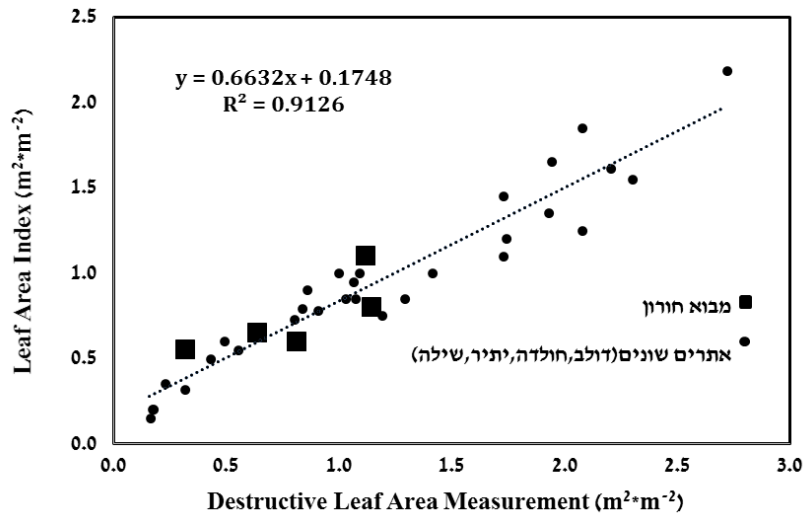
מדידת אינדקס שטח עלווה (LAI – Leaf Area Index) לא הרסנית התבצעה אחת לשבועיים על מנת לעקוב אחר התפתחות הנוף ולקבל נתונים חיוניים לחישוב מנות המים ע"פ האמור לעיל. המדידות נערכו באמצעות מכשיר SUN SCAN (Delta-T Devices, Cambridge UK), המורכב משתי יחידות: מוט גלאים באורך של מטר המצויד ב-64 חיישני קרינה, ומחשב כף-יד המשמש גם כאוגר נתונים. מדידה זו מחשבת את אינדקס שטח העלווה על-פי הקרינה הנמדדת בפני הקרקע (כאשר יש עלווה גדולה אחוז ההצללה גדל ועוצמת הקרינה הנמדדת יורדת). מכיוון שלזווית השמש השפעה ישירה על גודל הצל, מדידה זו מתבצעת כשזווית השמש נמוכה מ- 30° מהזנית. על כן שעות המדידה נתונות לשינוי במהלך העונה בהתאם לזווית המחושבת לפני כל יום מדידה, כשמסגרת הזמנים נעה בין השעות 11:15-14:00 בתחילת העונה (15/04), לבין 10:40-14:50 בשיא העונה (15/07). מדידה זו מתייחסת לשטח העלווה ביחס לשטח הקרקע המוקצה לכל גפן (4.5 מ"ר לכל גפן בכרם המחקר). המרחק בין השורות הינו 3 מ', ומכיוון שבפועל רק מעט מהשטח בין שורות הגפן

מוצל, אין צורך למדוד את כולו, אלא רק את האזור הרלוונטי (1.4 מ"ר). המדידה מתבצעת תחת נוף העץ ובסמיכות לקרקע, ומורכבת מ-8 קריאות שנלקחות כל 20 ס"מ. קריאות אלו נקבעות על פי סימונים המצויים על גבי סרגל מדידה באורך 1.4 מ' שהונח על הקרקע בצמוד ובמאונך לגזע של העץ (איור 4). התוצאה המתקבלת מן המדידה היא ממוצע של שמונת הקריאות תחת העץ, כשהיחידות המתקבלות ממכשיר זה הם מ"ר עלוה למ"ר קרקע. נתון זה מחולק ב-2 מכיוון שערך זה מתייחס לכל השטח הקיים בין שורות הכרם כ-3 מ' ובפועל נמדד רק 1.4 מ'. בכל יום נמדדו 3 גפנים לחזרה, שהם 12 גפנים לטיפול, 60 גפנים בסה"כ.



איור מס' 4: מדידת אינדקס שטח עלוה - LAI. מוט הגלאים מוחזק עם כיוון השורה והסרגל המסמן את מיקום המדידה מוצב בניצב לכיוון השורה. 27/04/2015, כרם הניסוי, מבוא חורון.

כיוול למדידת ה-LAI נעשה באמצעות השוואה בין תוצאות המדידה במכשיר ה-SUN SCAN, לבין תוצאות מדידה הרסנית של אותו העץ, באמצעות מכשיר (LI-COR, Lincoln,) LI-3100 (Nebraska USA). מדידה זו מתבצעת ע"י סריקת כל עלי הגפן שנקטפו מיד לאחר מדידת ה-SUN SCAN, ובכך מתקבלת מדידת שטח העלוה באופן ישיר. תוצאות כיוול זה התבצעו במעבדתנו על כ-30 גפני מדידה שונים באתרי ניסוי שונים (חולדה, שילה, דולב, מבוא חורון), בניסוי הנוכחי (מרלו, מבוא חורון) הכיוול בוצע על חמישה עצי מדידה. מתוצאות אלו מתקבל מתאם גבוה של $R^2=0.91$ (איור 5).



איור מס' 5: עקום כיול של מדידת שטח עלווה – LAI באמצעות מערכת sum-scan, אל מול מדידה הרסנית. זנים שונים (קברנה, מרלו, שיראז), באתרים שונים (מבוא חורון, דולב, שילה, חולדה, יתיר). ריבועים גדולים – מייצגים את המדידות שבוצעו במסגרת המחקר הנוכחי. ניסוי מרווחי השקיה מרלו, מבוא חורון 2015-2013.

קוטר גזע

במהלך הניסוי נמדד קוטר הגזע באמצעות קליבר דיגיטלי תוצרת Metric (דגם 401-111). המדידה בוצעה בגובה של כ-30 ס"מ מעל פני הקרקע, במיקום קבוע. הקליבר הונח אנכית על הגזע ומקביל לפני הקרקע. המדידה נעשתה פעם בשבועיים במשך העונה ועוד מספר פעמים בודדות בחורף (פעם ב-50 יום לערך). במהלך שנות 2013 ו-2014 המדידות נעשו על 12 עצים לכל חזרה, שהם 48 עצים לטיפול סה"כ 240 עצים ביום מדידה. בכדי לשפר את דיוק המדידה החלטנו לשנות את הסימון בשנת 2015 מסרט סימון צבעוני ברוחב 2 ס"מ לסימון ע"י חוט "בננה" שהינו דק וחזק יותר. המדידה בשנה זו נעשתה על 3 עצים לחזרה, שהם 12 לטיפול, סה"כ 60 עצים ליום מדידה.

דנדורומטריה

בסוף חורף 2014 הותקנו 10 תחנות דנדורומטרים של גזע של חברת PhyTech (יד מרדכי, ישראל). כל תחנה כוללת: שני חיישני גזע כאשר כל חיישן בנוי מבוכנה רגישה מאד שיושבת על הגזע ומוודדת את התרחבות והתכווצות הגזע (איור 6), וחיישן קרקעי המודד את תכולת הרטיבות של הקרקע (VWC - Volumetric Water Content). חיישנים אלו מחוברים למשדר שמעביר את הנתונים על בסיס תשתית סלולארית לשרת. רזולוציית מדידת הדנדורומטר היא בטווח של 5 מיקרון (μm) כשהמדידה נעשית באופן רציף כל השנה (קריאה כל שעה). ניתן לראות את הנתונים דרך רשת האינטרנט באתר החברה.



איור מס' 6: דנדרומטר מותקן על גפן מדידה. ניסוי מרווחי השקיה מרלו, מבוא חורון 2014-2015.

מדידה רציפה של תכולת רטיבות בקרקע

בתחילת חודש יוני (2014) הוכנסה מערכת IrriWise (נטפים, ישראל), למדידה רציפה של רטיבות נפחית בקרקע (VWC - Volumetric Water Content). מערכת זו בנויה ממשדר אליו מחוברים 3 חיישני רטיבות נפחית מסוג NetaSense (איור מס' 7). חיישן זה עובד על עקרון של TDT (Time Domain Transmittance) המתבצעת ע"י מדידת המוליכות החשמלית של הקרקע סביב החיישן. המוליכות נגזרת ממצב המים בקרקע, ככל שהקרקע רוויה יותר במים כך גם מוליכות הקרקע גבוהה יותר (Charlesworth 2005; Robinson et al. 2008). הנתונים המתקבלים הם באחוזים כשהערך המקסימלי המתקבל כשהחיישן נמצא במים הוא 50%. חמישה משדרים הותקנו בבלוק מס' 2, כלומר משדר לכל טיפול. העומקים שנבחרו הם 20, 40 ו-60 ס"מ. המדידה נעשית באופן רציף, כל השנה, כאשר הקריאות נרשמות כל 15 דק' בממוצע. הנתונים מועברים למשדר ביניים ונשלחים בתשדורת סלולרית לשרת, את הנתונים ניתן לראות ולהוריד דרך אתר החברה.



איור מס' 7: חיישן NetaSense מוכנס לקרקע, מרלו, כרם מבוא חורון.

לפני הטמנת החיישנים לקרקע, ביצענו עקומי כיוול לחיישנים. הבדיקה נעשתה ע"י הכנה של 5 קרקעות בעלות רטיבות נפחית ידועה מראש: 5, 15, 20, 25, ו-40 אחוזים, והטבלה של החיישן בדלי עם מים לקבלת רוויה מוחלטת (50%). הבדיקה נעשתה באתר הניסוי, ע"י הכנסת קרקע מהשטח לבקבוקים תוך הוספה וערבוב של מנת מים מדודה ושונה לכל בקבוק. כדי לחשב את ערך הרטיבות האמתי שהיה בבקבוקים, נעזרנו בשיטה הגרבימטרית, כשדוגמאות הקרקע נלקחו בסוף הכיול לפקולטה לחקלאות (רחובות), הועברו לשקיות נייר והוכנסו לתנור ב-105° לאידוי המים למשך 72 שעות. הקרקע נשקלה לפני הכנסתה לתנור ולאחר הוצאתה מהתנור. ההפרש במשקל הקרקע לחלק במשקל הקרקע לפני הכנסתה לתנור, נתן לנו את ערך הרטיבות המשקלית ע"פ הנוסחה להלן:

$$W_m = \frac{M_w}{M_s}$$

W_m - תכולת רטיבות משקלית (%)

M_w - מסת המים (גר')

M_s - מסת הקרקע (גר')

כדי לקבל את ערך תכולת רטיבות נפחית, יש לחלק את הרטיבות המשקלית בערך הצפיפות הגושית.

$$w_v = \frac{w_m}{d_b}$$

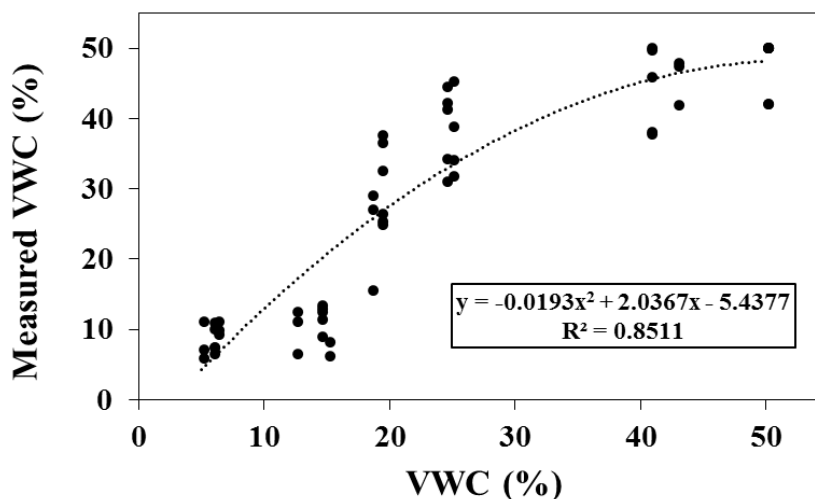
W_m - תכולת רטיבות משקלית (%)

d_b - צפיפות גושית (גר/ס"מ³)

W_v - תכולת רטיבות נפחית (%)

הצפיפות גושית היא היחס בין משקל הקרקע לבין הנפח שאותו הוא ממלא. בדיקה זו נעשתה במעבדה באמצעות מבחנת 50 מ"ל תוך הכנסת קרקע למבחנה מאתר הניסוי (להב וחובריו 1999). הכנת עקום כיוול למערכת בוצעה לפני הטמנת מערכת ה-IrriWise בקרקע ב-06/2014. מתוצאות הכיול (איור 8) ניתן לראות שמדידת הרטיבות נפחית בקרקע ע"י החיישנים נעשית באופן לא מדויק. ציר ה" X " בגרף מייצג את ערכי נפח תכולת המים בקרקע (באחוזים) כפי שנמדדה בשיטה הגרבימטרית, וציר ה" Y " מתייחס לתוצאות שהתקבלו ע"י החיישנים של מערכת ה-IrriWise. כפי שנראה ערכי תכולת המים האמתית בקרקע (ציר ה" X ") בערכים הנמוכים (0%-10%) והגבוהים (40%-50%) נמדדים בצורה יחסית טובה, בהשוואה לטווח הערכים שמתקבלים בערכי תכולת המים הבינונית (10%-40%). בערכים אלו של 12%-15% בתכולת המים האמתית (ציר ה" X ") מתקבלים מהחיישנים תוצאות יותר נמוכות (6%-12%), ובערכי 20%-25% (ציר ה" X ") מתקבלות תוצאות הגבוהות מהערכים האמתיים בין 25% ל-45%. מכיוון שאין אחידות במגמת הסטייה וכן

בפיזור התוצאות של החישוב, קשה להסתמך על הערכים המתקבלים מהחישובים כעל ערכים אבסולוטיים של נפח תכולת המים בקרקע, אלא רק כדי לקבל תמונת מצב של מחזורי הרטבה וייבוש בקרקע.



איור מס' 8: עקום כיוול של מדידת תכולת רטיבות נפחית בקרקע ע"פ השיטה הגרבימטרית בציר ה"X", אל מול מדידה ע"פ חיישני NetaSense במערכת ה-IrriWise (נטפים, ישראל). ניסוי מרווחי השקיה מרלן, מבוא חורון 2014.

מדידות אנטומיות של העצה וחישוב מוליכות הידראולית

בסוף הניסוי (נובמבר 2015) נעשה מיפוי הידראולית של כל הטיפולים, שבוצע ע"י מדידת שטח חתך הרוחב של הטרכאות בטבעות השנתיות של העצה. לשם כך נלקחו דוגמאות מן הגזע והזמורות מ-4 עצים לכל טיפול (סה"כ 20 עצים). גלילי עצה בקוטר של 5.15 מ"מ נלקחו מן הגזע בגובה של 40 ס"מ באמצעות מקדח ייעודי (Haglöf Increment Borer, Sweden). דגימות מהזמורה נלקחו באמצעות מזמרה, מהפרק השלישי של הסעיף הרביעי מפיצול הבדים. גליל הגזע וקטעים מהזמורות נחתכו לפרוסות דקות בעובי של 120 מיקרון באמצעות מיקרוטום החלקה (Reichert Nr 17 800, Austria). פרוסות אלו נצבעו בצבע RG (Reactive Genevoise) וצולמו בניקולר (Olympus sz x7, Tokyo, Japan) עם מצלמה מובנית (Olympus u-tv 0.5xc-3, Tokyo, Japan). תמונות אלו נותחו באמצעות תוכנת ImageJ (Image Processing and Analysis in Java) (איור מס' 9). מן הניתוח מתקבלים מספר מדדים: שטח כולל מנותח, מספר, קוטר ושטח לכל טרכיאה



א

מנותחת. ע"פ נתונים אלו ניתן לחשב את מוליכות המים הכוללת $(\text{kg m}^{-1} \text{MPa}^{-1} \text{s}^{-1})$, ומוליכות מים תיאורטית עבור טבעת שנתית $(\text{kg m MPa}^{-1} \text{s}^{-1})$ בעזרת נוסחת פואסיי-האגן המותאמת לזרימת מים בצמחים (Tyree and Ewers, 1991):

$$k_n = \frac{\pi\rho}{128\eta} \sum(d_i^4)$$

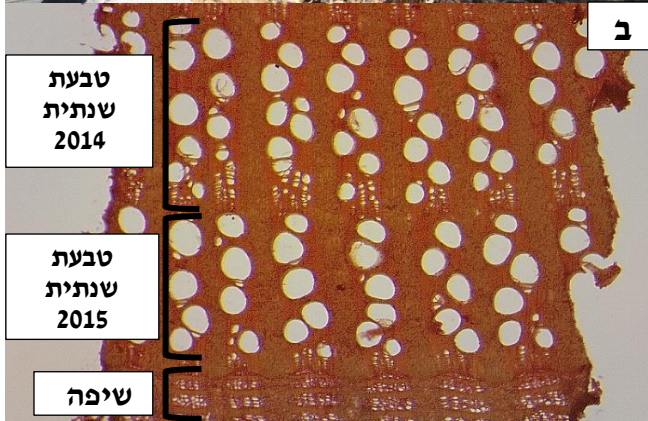
k_n – מוליכות הידראולית

π – פאי

ρ – צפיפות החומר

η – צמיגות החומר

d^4 – קוטר הטרכיאה

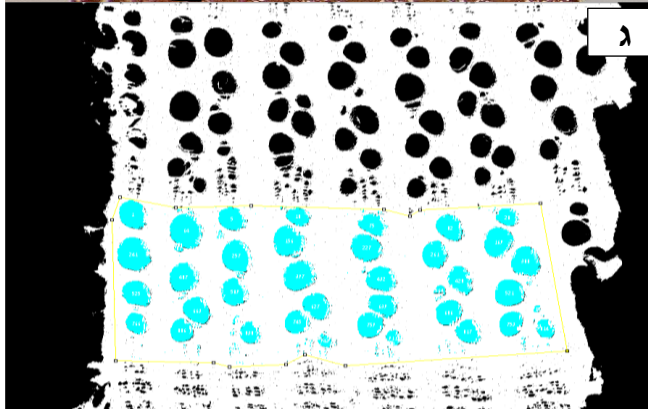


ב

טבעת
שנתית
2014

טבעת
שנתית
2015

שיפה



ג

חישוב המוליכות ההידראולית נעשה על 3 טבעות שנתיות אחרונות (2015-2013). כל הטרכיאות ששטחן נמדד חולקו לקבוצות גודל שונות. בנוסף, כדי לערוך השוואה לקוטר ממוצע של טרכיאות גדולות וקטנות, הוגדרו בגזע טרכיאות "גדולות" כבעלות קוטר של מעל 100 מיקרון, וטרכיאות "קטנות" כבעלות קוטר קטן מערך זה. בזמורות, טרכיאה בעלת קוטר של 30 מיקרון ומעלה הוגדרה "גדולה", ולטרכיאה הקטנה מ-30 מיקרון הוגדרה כ"קטנה".

איור מס' 9 : א. קידוח בגזע. ב. צילום חתך רוחב של גזע בעזרת הבינקולר. ג. חתך הגזע לאחר עיבוד בתוכנת ImageJ, כולל ניתוח הטרכיאות. מרלו, מבוא חורון, 2015.

יבול ומרכיביו

בכדי לקבל מדידה מדויקת ככל שניתן על כלל מרכיבי היבול, נעשה בציר באופן ידני אשר כלל: ספירת אשכולות לכל גפן בנפרד, שקילת היבול הכללי (ק"ג יבול לגפן), וכן שקילת 100 גרגרים לכל חזרה.

בשנת 2014 התבצע מעקב התפתחות הגרגר פעם בשבועיים, מסוף מאי עד לבציר (אוגוסט). מעקב זה כלל איסוף 100 גרגרים לכל חזרה (20 חזרות), שקילתם ולאחר מכן בדיקת Brix ו-pH מהתירוש שהופק מהם.

לאור תוצאות 2013 ו-2014 בוצע דילול אשכולות בעונה 2015 ב-23/07/15 על מנת לקבל יבול איכותי תוך הגעה ליבול מטרה של 1.2 טון לדונם, כמקובל בכרמים מסחריים.

הכנת יין ואנליזה

לאחר הבציר היבול נלקח ליקב המחקרי באריאל, והוכן יין בנפרד לכל חזרה במיקרו-וינפיקציה. מהתירוש נלקחו מדדי ה-°Brix, pH, ו-TA. בגמר תהליך ייצור היין ביקב המחקרי באריאל, נלקחו מספר מדדים המעידים על איכות היין. לקבלת הערך של עוצמת הצבע (color density) היין נמדד באמצעות ספקטרופוטומטר באורכי גל: 420, 520, ו-620 ננומטר (nm) ע"פ החישוב:

$$\text{Color Intensity} = \text{OD } 420 + \text{OD } 520 + \text{OD } 620$$

לקבלת ערך גוון היין (color hue) יש לחלק את תוצאת אורך הגל 420nm (צהוב) באורך הגל 520nm (אדום) ע"פ החישוב:

$$\text{Color Hue} = \frac{\text{OD } 420}{\text{OD } 520}$$

ככל שערך המתקבל מן החישוב (color hue) יהיה נמוך יותר, גוון היין אדום יותר באופן יחסי. את ריכוז הפנולים קיבלנו באמצעות קריאה באורך גל 280nm (Ribéreau-Gayon at el. 2006). בנוסף התבצעה הערכה אורגנולפטית ע"י קבוצת טועמים (6 טועמים) שהוכשרה לכך ביקב באריאל ע"י ד"ר שיבי דרורי.

תוצאות

פנולוגיה ואקלים

ההתפתחות הפנולוגית של הגפן בחלקות הניסוי הייתה דומה במהלך שלושת שנות הניסוי (טבלה 2). הניצנים לבלבו בשליש האחרון של חודש מרץ והבציר התבצע באמצע חודש אוגוסט כאשר ה-Brix ° של התירוש הגיע ל-24.5. העונות 2013-2015 התאפיינו באקלים ממוצע לאזור כשהשפעה העיקרית של האקלים על ההשקיה נגזרת מההתאדות הפוטנציאלית (ET_0) שהייתה דומה מאד בשנות הניסוי. ערכי ההתאדות הפוטנציאלית היו בטווח של 3-4 מ"מ/יום בחודש מרץ ועם 6 מ"מ/יום בחודש אוגוסט (טבלה 4). עונת 2013 החלה לאחר גשמי חורף ממוצעים לעונה (356 מ"מ), אבל עם אירועי גשם מאוחרים יחסית בין הבלוב לשיא הפריחה שחלה באמצע חודש מאי (טבלה 3). טמפי' המקסימום בחודשים יולי-אוגוסט היו נמוכות יחסית ($32-30^{\circ}C$), כשסכום ההתאדות העונתית המחושבת (ET_0) עמד על 841 מ"מ (לבלוב עד בציר). עונת 2014 התאפיינה בגשמים מועטים יחסית (261 מ"מ) אבל עם גשמים מאוחרים מרובים (86 מ"מ לאחר תחילת הבלוב בזמן הפריחה), דבר שגרם לעצירת ההשקיה לאחר כשבוע ממועד ההתחלה. הטמפי' היו ממוצעות לעונה פרט לחודש אפריל עם טמפי' מקסימום ($28^{\circ}C$) מעט יותר גבוהה מהממוצע החודשי, כשההתאדות המחושבת (ET_0) לעונה הייתה ממוצעת עם 814 מ"מ. עונת 2015 הייתה גשומה במיוחד עם 607 מ"מ, אבל עם אירוע גשם אחרון באמצע אפריל ולא במאי בשונה מהעונות הקודמות. חודשים מרץ-יוני התאפיינו בטמפי' ממוצעות, בעוד שחודשים יולי-אוגוסט היו מעט יותר חמים מן הממוצע, כאשר סך ההתאדות המחושבת (ET_0) בעונה זו הייתה מעט נמוכה מן הממוצע עם 799 מ"מ.

טבלה מס' 2: תאריכים פנולוגיים עיקריים במהלך תקופת המחקר. ניסוי מרווחי השקיה מרלו, מבוא חורון 2013-2015.

שנה	לבלוב	100% פריחה	אשכול צפוף	95% בוחל	בציר 1	בציר 2
2013	20/03	06/05	23/06	25/07	12/08	18/08
2014	24/03	01/05	12/06	30/07	21/08	--
2015	24/03	11/05	16/06	27/07	17/08	--

טבלה מס' 3: כמויות הגשם שנמדדו באתר הניסוי בשתי תקופות: סתיו-חורף, ואביב-קיץ. וכן מועד גשם אחרון וסכום ההתאדות הפוטנציאלית המחושבת (ET_0). ניסוי מרווחי השקיה מרלו, מבוא חורון-2015-2013.

שנה	גשמי סתיו-חורף (מ"מ) 20/03-01/10	גשמי אביב-קיץ (מ"מ) 01/06-21/03	אירוע גשם אחרון	התאדות פנמן עונתית (מ"מ) 20/08-21/03
2013	356	30	15/05/2013	841
2014	261	86	07/05/2014	814
2015	607	56	12/04/2015	799
ממוצע	408	57	---	818

טבלה מס' 4: ממוצע טמפרטורת מקסימום ומינימום לכל חודש, וממוצע חודשי של ההתאדות הפוטנציאלית המחושבת (ET_0). הנתונים התקבלו מתחנה מטאורולוגית במבוא חורון, ומתחנות גמזו ומודיעין. 2015-2013.

חודש	מרץ			אפריל			מאי			יוני			יולי			אוגוסט		
	מ"מ	מקס °C	מינ °C	מ"מ	מקס °C	מינ °C	מ"מ	מקס °C	מינ °C	מ"מ	מקס °C	מינ °C	מ"מ	מקס °C	מינ °C	מ"מ	מקס °C	מינ °C
2013	8	23	4	10	24	5	13	29	6	16	30	6	18	30	6	18	32	6
2014	9	23	3	11	28	5	14	30	5	16	32	6	18	33	6	20	34	6
2015	9	22	4	9	25	5	13	30	5	16	30	6	17	34	6	21	35	6
ממוצע	9	23	4	10	26	5	13	29	5	16	31	6	18	32	6	19	34	6

השקיה

בניסוי הנוכחי תחילת ההשקיה תוכננה לזמן הפריחה, כשמקדם ההשקיה משתנה בהתאם לשלבים הפנולוגיים (כפי שתואר לעיל). בעונת 2013 ההשקיה החלה בתאריך 01/05 (טבלה מס' 5) ע"פ המקדמים שתוכננו (טבלה 1). בעוד שבעונת 2013 ההשקיה עברה ללא חריגות מהתוכנית המקורית, בשנת 2014 ההשקיה החלה כמתוכנן ב-01/05, אך לאחר שבוע נאלצנו לעצור את ההשקיה מכיוון שב-07/05 ירדו באתר הניסוי כ-70 מ"מ גשם. ההשקיה חודשה לאחר שלושה שבועות ב-29/05. לאחר שבתום עונת 2013 הגענו למסקנה כי דרגת עקת היובש שאליה נחשפו הגפנים במהלך העונה לא הספיקה כדי להשפיע באופן חיובי על איכות היין, קיבלנו החלטה להוריד את מקדמי ההשקיה מ-0.5 בשלב 1 (פריחה-אשכול צפוף) ל-0.4, ובשלב 2 ו-3 (אשכול צפוף-בציר) מ-0.2 ל-0.15 (טבלה מס' 1). בשל כך מנת המים שיושמה בעונת 2014 הייתה נמוכה באופן משמעותי בהשוואה לגודל מנת המים שניתנה בעונת 2013. כמו כן בעונה זו (2014) טיפול ההשקיה "פעם בשבועיים" קיבל 63 מ"מ מים, מנה גדולה ב-18% בהשוואה לממוצע מנת המים של יתר הטיפולים. חריגה זו נבעה

מטעות בחישוב גודל מנות המים, באופן שמקדם ההשקיה בשלבים 2 ו-3 נותר על 0.2 במקום 0.15. כפי שתוכנן מראש. למרות הפחתת מקדמי ההשקיה, מדדי איכות היין ועקת היובש עדיין לא הגיעו ליעד הרצוי בסוף עונת 2014, ולכן הוחלט כי בעונת 2015 ההשקיה תתחיל רק לאחר שפוטנציאל המים של הגזע בצהרי היום יגיע לערך של 0.8 MPa- (מסקנות ראשוניות מניסוי שבו נבחנה ההשפעה של מועד תחילת השקיה, שילה). על כן, בעונת 2015 לא ניתנה כלל השקיה במהלך שלב 1 (פריחה-אשכול צפוף) דבר שהביא לירידה ניכרת בגודל מנות המים העונתית בהשוואה לעונות 2013 ו-2014 (טבלה 5). בנוסף על כך הוחלט כי הטיפול שהיה בעונות 2013 ו-2014 "טיפול מצטופף", לא יקבל בעונת 2015 השקיה כלל, ויגודל בעונה זו כגידול בעל.

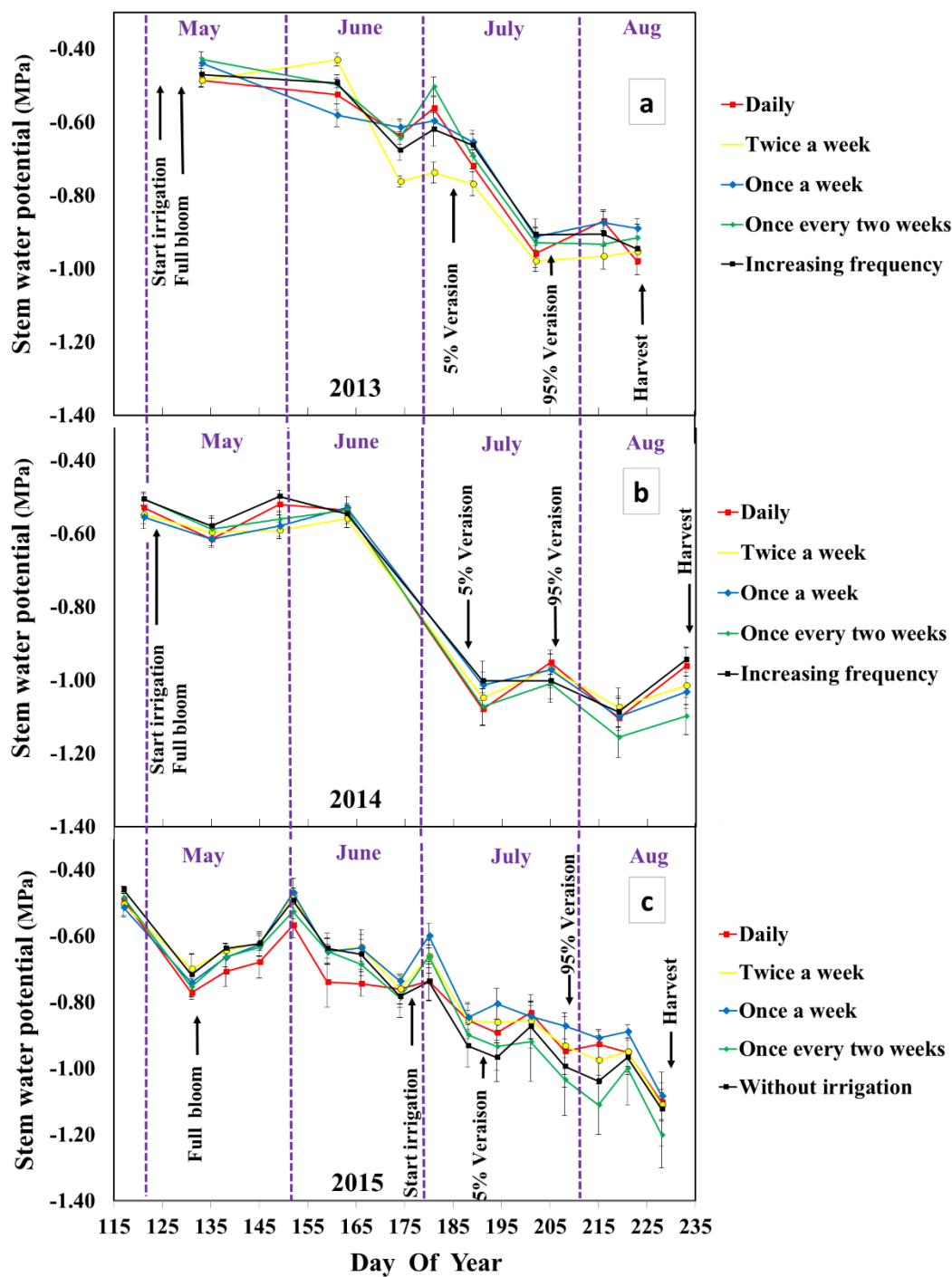
טבלה מס' 5: תאריכים של תקופת השקיה מחושבת, ומנות מים שיושמו ע"פ הטיפולים השונים. ניסוי מרווחי השקיה מרלו, מבוא חורון 2013-2015.

מנות מים (מ"מ) עד בציר					תקופת השקיה מחושבת		שנה
מצטופף	פעם בשבועיים	שבועי	פעמיים בשבוע	יומי	בציר	פתיחת השקיה	
103	100	101	112	105	18/08	01/05	2013
48	63	45	43	45	21/08	01/05	2014
ללא השקיה	27	30	31	32	20/08	26/06	2015

פוטנציאל מים בגזע

מדידת פוטנציאל המים בגזע נעשתה בשעות הצהריים של היום לפני ההשקיה על מנת למדוד את הערך הנמוך ביותר המתקבל במרווח בין שתי השקיות. בעונת 2013 נעשו מדידות אחת לשבועיים (איור 10a) כשהמדידה הראשונה בוצעה באמצע מאי (13/05), מעט אחרי שיא הפריחה, ונתקבל ממוצע של 0.48 MPa- והמדידה האחרונה בוצעה באוגוסט (11/08) סמוך לבציר ונתקבל ממוצע של 0.95 MPa-. בתחילת העונה בין מאי לתחילת יולי, הירידה בערכי פוטנציאל המים הייתה מתונה עם הפרש של כ- 0.1 MPa, ובהמשך העונה מתחילת יולי עד לבציר, הירידה של פוטנציאל המים נעשתה חדה יותר עם הפרש של כ- 0.3 MPa. הערכים הנמוכים ביותר מאמצע העונה (סוף יוני) ועד לסופה, נמדדו בטיפול ההשקיה "פעמיים בשבוע". ברוב ימי המדידה טווח הפיזור של ערכי פוטנציאל המים בין טיפולי ההשקיה היה קטן יחסית ועמד על ממוצע של 0.1 MPa- ולכן גם לא נצפו הבדלים מובהקים מבחינה סטטיסטית. בשנת 2014 הצבנו מטרה להגיע בסוף העונה לערכים יותר שליליים מאשר ב-2013 ולכן הורדנו את מקדמי ההשקיה כמו שתואר לעיל (חומרים ושיטות - טבלה 1). בעונה זו בוצעו מדידות תא לחץ אחת לשבועיים (איור 10b) מתחילת מאי ועד לבציר (מדידה אחת לא בוצעה בסוף יוני עקב תקלה טכנית). בתחילת העונה ערכי פוטנציאל המים שנמדדו עמדו על 0.53 MPa- בממוצע, והירידה בערכים במהלך העונה עד לחודש יולי חלה באופן מתון, והחל מחודש יולי עד לבציר באופן חד יותר, בתבנית דומה לזו של 2013. עד לסוף חודש יולי לא

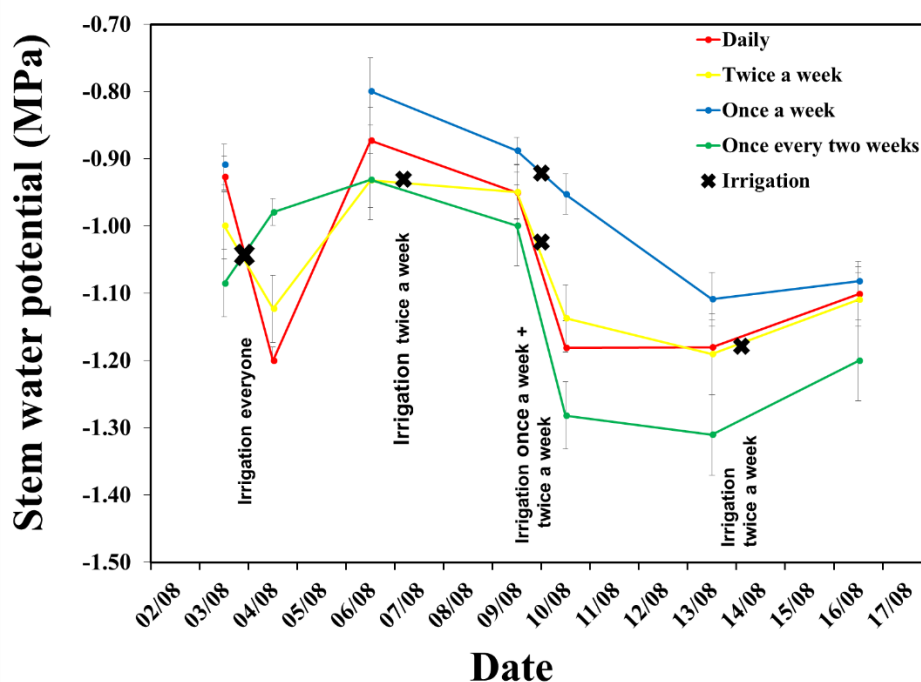
נראו הבדלים בין הטיפולים, אולם בשני ימי המדידה האחרונים, שנעשו בחודש אוגוסט לקראת הבציר, נמדדו בין הטיפולים הבדלים קטנים בפוטנציאל המים (לא מובהק). בטיפול ההשקיה "פעם בשבועיים" נרשמו ערכי פוטנציאל מים יותר שליליים בהשוואה לטיפולים האחרים. כאשר ההבדל הגדול ביותר נמדד יום לפני הבציר (20/08) בטיפול ההשקיה "פעם בשבועיים" עם ערך של MPa של 1.1-, בהשוואה ל-0.95 MPa בטיפול ההשקיה "היומית" "המצטופף". לאור תוצאות פוטנציאל המים בשנים 2013 ו-2014 הוחלט על תחילת השקיה מאוחרת כדי להגיע בסוף העונה לערכי פוטנציאל מים נמוכים יותר (טבלה 5). התכנון היה להתחיל בהשקיה רק לאחר שפוטנציאל המים יגיע לערך של 0.8 MPa-, וכמו כן לא לפתוח השקיה כלל לטיפול ההשקיה "המצטופף". בשנה זו (2015) מדידות פוטנציאל המים בוצעו אחת לשבוע מתחילת מאי ועד לבציר (איור 10c), כשההשקיה החלה רק ב-26/06/15. בניגוד לשנים 2013 ו-2014 לא נראתה ירידה חדה יותר מחודש יולי והלאה, אלא ירידה מתונה במהלך כל העונה, כשערכי פוטנציאל המים בתחילת עונה זו היו דומים לקודמותיה עם 0.49 MPa- בממוצע, ולפני הבציר הערכים הגיעו ל-1.12 MPa- בממוצע. בתחילת העונה, ממאי ועד לתחילת ההשקיה בסוף יולי, פוטנציאל המים של גפני טיפול ההשקיה "היומית" היה השלילי ביותר (לא מובהק), בעוד שבשאר הטיפולים נמדדו ערכים פחות שליליים, קרובים מאד אחד לשני. עונה זו התאפיינה בפתיחת הבדלים (לא מובהקים) בין הטיפולים רק מחודש יולי ואילך, מיד לאחר פתיחת ההשקיה, כשטיפול ההשקיה "השבועיים" היה המשופר ביותר מיולי ועד לבציר, כשטיפול ההשקיה "פעם בשבועיים" היו ערכי פוטנציאל המים השלילים ביותר ברוב ימי המדידות. באופן מפתיע למדי הטיפול "ללא השקיה" (המצטופף), שלא קיבל מים כלל עד לבציר, לא הראה את ערכי פוטנציאל המים השליליים ביותר (איור 10c).



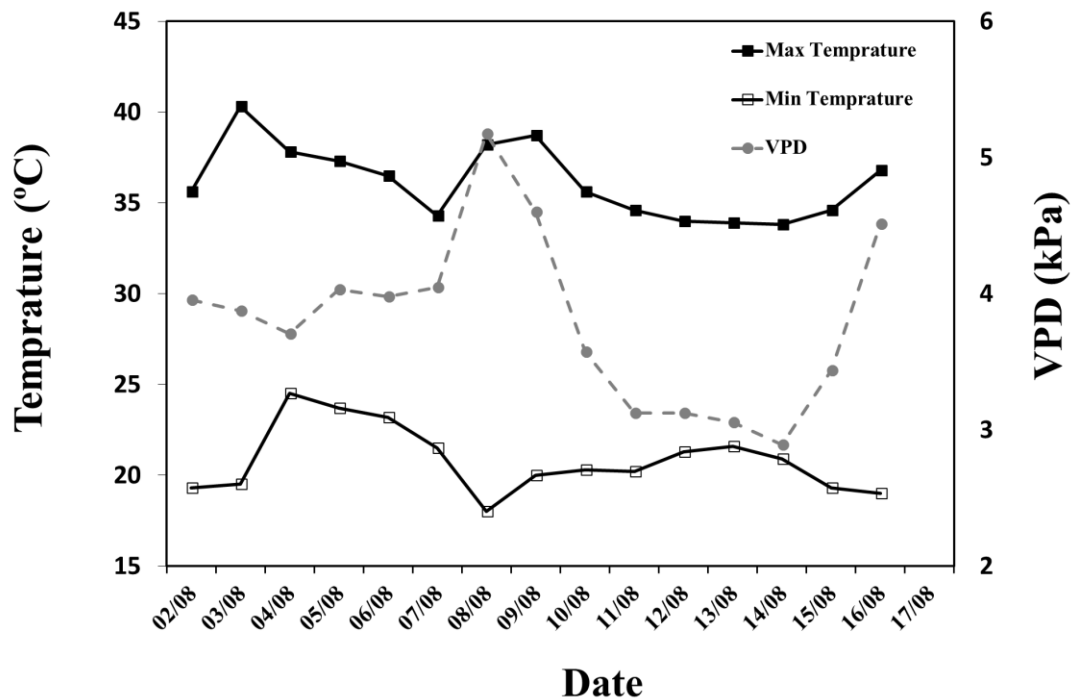
איור מס' 10: מהלך עונתי של פוטנציאל המים בגזע בצהרי היום, נמדד באמצעות תא לחץ, בטיפולים השונים. a. עונה 2013, b. עונה 2014, c. עונה 2015. כל נקודה מייצגת ממוצע של 12 עלים. ניסוי מרווחי השקיה מרלו, מבוא חורון 2013-2015.

בעונת 2015 לקראת הבציר בוצע מדידת פוטנציאל המים של הגזע מידי יומיים במשך שבועיים (16/08-03/08). החידוש במדידה זו בהשוואה לשאר מדידות פוטנציאל המים שהיא בוצעה גם לאחר ההשקיה ולא רק יום לפני ההשקיה. מעקב זה מציג את השינוי בפוטנציאל המים בין ההשקיות ואת ההשפעה שיש לגודל מנת המים ולמשך הזמן בין ההשקיות על מהלך השינוי בפוטנציאל המים.

בשבוועיים אלו נרשם ממוצע טמפרטורה של 36.1 מ"צ, וממוצע גירעון לחץ אדים של 3.8 kPa. בתאריך 03/08 טמפי' המקסימום שנמדדה הייתה גבוהה יחסית ועמדה על 40.3 מ"צ, וגירעון לחץ האדים עמד על 3.9 kPa (איור 12), בשעות הערב של אותו יום ניתנה השקיה לכלל הטיפולים. מתוצאות יום המדידה (04/08) לאחר ההשקיה שניתנה לכולם עולה, כי בטווח הקצר ערכי פוטנציאל המים בטיפולי ההשקיה "היומי" ו"פעמיים בשבוע", לא רק שלא שופרו אלא אף נעשו שליליים יותר (איור 11). לעומת זאת בטיפול ההשקיה "פעם בשבועיים" הערכים השתפרו בשני מועדי המדידה הבאים. בטיפול ההשקיה "השבועי" הייתה תקלה שמנעה מאתנו למדוד את פוטנציאל המים ב-04/08, אך ערכיו השתפרו שלושה ימים לאחר מכן ב-06/08. בתאריך 09/08 טמפרטורת הסביבה עמדה על 38.7 מ"צ וגירעון לחץ אדים עמד על 4.6 kPa, אשר גרמו יום לאחר מכן (10/08) לירידת הערכים בכל הטיפולים, למרות שבאותו יום ניתנה השקיה בטיפולי ההשקיה "היומי", "פעמיים בשבוע" ובטיפול ההשקיה "השבועי". ניתן לראות כי בטיפול השקיה "פעם בשבועיים" נרשמה ב-10/08 הירידה הגדולה ביותר, כאשר מועד ההשקיה האחרון של הטיפול היה שבוע לפני כן. לאחר מכן נצפתה התמתנות בירידת ערכי פוטנציאל המים עקב ירידת טמפי' והתמתנות של ההתאדות. עקב שיפור בתנאי הסביבה במדידה האחרונה 16/8 נמדד שיפור קל בערכי פוטנציאל המים בכל הטיפולים.



איור מס' 11: מהלך של פוטנציאל המים בגזע בצהרי היום, במשך שבועיים. נמדדו ארבעה טיפולים: "היומי", "פעמיים בשבוע", "שבועי" ו"פעם בשבועיים". נערכו שבע מדידות בין התאריכים 03/08-16/08. כל נקודה מייצגת ממוצע של 12 עלים. ✕ - מייצג פתיחת השקיה בטיפולים השונים, פרט לטיפול ההשקיה היומי. ניסוי מרווחי השקיה מרלו, מבוא חרוון 2015.



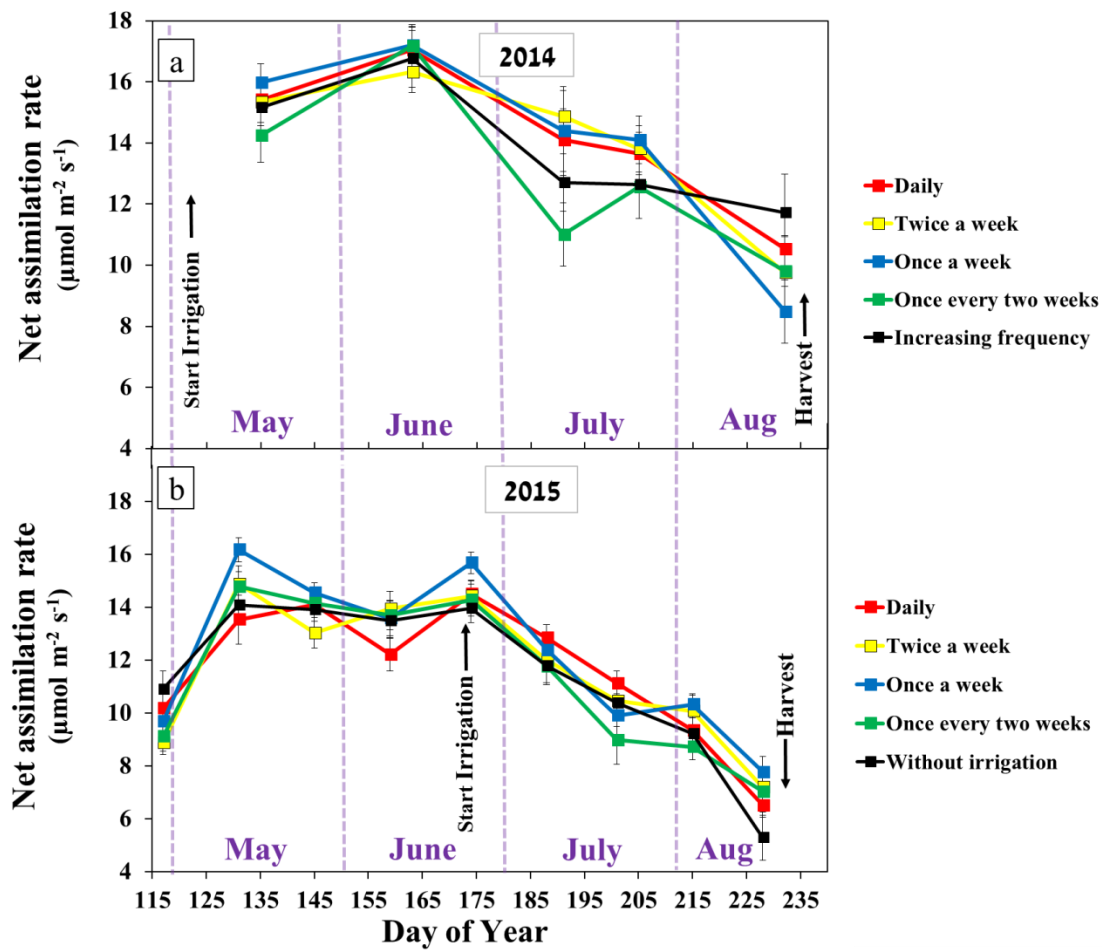
איור מס' 12: ערכים יומיים של טמפרטורת מקסימום ומינימום (°C) ושל הגירעון לחץ האדים (VPD) במשך שבועיים בין התאריכים 16/08-03/08. הנתונים נמדדו בתחנה המטאורולוגית האזורית הסמוכה לחלקת המחקר. ניסוי מרווחי השקיה מרלו, מבוא חורון 2015.

חילוף גזים – קצב קיבוע פחמן ומוליכות פיוניות

מדידות עונתיות של קצב חילוף הגזים נעשו באמצעות מערכת פוטוסינטטית ניידת מסוג LI-6400XT. המדדים כוללים את קצב קיבוע הפחמן ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) ומוליכות הפיוניות ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). בעונת 2014 בוצעו חמישה ימי מדידה, ובעונה 2015 בוצעו תשעה ימי מדידות, מדידה אחת לשבועיים. ניתן לראות כי במדדי חילוף הגזים נצפתה בכל הטיפולים תבנית עונתית דומה (איורים 13 ו-14). הערכים שנמדדו בעלווה הצעירה נמוכים יחסית, כאשר קצב חילוף הגזים מצוי בשיאו בחודש יוני, ולאחר מכן עד לבציר נמדדה ירידה הדרגתית בערכים המבטאים ירידה בפעילות הפוטוסינטטית.

בעונת 2014 (איור 13a) נמדד באמצע יוני (12/06/14) שיא בקצב קיבוע הפחמן, ומתאריך זה הקצב הולך ופוחת בהדרגה. קצב קיבוע הפחמן בשתי המדידות הראשונות בחודש מאי ויוני, עם ערכים דומים בין הטיפולים, ואילו באמצע חודש יולי נמדדו הבדלים קטנים יחסית כשבטיפול ההשקיה "פעם בשבועיים" נמדד קצב קיבוע הפחמן הנמוך מבין הטיפולים עם $11 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, ובטיפול ההשקיה "פעמיים בשבוע" נמדד הקצב הגבוה ביותר של $14.9 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. העונה מסתיימת בירידה חדה בקצב קיבוע הפחמן של טיפול ההשקיה "השבועי" עם הערך הנמוך ביותר של $8.5 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, ובטיפול ההשקיה "המצטופף" עם קצב שכמעט ואינו נפגע ביחס למדידה של סוף יולי, עם הערך הגבוה ביותר של $11.7 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

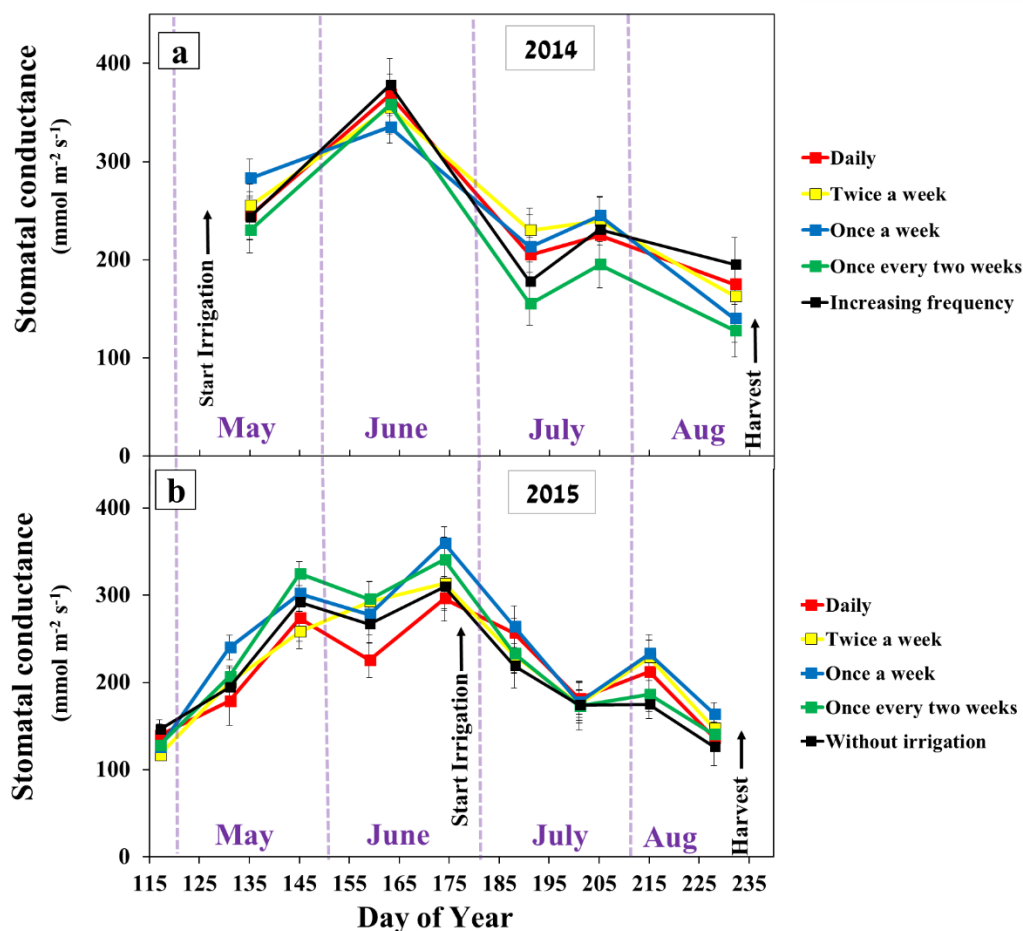
בתחילת עונת 2015 (איור 13b) נמדדו בכל הטיפולים ערכים נמוכים יחסית עם ממוצע של $5.3 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, ואילו בטיפולי ההשקיה "השבועי" נמדד הקצב הגבוה ביותר של $7.8 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. נקודת שיא קצב קיבוע הפחמן בגרף נמדדה באמצע מאי, פרט לטיפול ההשקיה "היומי" בו ערך השיא נתקבל בסוף חודש יוני. עד לתחילת ההשקיה בסוף חודש יוני ניתן לראות שבדרך כלל טיפולי ההשקיה "השבועי" הציג את הערכים הגבוהים ביותר. בסוף חודש יוני בו מתחיל הבוחל נמדדה ירידה הדרגתית בערכים, כשבכל ימי המדידה לא נרשמו הבדלים מובהקים בקצב קיבוע הפחמן בין הטיפולים. בסוף העונה, כצפוי, הטיפול שהציג את קצב קיבוע הפחמן הנמוך ביותר הוא הטיפול "ללא השקיה", כשביום המדידה האחרון נמדדו ערכים של $5.3 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, ואילו בטיפולי ההשקיה "השבועי" נמדד הקצב הגבוה ביותר של $7.8 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.



איור מס' 13: מהלך עונתי של קצב קיבוע פחמן בשתי עונות: a – 2014, b – 2015. המדידות בוצעו במערכת לחילוף גזים LI-6400XT. כל נקודה בגרף מייצגת ממוצע של 12 עלים. ניסוי מרווחי השקיה מרלו, מבוא חורון 2015-2014.

נמצא כי השינויים העונתיים בערכי מוליכות הפיוניות דומים לאלו של קצב קיבוע הפחמן. תחילת העונה מאופיינת בערכים נמוכים יחסית, שעולים לשיא בחודש יוני, ומשם ירידה עד לסוף חודש אוגוסט.

בעונת 2014 מדידות מוליכות הפיוניות החלו באמצע חודש מאי (איור 14a) ונתקבל ערך ממוצע של $251 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. ערכי השיא לעונה נמדדו בחודש יוני עם ממוצע של $351 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. החל מחודש יולי נמדדו בין הטיפולים הבדלים קטנים (לא מובהקים) במוליכות הפיוניות. בטיפול ההשקיה "פעם בשבועיים" נמדדו ערכי המוליכות הנמוכים ביותר בתחילת העונה וכן בסופה, כשטיפול ההשקיה "המצטופף" נמדדו בסוף העונה ערכי מוליכות הפיוניות הגבוהים ביותר. בטיפול ההשקיה "השבועי" נמדדו ערכי מוליכות הפיוניות הגבוהים ביותר בתחילת העונה, כאשר בסוף העונה נמדדו ערכים דומים לאלו שנמדדו בטיפול ההשקיה "פעם בשבועיים". בעונת 2015 (איור 14b) המדידות החלו בסוף אפריל ונמדדה עלייה הדרגתית במוליכות הפיוניות עד לסוף חודש יוני. בסוף אפריל נמדד ערך ממוצע של $131 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ללא הבדל בין הטיפולים, ובסוף חודש יולי נמדד בטיפול ההשקיה "השבועי" ערך שיא של $359 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. באותו מועד נמדדו בטיפול ההשקיה "היומי" הערך הנמוך מכולם - $296 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. בסוף חודש יולי נמדדו ערכים דומים מאד בכל הטיפולים. העונה הסתיימה כשטיפול ההשקיה "השבועי" נמדדה מוליכות הפיוניות הגבוהה ביותר, והטיפול "ללא השקיה" עם מוליכות הפיוניות הנמוכה ביותר.



איור מס' 14: מהלך עונתי של מוליכות הפיוניות בשתי עונות: 2014 – a, 2015 – b. המדידות בוצעו במערכת לחילוף גזים LI-6400XT. כל נקודה בגרף מייצגת ממוצע של 12 עלים. ניסוי מרווחי השקיה מרלו, מבוא חורון 2015-2014.

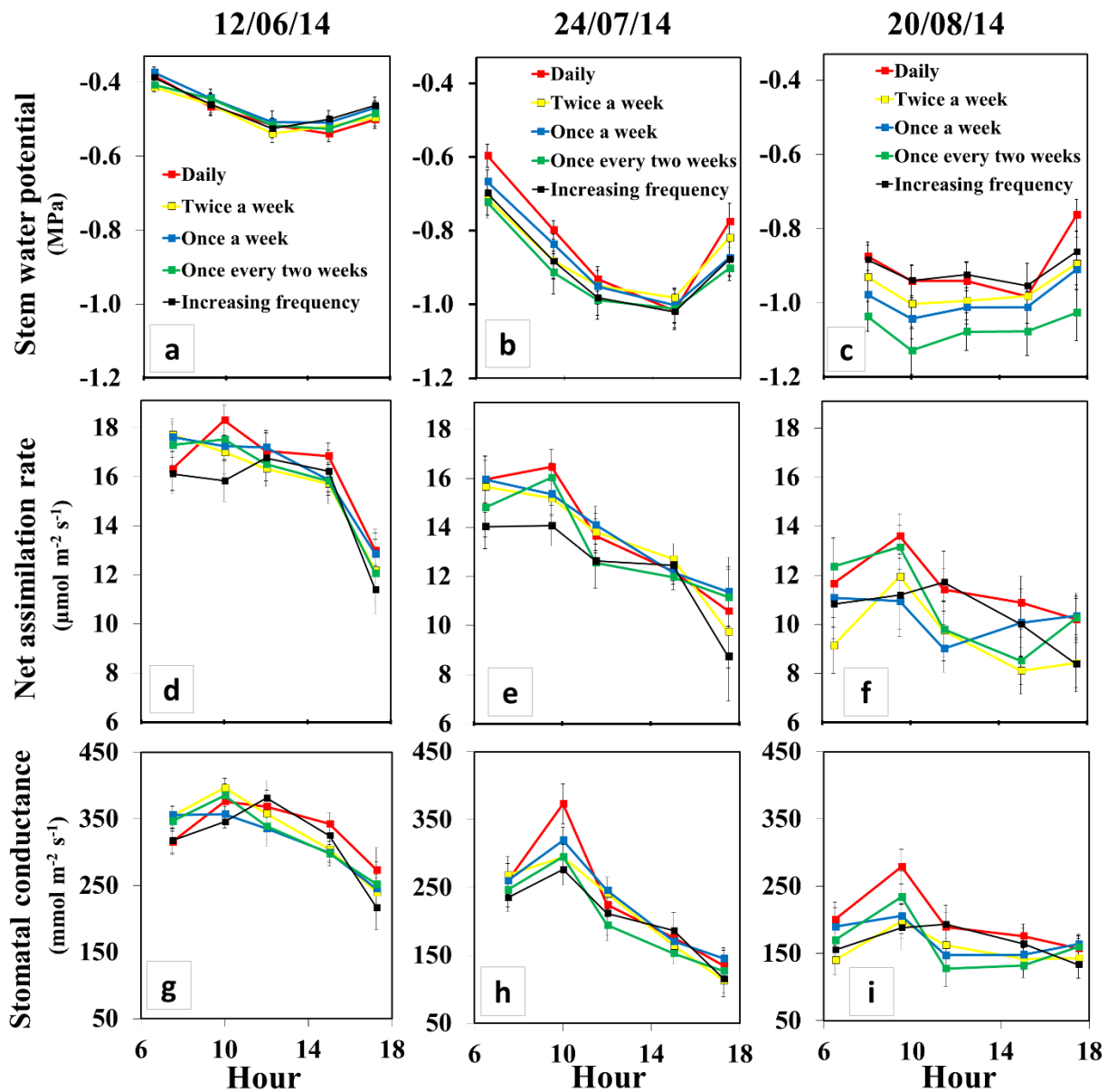
עונה 2014

בכדי להרחיב את ההבנה של השפעת טיפולי ההשקיה על קצב חילוף הגזים של הגפן בוצעו בעונות 2014 ו-2015 שלוש מדידות של מהלכים יומיים של מוליכות הפיוניות וקצב קיבוע הפחמן. בכל יום מדידה נמדדו במקביל שלושה מדדים: פוטנציאל מים בגזע, קצב קיבוע פחמן ומוליכות פיוניות, המדידות בוצעו בחמישה סבבי מדידה בכל יום החל מהזריחה ועד השקיעה בהפרש של שעתיים וחצי בין סבב מדידה אחד למשנהו. ימי מדידה אלו נקבעו לסוף כל שלב פנולוגי: 1 – אשכול צפוף, 2 – סוף בוחל, 3 – סמוך לבציר.

ממדידות פוטנציאל המים (איור 15a), ביום המדידה הראשון (12/06/14) עולה כי בין שעות היום קיימים הבדלים קטנים בערכי המדידה, כשנקודת השפל 0.53 MPa נמדדה כצפוי בשעות הצהריים (11:00-14:00). במדידת קצב קיבוע הפחמן ומוליכות הפיוניות (איורים 15d ו-15g) הערכים הגבוהים יותר נרשמו בשעות הבוקר (07:00-10:00) והחל מאמצע היום (14:00) הערכים החלו לרדת.

ערכי פוטנציאל המים ביום מדידות השני 24/7/14 (איור 15b) עמדו על 0.7 MPa בממוצע בתחילת היום, וירדו ל- 1.0 MPa בשעה 15:30. במדידה האחרונה של אותו יום (17:30) חלה בפוטנציאל המים שיפור (עלייה) של 0.2 MPa . במדידה הראשונה שבוצעה באותו יום ב- 06:30 בבוקר, טיפול ההשקיה "היומי" הציג את פוטנציאל מים המשופר ביותר (פחות שלילי), אך ההבדל בינו לבין הטיפולים האחרים במדידה בצהרי היום (15:30) נעלם, והערכים שנמדדו (-1.0 MPa) היו דומים מאד בין הטיפולים. במדידה האחרונה של פוטנציאל המים באותו יום, טיפול ההשקיה "היומי" חזר להיות משופר (-0.8 MPa) מטיפולי ההשקיה האחרים. בערכי קצב קיבוע הפחמן (איור 15e) נמדדו ערכים גבוהים בתחילת היום (06:30-09:30) ולאחר מכן נצפתה מגמת ירידה עד סוף היום. בין הטיפולים לא נצפו הבדלים משמעותיים, כשטיפול ההשקיה "המצטופף" היה בעל הערכים הנמוכים ביותר בתחילת היום ($14 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) ובסופו ($8.7 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). במוליכות הפיוניות (איור 15h) נראתה מגמה דומה לקצב קיבוע הפחמן, פרט לכך שבמדידה השנייה (09:30) נרשמה עלייה במוליכות הפיוניות של $50 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ בכל הטיפולים.

ביום המדידות השלישי לעונה 2014 (20/08/14), נראו הבדלים בין הטיפולים. מתוצאות פוטנציאל המים (איור 15c) עולה שפוטנציאל המים בגזע נשאר יחסית יציב לאורך היום, כשבסופו נרשם שיפור (עלייה) קטן של 1 MPa בכל הטיפולים. טיפולי ההשקיה "היומי" ו"המצטופף" היו המשופרים ביותר לאורך היום, ואחריהם בסדר יורד טיפולי השקיה "פעמיים בשבוע", "שבועי" ו"פעם בשבועיים". בערכי קצב קיבוע הפחמן ומוליכות הפיוניות (איורים 15f ו-15i) אין אחידות במגמה היומית בין הטיפולים. בתחילת היום (06:30) נרשם ממוצע קצב קיבוע הפחמן של $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, הנמוך בהשוואה לימים הקודמים ($15-17 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). בתחילת היום (06:30) נרשם ערך ממוצע נמוך של מוליכות פיוניות ($170 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) ביחס למדידות הימים הקודמים בעונה ($340-250 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). ממדידות אלו נראה שטיפול ההשקיה "היומי" הינו משופר בהשוואה לטיפולים האחרים.



איור מס' 15: מהלך יומי של מדדים פיזיולוגיים: פוטנציאל מים (a,b,c), קצב קיבוע פחמן (d,e,f) ומוליכות הפיוניות (g,h,i). בשלושה מועדים פנולוגיים: אשכול צפוף (12/06/14), סוף בוחל (24/07/14), וסמוך לבציר (20/08/14). בוצעו חמש מדידות בכל יום כאשר כל נקודה בגרף מייצגת ממוצע של 12 עלים. ניסוי מרווחי השקיה מרלו, מבוא חורון 2014.

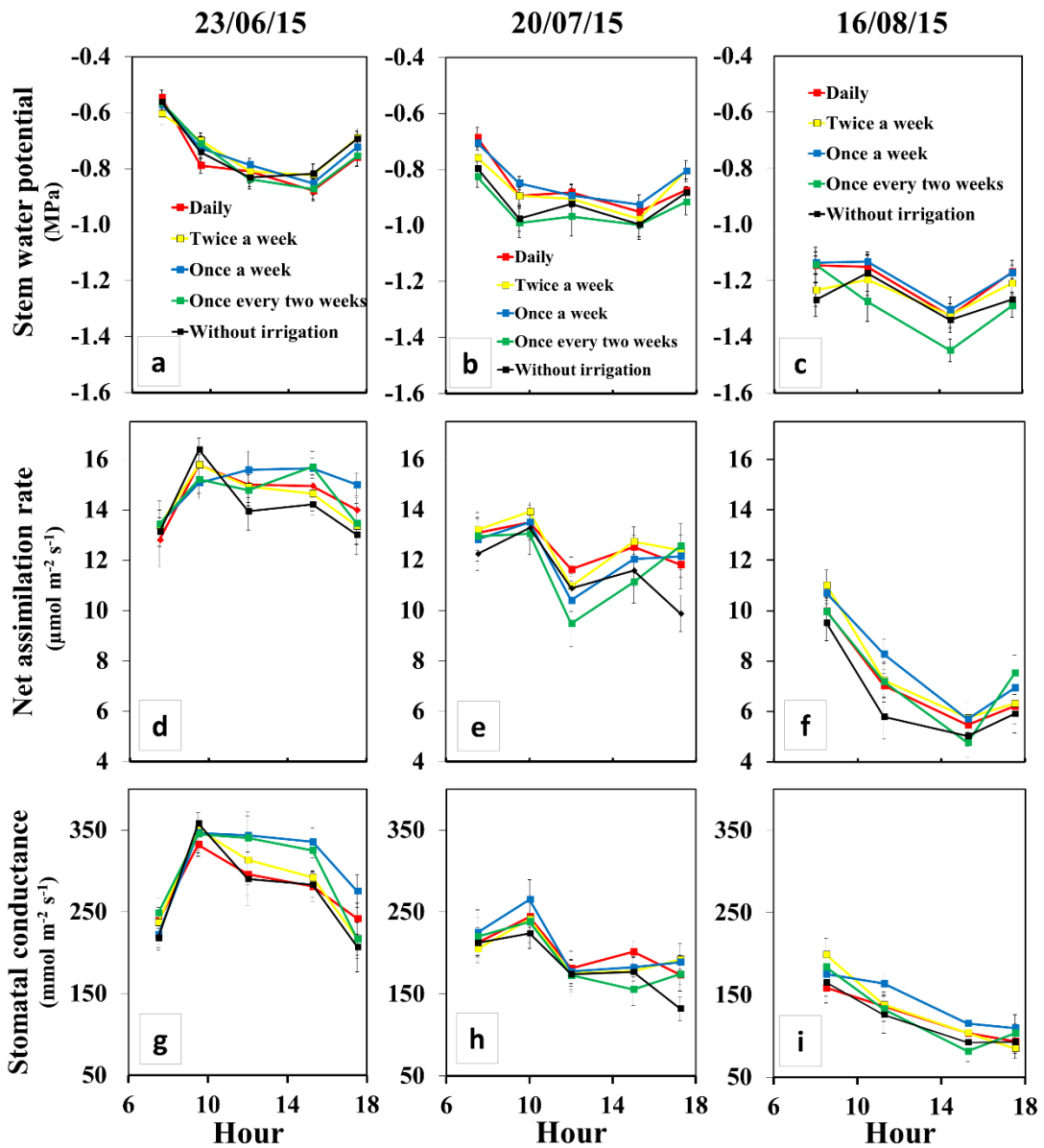
עונה 2015

בעונת 2015 בוצעו שלושה ימי מדידות של מהלכים יומיים במועדים פנולוגיים דומים לעונה 2014. מתוצאות פוטנציאל המים ביום המדידות הראשון שנערך ב- 23/06/15 (איור 16a) נראית מגמה דומה לתוצאות שנתקבלו בעונת 2014 (איור 15a), ולא נראים הבדלים משמעותיים בין הטיפולים לאורך היום. בתחילת היום נמדד פוטנציאל מים יחסית משופר (פחות שלילי) של -0.52 MPa בממוצע, היורד ל- -0.8 MPa בממוצע בין השעות 12:00-15:30, ובסוף היום נרשם שיפור מסוים בערכים. בערכי קצב קיבוע הפחמן ומוליכות הפיוניות (איורים 16d ו-16g) נמדדו ערכים ממוצעים נמוכים בשעות הבוקר (07:30). בקצב קיבוע הפחמן ובמוליכות הפיוניות נרשמה בכל הטיפולים

עלייה בסבב המדידות השני (09:30) של $2.5 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ו- $110 \text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ בהתאמה. בסבבי המדידות השלישי והרביעי (12:00-15:30) קצב קיבוע הפחמן ומוליכות הפיוניות נשארו יחסית יציבים, פרט לטיפול "ללא השקיה" שבמדידה השלישית (12:00) ערכו "צנח" בשני המדדים, ובמדידה האחרונה (17:30) נרשמה ירידה קלה בערכים בכל הטיפולים. נראה שטיפול ההשקיה "השבועי" בעל הערכים הגבוהים ביותר, ואילו בטיפול "ללא השקיה" נמדדו הערכים הנמוכים ביותר.

מערכי פוטנציאל המים ביום המדידות השני 20/7/15 (איור 16b), נראה עקום יומי אופייני כשבתחילת היום נראים הערכים המשופרים ביותר עם -0.7MPa , ולאחר מכן ירידה בהמשך היום עד לערך של -0.92MPa במוצע במדידה שבוצעה ב- 15:30. שיפור קל בפוטנציאל המים נמדד במדידה האחרונה של אותו יום (17:30). מתוצאות קצב קיבוע הפחמן ומוליכות הפיוניות (איורים 16e ו-16h) נראית מגמה לא אחידה לאורך היום בכל הטיפולים. בסבב המדידות הראשון נמדדו ערכים ממוצעים הדומים לאלה שנמדדו בשלב זה בעונת 2014 (15e ו-15h) עם $12.3 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, ועם $215 \text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ בקצב קיבוע הפחמן ומוליכות הפיוניות בהתאמה. במדידה השנייה חל שיפור קל בערכים בכל הטיפולים, כאשר הערכים הנמוכים ביותר לאותו יום נמדדו בסבב המדידות השלישי (12:00), פרט לטיפול "ללא השקיה" בו מגמת הירידה נמשכה גם למדידה האחרונה (17:30). ניתן לראות שבמדידה האחרונה (17:30) קיימת מגמה שונה בין הטיפולים, בעוד שבטיפולי ההשקיה "השבועי" ו"פעם בשבועיים" נרשמה עלייה קלה בערכים, בשאר הטיפולים נרשמה ירידה בערכים.

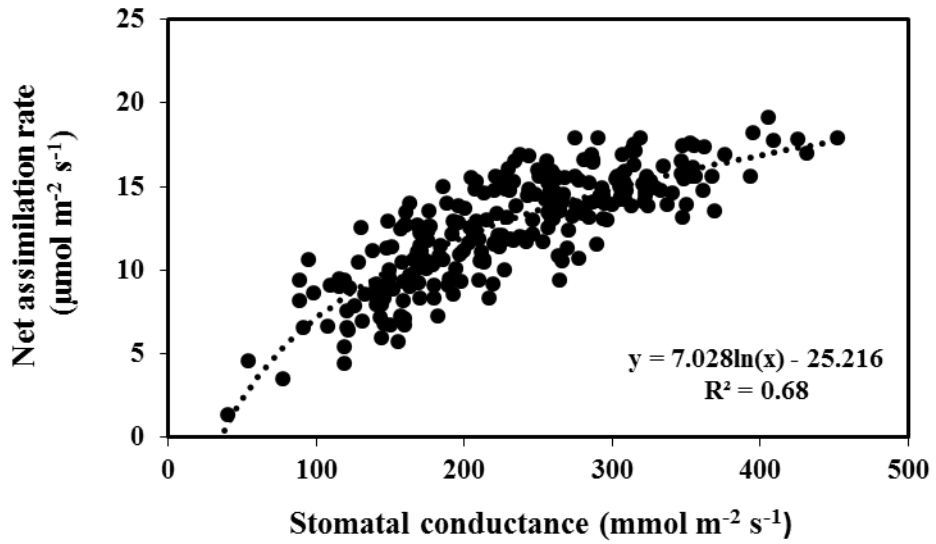
ביום המדידות האחרון ב-16/08/15 לעונת 2015 בוצעו רק ארבעה סבבי מדידות עקב תקלה טכנית. במדידת פוטנציאל המים (איור 16c), נראה שהמגמה אינה אחידה בין הטיפולים, בעוד טיפולי ההשקיה "היומי" ו"השבועי" נשארים יחסית יציבים, בשתי המדידות הראשונות (08:00-10:30), הטיפולים של "פעמיים בשבוע" ו"ללא השקיה" אפילו משתפרים מעט, והטיפול של "פעם בשבועיים" נעשה שלילי יותר במדידה השנייה. הערך הנמוך ביותר של פוטנציאל המים באותו יום נמדד במדידה השלישית (14:30) ולאחר מכן חל שיפור קל בערכים במדידה האחרונה (17:30). במדידה זו פוטנציאל המים שנמדד בגפני טיפול ההשקיה "פעם בשבועיים" ירד במהלך היום ב- 0.31MPa לעומת ירידה ממוצעת של 0.13MPa בשאר הטיפולים. מתוצאות קצב קיבוע הפחמן ומוליכות הפיוניות (איורים 16f ו-16i) נראית מגמה של ירידה בערכים לאורך היום עד לנקודת שפל במדידה השלישית (14:30) ושיפור קל בערכים במדידה האחרונה. לא נמדדו הבדלים מובהקים בין הטיפולים ביום זה, כשטיפול ההשקיה "השבועי" נראה המשופר ביותר בכל המדדים.



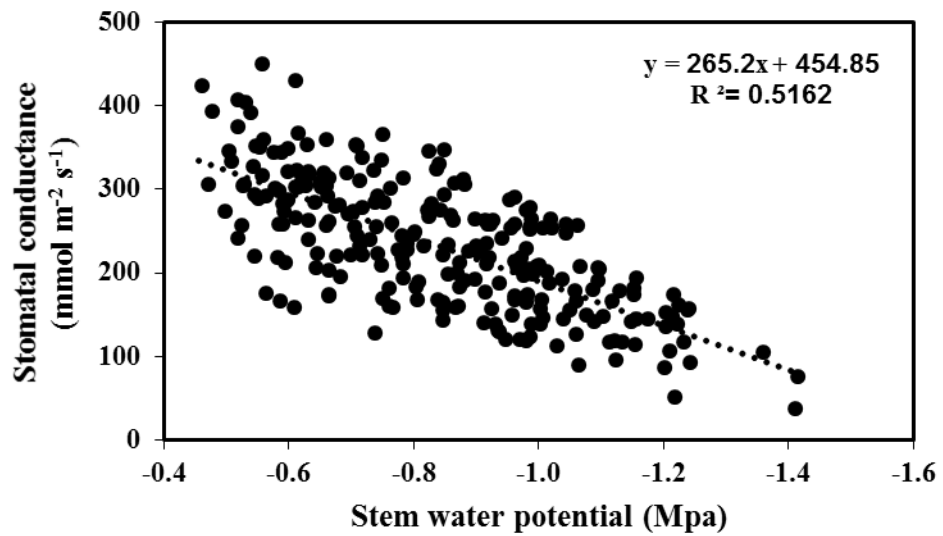
איור מס' 16: מהלך יומי של מדדים פיזיולוגיים: פוטנציאל מים (a,b,c), קצב קיבוע פחמן (d,e,f) ומוליכות הפיוניות (g,h,i). בשלושה מועדים פנולוגיים: אשכול צפוף (23/06/15), סוף בוחל (20/07/15), וסמוך לבציר מרלו, מבוא חורון 2015. בוצעו חמש מדידות ביום 1 ו-2 וארבע מדידות ביום 3. כל נק' בגרף מייצגת ממוצע של 12 עלים.

מתאמים

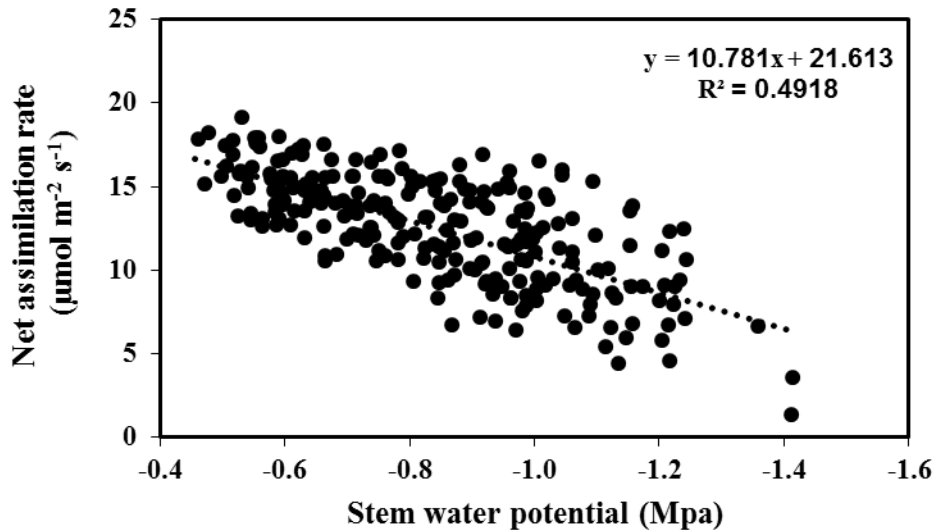
במתאם שנערך בין מוליכות הפיוניות ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) לבין קצב קיבוע הפחמן ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) נמצא קשר של $R^2=0.68$ (איור 17). בנוסף חושב המתאם בין פוטנציאל המים בגזע בצהרי היום (MPa) לבין מוליכות הפיוניות ובין קצב קיבוע הפחמן (איורים 18 ו-19), במתאמים אלו נמצא קשר של $R^2=0.51$ ושל $R^2=0.49$ בהתאמה.



איור מס' 17: מתאם בין מוליכות הפיניות לבין קצב קיבוע הפחמן. כל נקודה מייצגת ממוצע של 3 עלים. ניסוי מרווחי השקיה מרלו, מבוא חורון 2014-2015.



איור מס' 18: מתאם בין פוטנציאל המים בגזע בצהרי היום לבין מוליכות הפיניות. כל נק' מייצגת ממוצע של 3 עלים. ניסוי מרווחי השקיה מרלו, מבוא חורון 2014-2015.



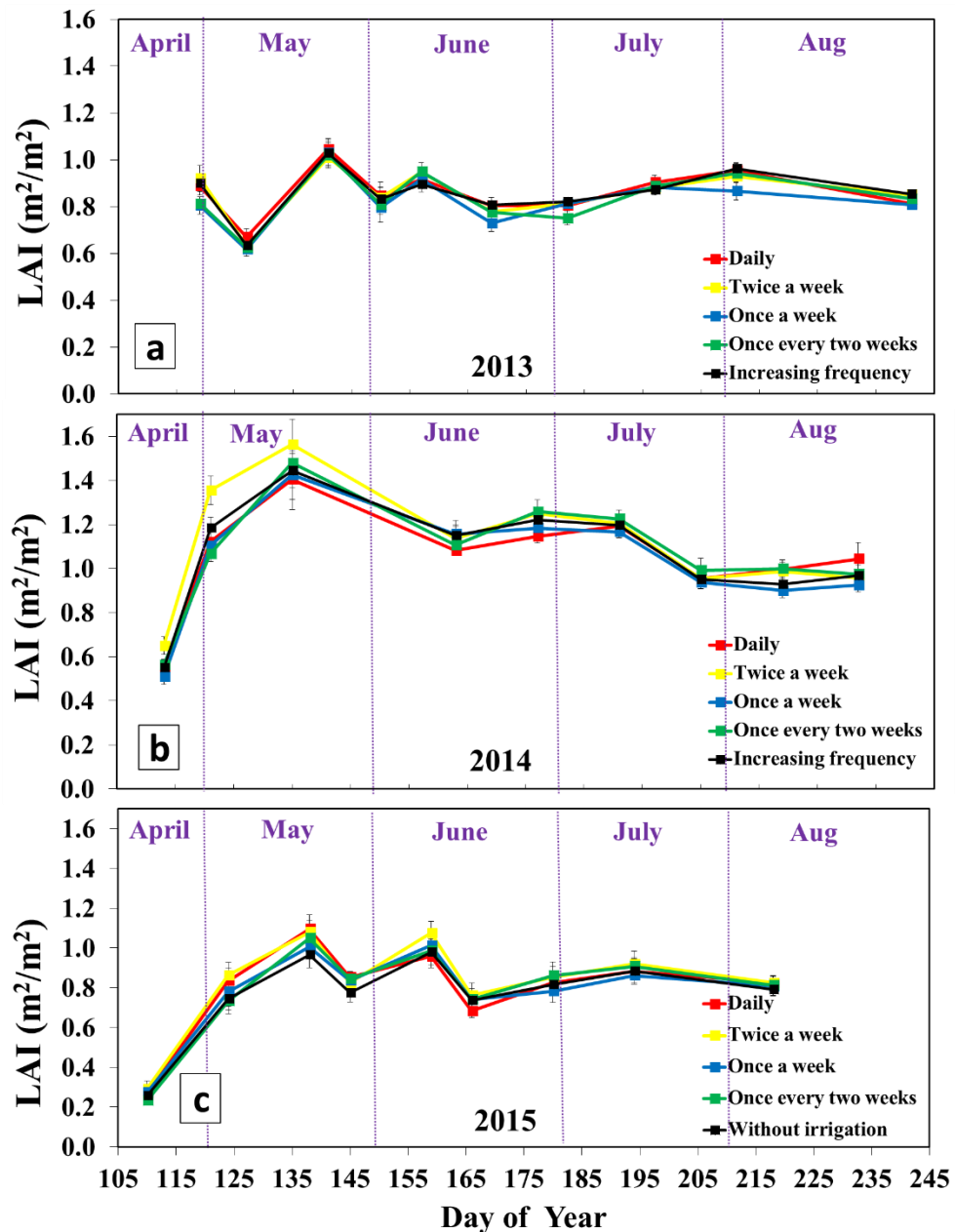
איור מס' 19: מתאם בין פוטנציאל המים בגזע בצהרי היום לבין קצב קיבוע הפחמן. כל נק' מייצגת ממוצע של 3 עלים. ניסוי מרווחי השקיה מרלו, מבוא חורון 2014-2015.

אינדקס שטח עלווה

מדידת אינדקס שטח עלווה (LAI – Leaf Area Index) בוצעה אחת לשבועיים לכל אורך העונות (2013-2015). אינדקס שטח העלווה שימש מרכיב בתחשיבי מודל ההשקיה כפי שצוין בפרוט בפרק חומרים ושיטות. התפתחות הנוף מתאפיינת בצימוח מהיר וחזק בתחילת העונה, והמשך צימוח מתון החל מחודש יוני ועד לסוף העונה. כשבחודשים מאי ויוני בוצעו מס' עבודות אגרוטכניות לעיצוב נוף הגפן בכרמי ענבי יין המודלים בשיטת ה-VSP (Vertical Shoot Positioning): שילוב-חוטים ראשון ושני, וכן קיטומי צד לקבלת אחידות בנוף וחשיפת הפרי לאור. בכל העונות לא היו הבדלים משמעותיים באינדקס שטח העלווה בין הטיפולים.

בעונת 2013 המדידות החלו בסוף אפריל (איור 20a) עם ממוצע של $0.8 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$ ללא הבדלים בין הטיפולים, מיד לאחר מכן בוצע שילוב חוט 1 ולכן נראית ירידה מסוימת בערכים. ב-19/05/13 בוצע שילוב חוט 2 ואעפ"כ נמדדו ערכים גבוהים יחסית לעונה עם ממוצע של $1.03 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$ שנמדד יום לאחר שילוב חוט 2. ירידה בערכי LAI נמדדה בתחילת יוני לאחר קיטום צד שבוצע בנוף בסוף חודש מאי. מסוף חודש יוני ואילך נצפתה עליה מתונה בערכים וירידה קלה לקראת הבציר. בעונה 2014 (איור 20b) נראה צימוח מהיר של הנוף, המתבטא בעלייה חדה בערכים מ- $0.57 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$ בממוצע שנמדד ב-23/04/14 ועד לערכי שיא של $1.5 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$ שנמדד שלושה שבועות לאחר מכן ב-15/05/14. הגעה לערכים גבוהים אלו של $1.5 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$ נבעה עקב איחור בשילוב החוט. מיד לאחר מכן נראית ירידה בשטח העלווה, לאחר שבוצעו שילוב חוטים לתוך מערכת ההדליה. מאמצע חודש יוני ועד לאמצע חודש יולי גודל הנוף לא השתנה ועמד על $1.18 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$ בממוצע, כאשר באמצע חודש יולי נמדדה בכל הטיפולים ירידה קטנה בגודל הנוף, ולאחר מכן גודל הנוף נותר ללא שינוי עד לבציר.

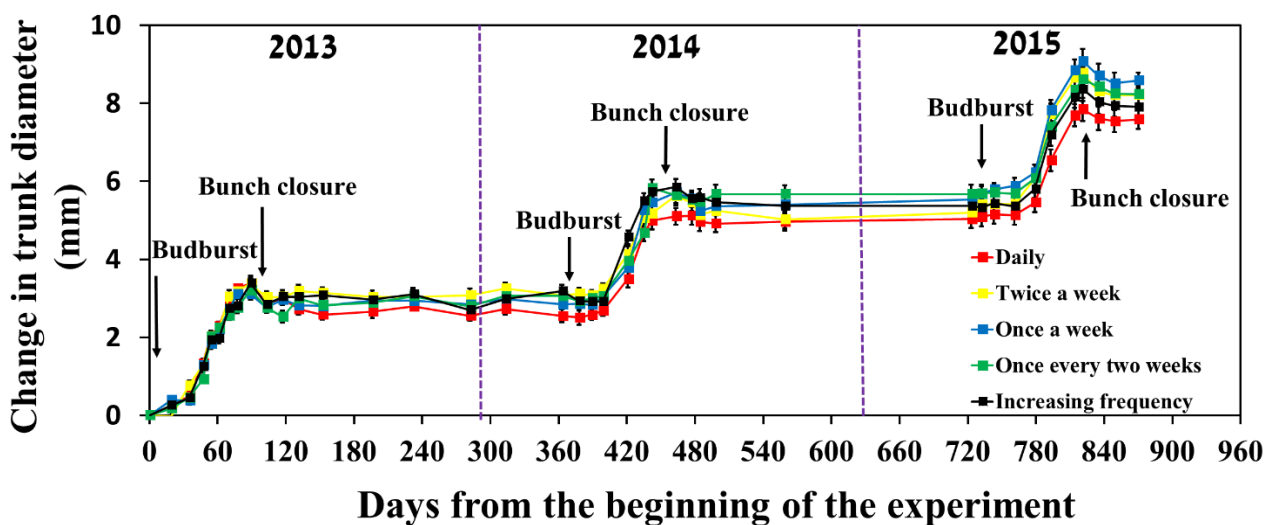
עונה 2015 לא שונה באופן מהותית מקודמותיה, וניתן לראות (איור 20c) מתחילת המדידות ב- 20/04/15 עלייה מהירה בערכים עד לערכי שיא עונתיים באמצע מאי, שנמדדו לאחר שילוב חוט 1. לאחר מכן בוצע קיטום צד ב-20/05/15 שצמצם את גודל הנוף, וכן שילוב חוט 2 בוצע ב-11/06/15 שגם הוא הוריד את ערכי שטח העלווה. מאמצע חודש יוני הערכים עלו באופן מתון, ולקראת הבציר נראתה ירידה קלה, בדומה לזו שהובחנה בעונת 2013.



איור מס' 20: מהלך עונתי של אינדקס שטח העלווה LAI, במהלך שלושת עונות המחקר: a – 2013, b – 2014, c – 2015. האינדקס נמדד באמצעות מכשיר SUN SCAN (Delta-T). כל נק' בגרף מייצגת ממוצע של 12 גפנים. ניסוי מרווחי השקיה מרלו, מבוא חורון 2013-2015.

מדידה ידנית של קוטר גזע – קליבר

מדידה ידנית של קוטר הגזע בוצעה כל 2-4 שבועות, מתחילת הניסוי (03/13) ועד סופו (08/15). מניתוח התוצאות עולה (איור 21) כי קיימת מגמת דומה בגדילת הגזע בכל העונות. קיימת תקופת גדילה מואצת של כ-50 יום המתחילה לאחר 3-4 שבועות לאחר הבלבוב ומסתיימת בירידה קטנה של 0.2-0.5 מ"מ בקוטר הגזע. לאחר תקופה זו אין שינויים משמעותיים בקוטר הגזע, עד לבלבוב של העונה הבאה. טיפול ההשקיה "היומי" היה בעל הגדילה הקטנה ביותר בקוטר הגזע, עם תוספת של 7.6 מ"מ בקוטר הגזע בסוף הניסוי. בטיפול ההשקיה "פעמיים בשבוע" נצפתה הגדילה הרבה ביותר בקוטר הגזע בעונות 2013 ו-2015 (3.1 ו-3.2 מ"מ בהתאמה), אך בעונה 2014 הגדילה הייתה המועטה ביותר מבין הטיפולים (1.9 מ"מ בלבד), כאשר בתום הניסוי נרשמה עליה של 8.2 מ"מ בקוטר הגזע. בטיפול ההשקיה "השבועי" נמדדו ערכי גדילה ממוצעים בעונות 2013 ו-2014 (2.8 ו-2.6 מ"מ בהתאמה), ובעונה 2015 נצפתה הגדילה הרבה ביותר (יחד עם טיפול ההשקיה "פעמיים בשבוע" עם 3.2 מ"מ), כשבסוף הניסוי נרשמה העלייה הגדולה ביותר בקוטר הגזע עם 8.6 מ"מ. בטיפול ההשקיה "פעם בשבועיים" נמדד בתום הניסוי עליה של 8.2 מ"מ בקוטר הגזע, כשבעונה 2014 נרשמה בטיפול זה העלייה הגדולה ביותר (2.9 מ"מ). בטיפול ההשקיה "המצטופף" (ללא השקיה בעונה 2015) נמדד בתום הניסוי עליה של 7.9 מ"מ בקוטר הגזע, כאשר בכל העונות נרשמה גדילה של 2.5-2.7 מ"מ.



איור מס' 21: מהלך העלייה בקוטר הגזע, כפי שנמדד באמצעות קליבר דיגיטלי במדידה ידנית, במשך שלוש עונות. בשנים 2013 ו-2014 כל נק' בגרף מייצגת ממוצע של 48 גפנים, ובשנת 2015 – כל נקודה מייצגת ממוצע של 12 גפנים. ניסוי מרווחי השקיה מרלו, מבוא חורון 2013-2015.

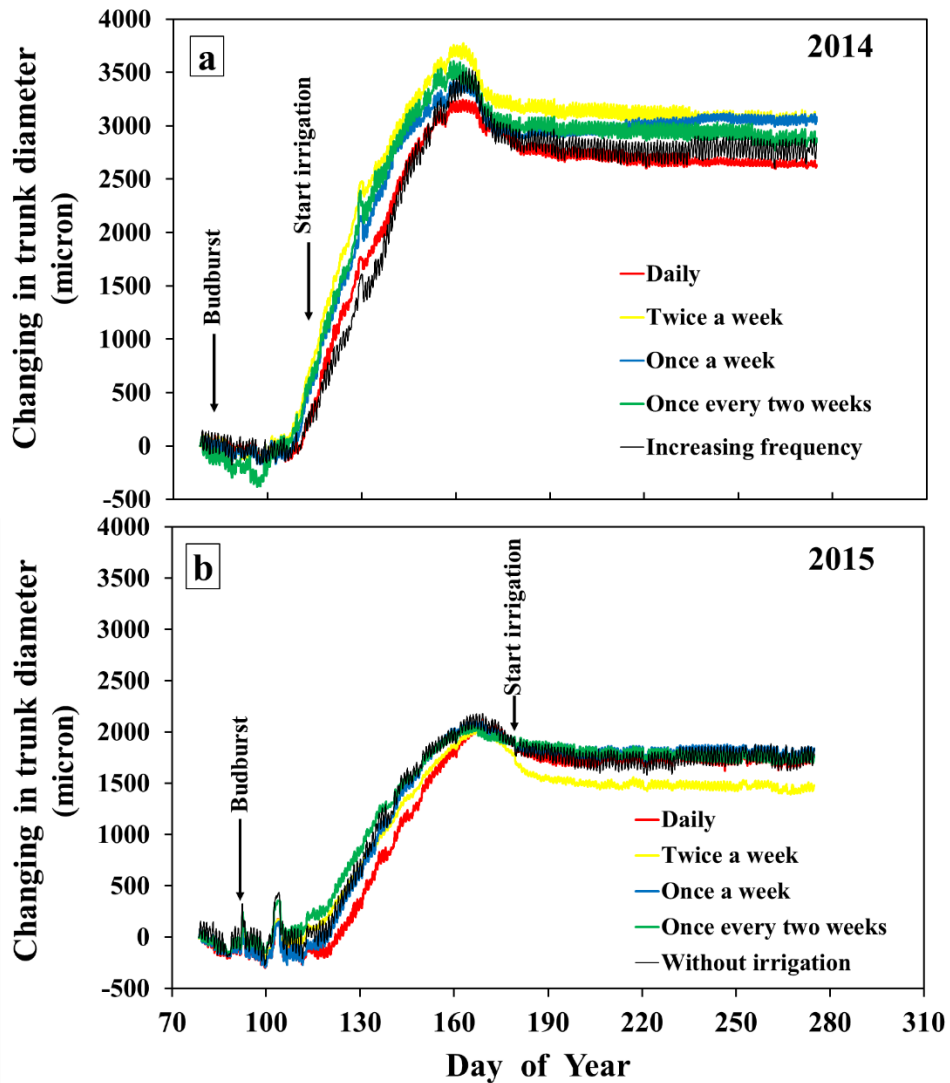
מדידת קוטר גזע – דנדרומטריה

הדנדרומטרים מדדו את המהלך העונתי של השינוי בקוטר הגזע. המדידות בוצעו בעונות 2014 ו-2015 מתחילת הבלבוב ביום 79 (DOY) ועד כחודש לאחר הבציר ביום 273 (DOY). באיור 22 מוצגות מדידות שבוצעו מדי שעה במהלך כל עונה. הגדילה העונתית של קוטר הגזע בשתי העונות מאופיינות בתבנית התפתחות דומה לזו של המדידה הידנית, כאשר לאחר הבלבוב נמדדת התרחבות

משמעותית של הגזע במשך תקופה של 60 יום לערך, והגדילה נעצרת בסוף שלב 1 (אשכול צפוף), ביום 165 (DOY). בתום גדילה זו נמדדה התכווצות קטנה, שלאחריה קוטר הגזע נותר קבוע עד תחילת העונה הבאה.

בעונת 2014 אירעו תקלות בשני חיישנים (מתוך הארבע) השייכים לטיפול ההשקיה "פעם בשבועיים", ולכן תוצאות חיישנים אלו הושמטו. בתחילת העונה (איור 22a) נראה כי לא קיים הבדל משמעותי בין הטיפולים בקצב הגדילה. בהתכווצות קוטר הגזע שמופיעה בין הימים 165-175 (DOY), נמדדה בכל הטיפולים התכווצות ממוצעת של כ- 600 מיקרון, כאשר לאחר התכווצות זו קוטר הגזע נשאר יציב. הגדילה השנתית הרבה ביותר נמדדה בטיפולי ההשקיה "פעמיים בשבוע" ו"השבועיים" עם עלייה של 3070 מיקרון בקוטר הגזע, אחריהם טיפול ההשקיה "פעם בשבועיים" עם 2880 מיקרון, וטיפול ההשקיה "המצטופף" עם גדילה עונתית דומה של 2830 מיקרון, ולבסוף טיפול ההשקיה "היומי" עם הגדילה השנתית הקטנה ביותר של 2630 מיקרון.

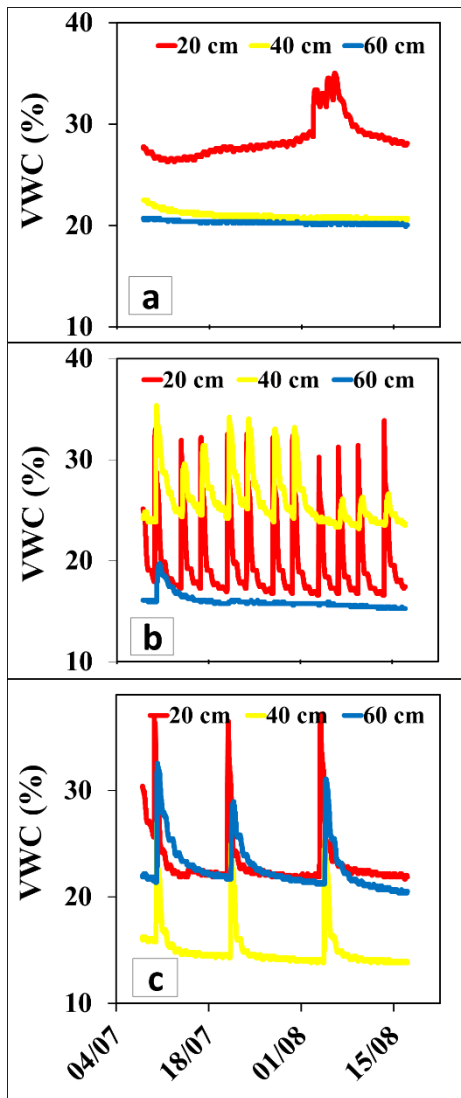
בעונת 2015 (איור 22b) נצפתה עלייה חדה בקוטר הגזע באותה תקופה (DOY 165-105) בה נמדדה הגדילה בעונה 2014, פרט לטיפול ההשקיה "היומי" שהתעכב בשבוע והחל ביום 112 (DOY). לאחר הגדילה המהירה נמדדה התכווצות ממוצעת של 350 מיקרון בקוטר הגזע, כשטיפול ההשקיה "פעמיים בשבוע" התכווץ ב-63% יותר מהממוצע (550 מיקרון). הגדילה השנתית דומה מאד בין כל הטיפולים עם כ-1800 מיקרון פרט לגדילה של טיפול ההשקיה "פעמיים בשבוע" שהסתכמה ב-1490 מיקרון בלבד. בעונת 2014 ממוצע העלייה בקוטר הגזע גדול ב-1200 מיקרון מהעלייה שנמדדה בשנת 2015.



איור מס' 22: מהלך עונתי של שינוי בקוטר הגזע, כפי שנמדד באמצעות דנדרומטרים של גזע (ישראל, PhyTech), במשך שתי עונות: a – 2014, b – 2015. כל קו בגרף מייצג ממוצע של 4 חיישנים (4 גפנים). ניסוי מרווחי השקיה מרלו, מבוא חורון 2014-2015.

מדידה רציפה של תכולת רטיבות נפחית בקרקע

לאור תוצאות כיול החיישנים (חומרים ושיטות, איור 8), קיימת להערכתנו חשיבות לתוצאות השינוי היחסי בתכולת הרטיבות ולאזן דווקא לנתונים האבסולוטיים שהתקבלו מהחיישנים. התוצאות המוצגות התקבלו ממערכת ה-IriWise בתקופה של חודש וחצי (17/08/15-07/07/15) טרם הבציר (איור 23). מכיוון שהיו תקלות בשתי תחנות מדידה, מוצגים תוצאותיהם של שלושה טיפולי השקיה בלבד: "יומי", "פעמיים בשבוע" ו"פעם בשבועיים", כאשר בכל תחנה מדידה הוצבו שלושה חיישנים בשלושה עומקים בקרקע: 20, 40 ו-60 ס"מ.



איור מס' 23: שינוי ברטיבות הנפחית בקרקע, כפי שנמדד באמצעות מערכת Irriwise. מחולק ל-3 עומקים שונים: אדום – 20 ס"מ, צהוב – 40 ס"מ, כחול – 60 ס"מ. בשלושה טיפולים: a - יומי, b - פעמיים בשבוע, c - פעם בשבועיים. ניסוי מרווחי השקיה מרלו, כרם מבוא חורון. 17/08/15-07/07/15 (2015).

מהתוצאות עולה כי רטיבות הקרקע בטיפול ההשקיה "היומי" לא מגיעה לעומק של 40 ו-60 ס"מ (איור 23a). בעומק 20 ס"מ נצפתה מגמת עלייה מתונה ביותר באחוז הרטיבות נפחית של קרקע בתקופה הנוכחית. בין התאריכים 06/08-02/08 נמדדה עלייה של כ-10% ברטיבות נפחית לערך של 33% בממוצע, ומיד לאחריה הערכים ירדו לערך של 28% כתוצאה משינוי בגודל מנת המים שיושמה ע"פ המודל מ-0.5 ל-0.7 מ"מ ליום.

בטיפול ההשקיה "פעמיים בשבוע" (איור 23b) נצפתה מגמה כללית שונה מזו שנמדדה בטיפול ההשקיה "היומי". ניתן לזהות בבירור את ההשקיות שיושמו בתקופה זו. ההבדל העיקרי בין העומקים 20 ס"מ ל-40 ס"מ הוא בגודל המשרעת בגרף. בעומק 20 ס"מ ממוצע גודל המשרעת נע בין 16%-31%, ובעומק 40 ס"מ גודל המשרעת נע בין 24%-31%. בעומק 60 ס"מ ניתן לראות שלא הייתה השפעה למנת המים שיושמו על הרטיבות בקרקע, פרט לתחילת התקופה המוצגת (09/07) שם נצפתה עלייה קלה.

בטיפול ההשקיה "פעם בשבועיים" (איור 23c) ניתן לזהות בבירור את השינוי ברטיבות הקרקע בכל העומקים, בשלוש ההשקיות שניתנו בתקופה זו, כאשר גם כאן ההבדל העיקרי בין העומקים הוא בגודל המשרעת. בעומק 20 ס"מ ממוצע טווח הרטיבות נע בין 22%-37%, ובעומק 40 ס"מ הממוצע נע בין 14%-24%, ובעומק 60 ס"מ נע בין 22%-30%.

השפעת טיפולי ההשקיה על גודל הטרבאות בגזע ובזמורה

תוצאות מדידה של קוטר חוליות הטרבאה בשלוש הטבעות השנתיות של העצה שנוצרו בשנות הניסוי 2013-2015 בגזע הגפן מוצגות בטבלה מס' 6. את קוטר הטרבאות בטבעת השנתית של העצה ניתן באופן ברור לחלק לשתי קבוצות גודל: טרבאות "קטנות" שקוטרן קטן מ- $100\mu\text{m}$ וטרבאות "גדולות" שקוטרן גדול מ- $100\mu\text{m}$. קוטרן של הטרבאות "הקטנות" מצוי בטווח שבין $22\mu\text{m}$ בממוצע טיפול ההשקיה "פעמיים בשבוע", לבין $27\mu\text{m}$ בממוצע טיפול ההשקיה "היומי" ו"פעם בשבועיים". בטרבאות "הגדולות" טווח הקוטרים נע בין $155\mu\text{m}$ בטיפול ההשקיה "היומי" לבין $183\mu\text{m}$ בטיפול ההשקיה "המצטופף". ההבדל בין קוטרי הטרבאות בטיפולים השונים איננו מובהק.

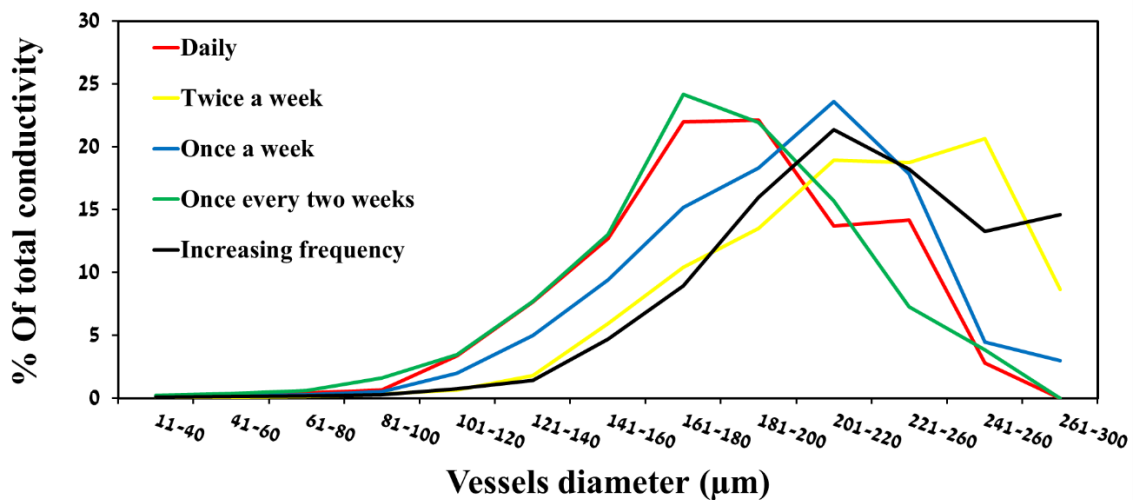
המוליכות ההידראולית הספציפית (תאורטית) של כלל הטרבאות בשלוש טבעות העצה שנוצרו במהלך הניסוי ($\text{kg m}^{-1} \text{MPa}^{-1} \text{s}^{-1}$) והמוליכות ההידראולית ממוצעת מחושבת לשטח של טבעת שנתית ($\text{kg m MPa}^{-1} \text{s}^{-1}$) מוצגים בטבלה 6. בטיפול ההשקיה "פעמיים בשבוע" "והמצטופף" נצפתה מוליכות מים ספציפית דומה של $262 \text{ kg m}^{-1} \text{MPa}^{-1} \text{s}^{-1}$, ובטיפול ההשקיה "פעם בשבועיים" נצפתה המוליכות הספציפית הנמוכה ביותר של $158 \text{ kg m}^{-1} \text{MPa}^{-1} \text{s}^{-1}$. במוליכות ההידראולית התיאורטית לטבעת שנתית, נצפתה מגמה דומה לזו של המוליכות התיאורטית הספציפית, כאשר טיפול ההשקיה "פעמיים בשבוע" היה בעל המוליכות הגבוהה ביותר של $0.038 \text{ kg m MPa}^{-1} \text{s}^{-1}$, וטיפול ההשקיה "פעם בשבועיים" היה בעל המוליכות הקטנה ביותר של $0.015 \text{ kg m MPa}^{-1} \text{s}^{-1}$. לא נמצא הבדל מובהק בין הטיפולים השונים במוליכות ההידראולית.

טבלה מס' 6: מדדים אנטומיים בגזע מחושיבים ע"פ תוכנת ImagJ. כל טיפול הינו ממוצע של 4 גפנים (אחד מכל חזרה). ניסוי מרווחי השקיה מרלו, מבוא חורון 2013-2015.

מוליכות מים תיאורטית לטבעת שנתית ($\text{kg m MPa}^{-1} \text{s}^{-1}$)	מוליכות מים תיאורטית כוללת ($\text{kg m}^{-1} \text{MPa}^{-1} \text{s}^{-1}$)	קוטר ממוצע טרכיאות גדולות (>100) (μm)	קוטר ממוצע טרכיאות קטנות (<100) (μm)	טיפול
0.020	191	155	27	פעם ביום
0.038	262	179	22	פעמיים בשבוע
0.030	209	160	25	פעם בשבוע
0.015	158	156	27	פעם בשבועיים
0.033	262	183	25	מצטופף
n.s	n.s	n.s	n.s	P value

באיור מס' 24 מוצג הקשר בין התפלגות גודל הטרבאות בעצה של הגזע בגפנים מטיפולי ההשקיה השונים לבין התרומה באחוזים (%) של כל קבוצת גודל למוליכות ההידראולית הספציפית המחושבת של שלוש הטבעות השנתיות שנוצרו בשנות הניסוי. ניתן לראות שטיפולי ההשקיה

"היומי" ו"פעם בשבועיים" מציגים עקום מוליכות דומה, כאשר המוליכות ההידראולית הגבוהה ביותר (23%) מתבצעת בטרקאות שקוטרן $200\text{-}160\mu\text{m}$. בטיפול ההשקיה "השבועי" "המצטופף" שיא המוליכות ההידראולית (21%-23%) מתרחש בטרקאות שקוטרן $220\text{-}200\mu\text{m}$. בטיפול ההשקיה "השבועי" החלק היחסי של המוליכות שחלה בקטרים $>220\mu\text{m}$ יורד באופן חד בשל ירידה במספר הטרקאות הגדולות. בטיפול ההשקיה "המצטופף" רואים המשך הולכה יעילה (15%) גם בקטרים הגדולים של $300\text{-}240\mu\text{m}$. טיפול ההשקיה "פעמיים בשבוע" מאופיין בכך שערכי השיא במוליכות ההידראולית (19%-21%) מתבצע באמצעות טרכאות בעלות קטרים גדולים של $260\text{-}\mu\text{m}$. יש לשים לב שבטיפול ההשקיה "המצטופף" שונה ממשק ההשקיה בשנת המחקר האחרונה לטיפול "ללא השקיה" כלל, ונתוני שנה זאת לא הופרדו משאר השנים.



איור מס' 24: אחוז מהמוליכות ההידראולית המחושבת בגזע, ע"פ התפלגות קבוצות גודל שונות של קוטר הטרקאות לכל טיפול השקיה. כל טיפול הינו ממוצע של 4 גפנים (אחד מכל חזרה). ניסוי מרווחי השקיה מרלן, מבוא חורון 2013-2015.

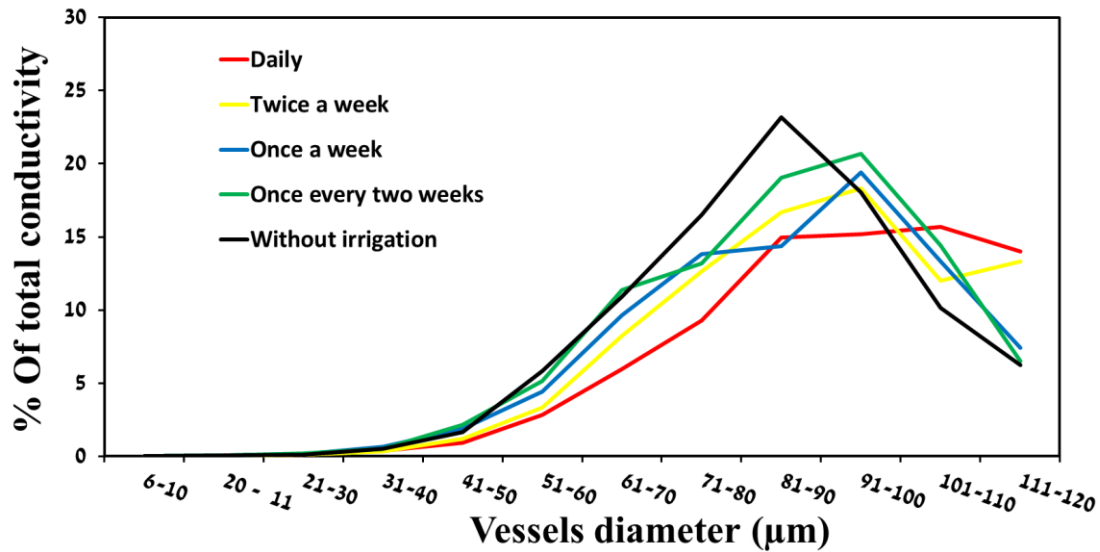
ניתוח התפלגות קוטר הטרקאות של העצה בזמורות שונה בכך שהזמורה הינה חד-שנתית מכיוון שמתבצע גיזום בחורף של כל עונה, ולכן התוצאות המוצגות שייכות לעצה שנוצרה בעונת 2015. מתוצאות ניתוח אנטומי של העצה בזמורות (טבלה 7) עולה שהקוטר הממוצע בקבוצת הטרקאות "הקטנות" ($<30\mu\text{m}$) נע בין $12\text{-}10\mu\text{m}$ ללא הבדל בין הטיפולים. בקוטר הממוצע של הטרקאות בקבוצת הטרקאות "הגדולות" ($>30\mu\text{m}$) ההבדלים בין הטיפולים אינם גדולים, כאשר בטיפול ההשקיה "היומי" נמדד ממוצע של קוטר הטרקאות הגדול ביותר עם $73\mu\text{m}$, ובטיפול ההשקיה "השבועי" נרשם הממוצע הקטן ביותר עם $66\mu\text{m}$. בטיפול ההשקיה "היומי" ו"פעמיים בשבוע" נצפתה מוליכות הידראולית תיאורטית דומה של $39.2\text{ kg m}^{-1}\text{MPa}^{-1}\text{ s}^{-1}$, ובטיפול ההשקיה "פעם בשבועיים" נמדדה המוליכות הנמוכה ביותר של $28\text{ kg m}^{-1}\text{MPa}^{-1}\text{ s}^{-1}$. בחישוב המוליכות ההידראולית לעצה של הזמורות נראה שטיפול ההשקיה "פעמיים בשבוע" היה בעל ההולכה

ההידראולית המחושבת הגבוהה ביותר של $0.00036 \text{ kg m MPa}^{-1} \text{ s}^{-1}$, לעומת $0.00019 \text{ kg m MPa}^{-1} \text{ s}^{-1}$ של טיפול ההשקיה "פעם בשבועיים". לא נרשמו הבדלים מובהקים בין הטיפולים.

טבלה מס' 7: מדדים אנטומיים בזמורה מחושבים ע"פ תוכנת ImageJ. כל טיפול הינו ממוצע של 4 גפנים (אחד מכל חזרה). ניסוי מרווחי השקיה מרלו, מבוא חורון 2015.

טיפול	קוטר ממוצע טרכיאות (<30) (μm)	קוטר ממוצע טרכיאות גדולות (>30) (μm)	הולכת מים תיאורטית כוללת ($\text{kg m}^{-1} \text{ MPa}^{-1} \text{ s}^{-1}$)	הולכת מים תיאורטית לזמורה ($\text{kg m MPa}^{-1} \text{ s}^{-1}$)
פעם ביום	10	73	39.2	0.00028
פעמיים בשבוע	11	71	39.2	0.00036
פעם בשבוע	12	66	28.5	0.00023
פעם בשבועיים	11	67	28	0.00019
מצטופף	10	68	31.3	0.00024
P value	n.s	n.s	n.s	n.s

באיור מס' 25 מוצג הקשר בין התפלגות קוטר הטרכאות בעצה של זמורת גפן (ענף חד שנתי) מטיפולי ההשקיה השונים לבין התרומה באחוזים (%) של כל קבוצת גודל למוליכות ההידראולית הספציפית המחושבת של עצת הזמורה. ממדידת קוטרי כל הטרכאות עולה כי עיקר ההולכה מתבצעת בטרכיאות שקוטרן נע בטווח של $70\text{--}100 \mu\text{m}$. בעצה של זמורת גפן מטיפולי ההשקיה "היומי" נמדד טווח רחב יחסית של קוטרי טרכיאות הנע בין $70\text{--}120 \mu\text{m}$, תחום זה מהווה כ-15% מהמוליכות ההידראולית הספציפית של עצת הזמורה. בטיפולי ההשקיה "פעמיים בשבוע", "שבועיים" ו"פעם בשבועיים" נצפו ערכי מוליכות הידראולית דומים, בטווח הקטרים שבין $100\text{--}80 \mu\text{m}$, תחום זה מהווה 20%-18% מהמוליכות הספציפית. העצה של זמורות הטיפולי "ללא השקיה" ("מצטופף") היה בעל טווח קוטר טרכיאות הקטן ביותר של $70\text{--}80 \mu\text{m}$, בו מצויה 23% מהמוליכות ההידראולית.



איור מס' 25: אחוז מהמוליכות הידראולית המחושבת בזמורה, ע"פ התפלגות קבוצות גודל שונות של קוטר הטרכיאות לכל טיפול השקיה. כל טיפול הינו ממוצע של 4 גפנים (אחד מכל חזרה). ניסוי מרווחי השקיה מרל, מבוא חורון 2013-2015.

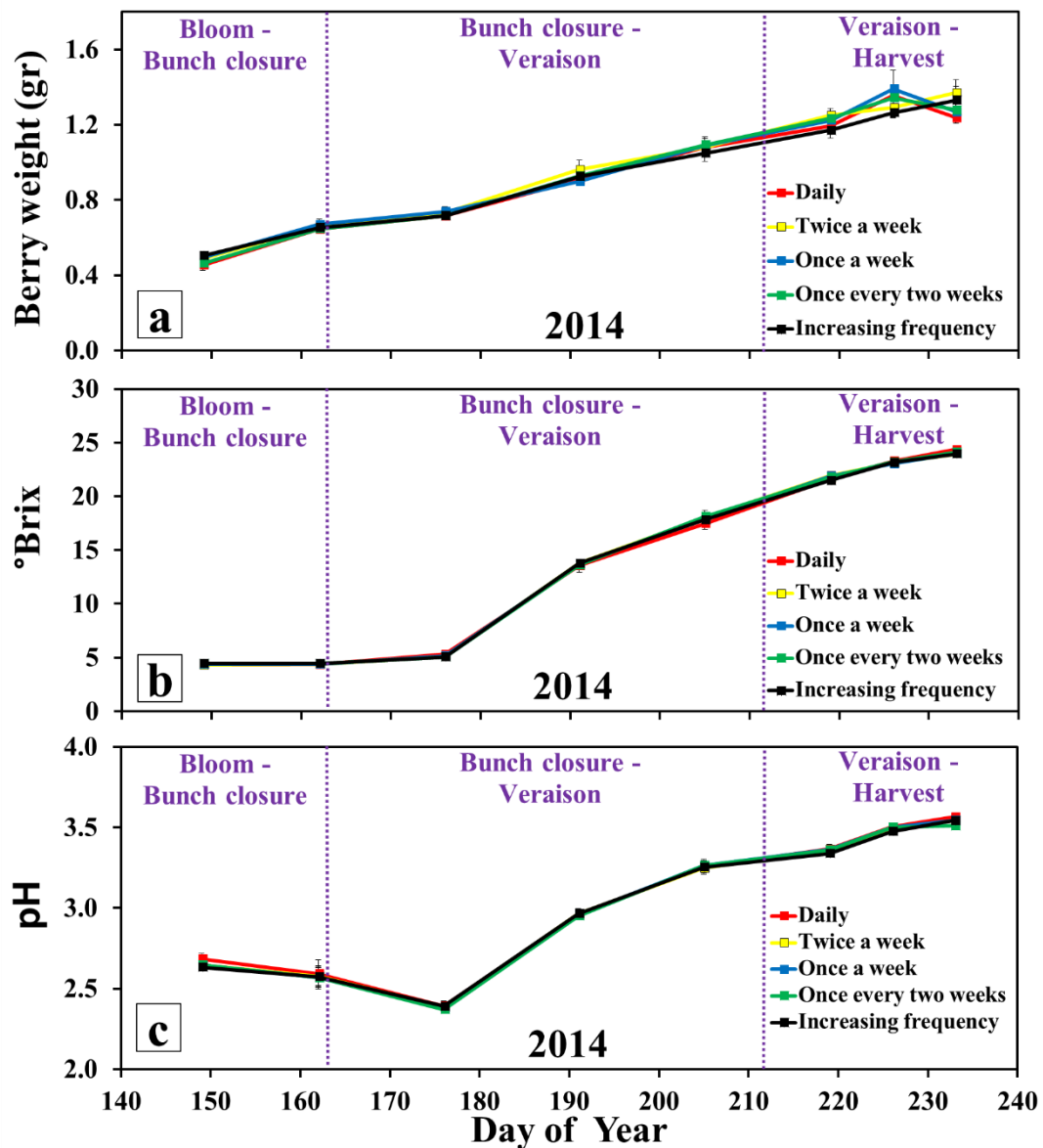
מעקב אחר התפתחות משקל ואיכות הגרגר

בעונות 2013 ו-2015 בוצע מעקב אחר גדילת הגרגר ע"פ משקל ממוצע של 100 גרגרים לחזרה, 3 פעמים בעונה, בסוף כל שלב פנולוגי. בעונה 2014 המדידה בוצעה אחת לשבועיים, ובנוסף גם נמדדו רמת הסוכר (°Brix) והחומציות (pH) בתירוש שהופק מן הגרגרים.

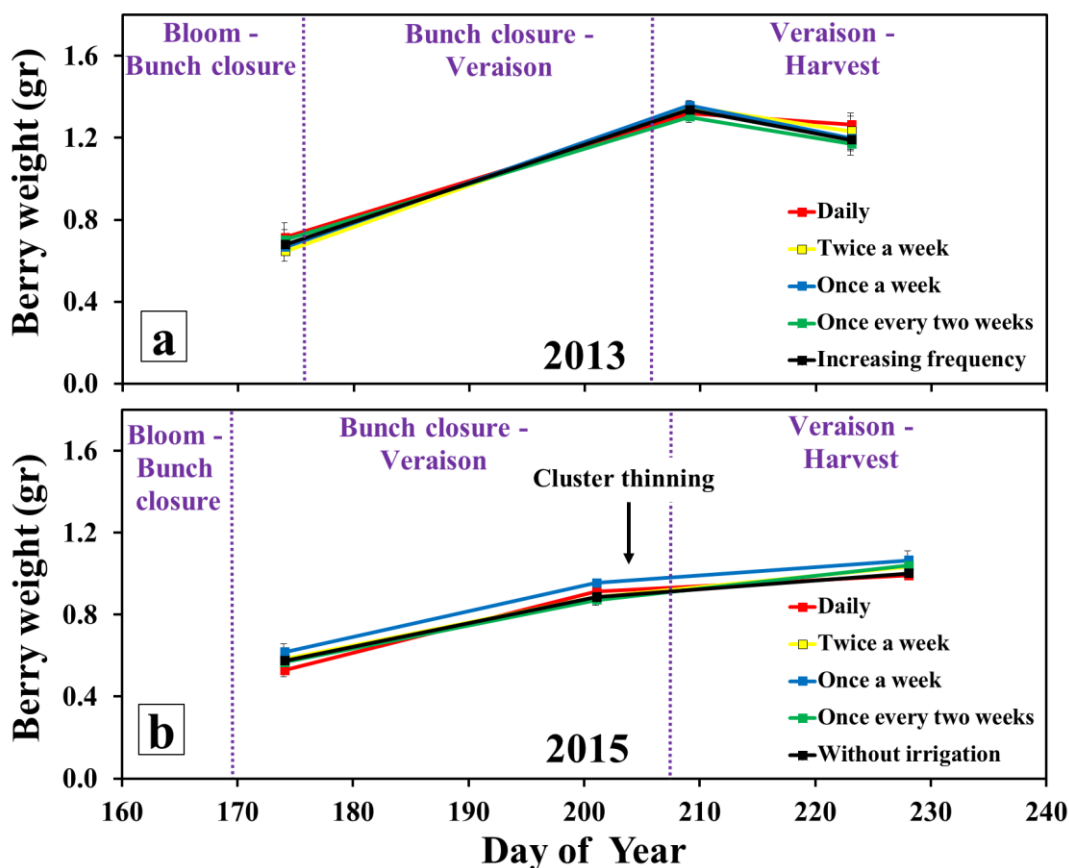
בעונה 2014 ניתן לראות את הגדילה ההדרגתית של הגרגר (איור 26a). ביום 149 (DOY) הגרגר היה בגודל של "זרע אפונה" (Pea-size) ושקל בממוצע 0.5 גר', ובבציר משקל הגרגר הגיע ל-1.3 גר' בממוצע. קצב הגדילה היה כמעט אחיד לאורך העונה, ונע בין 0.05-0.1 גר' לשבוע. בהצטברות הסוכר (איור 26b) ניתן לראות כי בשלושת המדידות הראשונות עד אמצע שלב 2 (אשכול צפוף-בוהל) לא ניכר שינוי והערך עמד על 5 °Brix. מהמדידה הרביעית ביום 191 (DOY) ואילך נצפתה הצטברות מהירה של סוכר בגרגר, עד לרמה של 24.1 °Brix בממוצע ביום הבציר. ברמת החומציות שנמדדה (איור 26c) במהלך העונה נצפתה מגמה דומה לזו של צבירת הסוכר, כשרק במדידה הרביעית ביום 191 (DOY) החומצה בגרגר מתחילה להתפרק וערך ה-pH מתחיל לעלות. בעוד הערך ההתחלתי ביום 149 (DOY) עמד על 2.6 pH בממוצע, הערך הממוצע ביום הבציר עמד על 3.5 pH, והערך הנמוך ביותר שנמדד היה של 2.4 pH ביום המדידה השלישי (176 DOY).

בעונה 2013 (איור 27a) ניתן לראות שבמדידה הראשונה שבוצעה בסוף שלב 1 (פריחה-אשכול צפוף) משקל הגרגר עמד על 0.7 גר' בממוצע, וטיפס עד ל-1.3 גר' ביום המדידות השני שבוצע סמוך לסוף הבוחל (209 DOY). ביום הבציר נצפתה ירידה קטנה של 0.1 גר' בממוצע במשקל הגרגר.

במדידה הראשונה בעונה 2015 (איור 27b) משקל הגרגר היה דומה לזה שבעונות 2013 ו-2014 בתאריך זה ועמד על 0.6 גר' בממוצע, ובמדידה השנייה לקראת סוף שלב 2 נרשם משקל של 0.9 גר' בממוצע. לאחר המדידה השנייה בוצע דילול אשכולות, וניתן לראות שמשקל הגרגר עלה רק במעט יחסית לשנים קודמות ביום הבציר והגיע ל-1 גר' בלבד. בכל מדידות המעקב אחר התפתחות הגרגר לא נרשמו הבדלים מובהקים בהתפתחות הגרגרים בין הטיפולים השונים.



איור מס' 26: מהלך עונתי של מדדי הגרגר: a – משקל הגרגר (גר'), b – מעקב אחר הצטברות הסוכר בתירוש מרלו, מבוא חורון 2014. c – ערך הגבה בתירוש (pH). כל נקודה בגרף מייצגת ממוצע של 400 גרגרים. ניסוי מרווחי השקיה



איור מס' 27: מעקב אחר התפתחות משקל הגרגר בשתי עונות: a – 2013, b – 2015. כל נקודה מייצגת ממוצע של 400 גרגרים. ניסוי מרווחי השקיה מרלו, מבוא חורון 2013 ו-2015.

מדדי יבול והבשלה

בתום כל עונה התבצע בציר ידני בו נספרו מספר האשכולות ונשקל היבול של כל גפן בנפרד, נלקחו מדדי איכות מהתירוש שהופק מהענבים של כל טיפול. תוצאות המשקל תוקננו להצגה לערכים של טון לדונם, ע"י הכפלת ערך המשקל שהתקבל לגפן ב-222, כמספר הגפנים לדונם בצפיפות הנטיעה הקיימת באתר הניסוי.

מתוצאות עונה 2013 עולה (טבלה 8) כי היבול הגבוה ביותר נמדד בטיפול ההשקיה "היומי" עם 2.2 טון לדונם, כאשר יבולי טיפולי ההשקיה (בסדר יורד) "המצטופף", "פעמיים בשבוע" ו"השבועי" עם כמויות דומות. טיפול ההשקיה "פעם בשבועיים" הניב יבול של 1.94 טון לדונם תוצאה שאינה שונה באופן מובהק אך נמוכה מכל השאר הטיפולים. במספר האשכולות לגפן בטיפול ההשקיה "המצטופף" נמדד הערך הגבוה ביותר של 72 אשכולות לגפן, וטיפול ההשקיה "פעם בשבועיים" הנמוך ביותר עם 65 אשכולות לגפן, כאשר שאר הטיפולים עם מספר אשכולות דומה לטיפול ההשקיה "המצטופף" (69-71). במשקל הגרגר לא נראו הבדלים משמעותיים בין הטיפולים. בכמות החומצה בתירוש (גר' לליטר) ניתן לראות שטיפול ההשקיה "השבועי" היה בעל הכמות הגבוהה ביותר של 4.8 גר' לליטר, וטיפול ההשקיה "פעמיים בשבוע" ו"המצטופף" עם תוצאה דומה של 4.72 ו-4.7 גר' לליטר בהתאמה. טיפול ההשקיה "היומי" עם כמות חומצה של 4.37 גר' לליטר וטיפול ההשקיה "פעמיים בשבוע" עם הכמות הנמוכה ביותר של 4.13 גר' לליטר. בתכולת הסוכר לא נמדדו

הבדלים משמעותיים בין הטיפולים, כאשר בטיפול ההשקיה "המצטופף" נמדד הערך הגבוה ביותר של Brix[°] 26.1 והערך הנמוך ביותר של תכולת סוכר נמדד בטיפול ההשקיה "השבועי" עם Brix[°] 25.4.

בעונה 2014 (טבלה 9) היבול היה גבוה מזה של עונת 2013. בטיפול ההשקיה "היומי" נמדד היבול הגבוה ביותר (בדומה לעונה הקודמת) שעמד על 2.85 טון לדונם, ואחריו טיפולי ההשקיה "פעמיים בשבוע" ו"השבועי" עם 2.82 ו-2.77 טון לדונם בהתאמה. טיפול ההשקיה "המצטופף" עם יבול של 2.68 טון לדונם וטיפול ההשקיה "פעם בשבועיים" עם היבול הנמוך ביותר (בדומה לעונה הקודמת) עם 2.64 טון לדונם. במספר האשכולות נצפתה מגמה דומה לזו של כמויות היבול, כשטיפול השקיה "היומי" עם מספר האשכולות הרב ביותר של 70 אשכולות, שירד בהדרגה עד ל-63 אשכולות בטיפול השקיה "פעם בשבועיים". במשקל הגרגר הבדלים היו קטנים מאד בין הטיפולים כשטיפול ההשקיה "פעמיים בשבוע" עם משקל של 1.4 גר', וטיפול ההשקיה "השבועי", "פעם בשבועיים" ו"המצטופף" עם משקל זהה של 1.3 גר', וטיפול ההשקיה "היומי" עם משקל הגרגר הנמוך ביותר של 1.2 גר'. כמות החומצה הגבוהה ביותר שנמדדה הייתה בטיפול ההשקיה "פעמיים בשבוע" עם 4.05 גר' לליטר, וטיפול ההשקיה "פעם בשבועיים" ו"המצטופף" עם 3.8 ו-3.7 גר' לליטר בהתאמה. בטיפול ההשקיה "היומי" ו"השבועי" נמדדו ערכים דומים של 3.65 ו-3.68 בהתאמה. בכמות הסוכר בתירוש לא נצפו הבדלים משמעותיים, כשטיפול ההשקיה "היומי" עם הכמות הגבוהה ביותר של Brix[°] 24.4, וטיפול ההשקיה "פעמיים בשבוע", "שבועי" ו"המצטופף" עם הכמות הנמוכה ביותר של Brix[°] 24.

עונה 2015 שונה באופן מהותית מקודמותיה מכיוון שבוצע דילול אשכולות לקראת סוף הבוחל, כחודש לפני הבציר ביום 23/07/15. הנתונים המוצגים בטבלה להלן (טבלה 10) הינם מיום הבציר. היבול הגבוה ביותר נתקבל בטיפול ההשקיה "פעמיים בשבוע" עם 1.18 טון לדונם, וטיפול ההשקיה "השבועי", "היומי" ו"פעם בשבועיים" עם 1.14, 1.12 ו-1.1 טון לדונם בהתאמה. הטיפול "ללא השקיה" שהופעל בעונת 2015 בלבד הניב את היבול הנמוך ביותר של 1.08 טון לדונם. מספר האשכולות הגבוה ביותר נמדד בטיפול ההשקיה "היומי" עם 42 אשכולות לגפן, ובטיפול ההשקיה "פעם בשבועיים" נספרו 41 אשכולות לגפן. בטיפול ההשקיה "פעמיים בשבוע" ו"השבועי" נספרו 40 אשכולות לגפן, ובטיפול "ללא השקיה" נספרה כמות הנמוכה ביותר של 38 אשכולות לגפן. משקל הגרגר עמד על 1 גר' פרט לטיפול ההשקיה "השבועי" בו נמדד משקל גרגר של 1.1 גר'. בכמות החומצה נמדדה הכמות הגבוהה ביותר של 4.38 גר' לליטר בטיפול ההשקיה "השבועי", ובטיפול ההשקיה "פעם בשבועיים" ו"ללא השקיה" נמדד 4.1 גר' לליטר. בטיפול השקיה "פעמיים בשבוע" נמדד ערך דומה של 4.08 גר' לליטר, ובטיפול ההשקיה "היומי" נמדד הערך הנמוך ביותר של 3.95 גר' לליטר. כמות הסוכר שנמדדה בעונה זו הייתה גבוהה יחסית לעונות הקודמות, עם הערך הגבוה ביותר של Brix[°] 27.4 שנמדד בטיפול "ללא השקיה", אחריו הערכים יורדים בהדרגה בטיפולי ההשקיה: "פעמיים בשבוע", "היומי" ו"השבועי", כשטיפול ההשקיה "פעם בשבועיים" הציג את הערך הנמוך ביותר של Brix[°] 26.2.

טבלה מס' 8: מדדי יבול והבשלה. כל טיפול מייצג ממוצע של 48 גפנים, סה"כ נמדדו 240 גפנים. ניסוי מרווחי השקיה מרלו, מבוא חורון 2013.

°Brix	TA (g/l)	משקל גרגר (גר')	מספר אשכולות לגפן	יבול (טון לדונם)	2013
25.8	4.37	1.3	70	2.20	פעם ביום
25.8	4.13	1.2	71	2.15	פעמיים בשבוע
25.4	4.80	1.2	69	2.14	פעם בשבוע
25.9	4.72	1.2	65	1.94	פעם בשבועיים
26.1	4.70	1.2	72	2.17	מצטופף
n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	P Value

טבלה מס' 9: מדדי יבול והבשלה. כל טיפול מייצג ממוצע של 48 גפנים, סה"כ נמדדו 240 גפנים. ניסוי מרווחי השקיה מרלו, מבוא חורון 2014.

°Brix	TA (g/l)	משקל גרגר (גר')	מספר אשכולות לגפן	יבול (טון לדונם)	2014
24.4	3.65	1.2	70	2.85	פעם ביום
24.0	4.05	1.4	68	2.82	פעמיים בשבוע
24.0	3.68	1.3	68	2.77	פעם בשבוע
24.1	3.8	1.3	63	2.64	פעם בשבועיים
24.0	3.7	1.3	64	2.68	מצטופף
n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	P Value

טבלה מס' 10: מדדי יבול והבשלה, לאחר דילול. כל טיפול מייצג ממוצע של 48 גפנים, סה"כ נמדדו 240 גפנים. ניסוי מרווחי השקיה מרלו, מבוא חורון 2015.

2015	יבול (טון לדונם)	מספר אשכולות לגפן	משקל גרגר (גר')	TA (g/l)	°Brix
פעם ביום	1.12	42	1.0	3.95	26.7
פעמיים בשבוע	1.18	40	1.0	4.08	26.9
פעם בשבוע	1.14	40	1.1	4.38	26.4
פעם בשבועיים	1.10	41	1.0	4.1	26.2
ללא השקיה	1.08	38	1.0	4.1	27.4
P Value	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s

מדידות איכות וטעימות יין

לאחר שהוכן יין מפרי של כל חזרה בנפרד במיקרו-וינפיקציה ביקב המחקרי באריאל, בוצעו מדידות באמצעות ספקטרוטומטר להערכת עוצמת הצבע וכמות הפנולים ביין, ובנוסף בוצעה הערכה אורגנולפטית ע"י קבוצת טועמים שהוכשרה לנושא, בהובלת ד"ר שיבי דרורי.

מתוצאות מדידות יין 2013 עולה (טבלה 11) שעוצמת הצבע (color density) הגבוהה ביותר נמדדה בטיפול ההשקיה "פעם בשבועיים" ואילו הטיפול "השבועי" עם העוצמה החלשה ביותר. תבנית דומה התקבלה בתוצאות גוון היין (color hue) כשטיפול ההשקיה "פעם בשבועיים" עם הערך הנמוך ביותר של 0.77 המעיד על גוון אדום יותר באופן יחסי, לעומת טיפול השקיה "השבועי" עם הערך הגבוה ביותר של 0.84 המעיד על גוון חלש יותר. בריכוז הפנולים הערכים היו יחסית קרובים בין הטיפולים השונים, כאשר הערך הגבוה ביותר של 33.2 נמדד בטיפול ההשקיה "פעם בשבועיים", ואילו טיפול ההשקיה "היומי" עמד על 31.7 בלבד. מתוצאות הטעימה עולה שהציון הגבוה ביותר של 85.3 ניתן לטיפול ההשקיה "השבועי" ו"פעם בשבועיים", אחריהם טיפולי ההשקיה "היומי" ו"המצטופף" עם 84.3, ולבסוף הציון הנמוך ביותר נרשם בטיפול ההשקיה "פעמיים בשבוע" עם 83.3.

מתוצאות מדידת היין של עונה 2014 (טבלה 12) נראה שהערך הגבוה ביותר בעוצמת הצבע (color density) נמדד בטיפול ההשקיה "היומי" עם 5.9, והערך הנמוך ביותר נמדד בטיפול ההשקיה "פעמיים בשבוע" ו"המצטופף". בגוון הצבע (color hue) נראה שלטיפול ההשקיה "פעם בשבועיים" הגוון היותר איכותי עם 0.65, לעומת הערך הגבוה ביותר (פחות אדום) של 0.75 שנמדד בטיפול "המצטופף". בריכוז הפנולים נראה שהערך הגבוה ביותר של 39.5 נמדד בטיפול ההשקיה "פעמיים בשבוע" לעומת הערך הנמוך ביותר של 34.9 בטיפול "פעם בשבועיים". בהערכה הכללית של היין ע"פ הטעימה העיוורת נמצא הבדל (לא מובהק) של 1.5 נק' בממוצע בין טיפול ההשקיה "פעם בשבועיים" לשאר הטיפולים. כאשר הציון הגבוה ביותר ניתן לטיפול ההשקיה "פעם בשבועיים" עם

85 נקודות, ושאר הטיפולים נעו בטווח הנקודות של 83.3-83.6. לא נראו הבדלים מובהקים בין הטיפולים בכל המדדים.

טבלה מס' 11: מדדי איכות יין כפי שנמדדו באמצעות ספקטרופוטומטר, ובאמצעות הערכה אורגנולפטית ע"י פאנל טעימות עיוור. ניסוי מרווחי השקיה מרלו, מבוא חורון 2013.

ציון כללי - טעימות	פנולים (280nm)	גוון צבע (420nm/520nm)	עצמת צבע (420nm + 520nm + 620nm)	2013
84.3	31.7	0.80	6.7	פעם ביום
83.3	32.5	0.81	6.4	פעמיים בשבוע
85.3	32.7	0.84	6.3	פעם בשבוע
85.3	33.2	0.77	7.1	פעם בשבועיים
84.3	32.5	0.78	6.4	מצטופף
n.s	n.s	n.s	n.s	P Value

טבלה מס' 12: מדדי איכות יין כפי שנמדדו באמצעות ספקטרופוטומטר, ובאמצעות הערכה אורגנולפטית ע"י פאנל טעימות עיוור. ניסוי מרווחי השקיה מרלו, מבוא חורון 2014.

ציון כללי - טעימות	פנולים (280nm)	גוון צבע (420nm/520nm)	עצמת צבע (420nm + 520nm + 620nm)	2014
83.5	35.8	0.67	5.9	פעם ביום
83.3	39.5	0.70	4.8	פעמיים בשבוע
83.4	36.5	0.68	5.4	פעם בשבוע
85	34.9	0.65	5.6	פעם בשבועיים
83.6	37.4	0.75	4.8	מצטופף
n.s	n.s	n.s	n.s	P Value

קרקע ואקלים

לסוג הקרקע השפעה משמעותית וישירה על היבטים חקלאיים רבים. קרקעות כבדות מאופיינות בתכולת חרסית גבוהה היוצרת תאחיזת מים גבוהה העשויה לגרום למחסורי אוורור בקרקע. הניסוי הנוכחי ממוקם בעמק איילון, בקרקע בינונית עד כבדה המאופיינת כסיין-חרסתית (איור 1). סוג הקרקע רנזדינה העשירה בגיר (50%), ולכן הכנה שנבחרה לחלקה באזור זה היא "רוגרי" העמידה לרמות גיר גבוהות בקרקע. מכיוון שבקרקע כבדה תאחיזת המים גבוהה, נהוג לרווח את ההשקיות באופן יחסי כדי שלא ייווצרו עודפי מים בקרקע היכולים להביא לחוסר אוורור וישפיעו לרעה על הגידול. אתר הניסוי מצוי במרחק של כ-50 מ' מאפיקו של נחל איילון, עובדה זו לא נלקחה בחשבון בבחירת מיקומו של הניסוי וייתכן שקירבה זו הוסיפה ליכולת שימור תכולת המים בקרקע.

האקלים באתר הניסוי דומה באופן כללי לאזור השפלה. ממוצע המשקעים הרב שנתי בקיבוץ שעלבים (מצוי כ-7 ק"מ מאתר הניסוי) עומד על 537 מ"מ בשנה, בדומה לממוצע הרב שנתי בבית דגן (524 מ"מ), אך שונה מאזור רמת הגולן כמו מרום גולן (832 מ"מ) ויתיר בדרום הר חברון (271 מ"מ). כמות המשקעים בעונות 2013 ו-2014 היו מתחת לממוצע הרב שנתי ב-27% ו-35% בהתאמה, ועונת 2015 הייתה גבוהה מן הממוצע ב-23%. למרות שעונת 2014 הייתה מתחת לממוצע ב-35% באותה שנה ירדה כמות משקעים גדולה של 72 מ"מ באביב המאוחר בתאריך 07/05/14 (לאחר שניסוי ההשקיה כבר החל). ייתכן שכמות משקעים זו הייתה משמעותית והגבילה את היכולת של טיפולי ההשקיה להשפיע על תוצאות הניסוי בעונה 2014. ממוצע ההתאדות העונתי (20/08-21/03) שנמדד באתר הניסוי עמד על 818 מ"מ, ערך זה דומה לערכים שנמדדו בבית דגן (832 מ"מ) ומרום גולן (852 מ"מ) אך נמוך מערכים שנמדדו ביתיר (974 מ"מ).

השקיה

מועד תחילת ההשקיה תלוי באזור האקלימי והגיאוגרפי בו ניטע הכרם, ישנם אזורים יובשניים כמו דרום הר חברון (יתיר) בהם מתחילים את יישום ההשקיה מעט לאחר הבלבוב, וישנם אזורים מסוימים בהם ההשקיה לא נצרכת כלל כגון צפון רמת הגולן, ועמקים מקומיים באזורים שונים (ראש צורים, שילה וכד'). נקודת המוצא בפרקטיקה של ההדרכה בישראל היא שישנה עדיפות לניצול אוגר המים בקרקע ע"י הגפנים טרם פתיחת ההשקיה, לכן בתחילת יישום ההשקיה רצוי להשקות במנות מים קטנות יותר בהשוואה להמשך העונה, ולאחר התפתחות הנוף כששטח העלווה גדל יש להגדיל את גודל מנות המים המיושמות. מתודה זו נלקחה מפרקטיקות המקובלות באירופה באזורים בהם ריבוי המשקעים (ובהם משקעי אביב וקיץ) הם עובדה קיימת. התדירות המקובלת היא להשקות בתחילת העונה במרווחי השקיה של פעם ב-5-7 ימים, ועם התקדמות העונה ע"פ אבחון חזותי של מצב הגפן, להעלות את התדירות לפעמיים בשבוע, ובמקומות מסוימים אף ל-3 פעמים בשבוע. כחלק מתפיסת השקיה גרעונית מוסתת RDI (Regulated Deficient Irrigation) שיטת ההשקיה שנקטה בניסוי זה בוצעה כך שבשלב 1 (פריחה עד אשכול צפוף) מקדם ההשקיה היה גבוה יותר לעומת שלבים 2 ו-3 (אשכול צפוף עד בציר) (טבלה 1). סימוכין לשיטה זו התקבלו ממספר ניסויי שדה בענבי יין אדומים, נמצא כי ישנה חשיבות גדולה לשמירה על משק מים משופר

במהלך שלב 1 (פריחה עד אשכול צפוף) המביא לשיפור כמות היבול והצימוח הווגטיבי. ואילו יצירת תנאים של עקת יובש בשלבים 2 ו-3 (אשכול צפוף עד בציר) מביאים לשיפור איכות היין (דוֹתן עבודת מסטר; Munitz et al. 2016; Netzer et al. 2012). משמעות נוספת היא שמשק מים תקין במהלך שלב 1 מגדיל את קוטר הטרכיאות ואת סך המוליכות ההידראולית בעצת הגזע, עובדה זו מאפשרת כניסה לעקת יובש חריפה יותר במהלך שלב 3. ההסבר המוצע הוא שטרכיאות גדולות חשופות יותר לסיכוני קוויטציה ואמבולזים (דוֹתן עבודת מסטר; Munitz et al. 2012; Netzer et al. 2016).

בניסוי הנוכחי נבחנו חמישה טיפולים הנבדלים בתדירות ההשקיה, כאשר מועד תחילת ההשקיה נקבע לתחילת שלב 1 – בזמן שיא הפריחה. ממוצע מנות המים העונתיות שיושמו בעונות 2013, 2014 ו-2015 עמדו על 49,105 ו-30 מ"מ בהתאמה (טבלה 5). במבט ראשוני נראה שההפרש במנות המים בין העונות קיצוני מאד, אך לאור תוצאות המהלך העונתי בפוטנציאל המים בעונות הראשונות נראה שצמצום מנות המים היה הכרחי כדי להשרות עקת יובש משמעותית יותר בזמן הבציר. מנתוני מנות המים שיושמו בניסוי זה עולה שבכל שלושת העונות ניתנו מנות מים נמוכות בהשוואה למנות מים שניתנו ע"י החקלאי באזור מבוא חורון (100-150 מ"מ לעונה), ובאזור דומה כמו בקיבוץ חולדה שם עומדות מנות המים במרלו על ממוצע של 150 מ"מ (Munitz et al. 2016).

פוטנציאל מים בגזע

מדידת פוטנציאל המים בגזע בצהרי היום באמצעות תא לחץ נחשבת למדידה אמינה המשקפת את מצב משק המים בצמח (Möller et al. 2007; Naor 2006; Choné et al. 2001). בתוצאות עונת 2013 לא ניתן להצביע על מגמה ברורה לכל אורך העונה, ובנוסף התוצאות יחסית קרובות בין הטיפולים. לעומת זאת בעונת 2014 נראה שעד אמצע הבוחל (אמצע יולי) קיים דמיון גדול מאוד בין הטיפולים, ומשלב זה ועד לבציר נפתחים הבדלים קטנים אך לא מובהקים, כאשר בטיפול ההשקיה "פעם בשבועיים" מתקבל הערך השלילי ביותר, והטיפולים "היומי" ו"המצטופף" הינם המשופרים ביותר. בעונה זו (2014) טיפול ההשקיה "פעם בשבועיים" קיבל כ-18% תוספת במנות המים (טבלה 5) עקב טעות טכנית, וייתכן שללא תוספת זו ערכי פוטנציאל המים של טיפול זה היו נעשים שליליים עוד יותר. בעונת 2015 נפתחו הבדלים קטנים ועקביים בין הטיפולים מתחילת הבוחל (אמצע יולי) ועד לבציר. גם בעונה זו בטיפול "פעם בשבועיים" נמדדו הערכים השלילים ביותר, ולעומת זאת הטיפול ה"שבועי" היה המשופר ביותר. בתוצאות הטיפול ה"שבועי" נראות מגמות הפוכות בין העונות 2014 ו-2015, כאשר בעונת 2014 נמדדו ערכים הנמוכים ביותר, ואילו בעונת 2015 נמדדו ערכים המשופרים ביותר בהשוואה לשאר טיפולי ההשקיה. תופעה זו של שינוי מגמה בתוצאות פוטנציאל המים בטיפול ה"שבועי", התקבלה גם בניסויים דומים. בניסוי שנערך בעמק אקונקאגוה (Aconcagua) בצ'ילה בענבי מאכל נמדדו ערכים משופרים יותר של פוטנציאל המים בטיפול השבועי לעומת טיפולים בתדירות גבוהה יותר (Selles et al. 2004), ואילו בניסוי שנערך בדרום אפריקה בענבי מאכל התקבלו תוצאות הפוכות, כאשר ערכי פוטנציאל המים שנמדדו בטיפול השבועי היו שליליים יותר בהשוואה לטיפול של שלוש השקיות בשבוע (Myburgh 2012). ערכי

הסף הנמוכים ביותר שנמדדו מבין כלל הטיפולים השונים עמדו על: -0.98 MPa , -1.1 MPa , 1 MPa (Munitz et al. 2016) -1.2, בעונות 2013, 2014 ו-2015 בהתאמה. ערכים אלו נמוכים בהשוואה לערכי פוטנציאל מים בסוף העונה באתרים דומים בארץ כגון בחולדה שם נמדדו ערכים של -1.3 MPa (Intrigliolo and Castel) -1.6 עד -1.4 MPa (Van Leeuwen et al. 2009; Intrigliolo and Castel 2009; Sebastian et al. 2015). ע"פ (2007; Intrigliolo and Castel 2009; Sebastian et al. 2015) ערכי פוטנציאל מים בניסוי זה מצויים בטווח של עקת יובש מתונה, ורק כאשר הערכים יורדים מתחת לערך של -1.4 MPa מוגדרת העקה כחמורה. בעונה 2015 שינינו את טיפול ההשקיה ה"מצטופף" לטיפול "ללא השקיה" כלל (בעל), מהלך זה פתח צוהר להבנה מעמיקה יותר של משק המים בחלקת הניסוי, כאשר טיפול זה לא נבדל באופן משמעותי מיתר הטיפולים ואף לא היה השלילי ביותר (איור 10c). תוצאה זו מעידה על עודפי מים בקרקע באתר הניסוי, ועל צורך מוגבל ביותר של השקיה בחלקה זו ובשל כך תרומתה היחסית של ההשקיה ממוסכת חלקית.

פוטנציאל מים בגזע – מעקב בין השקיות

מעקב רציף של פוטנציאל המים במשך שבועיים (16/08/15-03/08/15) בתקופה שבין ההשקיות, עוזר להבין ולזהות את ההבדלים בהתפתחות העקה. מתוצאות המעקב אחר פוטנציאל המים בגפן נראית השפעותיהם של הטמפרטורה וגירעון לחץ האדים על ערכי פוטנציאל המים. ככל שהטמפרטורות וגירעון לחץ האדים עולים כך פוטנציאל המים עשוי לרדת באופן משמעותי יותר (Myburgh 2003; Williams and Baeza 2007; Olivo et al. 2009). בשני ימי מדידה בתקופה זו שררו טמפרטורות גבוהות, ולכן באותם ימים ניתנה ההזדמנות לזהות את ההבדלים בין הטיפולים. ביום המדידה הראשון שבוצע ב-03/08 טמפ' המקסימום היומית עמדה על 40.3 מ"צ (איור 12), ולמרות שניתנה השקיה בטיפול "היומי" ובטיפול "פעמיים בשבוע", ערכי פוטנציאל המים נעשו שליליים יותר (איור 11), כלומר מנת המים לא הייתה מספקת על מנת לבלום את ההרעה במשק המים בעקבות תנאי האקלים. לעומת זאת, ערכי הטיפול "פעם בשבועיים" אף השתפרו עקב מנת מים יחסית גדולה (7.4 מ"מ). תופעה זוהי של ירידת ערכי פוטנציאל המים ביום חם יחסית ניתן לזהות גם ביום המדידות שבוצע ב-10/08, כאשר ההשקיה יושמה יום קודם לכן ב-09/08 בטיפולים: "יומי", "פעמיים בשבוע", ו"שבועיים" במנות מים של 0.5 , 1.4 ו- 2.8 מ"מ בהתאמה. ההבדל בין טיפולים אלו ביום זה מתבטא בעוצמת הירידה בערכי פוטנציאל המים, אשר תואמת את גודל מנות המים שיושמו, ככל שמנת המים קטנה יותר כך הירידה גדולה יותר. הירידה הגדולה ביותר בערכי פוטנציאל המים שנמדדו ביום זה (10/08) נרשמה בטיפול "פעם בשבועיים", מכיוון שהמדידה בוצעה שבוע לאחר מועד ההשקיה האחרון. נראה שתדירות השקיה מרווחת של "פעם בשבועיים", יוצרת מצב של שיפור בערכי פוטנציאל המים גם לאחר ימים חמים במיוחד עקב יישום של מנת מים גדולה, אבל לאחר מספר ימים (שבוע במעקב זה) הגפן נכנסת לעקת יובש חריפה אף יותר בהשוואה ליתר טיפולי ההשקיה. לעומת זאת בטיפול השקיה מצופף יותר כמו "פעמיים בשבוע", הגפנים מושפעות ביתר קלות מתנאי האקלים עקב גודל מנת מים קטנה יותר. בנוסף ניתן לראות שההבדלים בערכי פוטנציאל המים בין הטיפולים "היומי" ושל "פעמיים בשבוע" קטנים מאד בכל ימי המדידות בתקופת מעקב זו. תוצאות דומות נרשמו בניסוי שנערך בספרד בזן סירה כאשר לא

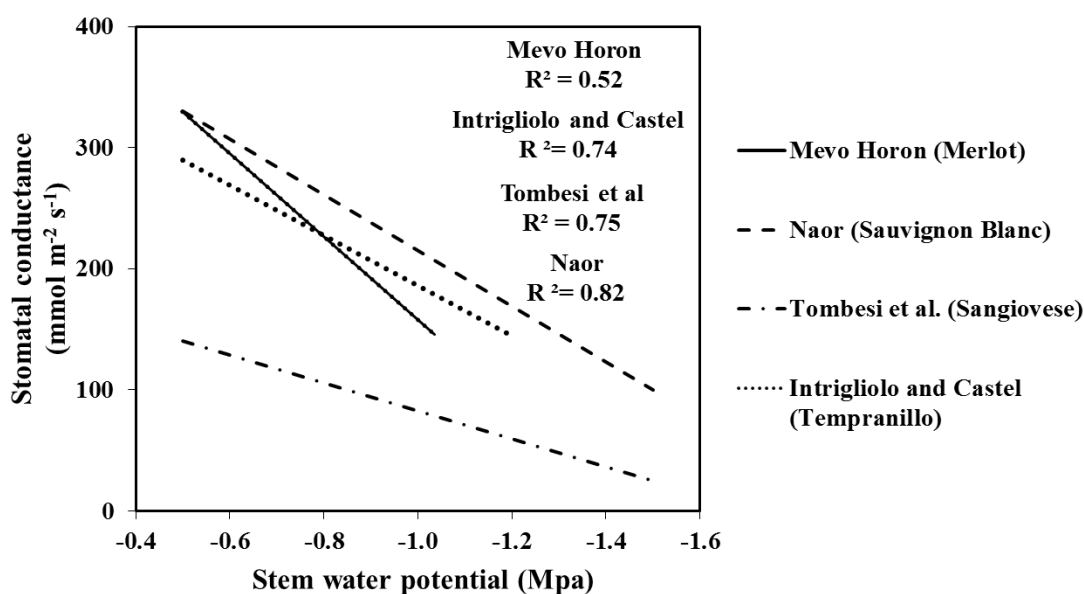
נרשמו הבדלים, במדידות שנעשו יום לפני השקיה ויום לאחר ההשקיה, בהשוואה בין שני טיפולי תדירות השקיה של פעם ביומיים לבין פעם בארבעה ימים (Sebastian et al. 2015). ניתן לזהות בבירור את השפעת האקלים על משק המים בגפן, ולכן ישנה חשיבות לגודל מנת המים המיושמת, ככל שהמנה גדולה יותר כך הצמח יכול לאזן את ערכי פוטנציאל המים שלו גם לאחר ימים חמים במיוחד. עקרון זה של התאמת גודל מנת המים לאקלים עולה בקנה אחד עם מודל ההשקיה בו נעזרנו במהלך הניסוי, כאשר חישוב גודל מנת המים מבוסס על גודל הנוף ועל ההתאדות, אשר קושרת את האקלים לחישוב מנת המים.

חילוף גזים – קצב קיבוע פחמן ומוליכות פיוניות

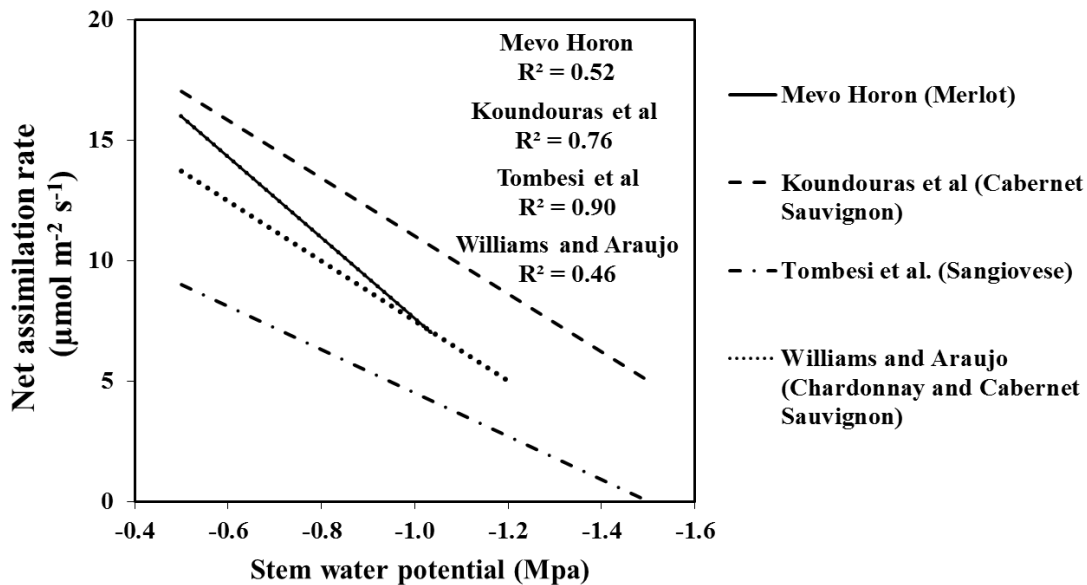
המגמה הכללית של המהלך העונתי במוליכות הפיוניות ובקצב קיבוע הפחמן, מראה התפתחות "פעמון" כאשר בתחילת העונה הערכים הנמדדים נמוכים ובהמשך הולכים ועולים לנקודת שיא, ומאמצע העונה בשלב הבוחל (אמצע יוני) הערכים יורדים חזרה (איורים 13 ו-14). מגמה זו נראית ביתר-שאת בעונה 2015 מכיוון שהמדידות החלו בשלב מוקדם יותר. ההסבר לעלייה בערכים בתחילת העונה, מקורה בכך שהעלים הצעירים מגיעים למלוא פוטנציאל המערכת הפוטוסינתטית רק לאחר 30-40 יום של גדילה והתפתחות (Kriedemann et al. 1970; Petrie et al. 2015). הירידה בערכים נובעת משני תהליכים מקבילים, הראשון הוא עקת יובש מתונה הנוצרת בגפן, המתבטאת בירידת ערכי פוטנציאל המים (Williams 2012), והשני הוא תהליך הזדקנות העלים (Kriedemann et al. 1970; Lebon et al 2008; Petrie et al. 2015). תופעה של הזדקנות העלים וירידה במדדי חילוף גזים ניתן לראות במגמה העונתית של הגפנים בליזמטרים בשילה בהם פוטנציאל המים משופר לאורך כל העונה (נצר וחובריו 2015, דו"ח מועצת גפן יין).

טווח הערכים שנמדדו בקצב קיבוע הפחמן ($5-17 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) ומוליכות הפיוניות ($\text{mmol Padgett-Johnson et al. } 100-390 \text{ H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) דומות לתוצאות שהתקבלו באתרים אחרים בעולם (al. 2003; Schultz 2003; Intrigliolo and Castel 2009; Romero et al. 2010; Williams 2012) המגמות שנצפו בתוצאות קצב קיבוע הפחמן בצהרי היום דומות למגמה בתוצאות מוליכות הפיוניות, דבר שבא לידי ביטוי בתוצאות המתאם בין שני מדדים אלו (איור 17), כאשר מתאמים דומים התקבלו בעבודות נוספות בגפן (Cifre et al. 2005; Koundouras et al 2008; Williams 2012). בעונה 2014 נצפו הבדלים (לא מובהקים) בין הטיפולים רק לאחר תחילת הירידה בערכים באמצע הבוחל (אמצע יולי). בהבדלים שנצפו בין הטיפולים (פרט לטיפול "השבועי") נראית מגמה בה ככל שתדירות ההשקיה עולה כך ערכי מוליכות הפיוניות וקצב קיבוע הפחמן עולים גם כן. בתוצאות טיפול ההשקיה "השבועי" נראית מגמה לא אחידה כאשר בתחילת העונה הערכים משופרים יותר, ואילו מאמצע יולי ערכי מוליכות הפיוניות וקצב קיבוע הפחמן נעשים נמוכים בהשוואה ליתר טיפולי ההשקיה. לעומת זאת בעונה 2015 ההבדלים שנצפו היו דווקא בתחילת העונה (לבלוב-אשכול צפוף), בחודשים מאי-יוני בזמן שעדיין לא החלה ההשקיה כלל, ובסוף העונה לא נצפו הבדלים בין הטיפולים. תוצאות הטיפול "ללא השקיה" הפתיעו במיוחד כשערכיו לא היו הנמוכים ביותר באופן מובהק מיתר הטיפולים. סגירת הפיוניות היא אחד התהליכים הראשונים

המתרחשים בעת עקת יובש (Cifre et al. 2005; Intrigliolo and Castel 2007), ולכן המגמות שהתקבלו מתוצאות מוליכות הפיוניות וקצב קיבוע הפחמן בעונות 2014 ו-2015 תואמות את המגמות שהתקבלו במדידת פוטנציאל המים באותם ימי מדידה. קשר זה בין פוטנציאל המים בגזע בצהרי היום לבין מוליכות הפיוניות וקצב קיבוע הפחמן ניתן לראות במתאם שנעשה בעבודה זו (איור 18 ו-19). הצגת הקשר בין משתנים אלה חשובה להבנת ההבדלים בין זנים וכנות וכימות הרגישות לעקות יובש (Schultz 2003; Gerzon et al. 2015), והיא מהווה כלי להשוואה ובחינת אמינות התוצאות בין מחקרים שונים. ערכי מתאם דומים הוצגו במחקרים נוספים שבוצעו במגוון זנים (Naor 1999; Williams and Araujo 2002; Koundouras et al 2008; Intrigliolo and Castel 2009; Tombesi et al. 2015). כאשר בניסוי הנוכחי נראה שככל שפוטנציאל המים בגזע בצהרי היום נעשה שלילי יותר כך הירידה בערכי חילוף הגזים חדה יותר בהשוואה ליתר העבודות שהוצגו (איור 28 ו-29). ניתן להעריך שהזן מרלו מתאפיין במוליכות פיוניות גבוהה כאשר אין תנאי עקת יובש, ובתנאי עקת יובש מתונה הוא סוגר פיוניות אף ביחס לזנים האחרים. הזן מרלו נחשב כרגיש במידה בינונית-גבוהה לעקות יובש ולא נדיר לצפות בהתייבשויות עלווה כתוצאה מעקות יובש.



איור מס' 28: השוואה בין קווי רגרסיה לינארית שהתקבלו בניסויים שונים בגפן היין, מתאם בין פוטנציאל מים בגזע בצהרי היום למוליכות הפיוניות.



איור מס' 29: השוואה בין קווי רגרסיה לינארית שהתקבלו בניסויים שונים בגפן היין, מתאם בין פוטנציאל מים בגזע בצהרי היום לקצב קיבוע הפחמן.

מהלכים יומיים של מדדים פיזיולוגיים

המהלך היומי של פוטנציאל המים בגזע (איורים 15a,b,c ו-16a,b,c) מאופיין במגמת ירידה של הערכים (יותר שלילי) במהלך היום עד לנקודת שפל בטווח השעות 12:00-14:00, ולאחר מכן נצפה שיפור בערכים במדידה האחרונה של היום (17:00). בתוצאות מוליכות הפיוניות וקצב קיבוע הפחמן (איורים 15 ו-16) נראית מגמה אחידה יחסית של ירידת הערכים לאורך היום, לעיתים נצפתה עלייה קלה בערכים במדידה השניה (09:00-10:00), לאחר הגעה לפעילות מלאה של המערכת הפוטוסינתטית. מגמה זו במהלך היומי בשלושת המדדים נצפתה גם בעבודות דומות בגפן שבוצעו בלכיש ובחולדה (בהט עבודת גמר; מוניץ עבודת גמר) ובמקומות נוספים בעולם (Schultz 2003; Intrigliolo and Castel 2009; Williams 2012). אולם בעבודה שנעשתה ביתיר (שיראז) לא היה ניכר במהלך היומי השתפרות של פוטנציאל המים לקראת סוף היום, ככל הנראה עקב קרינה חזקה ורוחות אחר הצהריים המעלות את ההתאדות (דותן עבודת גמר).

הירידה בפוטנציאל המים במהלך היום נגרמת כתוצאה מעלייה בקרינה ובטמפרטורות הגורמות לפתיחת הפיוניות ולעלייה בקצב הטרנספירציה. ולכן לקראת סוף היום ערכי פוטנציאל המים משתפרים מעט, לאחר שהטמפרטורה והקרינה נחלשים יחד עם ירידה בערכי מוליכות הפיוניות אשר מובילים לירידה בטרנספירציה. בשתי העונות (2014 ו-2015) ניתן לראות את התפתחות עקת היובש לאורך העונה אשר מתבטאת בשני היבטים: הראשון בירידת ערכי פוטנציאל המים ההתחלתיים (שנמדדו בשעות הבוקר המוקדמות), והשני נראה בהבדלים אשר מתפתחים בין הטיפולים. בעוד שבתוצאות פוטנציאל המים ביום המדידה הראשון (בסוף שלב 1) לא נצפו הבדלים בין הטיפולים, בימי המדידות השני והשלישי כבר ניכרים הבדלים. עקת היובש המשמעותית התפתחה ונמדדה בסוף העונה, ולכן כאשר מתמקדים בתוצאות יום המדידות השלישי בשתי העונות, נראה שהטיפול עם תדירות ההשקיה הנמוך ביותר ("פעם בשבועיים") הוא בעל ערכי

פוטנציאל המים השליליים ביותר. בעונה 2014 נצפתה מגמה שככל שתדירות ההשקיה עולה כך גם ערכי פוטנציאל המים משופרים יותר, אך בעונה 2015 מגמה זו לא נשמרה במלואה כאשר הטיפול "השבועי" מראה את משק המים המשופר ביותר. תוצאות אלו עולות בקנה אחד עם המהלך העונתי בו לא נצפו מגמות עקביות בהבדלים בין הטיפולים בכל העונות.

בתוצאות המהלך היומי של מוליכות הפיוניות וקצב קיבוע הפחמן (איורים 15 ו-16), ניתן לראות את הירידה בערכים ההתחלתיים (שנמדדו בשעות הבוקר המוקדמות) עם התקדמות העונה בדומה לתוצאות פוטנציאל המים. בעונת 2014 המגמות בהבדלי הטיפולים שונים בין הימים, בעוד שבסוף שלב 1 כמעט ולא נצפו הבדלים, בסוף שלב 2 ו-3 נצפו מגמות מעורבות, ולא ניתן להצביע על טיפול אחד עם ערכים הגבוהים ביותר או הנמוכים ביותר לכל אורך היום. בעונת 2015 נראה שעיקר ההבדלים בין הטיפולים נמדדו דווקא ביום המדידה הראשון בסוף שלב 1, כשהטיפול "השבועי" עם הערכים הגבוהים ביותר בקצב קיבוע הפחמן ומוליכות הפיוניות, והטיפול "ללא השקיה" עם הערכים הנמוכים ביותר. בימי המדידות בסוף שלב 2 ו-3 נצפו מגמות מעורבות בהבדל בין הטיפולים, כמו בעונת 2014.

אינדקס שטח עלווה

התפתחות הנוף מאופיינת בגידול מהיר מאד בתחילת העונה אשר מסתיימת באמצע יוני, ולאחר מכן הצמיחה בנוף נעשית מתונה יותר (איור 20). ערכים דומים של אינדקס שטח העלווה נמדדו בזן מרלו בחולדה וביתיר (דותן עבודת גמר; Munitz et al. 2016) וכן בעבודות נוספות בגפן יין (Herrero-Langreo et al. 2013; Nguyen et al. 2013). ניתן לזהות בבירור את השפעתם של פעולות אגרוטכניות על גודל ועיצוב הנוף, כאשר פעולות אלו נועדו לשפר את חשיפת האשכולות לאור וליצירת אחידות בנוף. ככל ששטח הנוף גדול יותר כך יש יותר שטחי פנים החשופים לאור, ולכן היכולת לבצע פוטוסינתזה ודיות גדולה יותר (Shibles and Weber 1965; Smart 1974; Schultz 2015) על כן, פעולות אלו לעיצוב הנוף משפיעות על צריכת המים של הגפן. לאחר שילוב החוטים נצפתה "ירידה" מלאכותית בערכי אינדקס שטח העלווה, למרות שבפועל לא הוסרו עלים כלל אלא רק נעשו צפופים יותר. אולם צפיפות העלים גורמת לכך שישנם עלים רבים יותר שאינם נחשפים לשמש ולכן יש הפחתה בפעילות הפוטוסינתטית והטרנספירציה של הצמח השלם. בנוסף לגודל הנוף יש השפעה על גודל מנת המים המחושבת, ע"פ הנוסחה האמפירית הקושרת בין אינדקס שטח העלווה (LAI) למקדם הגידול (K_c) (ראה חומרים ושיטות). בפועל לא נצפו הבדלים כלל באינדקס שטח העלווה בין הטיפולים לכל אורך שלושת עונות המחקר, ולכן מנות המים שחושבו היו דומות בין הטיפולים.

מדידת קוטר גזע – ידני

מתוצאות מדידת קוטר הגזע באופן ידני עולה שהגדילה העונתית מתבצעת בתקופה קצרה ביותר של כ-50 יום (איור 21). משך זה מעיד על פעילות אינטנסיבית של הקמביום שעל ידי חלוקת תאים

לעצה ולשיפה מגדיל את קוטר הגזע (Zapata et al. 2004). למעשה הגדילה הממוצעת של הגזע נעה בטווח של בין 1.9-3.2 מ"מ לעונה, ערכים דומים נצפו בעבודות נוספות בגפן (Myburgh 1996; Shellie 2006). היתרון במדידה זו שניתן לראות את האפקט הרב-שנתי של טיפולי ההשקיה על התרחבות הגזע. מכיוון שאחד הגורמים המשפיעים ביותר על גודל וקצב הצימוח הווגטיבי הוא זמינות המים לגפן (Schultz and Matthews 1988; Gu et al. 2004), ציפינו שיחד עם העלייה בתדירות ההשקיה תעלה זמינות המים לגפן בהתאם, ותבטא בצימוח הווגטיבי. מהתוצאות עולות מגמה שונה, כאשר בתום הניסוי נמדדה הגדילה בגזע הקטנה ביותר בטיפול ההשקיה "היומי" עם 7.6 מ"מ (בשלוש שנים 2013-2015), והגדולה ביותר נמדדה בטיפול "השבועי" (8.6 מ"מ). בטיפול ההשקיה "פעם בשבועיים" ו"פעמיים בשבוע" נרשמה גדילה של 8.2 מ"מ, ובטיפול "המצטופף" נמדדה גדילה הדומה לטיפול "היומי" עם 7.9 מ"מ. נראה כי בהשקיה יומית זמינות המים לגפן אינה עולה, אלא יורדת ביחס לטיפולים עם תדירות גבוהה יותר. תוצאות תומכות בהשערה התקבלו בניסוי שנערך בתפוח בעמק החולה, כאשר נמדד האזור המצומצם ביותר של פיזור שורשים ושל בצל ההרטבה בטיפול השקיה "יומי", לעומת טיפולי השקיה "שבועית" ו"פעמיים בשבוע" (Levin et al. 1979). הסבר אפשרי לירידת זמינות המים בטיפול "היומי", נעוצה באידוי מפני הקרקע (אוופורציה) הגדולה באופן יחסי למנות מים קטנות אלו (0.5-1 מ"מ ליום לדונם). במחקרים בהשקיה בטפטוף נמדדו ערכים של 68%-9% ביחס שבין האוופורציה (E) לאוופורטנספירציה (ET), כאשר ערך זה תלוי בעיקר באקלים ובשטח העלווה של גפן (Poblete- Echeverría et al. 2012; Kool et al. 2014; Kool et al. 2016). בתוצאות 2015 (איור 21) ניתן לראות שכל הגדילה העונתית בקוטר הגזע בוצעה בזמן שעדיין לא החלה השקיה כלל בכל הטיפולים (ההשקיה החלה ביום 835 מתחילת הניסוי), כאשר ההתרחבות הממוצעת של הגזע בעונה זו לא הייתה שונה מקודמותיה. ככל הנראה זמינות מים גבוהה המצויה בקרקע בתקופה זו של העונה (מרץ-מאי) באתר הניסוי באופן טבעי גם ללא השקית-עזר, יצרה מצב שלתדירות ההשקיה השפעה יחסית קטנה.

מדידת קוטר גזע – דנדרומטריה

מניתוח תוצאות הדנדרומטרים, ניתן לראות בבירור את אותה תבנית של התרחבות הגזע שהתקבלה במדידה הידנית, וכמו שנצפתה במחקרים נוספים בגפן באמצעות דנדרומטרים (נצר וחובריו 2014; Selles et al. 2007; Ton et al. 2004). גם המגמות בין הטיפולים שהתקבלו בקוטר הגזע הסופי במדידת הדנדרומטרים, דומות למגמות שהתקבלו במדידה הידנית. ממוצע קוטר הגזע של עונה 2014 עומד על 2900 מיקרון לעומת 2500 מיקרון במדידה הידנית, ואילו בעונה 2015 ממוצע קוטר הגזע במדידת הדנדרומטרים עומד על 1800 מיקרון לעומת 2800 מיקרון במדידה הידנית. ההפרש בין המדידות נובע משונות גדולה בין החיישנים (ובגלל אופיו המטפס של גזע הגפן) ולמיעוט החיישנים (20) מול מספר המדידות הידניות (240) עצי מדידה בעונות 2013-2014, ו-60 עצי מדידה בעונה 2015). היתרון הגדול בחיישנים אלו היא יכולת המדידה הרציפה לכל אורך העונה ובין ההשקיות.

מדידה רציפה של תכולת רטיבות נפחית בקרקע

במערכת ה-IrriWise ניתן לעקוב אחר השפעת ההשקיה על תכולת הרטיבות נפחית בקרקע (Volumetric Water Content). ניתן לזהות בבירור את השפעת גודל מנת המים על גודל "בצל ההרטבה" בקרקע, ככל שגודל מנת המים גדולה יותר כן חדירת הרטיבות עמוקה יותר (איור 23). מכיוון שהחיישנים נמצאים בקו אנכי אחד מעל השני, אין מידע על רטיבות הקרקע במישור האופקי. מחישוב כמות המים הניתנת בכל טפטפת (ספיקה של 2.3 ל"שעה) בטיפולים השונים, במחזור השקיה של שבועיים בין התאריכים 22/07/15-09/07/15, עולה שבטיפול "היומיי" יושמה מנת מים יומית ממוצעת של 1.3 ליטר לטפטפת במנת השקיה, כאשר מנה זו חדרה לעומק של 20 ס"מ בלבד (איור 23a). בטיפול ההשקיה "פעמיים בשבוע" ניתנה השקיה ארבע פעמים בתקופה זו, כאשר מנת מים הממוצעת עמדה על 5.7 ליטר לטפטפת (חישוב גודל מנת מים של 3.5 ימים) אשר חדרו לעומק של 40 ס"מ, אך לא חדרו לעומק של 60 ס"מ (איור 23b). בטיפול ההשקיה "פעם בשבועיים" יושמה מנת מים אחת של 15.6 ליטר לטפטפת בתקופה זו, אשר חדרה גם לעומק של 60 ס"מ (איור 23c). בנוסף ניתן לראות בגרף של טיפול ההשקיה "היומיי" שינוי של כ-10% בתכולת הרטיבות נפחית בעומק של 20 ס"מ בין התאריכים 06/08/15-02/08/15 (איור 23a), שינוי זה נגרם כתוצאה מתוספת במתן השקיה של 0.5 ליטר לטפטפת מ-1.3 ליטר ל-1.8 ליטר לטפטפת. תוספת זו נובעת עקב עלייה בהתאדות הפוטנציאלית המחושבת (פנמן-מונטית) בימים אלו, המשפיעה על חישוב גודל מנת המים המיושמת. במחזור ההשקיה שבין התאריכים 16/08/15-02/08/15 מנת המים הממוצעת בטיפול ההשקיה "פעמיים בשבוע" (ארבע מנות מים בתקופה זו) ירדה מ-5.7 ליטר לטפטפת ל-3.3 ליטר. צמצום מנת המים הביא להפחתת כמות המים שחדרה לעומק 40 ס"מ, וכן לירידת גודל המשרעת בעומק 40 ס"מ (איור 23b). ניתן להסיק שככל שגודל המשרעת בגרף תכולת רטיבות נפחית המתקבל ממערכת ה-IrriWise גדולה יותר כך כמות המים שחדרה לעומק זה גדולה יותר, תופעה שנצפתה בעבודות נוספות (Bowen et al. 2011; Smith et al. 2012).

מדידות אנטומיה של גזע וזמורות

לקוטר הטרכיאה השפעה רבה על יכולת הובלת המים בגפן. ככל שקוטר הטרכיאה גדול יותר כך המוליכות ההידראולית גדלה, ומנגד בעת עקת יובש קיים חשש גדול יותר לכניסת אויר (אמבוליזם) לצינורות הטרכיאה שיגביל את המוליכות ההידראולית ואף עלול להגיע לידי סתימת הטרכיאה בתהליך הקוויטציה (Tyree and Sperry 1989; Lo Gullo and Salleo 1991). צידו השני של המטבע הוא שככל שקוטר הטרכיאה קטן יותר יכולת הובלת המים מוגבלת יותר אבל קיים מקדם בטיחות גבוה יותר המפחית את הסיכוי להתפתחות אמבוליזם וקוויטציה. ניתן להבחין באיורים 24 ו-25 שעיקר מוליכות המים מתבצעת ע"י טרכיאות בעלות קוטר הגדול מ-140 מיקרון בגזע, ומ-70 מיקרון בזמורה, למרות שמבחינה כמותית מספרם נמוך בהרבה ביחס לטרכיאות הקטנות יותר (נתונים אלו לא הוצגו). הסיבה לכך נעוצה בנוסחת האגן-פואסיי בה נעזרנו בחישוב מוליכות המים התיאורטית (חומרים ושיטות). מכיוון שברכיבי הנוסחה מעלים את קוטר הטרכיאה בחזקה רביעית, לטרכיאות עם קוטר יחסית גדול תהיה השפעה משמעותית ביותר על המוליכות ההידראולית. כשמתמקדים בשלושת הטיפולים: "פעמיים בשבוע", "שבועיי" ו"פעם בשבועיים"

נראית מגמה שככל שתדירות ההשקיה עולה כך קוטר ממוצע הטרכיאות הגדולות, והמוליכות ההידראולית גדלים גם כן, בגזע ובזמורה (טבלאות 6 ו-7). בתוצאות הטיפול "היומי" נצפו הבדלים במגמות בין הגזע לזמורה. בתוצאות הגזע נראה שטיפול זה דומה מאד בכל המדדים לטיפול "פעם בשבועיים", עדות נוספת לכך שהטיפול "היומי" אינו משפר את זמינות המים לצמח. ואילו מתוצאות ניתוח של הזמורה, נראה שהטיפול "היומי" דומה בעיקרו לטיפול "פעמיים בשבוע", עם ערכי ממוצע קוטר הטרכיאות הגדולות ביותר, וערכי מוליכות יחסית גבוהים (טבלה 7, איור 25). ייתכן שהגורם להבדל נעוץ בכך שבזמורה (שהינה אבר חד שנתי) אין השפעה של ההשקיה מעונות קודמות ולכן לא נצפתה הירידה בערכי קוטר הטרכיאה ובמוליכות, כפי שנראה בנתוני הגזע. תוצאות דומות של קוטר הטרכיאות ושל ערכי מוליכות המים התקבלו בעבודות נוספות בזני גפן יין (מוניץ עבודת גמר ; Shtein et al. 2016; Santarosa et al. 2015) קוטרן הממוצע של חוליות הטרכיאה כמו גם מוליכות המים התאורטית לטבעת שנתית נמוכה בזן מרלו באופן מובהק סטטיסטית לעומת הזנים שיראז וקברנה סוביניון, כאשר ערכים אלו ייחודים לכל זן (Gerzon et al. 2015; Hayat et al. 2015).

מעקב התפתחות הגרגר

בתוצאות עונה 2014 (איור 26) נמדד משקל הגרגר אחת לשבועיים מחנטה ועד לבציר, ולא נצפתה תבנית ה"סיגמואיד-כפול" המתבטאת בעצירת הגדילה בשלב 2 (אשכול צפוף -בוחל) כמקובל בספרות (Coombe 1995; Kennedy 2002). אולם תוצאות קצב הצטברות הסוכר והתפרקות החומצה המתרחשים כ-50 יום לאחר הפריחה, דומים למקובל בספרות וכפי שהתקבלו בעבודות נוספות (Coombe 1995; Santesteban et al 2011). גודל הגרגר הסופי דומה מאד בין העונות 2013 ו-2014 כאשר תוצאות דומות התקבלו גם במחקרים נוספים (Kennedy et al. 2002; Romero et al. 2010). מתוצאות עבודה זו נראה שאין השפעה גדולה לתדירות ההשקיה על גודל הגרגר הסופי, אולם בספרות נמצאה מגמה מעורבת בהשפעה זו. בניסוי שנערך באזור לכיש בזן קברנה סוביניון נמצא שבטיפול השקיה "שבועיים" נמדד גרגר גדול יותר, לעומת טיפול השקיה "פעם בשבועיים" (Hepner et al. 1985), ואילו בניסוי שנערך בספרד בזן סירה בתדירות השקיה צפופה יותר, לא נמצא הבדל בגודל הגרגר בין תדירות השקיה של "פעם ביומיים" לבין "פעם בארבעה ימים" (Sebastian et al. 2015).

מדדי יבול והבשלה ואיכות יין

בנתוני היבול לא נמדדו הבדלים מובהקים בין הטיפולים, אך בכל עונות הניסוי נצפתה מגמה בה ככל שתדירות ההשקיה עולה כך כמות היבול ומס' האשכולות עולים בהתאמה (טבלאות 8-10). מגמות דומות של עלייה בכמות היבול עם העלייה בתדירות ההשקיה דווחו בעבודות נוספות בגפן (Goldberg et al. 1971; Myburgh 2012) ובתפוח (Neilsen et al. 1997). כמויות היבול בעונות 2013 ו-2014 מעידות על מטרת הגידול המיועד לגידול כמותי, ואילו ב"כרמי איכות" נהוג לבצע

דילול להעלאת האיכות על חשבון הכמות. לכן בעונה 2015 בוצע דילול אשכולות בכדי לשפר את איכות הענבים, כאשר את ההבדל בין האיכויות ניתן להבחין בעיקר בין (בעת כתיבת עבודה זו, יין מעונה 2015 עדיין לא עבר טעימה מחקרית). גובה היבול ומס' האשכולות שנצפו במחקר זה מעט גבוהות יותר מהמוצע שדווח בעבודות שנעשו בון מרלו (Shellie 2006; Di Profio et al. 2011;)^oBrix 2012). Myburgh 2011; King et al. 2012). הבציר תוכנן כך שתכולת הסוכר בענבים תעמוד על 24.5-25, מהתוצאות עולה שבעונות 2013 ו-2014 התקבלו ערכים הקרובים לערך המצופה, ועונה 2015 עם ערכים גבוהים יותר, למרות שהבציר בוצע בתאריך דומה לעונות הקודמות (טבלה 2). ייתכן שערכי סוכר (^oBrix) גבוהים אלו בעת הבציר נגרמו מהדילול שבוצע, שזירז את הבשלת הגרגר בהיבט צבירת הסוכר, למרות שישנם מחקרים שמעלים ספקות לגבי השפעת הדילול על מדד זה (Bowen et al. 2011; Keller et al. 2005; Bravdo et al. 1985). בתוצאות ריכוז הסוכר (^oBrix) והחומצה (TA) לא נצפו הבדלים וגם לא מגמות ברורות בין הטיפולים. מכיוון שלא נצפו הבדלים משמעותיים בגודל הגרגר הסופי, בכמות הסוכר (^oBrix) והחומצה (TA), אין חידוש בכך שלא נרשמו הבדלים מובהקים בין הטיפולים במדדי הצבע, הפנולים וטעימות היין, למרות שבטיפול של "פעם בשבועיים" התקבלה עוצמת צבע וציון טעימה מעט גבוהים ביחס לשאר הטיפולים.

סיכום

לסיכום ניתן לומר שבמרבית המדדים שמדדנו לא נראו הבדלים מובהקים, עקב זמינות גבוהה של מים לגפנים שלא ממקורות ההשקיה שלנו (ככל הנראה עקב מיקום גיאוגרפי נמוך וקרבה לערוץ נחל איילון), השערה זו קיבלה חיזוק מהשינוי בטיפול "המצטופף" (2013-2014) שהוסב בעונת 2015 לטיפול בעל "ללא השקיה". בטיפול זה נמדדו בעונת 2015 ערכים דומים לטיפולים המושקים. כמו כן, גם תנאי האקלים ומשך עונה קצר באזור זה השפיעו מאד על חוסר היכולת ליצור עקת יובש משמעותית על הגפנים באתר המחקר. יחד עם זאת, בהחלט נראות מגמות כך שבטיפול ההשקיה עם התדירות הנמוכה "פעם בשבועיים" יש ירידה בכל מדדי הצמיחה והפיזיולוגיה ולעליה במדדי האיכות של היין, בהשוואה לטיפול "השבועי" ו"פעמיים בשבוע". נראה שהטיפולים בהם ניתנו מים "פעמיים בשבוע" ו"פעם בשבוע" מייצגים את הטיפול בהם יש שימוש אופטימלי במי ההשקיה. טיפול ההשקיה "פעם בשבועיים", יוצר תנאי עקה חריפים יותר ובעצם מבזבז תשומות מים, וטיפול ההשקיה "היומי" עם מנות מים נמוכות האופייניות לגידול ענבי יין נמצא לא יעיל, ואינו מעלה את זמינות המים לצמח.

- Acevedo-Opazo, C., S. Ortega-Farias, and S. Fuentes. "Effects of grapevine (*Vitis vinifera* L.) water status on water consumption, vegetative growth and grape quality: An irrigation scheduling application to achieve regulated deficit irrigation." *Agricultural Water Management* 97, no. 7 (2010): 956-964.
- Allen, Richard G., Luis S. Pereira, Dirk Raes, and Martin Smith. "Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56." *FAO, Rome* 300, no. 9 (1998): D05109.
- Allen, Richard G., William O. Pruitt, James L. Wright, Terry A. Howell, Francesca Ventura, Richard Snyder, Daniel Itenfisu et al. "A recommendation on standardized surface resistance for hourly calculation of reference ET o by the FAO56 Penman-Monteith method." *Agricultural Water Management* 81, no. 1 (2006): 1-22.
- Andreu, L., J. W. Hopmans, and L. J. Schwankl. "Spatial and temporal distribution of soil water balance for a drip-irrigated almond tree." *Agricultural Water Management* 35, no. 1 (1997): 123-146.
- Araujo, Francisco, Larry E. Williams, Donald W. Grimes, and Mark A. Matthews. "A comparative study of young 'Thompson Seedless' grapevines under drip and furrow irrigation. I. Root and soil water distributions." *Scientia Horticulturae* 60, no. 3 (1995): 235-249.
- Archer, E., and H. C. Strauss. "Effect of plant density on root distribution of three-year-old grafted 99 Richter grapevines." *S. Afr. J. Enol. Vitic* 6, no. 2 (1985): 25-30.
- Bowen, Pat, Carl Bogdanoff, Kevin Usher, Brad Estergaard, and Mike Watson. "Effects of irrigation and crop load on leaf gas exchange and fruit composition in red winegrapes grown on a loamy sand." *American journal of enology and viticulture* 62, no. 1 (2011): 9-22.
- Bravdo, B., Y. Hepner, C. Loinger, S. Cohen, and H. Tabacman. "Effect of irrigation and crop level on growth, yield and wine quality of Cabernet Sauvignon." *American Journal of Enology and Viticulture* 36, no. 2 (1985): 132-139.
- Bravdo, B., Y. Hepner, C. Loinger, S. Cohen, and H. Tabacman. "Effect of crop level and crop load on growth, yield, must and wine composition, and quality of Cabernet Sauvignon." *American Journal of Enology and Viticulture* 36, no. 2 (1985): 125-131.
- Bresler, Eshel. "Trickle-drip irrigation: Principles and application to soil-water management." *Advances in Agronomy* 29, no. 3 (1977): 343-393.
- Camp, C. R. "Subsurface drip irrigation: a review." *Transactions of the ASAE* 41, no. 5 (1998): 1353.
- Chalmers, Y. M., M. O. Downey, M. P. Krstic, B. R. Loveys, and P. R. Dry. "Influence of sustained deficit irrigation on colour parameters of Cabernet Sauvignon and Shiraz microscale wine fermentations." *Australian Journal of Grape and Wine Research* 16, no. 2 (2010): 301-313.

- Charlesworth, P. "Soil water monitoring." *Irrigation Insights* 1.(2005)
- Choné, Xavier, Cornelis Van Leeuwen, Denis Dubourdieu, and Jean Pierre Gaudillère. "Stem water potential is a sensitive indicator of grapevine water status." *Annals of botany* 87, no. 4 (2001): 477-483.
- Cifre, J., J. Bota, J. M. Escalona, H. Medrano, and J. Flexas. "Physiological tools for irrigation scheduling in grapevine (*Vitis vinifera* L.): an open gate to improve water-use efficiency?" *Agriculture, Ecosystems & Environment* 106, no. 2 (2005): 159-170.
- Conde, Carlos, Paulo Silva, Natacha Fontes, Alberto Carlos Pires Dias, Rui M. Tavares, Maria João Sousa, Alice Agasse, Serge Delrot, and Hernâni Gerós. "Biochemical changes throughout grape berry development and fruit and wine quality." (2007).
- Coombe, B. G. "Growth stages of the grapevine: adoption of a system for identifying grapevine growth stages." *Australian Journal of Grape and Wine Research* 1, no. 2 (1995): 104-110.
- Di Profio, Frederick, Andrew G. Reynolds, and Angela Kasimos. "Canopy management and enzyme impacts on Merlot, Cabernet franc, and Cabernet Sauvignon. II. Wine composition and quality." *American journal of enology and viticulture* (2011): ajev-2010.
- Dry, P. R., M. Stoll, M. G. Mc Carthy, and B. R. Loveys. "Using plant physiology to improve the water use efficiency of horticultural crops." In *III International Symposium on Irrigation of Horticultural Crops* 537 (1999): pp. 187-197.
- Fereres, Elias, and Robert G. Evans. "Irrigation of fruit trees and vines: an introduction." *Irrigation Science* 24, no. 2 (2006): 55-57.
- Fuentes, Sigfredo. "Precision irrigation for grapevines (*Vitis vinifera* L.) under RDI and PRD." PhD diss., University of Western Sydney Australia, 2005.
- Gerzon, Einat, Iris Biton, Yossi Yaniv, Hanita Zemach, Yishai Netzer, Amnon Schwartz, Aaron Fait, and Giora Ben-Ari. "Grapevine Anatomy as a Possible Determinant of Isohydic or Anisohydic Behavior." *American Journal of Enology and Viticulture* (2015): ajev-2015.
- Goldberg, S. D., M. Rinot, and N. Karu. "Effect of trickle irrigation intervals on distribution and utilization of soil moisture in a vineyard." *Soil Science Society of America Journal* 35, no. 1 (1971): 127-130.
- Gu, Sanliang, Guoqiang Du, David Zoldoske, Abdul Hakim, Robert Cochran, Kenneth Fugelsang, and Greg Jorgensen. "Effects of irrigation amount on water relations, vegetative growth, yield and fruit composition of Sauvignon blanc grapevines under partial rootzone drying and conventional irrigation in the San Joaquin Valley of California, USA." *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 79, no. 1 (2004): 26-33.

- Hardie, W. J., and J. A. Considine. "Response of grapes to water-deficit stress in particular stages of development." *American Journal of Enology and Viticulture* 27, no. 2 (1976): 55-61.
- Hayat, Y., S. Munitz, A. Schwarz, and Y. Netzer. "Hydraulic mapping of three wine grape cultivars". *Judea and Sameria Research Studies* (2015) 24: 351–360.
- Hellman, Edward W. "Grapevine structure and function." *Oregon Viticulture*. Oregon State University Press, Corvallis (2003): 5-19.
- Hepner, Y., B. Bravdo, C. Loinger, S. Cohen, and H. Tabacman. "Effect of drip irrigation schedules on growth, yield, must composition and wine quality of Cabernet Sauvignon." *American journal of enology and viticulture* 36, no. 1 (1985): 77-85.
- Herrero-Langreo, Ana, Bruno Tisseyre, Jean-Pascal Goutouly, Thibaut Scholasch, and Cornelis van Leeuwen. "Mapping grapevine (*Vitis vinifera* L.) water status during the season using carbon isotope ratio ($\delta^{13}C$) as ancillary data." *American Journal of Enology and Viticulture* 64, no. 3 (2013): 307-315.
- Holzapfel, Eduardo A., Elias Fereres, and Alejandro Valenzuela. "Patterns of soil water distribution and uptake by young almond trees under drip irrigation." *Agro-Ciencia (Chile)* (1991).
- Intrigliolo, D. S., and J. R. Castel. "Evaluation of grapevine water status from trunk diameter variations." *Irrigation Science* 26, no. 1 (2007): 49-59.
- Intrigliolo, D. S., and J. R. Castel. "Response of *Vitis vinifera* cv. 'Tempranillo' to partial rootzone drying in the field: water relations, growth, yield and fruit and wine quality." *Agricultural water management* 96, no. 2 (2009): 282-292.
- Intrigliolo, D. S., and J. R. Castel. "Vine and soil-based measures of water status in a Tempranillo vineyard." *VITIS-Journal of Grapevine Research* 45, no. 4 (2015): 157.
- Keller, Markus, Lynn J. Mills, Robert L. Wample, and Sara E. Spayd. "Cluster thinning effects on three deficit-irrigated *Vitis vinifera* cultivars." *American Journal of Enology and Viticulture* 56, no. 2 (2005): 91-103.
- Kennedy, James A., Mark A. Matthews, and Andrew L. Waterhouse. "Effect of maturity and vine water status on grape skin and wine flavonoids." *American Journal of Enology and Viticulture* 53, no. 4 (2002): 268-274.
- Kennedy, James. "Understanding grape berry development." *Practical Winery & Vineyard* 4 (2002): 1-5.
- King, Petra D., Daniel J. McClellan, and Richard E. Smart. "Effect of severity of leaf and crop removal on grape and wine composition of Merlot vines in Hawke's Bay vineyards." *American journal of enology and viticulture* (2012): ajev-2012.
- Kool, D., W. P. Kustas, A. Ben-Gal, N. Lazarovitch, J. L. Heitman, T. J. Sauer, and N. Agam. "Energy and evapotranspiration partitioning in a desert vineyard." *Agricultural and Forest Meteorology* 218 (2016): 277-287.

- Kool, Dilia, Nurit Agam, Naftali Lazarovitch, Joshua L. Heitman, T. J. Sauer, and Alon Ben-Gal. "A review of approaches for evapotranspiration partitioning." *Agricultural and Forest Meteorology* 184 (2014): 56-70.
- Koundouras, Stefanos, Ioannis T. Tsialtas, Eleftheria Zioziou, and Nikolaos Nikolaou. "Rootstock effects on the adaptive strategies of grapevine (*Vitis vinifera* L. cv. Cabernet–Sauvignon) under contrasting water status: Leaf physiological and structural responses." *Agriculture, Ecosystems and Environment* 128 (2008): 86-96.
- Kriedemann, P. E., W. M. Kliewer, and J. M. Harris. "Leaf age and photosynthesis in *Vitis vinifera* L." *Vitis* 9, no. 2 (1970): 97-104.
- Lebon, G., G. Wojnarowicz, B. Holzapfel, F. Fontaine, N. Vaillant-Gaveau, and C. Clément. "Sugars and flowering in the grapevine (*Vitis vinifera* L.)." *Journal of Experimental Botany* 59, no. 10 (2008): 2565-2578.
- Levin, I., R. Assaf, and B. Bravdo. "Soil moisture and root distribution in an apple orchard irrigated by tricklers." *Plant and Soil* 52, no. 1 (1979): 31-40.
- Lo, Gullo Ma, and S. Salleo. "Three different methods for measuring xylem cavitation and embolism: a comparison." *Annals of Botany* 67, no. 4 (1991): 417-424.
- López-Urrea, R., A. Montoro, F. Mañas, P. López-Fuster, and E. Fereres. "Evapotranspiration and crop coefficients from lysimeter measurements of mature 'Tempranillo' wine grapes." *Agricultural water management* 112 (2012): 13-20.
- Möller, M., V. Alchanatis, Y. Cohen, M. Meron, J. Tsipris, A. Naor, V. Ostrovsky, M. Sprintsin, and S. Cohen. "Use of thermal and visible imagery for estimating crop water status of irrigated grapevine." *Journal of experimental botany* 58, no. 4 (2007): 827-838.
- Monteith, J. L. "Evaporation and environment." In *Symp. Soc. Exp. Biol*, vol. 19, no. 205-23, p. 4. 1965.
- Munitz, S., Netzer, Y., and Schwartz, A. "Sustained and regulated deficit irrigation of field grown Merlot grapevines". *Australian Journal of Grape and Wine Research - Manuscript ID AJGWR* (2016): 15-093.
- Myburgh, P. A. "Comparing Irrigation Systems and Strategies for Table Grapes in the Weathered Granite-gneiss Soils of the Lower Orange River Region." *S. Afr. J. Enol. Vitic* 33, no. 2 (2012).
- Myburgh, P. A. "Response of *Vitis vinifera* L. cv. Barlinka/Ramsey to soil water depletion levels with particular reference to trunk growth parameters." *South African Journal for Enology and Viticulture* 17 (1996): 3-14.
- Myburgh, P. A. "Response of *Vitis vinifera* L. cv. Merlot to low frequency irrigation and partial root zone drying in the Western Cape Coastal Region: Part II. Vegetative growth, yield and quality." *S. Afr. J. Enol. Vitic* 32, no. 1 (2011): 104-116.

- Myburgh, P. A. "Responses of *Vitis vinifera* L. cv. Sultanina to level of soil water depletion under semi-arid conditions." *South african journal for enology and viticulture* 24, no. 1 (2003): 16-24.
- Naor, A. "Irrigation scheduling and evaluation of tree water status in deciduous orchards." *Horticultural Reviews* 32 (2006): 111.
- Naor, A. "Midday stem water potential as a plant water stress indicator for irrigation scheduling in fruit trees." In III International Symposium on Irrigation of Horticultural Crops 537(1999): 447-454.
- Neilsen, G. H., P. Parchomchuk, R. Berard, and D. Neilsen. "Irrigation frequency and quantity affect root and top growth of fertigated'McIntosh'apple on M. 9, M. 26 and M. 7 rootstock." *Canadian journal of plant science* 77, no. 1 (1997): 133-139.
- Netzer, Y., C. Yao, M. Shenker, B. Bravdo, and A. Schwartz. "The use of crop coefficients for skilled irrigation of table grapes trained to a large trellis system." *Irrigation Science* 27 (2009): 109-120.
- Netzer, Y., C. Yao, M. Shenker, S. Cohen, B. Bravdo, and A. Schwartz. "Water consumption of "Superior" grapevines grown in a semiarid region." In VII International Symposium on Grapevine Physiology and Biotechnology 689 (2005):pp. 399-406.
- Netzer, Y., E. Drori, and A. Schwartz. Primary Steps in the Application of a Skilled Irrigation Model for Quality Vine Grapes Grown in the Mountain Region. *Judea and Sameria Research Studies* 21(2012): 319 – 332.
- Netzer, Y., S. Munitz, E. Drori, and A. Schwartz. "The use of trunk dendrometers as drought indicators in vines". *Judea and Sameria Research Studies* (2014) 23: 385–398.
- Nguyen, T-T., S. Fuentes, and P. Marschner. "Effect of incorporated or mulched compost on leaf nutrient concentrations and performance of *Vitis vinifera* cv. Merlot." *Journal of soil science and plant nutrition* 13, no. 2 (2013): 485-497.
- Olivo, Natalia, Joan Girona, and Jordi Marsal. "Seasonal sensitivity of stem water potential to vapour pressure deficit in grapevine." *Irrigation science* 27, no. 2 (2009): 175-182.
- Padgett-Johnson, M., L. E. Williams, and M. A. Walker. "Vine water relations, gas exchange, and vegetative growth of seventeen *Vitis* species grown under irrigated and nonirrigated conditions in California." *Journal of the American Society for Horticultural Science* 128, no. 2 (2003): 269-276.
- Petrie, P. R., M. C. T. Trought, and G. S. Howell. "Influence of leaf ageing, leaf area and crop load on photosynthesis, stomatal conductance and senescence of grapevine (*Vitis vinifera* L. cv. Pinot noir) leaves." *VITIS-Journal of Grapevine Research* 39, no. 1 (2015): 31.

- Picón-Toro, J., Victoria González-Dugo, D. Uriarte, L. A. Mancha, and Luca Testi. "Effects of canopy size and water stress over the crop coefficient of a "Tempranillo" vineyard in south-western Spain." *Irrigation Science* 30, no. 5 (2012): 419-432.
- Poblete-Echeverría, C., S. Ortega-Farias, M. Zuñiga, and Sigfredo Fuentes. "Evaluation of compensated heat-pulse velocity method to determine vine transpiration using combined measurements of eddy covariance system and microlysimeters." *Agricultural water management* 109 (2012): 11-19.
- Ribéreau-Gayon, Pascal, Denis Dubourdieu, Bernard Donèche, and Aline Lonvaud, eds. *Handbook of enology, the chemistry of wine stabilization and treatments*. Vol. 2. John Wiley & Sons, 2006.
- Robinson, D. A., C. S. Campbell, J. W. Hopmans, B. K. Hornbuckle, Scott B. Jones, R. Knight, F. Ogden, J. Selker, and O. Wendroth. "Soil moisture measurement for ecological and hydrological watershed-scale observatories: A review." *Vadose Zone Journal* 7, no. 1 (2008): 358-389.
- Roby, Gaspar, James F. Harbertson, Douglas A. Adams, and Mark A. Matthews. "Berry size and vine water deficits as factors in winegrape composition: anthocyanins and tannins." *Australian Journal of Grape and Wine Research* 10, no. 2 (2004): 100-107.
- Romero, Pascual, Ian C. Dodd, and Adrian Martinez-Cutillas. "Contrasting physiological effects of partial root zone drying in field-grown grapevine (*Vitis vinifera* L. cv. Monastrell) according to total soil water availability." *Journal of experimental botany* (2012): ers088.
- Romero, Pascual, Jose Ignacio Fernández-Fernández, and Adrián Martinez-Cutillas. "Physiological thresholds for efficient regulated deficit-irrigation management in winegrapes grown under semiarid conditions." *American Journal of Enology and Viticulture* 61, no. 3 (2010): 300-312.
- Santarosa, Emiliano, Paulo Vitor Dutra de Souza, Jorge Ernesto de Araujo Mariath, and Gil Vicente Lourosa. "Physiological Interaction between Rootstock-Scion: Effects on Xylem Vessels in Cabernet Sauvignon and Merlot Grapevines." *American Journal of Enology and Viticulture* (2015): ajev-2015.
- Santesteban, L. G., C. Miranda, and J. B. Royo. "Regulated deficit irrigation effects on growth, yield, grape quality and individual anthocyanin composition in *Vitis vinifera* L. cv. 'Tempranillo'." *Agricultural Water Management* 98, no. 7 (2011): 1171-1179.
- Schultz, Hans R. "Differences in hydraulic architecture account for near-isohydric and anisohydric behaviour of two field-grown *Vitis vinifera* L. cultivars during drought." *Plant, Cell & Environment* 26, no. 8 (2003): 1393-1405.
- Schultz, Hans R. "Grape canopy structure, light microclimate and photosynthesis. 1. A two-dimensional model of the spatial distribution of surface area densities and leaf ages in two canopy systems." *VITIS-Journal of Grapevine Research* 34, no. 4 (2015): 211.

- Schultz, Hans R., and Mark A. Matthews. "Vegetative growth distribution during water deficits in *Vitis vinifera* L." *Functional Plant Biology* 15, no. 5 (1988): 641-656.
- Sebastian, Bárbara, Pilar Baeza, Luis G. Santesteban, Patricia Sanchez de Miguel, Mario De La Fuente, and José R. Lissarrague. "Response of grapevine cv. Syrah to irrigation frequency and water distribution pattern in a clay soil." *Agricultural Water Management* 148 (2015): 269-279.
- Selles van Sch, G., E. Ferreyra, W. Contreras, B. Ahumada, B. Valenzuela, and V. Bravo. "Effect of three irrigation frequencies applied by drip irrigation over table grapes (*Vitis vinifera* L. cv. Thompson Seedless) located in the Aconcagua Valley (Chile)." *Acta horticulturae* (2004).
- Selles, G., R. Ferreyra, I. Munoz, and H. Silva. "Use of trunk growth rate as criteria irrigation scheduling on table grapes CV. Crimson Seedless irrigated by drip." In *5th International Table Grape Symposium South African Society for Enology and Viticulture* (2007): 13-21.
- Shellie, Krista C. "Vine and berry response of Merlot (*Vitis vinifera* L.) to differential water stress." *American Journal of Enology and Viticulture* 57, no. 4 (2006): 514-518.
- Shellie, Krista C. "Water productivity, yield, and berry composition in sustained versus regulated deficit irrigation of Merlot grapevines." *American Journal of Enology and Viticulture* (2014): ajev-2014.
- Shibles, R. M., and C. R. Weber. "Leaf area, solar radiation interception and dry matter production by soybeans." *Crop Science* 5, no. 6 (1965): 575-577.
- Shtein, I., Y. Hayat, S. Munitz, E. Harkabi, M. Akerman, E. Drori, A. Schwartz, Y. Netzer. "From structural constraints to hydraulic function in three *Vitis* rootstocks" *Physiologia Plantarum - Manuscript ID PPL* (2016). 00109
- Smart, R. E. "Photosynthesis by grapevine canopies." *Journal of Applied Ecology* (1974): 997-1006.
- Smith, A. B., J. P. Walker, A. W. Western, R. I. Young, K. M. Ellett, R. C. Pipunic, R. B. Grayson, Lionel Siriwardena, F. H. S. Chiew, and Harald Richter. "The Murrumbidgee soil moisture monitoring network data set." *Water Resources Research* 48, no. 7 (2012).
- Tombesi, S., A. Nardini, T. Frioni, M. Soccolini, C. Zadra, D. Farinelli, S. Poni, and A. Palliotti. "Stomatal closure is induced by hydraulic signals and maintained by ABA in drought-stressed grapevine." *Scientific reports* 5 (2015): 12449.
- Ton, Y., M. Kopyt, and N. Nilov. "Phytomonitoring technique for tuning irrigation of vineyards." *Acta Horticulturae* (2004): 133-142.
- Tyree, Melvin T., and Frank W. Ewers. "The hydraulic architecture of trees and other woody plants." *New Phytologist* 119, no. 3 (1991): 345-360.
- Tyree, Melvin T., and John S. Sperry. "Vulnerability of xylem to cavitation and embolism." *Annual review of plant biology* 40, no. 1 (1989): 19-36.

Van Es, H. M., C. P. Gomes, M. Sellmann, and C. L. Van Es. "Spatially-balanced complete block designs for field experiments." *Geoderma* 140, no. 4 (2007): 346-352.

Van Leeuwen, Cornelis, Olivier Tregoat, Xavier Choné, Benjamin Bois, David Pernet, and Jean-Pierre Gaudillère. "Vine water status is a key factor in grape ripening and vintage quality for red Bordeaux wine. How can it be assessed for vineyard management purposes." *J. Int. Sci. Vigne Vin* 43, no. 3 (2009): 121-134.

Williams, L. E. "Effects of applied water amounts at various fractions of evapotranspiration (ET_c) on leaf gas exchange of Thompson Seedless grapevines." *Australian Journal of Grape and Wine Research* 18, no. 1 (2012): 100-108.

Williams, L. E., and F. J. Araujo. "Correlations among predawn leaf, midday leaf, and midday stem water potential and their correlations with other measures of soil and plant water status in *Vitis vinifera*." *Journal of the American Society for Horticultural Science* 127, no. 3 (2002): 448-454.

Williams, L. E., and J. E. Ayars. "Grapevine water use and the crop coefficient are linear functions of the shaded area measured beneath the canopy." *Agricultural and Forest Meteorology* 132, no. 3 (2005): 201-211.

Williams, Larry E. "Interaction of applied water amounts and leaf removal in the fruiting zone on grapevine water relations and productivity of Merlot." *Irrigation Science* 30, no. 5 (2012): 363-375.

Williams, Larry E., and Pilar Baeza. "Relationships among ambient temperature and vapor pressure deficit and leaf and stem water potentials of fully irrigated, field-grown grapevines." *American Journal of Enology and Viticulture* 58, no. 2 (2007): 173-181.

Zapata, Christophe, Eliane Deléens, Sylvain Chaillou, and Christian Magné. "Partitioning and mobilization of starch and N reserves in grapevine (*Vitis vinifera* L.)." *Journal of Plant Physiology* 161, no. 9 (2004): 1031-1040.

רשימת מקורות בעברית

- בהט עידן. עבודת גמר. השפעת חיפוי גפן ברשתות צל על המדדים הפיזיולוגיים ועל צריכת המים. 2012.
- ברושי מ. על היין בארץ ישראל הקדומה. 1985. עמ' 6-10.
- גור א. פירות ארץ ישראל. 1974. עמ' 12-33.
- דותן דרור. עבודת גמר. יישום השקיה מיטבית בזנים שונים של כרמי יין באזור יובשני. 2015.
- הדס ע. הגפן והיין בארכיאולוגיה של ארץ-ישראל. 2008. עמ' 38-50.
- הוכברג נ. גידול הגפן. 1954. עמ' 125-133.
- הרכבי ע. כרם יין - תמונת מצב, עלון הנוטע 68. 2014. עמ' 30-31.
- להב נ., שנקר מ., חן י. יסודות מדע הקרקע. 1999.
- מוניץ שראל. עבודת גמר. פיתוח מודל השקיה לכרמי ענבי יין המבוסס על גודל הנוף ועל מדדים מטאורולוגיים. 2013.
- נצר י, מוניץ ש, שוורץ א., דו"ח מחקר- מועצת גפן יין. פיתוח מקדם גידול כבסיס לתחשיבי השקיה בענבי יין - ניסוי ליזמטרים. 2015.

postponing the commence of the irrigation, when the seasonal average water amounts applied in seasons 2013, 2014 and 2015 were 105, 45 and 30 mm respectively. Apparently, the influence of irrigation frequency on the parameters of growth and physiology of the vine, was very limited in the current trial, due to the type of soil (40% clay), relatively low reference evapotranspiration in summer (6 mm per day), along with numerous precipitation in winter and spring, and the proximity to path of Ayalon river.

Abstract

Water management in the vineyards has a pronounced impact on the quantity and quality of the grapes and wine. Induced drought stress is the main factor which affects the accumulation of tannins and phenols, hence, the great importance in red wines. On the one hand, it is necessary to induce moderate drought stress in these crops, on the other hand, it is also important to reduce the vegetative and productive growth damage that is caused by this stress. The irrigation in this experiment was based on skilled irrigation method developed for grapevines, based on canopy size (LAI) and on the climate data (Reference evapotranspiration). The irrigation method application was RDI (Regulated Deficit Irrigation) – which adjusts the stress coefficient (K_s) to the phenological stages, while the growth season was divided into three phenological stages: full flowering to bunch closure, bunch closure to veraison, and veraison to harvest. In this study we examined the effect of five treatments that differ in their irrigation frequency implication: irrigation every day, twice a week, once a week, once every two weeks, and increasing frequency (stage 1 - irrigation once a week, stage 2 - irrigation twice a week, and in stage 3 - irrigation every day). The experiment was carried out during three seasons between the years 2013-2015, at Ayalon Valley, north to the moshav Mevo Horon. The experimental plot was set in commercial vineyard of the "Merlot" cultivar. The stress coefficients (K_s) were calculated for all treatments in the 2013 season were 50% of estimated evapotranspiration (ET_c) during stage 1, and 20% during stages 2 and 3. In 2014-2015 seasons the stress coefficients (K_s) were set to 40% during stage 1 and 15% during stages 2 and 3. During the study a following parameters were measured: gas exchange, stem water potential, vegetative and agro-technological measures such as stem diameter, leaf area index and berry weight. The components of yield and quality of wine were measured as well. At the end of the experiment cores from the trunk and the branch were sampled to anatomical analysis in order to calculate the hydraulic conductivity. In addition, two systems were installed in the vineyard: IrriWise system (Netafim, Israel), for continuous measurement of volumetric soil moisture -VWC (Volumetric Water Content), and a Dendrometer of trunk (PhyTech, Israel) for continuous measurement of changes in stem diameter.

Findings show several differences between treatments in some of the measures examined. Irrigation treatment with low frequency ("every two weeks") showed a decline in both growth and physiological parameters. Also, the quality of wine increased, compared to "twice a week" and "weekly" irrigation treatments. The "daily" irrigation treatment showed mixed trends compared to the other treatments: similarly to "weekly" and "twice a week" irrigation treatments - parameters of gas exchange and water potential improved and the quality of the wine decreased. However some measures of growth were similar to the "every two weeks" irrigation treatment. There were no differences in results of "increasing frequency" compared to other treatments. Moreover, even after the treatment was changed to "non-irrigated" in the last season (2015) of experiment, no significant differences were found.

A possible explanation for the absence of differences is that we did not succeed in inducing a significant drought stress in the experiment. As part of the efforts to increase the drought stress, water amount was reduced between seasons by the

**The effect of irrigation frequency on the physiology
and performance *Vitis vinifera* cv. Merlot at Ayalon
valley**

M.Sc. Thesis

**Submitted to the Robert H. Smith Faculty of Agricultural,
Food and Environment of the Hebrew University of
Jerusalem.**

By

Yechezkel Harroch

Rehovot

July 2016