

השפעת עקות יובש על הפיסיולוגיה, אנטומיית העצה ומדדי איכות יין

עבודת-גמר

מוגשת לפקולטה לחקלאות, מזון וסביבה

ע"ש רוברט ה. סמית

האוניברסיטה העברית בירושלים

לשם קבלת תואר "מוסמך למדעי החקלאות"

על ידי

יאיר יהודה היאט

דצמבר 2016

רחובות

כסלו התשע"ז

עבודה זו נעשתה בהדרכתם של

ד"ר ישי נצר

מו"פ אזורי מזרח, שומרון ובקעת הירדן

ופרופ' אמנון שוורץ

הפקולטה לחקלאות, מזון וסביבה ע"ש רוברט ה. סמית

האוניברסיטה העברית בירושלים

תודות

ראשית לד"ר ישי נצר שעזר לאורך כל הדרך; בשטח בימים לוחטים, במעבדה, בעיבוד הנתונים ובאופן הצגתם. המסירות והדייקנות הם אלו שהניעו את העבודה והביאו לתוצאות שתורמות רבות לחקלאים.

לפרופ' אמנון שורץ על ההדרכה והעצות הטובות לאורך הדרך.

לד"ר אילנה שטיין שנעזרתי בה רבות לאורך כתיבת העבודה.

לאהרון צויבל, איצ'ה אסטריק ושלוש קורסובר צוות מטע מושב כרמל, שעזרו רבות להצלחתו של הניסוי. ההתעניינות, המסירות והרצון בהצלחת הניסוי לימדו אותי רבות על הגישה הנכונה לחקלאות.

לערן גולדווסר יינן יקב יתיר ודרור דותן אגרונום יקב יתיר שליוו את התהליך, הדריכו, תמכו ועזרו היכן שהיה צריך.

ליעקב בן דור מנהל יקב יתיר.

לאורן שליף מנהל המחלקה החקלאית וד"ר גיל ניר האגרונום הראשי של יקבי כרמל.

לצוות המעבדה בפקולטה לחקלאות, שראל מוניץ, יחזקאל הראש, אלון חורש, יותם זית, נגה קוסטו, שרון קוליקובסקי ואלנתן גולן שעזרו רבות בימי פיזיולוגיה חמים בשטח ובמעבדה.

לצוותי הדוגמים, הזומרים והבוצרים ביקב יתיר ובמושב כרמל.

למשפחתי היקרה שתרמו רבות בעצות מחכימות ולאשתי היקרה רחל שהצטרפה אלי לקראת סיומו של הניסוי.

תודה מיוחדת לחברת "נטפים" על העזרה בהקמת מערכת הניסוי והליווי המקצועי.

המחקר מומן חלקית ע"י מו"פ ההר המרכזי וע"י המדען הראשי של משרד החקלאות.

תקציר

בזני גפן אדומים דרושה עקת יובש בחלק משלבי הגידול על מנת לקבל יין איכותי. אזור יתיר מאופיין באקלים צחיח למחצה, במיעוט משקעים ובהתאדות גבוהה בקיץ, ולכן מתאים לגידול ענבי איכות. בשנים האחרונות החלו להיווצר בעיות שונות בכרמים שניטעו באזור, ירידה ביבולים, התייבשויות עלים נרחבות והצטמקות גרגרים. האפשרות שמדובר בבעיות הזנה או הגנת הצומח נשללו. מטרת המחקר הנוכחי הייתה לבחון את השפעות עקת היובש על "בריאותן" של הגפנים שגודלו בשיטות השקיה שונות. המחקר השווה בין שיטת השקיה המבוססת על SDI- השקיה גרעונית קבועה (להלן השקיה משקית), למודל השקיה חדשני המבוסס על שיטת השקיה RDI- השקיה גרעונית מווסתת (להלן טיפול המודל), תוך התחשבות באקלים ושטח עלווה.

שיטות: המחקר נערך בשטח של 70 דונם כרם יין שכלל שלושה זני גפן ליין אדום: שיראז, קברנה סוביניון ומרלו. עונת הגידול חולקה לשלוש בהתאם לשלבים הפנולוגיים של התפתחות הגרגר: I - משלב הפריחה המלאה עד לאשכול צפוף, II - מאשכול צפוף עד 95% בוחל, III - מסוף הבוחל עד בציר. עבור המועדים הפנולוגיים השונים הותאמו מקדמי השקיה (K_s), שהוכנסו לתחשיב מנות המים בטיפולים השונים. רכיב ההתאדות חושב באמצעות נוסחת Penman-Monteith על בסיס נתונים שהתקבלו מתחנה מטאורולוגית הסמוכה לאתר הניסוי. נתוני אינדקס שטח עלווה (LAI) נמדדו ושוקללו בחישוב הסופי של מנות המים בטיפול המודל. בשיראז ובקברנה סוביניון ניתנו שני טיפולי השקיה (מודל ומשקי), ובזן מרלו נוסף טיפול מודל מרווח (בטיפולי המודל מנת המים ניתנה פעמיים בשבוע ובמודל המרווח מנת המים ניתנה פעם בחמישה ימים). במהלך עונת הגידול נמדדו מדדים פיזיולוגיים בטיפולים השונים: פוטנציאל מים בגזע בצהרי היום, אינדקס שטח עלווה, מדדי חילוף גזים, משקל גזם וקוטר גזע. בנוסף, נמדד קוטרן של חוליות הטרכיאה בחלקי העצה השונים של הנצר (גזע, זמורות ופטוטרות). בסוף כל עונת גידול נבצרה כל גפן בנפרד ונמדדו גודל היבול, מרכיביו ואיכותו. מכל חזרה הוכן יין בנפרד ובוצעה טעימה ע"י קבוצת טועמים מקצועיים לבדיקת איכות היין.

תוצאות המחקר מראות כי הגפנים שהושקו על פי המודל במהלך שלב I (שלב בו יש פעילות קמביאלית ערה והתמיינות פקעים לעונה הבאה) היו בעלי צימוח וגטטיבי נמרץ יותר ובתחילת העונה פוטנציאל המים בגזע היה משופר יותר מגפנים שהושקו בטיפול המשקי. הפחתת ההשקיה במהלך שלב II ושלב III הובילה לעקת יובש משמעותית יותר בטיפול המודל. מהניתוח האנטומי של גודל הטרכיאות בעצה עולה, כי טיפול המודל מוביל ליצירת חוליות טרכיאה בעלות קוטר גדול יותר בגזע, וכן לטבעת שנתית בעלת קוטר גדול- וכתוצאה מכך למוליכות הידראולית גבוהה יותר. בזנים קברנה סוביניון ושיראז, היבול בטיפול המודל היה גבוה בצורה ניכרת. בזן שיראז כמעט ולא היה הבדל בין איכויות היין של שני הטיפולים. בזן קברנה סוביניון איכות היין שהתקבלה מטיפול המודל הייתה נמוכה מאיכות היין שהתקבלה מהטיפול המשקי, אולם גם במקרים אלו היין היה באיכות מספקת להגדרתו כיון באיכות גבוהה (פרימיום).

מסקנות: מהמחקר עולה כי יש קשר בין התייבשויות העלים, פחיתה ביבולים והצטמקות גרגרים לעקת יובש חזקה מידי. שיפור משק המים החל מהלבלוב ועד סוף שלב I משפר דרמטית את

הצימוח הווגטטיבי, גובה היבולים וחיוניות הכרם. משק המים המשופר בשלבי הגידול הראשונים לא מנע כניסה לעקת יובש חריפה במהלך שלב II ושלב III. אנו מעריכים כי קוטרן הרחב יותר של חוליות הטרכיאה בשילוב שטח עלווה (LAI) גבוה יותר הם הגורמים לגפנים בטיפול המודל להגיע לעקה חריפה יותר במהלך סוף העונה. להערכתנו טיפול זה הוא השילוב האופטימלי בין יבול כלכלי לאיכות יין גבוהה. עם זאת, הייתה שונות בתגובת הזנים השונים למשק מים משופר כמו גם להרעה משמעותית בו, גם במדדי איכות היין ניכרת שונות בתגובת הזנים לממשק ההשקיה המוצע. מהמחקר עולה כי קיים צורך להתאים את מקדמי ההשקיה לכל זן בנפרד עבור כל שלב משלבי התפתחות הגרגר.

תוכן עניינים

11	1. מבוא
11	1.1 רקע כללי :
11	1.2 תמונת מצב על ענף גפן היין בישראל
11	1.3 מורפולוגיה של הגפן
12	1.4 התפתחות הפרי
12	1.5 גידול גפני יין באקלים "צחיח למחצה" (semi-arid climate)
13	1.6 שיטות השקיה מבוקרת
13	1.7 עקת יובש במהלך התפתחות הפרי כגורם חיובי באיכות היין
14	1.8 מטרות העבודה
16	2. שיטות וחומרים
16	2.1 אתר הניסוי
17	2.2 טיפולי ההשקיה
19	2.3 מבנה הניסוי
20	2.4 אינדקס שטח עלווה
21	2.5 משקל גזם
21	2.6 פוטנציאל מים בגזע
22	2.7 קוטר גזע
22	2.8 דנדרומטרים
22	2.9 חילוף גזים
22	2.10 בדיקות היבול ומרכיביו
23	2.11 בדיקות איכות בתירוש
23	2.12 הכנת יין במעבדה לחקר היין
23	2.13 בציר מסחרי
24	2.14 קוטר טרכיאות ומוליכות הידראולית
25	2.15 סטטיסטיקה
26	3. תוצאות
26	3.1 שיראז
26	3.1.1 השפעת הטיפולים השונים על המצבים הפנולוגיים
26	3.1.2 השקיה
26	3.1.3 השפעת הטיפולים על אינדקס שטח עלווה (LAI - leaf area index)
27	3.1.4 השפעת הטיפולים השונים על משקל הגזם
27	3.1.5 השפעת הטיפולים השונים על פוטנציאל המים בגזע בצהרי היום
28	3.1.6 התפתחותו של קוטר הגזע בטיפולים השונים לאורך העונה
29	3.1.7 דנדרומטרים
30	3.1.8 מהלכים יומיים עונת 2014
34	3.1.9 מהלכים יומיים עונת 2015
38	3.1.10 קורלציות
40	3.1.11 השפעת הטיפולים השונים על התפתחותו של משקל הגרגר לאורך העונה
40	3.1.12 מדדי יבול (בציר ידני)
41	3.1.13 איכות תירוש (בציר ידני)
42	3.1.14 איכות יין (בציר ידני)
43	3.1.15 מדדי יבול ותירוש (בציר מכני)
44	3.1.16 השפעת הטיפולים על אנטומיה פונקציונאלית
48	3.2 קברנה סוביניון
48	3.2.1 השפעת הטיפולים השונים על המצבים הפנולוגיים
48	3.2.2 השקיה

48	3.2.3 השפעת הטיפולים על אינדקס שטח עלווה (leaf area index -LAI)
49	3.2.4 השפעת הטיפולים השונים על משקל הגזם
49	3.2.5 השפעת הטיפולים השונים על פוטנציאל המים בגזע בצהרי היום
50	3.2.6 התפתחותו של קוטר הגזע בטיפולים השונים לאורך העונה
51	3.2.7 השפעת הטיפולים השונים על התפתחותו של משקל הגרגר לאורך העונה
52	3.2.8 מדדי יבול (בציר ידני)
53	3.2.9 איכות תירוש (בציר ידני)
54	3.2.10 איכות יין (בציר ידני)
55	3.2.11 מדדי יבול ותירוש (בציר מכני)
56	3.2.12 השפעת הטיפולים על אנטומיה פונקציונאלית
60	3.3 מרלו
60	3.3.1 השפעת הטיפולים השונים על המצבים הפנולוגים
60	3.3.2 השקיה
60	3.3.3 השפעת הטיפולים על אינדקס שטח עלווה (leaf area index -LAI)
61	3.3.4 השפעת הטיפולים השונים על משקל הגזם
61	3.3.5 השפעת הטיפולים השונים על פוטנציאל המים בגזע בצהרי היום
63	3.3.6 התפתחותו של קוטר הגזע בטיפולים השונים לאורך העונה
64	3.3.7 השפעת הטיפולים השונים על התפתחותו של משקל הגרגר לאורך העונה
65	3.3.8 מדדי יבול (בציר ידני)
66	3.3.9 איכות תירוש (בציר ידני)
66	3.3.10 מדדי יבול ותירוש (בציר מכני)
67	3.3.11 השפעת הטיפולים על אנטומיה פונקציונאלית
71	4. דיון
71	4.1 בחינת שימוש במדדים צמחיים לבקרת משטר ההשקיה
75	4.2 בחינת השפעת המודל על איכות וכמות היבול והיין
79	4.3 מיפוי אנטומי-הידראולי של חלקי הנצר
81	4.4 דיון מסכם
82	5. פרסומים כתוצאה מהעבודה :
83	6. רשימת ספרות

1. מבוא

1.1 רקע כללי:

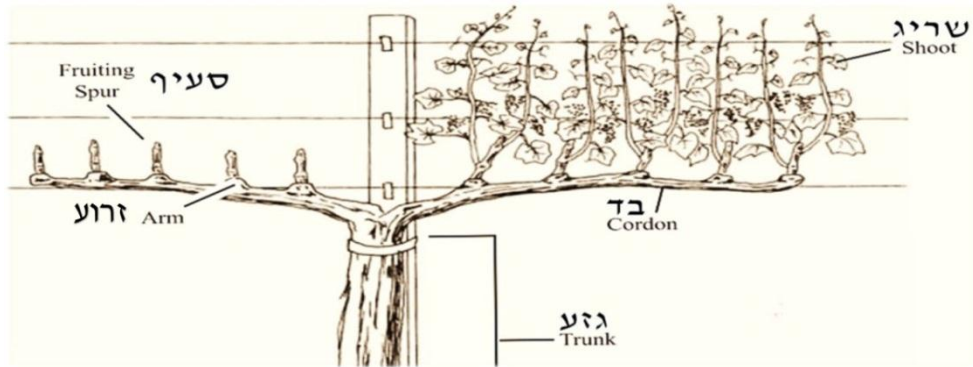
גפן היין *Vitis vinifera* שייכת למשפחת הגפניים *Vitaceae*. במשפחה זו ישנם מספר סוגים, בהם הסוג גפן (*Vitis*), אותו נהוג לחלק לשני תתי-סוגים (Olien 1990): מוסקדיניה (*Muscadinia*) ו-אאוויטיס (*Euvitis*). בתת הסוג אאוויטיס קיימות שלוש קבוצות: אמריקאית, אסיאתית ואירופית, הכוללות עשרות מינים. מין גפן היין (*Vitis vinifera*) הינו המין היחיד בקבוצה האירופית, רוב זני המאכל והיין מקורם במין זה. המינים האמריקאים עמידים לכנימת הפילוקסרה ולכן החלו לעשות בהם שימוש נרחב ככנות מאמצע המאה ה-19 לאחר שכנימת הפילוקסרה גרמה להשמדתם של גפנים באירופה וארץ ישראל (Granett et al. 2001).

1.2 תמונת מצב על ענף גפן היין בישראל

הגפן היא אחת משבעת המינים שנשתבחה בהם ארץ ישראל. ריבוי הגתות שנמצאו בחפירות ארכאולוגיות מעידות על חשיבותה ומרכזיותה של גפן היין לאורך השנים (עמר 2012; הדס 2008 ברושי 1985; גור 1961). עם חידוש ההתיישבות היהודית בארץ ישראל, באמצע המאה ה-19, הובאו שתילי גפן יין מאירופה והם הביאו להתחדשותו של גידול גפן יין בארץ ישראל (הוכברג 1954), אולם פגיעת כנימת הפילוקסרה לא פסחה על כרמי ארץ ישראל, כרמים רבים ניזוקו, נעקרו וניטעו מחדש על גבי כנות העמידות לפילוקסרה. כיום, שטחי הגידול של גפנים ליין נפוצים בכל רחבי ישראל: גליל-גולן, שומרון ויהודה, זכרון יעקב, השפלה ואף בדרום הארץ. סך שטחם הנטוע מגיע היום לכדי כ-55,000 דונם (רבן 2016). העשור האחרון אופיין בגידול מהיר של שטחי כרמי היין ובעלייה בחלקם היחסי של הזנים האדומים, בעיקר זני איכות (רבן 2016). יבול ענבי היין במדינת ישראל גדל בשנים האחרונות באופן מתמיד, ובשנים האחרונות עומד על כ-45,000 טון בממוצע (מועצת גפן יין, דו"ח 2015). 80% מכלל הענבים הנקלטים ביקבים הינם זנים אדומים ו-20% מתוכם תופס הזן קברנה סובניון (הרכבי 2016). הזנים האדומים העיקריים המגודלים בארץ עבור ייצור יין הם: קברנה סובניון, מרלו, קרניאן ושיראז (הרכבי 2016).

1.3 מורפולוגיה של הגפן

הגפן היא צמח נשיר הנכנס לתרדמת חורף, באביב הגפן מלבלבת ומצמיחה מהניצנים הרדומים ענפים חדשים וירוקים הנקראים שריגים, על השריגים מתפתחים עלים, תפרחות וקנוקנות. הפרחים מואבקי רוח, ומהתפרחות מתפתחים אשכולות ענבים. השריגים גדלים, מתעצבים, ובסוף הקיץ נעשה צבעם חום והם נקראים זמורות. לקראת היציאה מהתרדמה הזמורות מקוצרות (בפעולה המכונה זמירה קצרה *Spur pruning*) בכדי לווסת את מספר האשכולות ולשמור על עיצוב מדויק של שלד הגפן (איור מס' 1).



איור מס' 1. חלקי הנצר של הגפן במהלך צימוח אביבי ולאחר זמירת החורף (מעובד מתוך Hellman 2003).

1.4 התפתחות הפרי

במהלך התפתחות הפרי ישנם שלושה שלבים מרכזיים (Kennedy 2002): בשלב הראשון יש התחלקות מהירה של תאים ועלייה בגודלו ובמשקלו של הגרגר, בשלב השני יש עיכוב משמעותי בגדילה של הגרגר. בתום השלב השני, יש שינוי בצבע ובמרקם של הגרגר (בוהל) ובשלב השלישי יש גדילה מהירה של נפח התאים בגרגר (Zarrouk et al. 2012) עד הגעתו להבשלה מלאה (איור מס' 2). השלבים השונים מושפעים מטיפולים אגרוטכניים שמבוצעים בכרם במהלך העונה.



איור מס' 2. שלושת שלבי ההתפתחות של גרגרי הגפן. (מעובד מתוך Kennedy 2002).

1.5 גידול גפני יין באקלים "צחיח למחצה" (semi-arid climate)

באזור ההר, ביער יתיר ובהר הנגב נטועים כמה אלפי דונמים של כרמי יין איכותיים. אזור ההר, בשל תכונותיו (מיעוט מים בקרקע, קרינה חזקה, פער גדול בין טמפי הלילה והיום), מהווה בפועל אזור משמעותי בייצור יין איכותי במיוחד. בשנים האחרונות ניכרות מספר תופעות שליליות המתבטאות הן בפגיעה בעלווה והן בפחיתת יבולים. לאחר שנשללה האפשרות שמקורם של תופעות אלו קשור

לפגיעה ביוטית (מזיקים, וירוסים וכד') עלתה האפשרות שמקור הבעיה במשק מים לקוי הנובע מממשק השקיה.

1.6 שיטות השקיה מבוקרת

במרבית גידולי המטעים יש צורך לדאוג להשקיה מיטבית על מנת לקבל יבולים גבוהים, אולם ישנם גידולים בהם ניתן ואף רצוי ליצור עקת יובש על מנת לקבל יבול איכותי יותר (Carbonneau 1998). ישנן שיטות שונות להשריית עקת יובש באופן כזה שמצד אחד לא תתבצע פגיעה ארוכת טווח בקיימות המטע/הכרם ובגובה היבולים ומאידך נצליח להשיג את המטרה של שיפור איכות היבול ושיפור יעילות ניצול המים. אחת השיטות המקובלות היא SDI (Sustained deficit irrigation) השקיה גירעונית קבועה, הגורסת כי ניתן להשרות עקה מדודה וקבועה לאורך כל עונת הגידול (Zarrouk *et al.* 2012). שיטה נוספת היא RDI (Regulated deficient irrigation) השקיה גרעונית מווסתת, וממנה עולה ההמלצה לבחון כל גידול לגופו ולאתר את השלבים הפנולוגיים בהם ניתן (ואף רצוי) להשרות עקת יובש (Moriani and Orgaz 2003). עוד שיטה ליצירת עקת יובש מבוקרת היא PRD (Partial root drying) יצירת אזור יובשני בחלק מסביבת השורש, בשיטה זו מוצע להשקות את בית השורשים בצורה חלקית (Chaves *et al.* 2007; Stool *et al.* 2000).

1.7 עקת יובש במהלך התפתחות הפרי כגורם חיובי באיכות היין

הצורך ביצירת עקת יובש חשוב מאוד בענף גפן ובמיוחד בענבי יין אדומים (Ortega-Farias *et al.* 2005; Greven *et al.* 2012). ישנן מספר סיבות הנתמכות במחקרים המעידות על השפעות חיוביות של עקת יובש על איכות היין (McCarthy 1997; Kennedy 2002; Romero *et al.* 2012). אחד ההסברים לקשר בין עקת יובש לאיכות יין הוא הקשר הישיר בין איכות היין לגודל הגרגר. לגודל הגרגר מיוחסת השפעה מכרעת על איכות היין מכיוון שמרבית חומרי הארומה בזנים האדומים מיוצרים בקליפה (Ribéreau-Gayon *et al.* 2006), ככל שהגרגר קטן יותר, מוטה היחס קליפה-ציפה (Skin to pulp ratio) לטובת הקליפה (McCarthy 1997) וגדלה האפשרות לקבל יין כה יותר, בעל טעמים מורכבים יותר, בעל יכולת יישון ארוכה יותר ואפשרות משופרת לקבלת ערכי סוכר גבוהים יותר (Bravdo *et al.* 1985; Esteban *et al.* 1999; Kennedy 2002). הסבר נוסף שקושר בין איכות היין לעקת המים עולה ממחקרים שמעידים על הקשר בין עקת יובש ליצור מוגבר של אנתוציאנינים, פנולים וחומרים ארומטיים שונים (Romero *et al.* 2012; Acevedo-Opazo *et al.* 2010; Van Leeuwen *et al.* 2009). במחקר הנוכחי בחנו את ההשפעות השונות (פיזיולוגיות, אנטומיות, כמות ואיכות היבול ובדיקה של היין) של שיטת SDI (Sustained deficit irrigation) ביחס ל RDI (Regulated deficient irrigation) באזור אקלים המוגדר "צחיח למחצה" (semi-arid climate) ובמספר זנים אדומים המרכזיים בענף היין הישראלי. השקיה בשיטת SDI נפוצה מאוד בארץ ואילו שיטת RDI עושה את צעדיה הראשונים בענף הגפן הישראלי. עיקרה של שיטת RDI בענף גפן היין היא איתור השלבים הפנולוגיים בהם נוכל להשפיע על

ידי עקת יובש על איכות היין. בגפן, קיימים שני שלבים פנולוגיים מוגדרים בהם ניתן להשפיע על היבול ועל איכותו (Shellie 2006; Girona et al. 2009). בשלב הראשון (Stage I), המוגדר מסוף פריחה ועד אשכול צפוף, ניתן להשפיע על מסי' התאים בגרגר ובשלב השלישי (Stage III), המוגדר מסוף בוחל (Veraison) ועד הבציר, ניתן להשפיע על נפחם של התאים המרכיבים את הגרגר (Zarrouk et al. 2012; Kennedy 2002).

על בסיס מחקרים קודמים בגפנים (Netzer et al. 2012; Munitz et al. 2016) נראה שיש יתרון בולט בטיפול RDI בו כמויות המים שניתנו במהלך השלב הראשון (מסוף פריחה ועד אשכול צפוף) היו יחסית גבוהות ולאחר מכן במהלך שלב 2 ושלב 3 (מאשכול צפוף עד בוחל ומבוחל ועד לבציר) חל צימצום במנות המים. השקיה גבוהה בשלב הראשון ונמוכה בשני השלבים הבאים הביאה להתפתחות עלווה תקינה, לצימוח חזק, ליבולים גבוהים ואיכויות גבוהות של צבע וארומה ביין (Netzer et al. 2012; Munitz et al. 2016). מלבד איתור הזמנים הפנולוגיים בהם ניתנה עקת יובש על ידי שימוש במקדמי השקיה מתאימים, נעשה שימוש במדדים מטאורולוגיים (התאדות עפ"י פנמן מונטיס) ומדידה של שטח העלווה (LAI) על מנת לקבוע את כמויות המים המדויקות האופטימליות עבור הגפן. להשקיה בשיטת SDI קראנו "השקיה משקית" (Grower practice) ולהשקיה בשיטת RDI קראנו "השקיית מודל" (Model) בשל התבססותה על מודל החוזה את צריכת המים (ET_c) על בסיס היחס האמפירי בין שטח העלווה למקדם הגידול (Netzer et al. 2012; Munitz et al. 2016).

בזן מרלו ישנו טיפול נוסף שהושקה על בסיס המודל, אולם מנת המים ניתנה פעם בחמישה ימים (Model 5 days).

1.8 מטרות העבודה

בחינת משטר השקיה חדשני (להלן "מודל") לשלושה זני איכות שיראז (Sz), קברנה סוביניון (Cs) ומרלו (Mr) והשפעתו על מדדים שונים:

1. בחינת שימוש במדדים צמחיים (קוטר גזע, משקל גזם, שטח עלווה, פוטנציאל מים וחילוף גזים) לבקרת משטר ההשקיה.
2. בחינת השפעת המודל על איכות וכמות היבול, כולל ייצור יין בנפרד עבור הטיפולים השונים על מנת לבחון את השפעת הטיפולים השונים על איכות היין.
3. בדיקות אנטומיות של חלקי הנצר השונים (גזע, זמורה ופטוטרט), על מנת ללמוד על פוטנציאל הסיכוניות השונה (אמבוליזם וקוויטציה) של הטיפולים השונים בכניסה לעקת יובש ע"י מיפוי הידראולי של חלקי הנצר השונים.

השערת המחקר: השקיה לפי "המודל" תשפר את מצבם הפיסיולוגי של הצמחים ותעלה את גודל היבולים תוך פגיעה מינימלית באיכות היין באופן שיאפשר יצירת עקה מבוקרת בשלבים פנולוגיים

מוגדרים, תוך שמירה על יכול כלכלי, על בריאות העלווה והגפן בד בבד עם שמירה על איכות הפרי והיין. בנוסף הועלתה השערה שמשק מים משופר במהלך שלב 1 ישפיע על קטרי הטרכיאות בעצה.

2. שיטות וחומרים

2.1 אתר הניסוי

הניסוי הוצב בכרם הממוקם בלב קרחת יער ביער יתיר, ברום של 660 מ' מעל פני הים, קו אורך 31.34 וקו רוחב 35.06. הכרם נמצא בבעלות של משק מושב כרמל והיבולים נמכרים ליקב יתיר. הניסוי נערך בשלושה זני יין אדומים: קברנה סוביניון (*Vitis vinifera* cv. Cabernet Sauvignon), שיראז (*Vitis vinifera* cv. Shiraz) ומרלו (*Vitis vinifera* cv. Merlot). מלבד הבחירה בזנים מרכזיים בתעשיית היין, הזנים שנבחרו מייצגים רגישויות שונות לעקות יובש. יש המקטלגים מנגנונים אלו כהתנהגות איזוהידרית ואנאיזוהידרית. הקברנה סוביניון נחשב כזן איזוהידרי (Rogiers *et al.* 2009; Chalmers 2007), השיראז והמרלו מוגדרים כזנים אנאיזוהידריים (Hochberg *et al.* 2012; Williams and Baeza 2007; Schultz 2003). מרווחי הנטיעה סטנדרטיים, 3 מ' בין השורות, 1.5 מ' בין הגפנים שבתוך השורה (222 גפנים לדונם), הגפנים מעוצבות כקורדון דו בדי על מערכת הדליה VSP (שילוב שריגים אנכי). הגפנים הושקו באמצעות טפטפות בספיקה של 2.3 ליטר לשעה במרווחים של חצי מטר, ההשקיה נשלטה ע"י מחשב השקיה. הקרקע מוגדרת כסיין חרסיתי, מרקם הקרקע: 34% חרסית, 45% סילט, 21% חול, 18% גיר כללי. pH 8.2, מוליכות חשמלית במיצי העיסה הרוויה היא 0.4 דצס"מ'. מוליכות חשמלית במי ההשקיה היא 0.7 דצס"מ'. דישון הכרם מתבצע באופן עקבי באביב מראשית הבלבוב ובסתיו לאחר הבציר. הדישון הינו בדשן מורכב (NPK) בכמות כוללת של 6.5 יחידות חנקן (כ-5 יחידות באביב וכ-1.5 יחידות בסתיו). הדשן הנוזלי מיושם יחד עם ההשקיה בקו הטפטוף. הכרם מטופל באופן שוטף למניעת עשבייה, בחורף מיושמים חומרים מונעי הצצה ובמהלך העונה מיושמים ריסוסי מגע נגד עשביית הקיץ. בעונת הגידול מתקיים בכרם פיקוח מזיקים באופן קבוע, על בסיס עקרונות IPM (Integrated pest management). המזיקים העיקריים באזור הינם קימחון הגפן, עש האשכול וכנימה קמחית, אולם שכיחותם מועטה וחומרת הפגיעה חלשה באזור יתיר ביחס למקומות גידול אחרים בארץ, ככל הנראה על רקע האקלים היבש וכן בשל הבידוד הגיאוגרפי של האזור מאזורי גידול כרם אחרים. נתונים מטאורולוגיים התקבלו מהתחנה המטאורולוגית הממוקמת ביישוב שני-ליבנה הנמצאת 2 ק"מ צפונית לאתר הניסוי. ממוצע סך ההתאדות המחושבת המצטברת לעונת הגידול במהלך שנות הניסוי (2013-2015) עמדה על של 1174 מ"מ (טבלה מס' 1), וכמות המשקעים השנתית הממוצעת לאותם שנים עמדה על 255 מ"מ/שנה (טבלה מס' 1). האקלים השורר באתר הניסוי לאורך עונת הגידול הוא חם ויבש, האזור מוגדר צחיח למחצה (Semi-Arid) ומאופיין בהתאדויות גבוהות ובמיעוט משקעים (טבלה מס' 1).

טבלה מס' 1. כמות המשקעים העונתית (מ"מ) וההתאדות המחושבת המצטברת (מ"מ) לאורך השנים באתר הניסוי, כרם מושב כרמל, 2013-2015.

ממוצע	2015	2014	2013	
255	261	257	247	כמות משקעים עונתית (מ"מ)
52	37	96	23	כמות משקעים באביב (מ"מ)
20	14	37	9	גשמי אביב* (%)
1174	1199	1135	1188	התאדות עונתית מחושבת** (מ"מ)

*האביב הוגדר החל מ 1 במרץ.

** מאפריל עד ספטמבר.

2.2 טיפולי השקיה

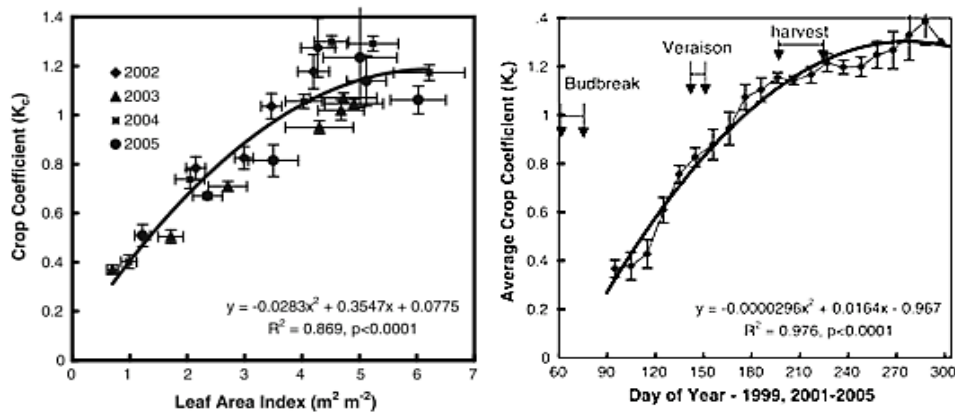
ההשקיה המקובלת בארץ (להלן "השקיה משקית") עבור ייצור יינות איכות מבוססת על SDI (Sustained deficit irrigation) השקיה גירעונית קבועה, כך שלכל אורך העונה יש צורך לשמור על רמת עקה כזו או אחרת ולכן בתחילת העונה מכיוון שקיימים עדיין מים זמינים בקרקע (מגשמי החורף) יש להתחיל להשקות במתינות ובמרווחי השקיה גדולים (פעם בשבוע ובצימוח חזק פעם בשבועיים) וככל שמתקדמת העונה מומלץ לצופף את מרווחי ההשקיה ולהגדיל את מנת המים. מכיוון שהימים מתארכים והטמפרטורות עולות הגדלת מנת המים וציפוף מרווחי ההשקיה לא מורידים את עוצמת העקה של הצמח. השיטה הארצית המקובלת של ההשקיה המשקית היא להתחיל להשקות כאשר הצימוח נעצר, אולם באזור יער יתיר בשל ממוצע משקעים נמוך מתחילים להשקות כבר בראשית הלבוב. מנות ההשקיה בתחילת העונה עומדות על כ-5 מ"מ (קוב לדונם בשימוש החקלאי) המיושמת פעם בשבוע (שוות ערך ל 0.71 מ"מ/יום) ועולות בהדרגה עד 7 מ"מ המיושמת פעם בחמישה ימים (1.4 מ"מ/יום). שינויי מרווחי ההשקיה וגודל מנת המים נקבעים על פי התרשמות חזותית ממצב הנוף בכרם ומהתקדמות השלבים הפנולוגיים.

אחד העקרונות עליהם מושתתת השקית המודל הוא RDI (Regulated deficient irrigation) השקיה גרעונית מווסתת, כלומר איתור שלבים פנולוגיים בהם ניתן יהיה להשרות עקת יובש שמצד אחד תשמור על איכות הענבים ומאידך לא תפגע יתר על המידה בחיוניות הכרמים ושרידותם לאורך שנים. מלבד איתור השלבים הפנולוגיים המתאימים להשריית עקת יובש התבצע חישוב של מנת המים האופטימלית עבור הגפנים והתאמתה באמצעות מקדם השקיה לעקת המים הנדרשת. חישוב מנות המים בוצע על ידי שימוש בהתאדות המחושבת ET_0 ואינדקס שטח העלווה (יפורט בהמשך). כדי לחשב את ET_0 יש צורך בקבלת נתונים מטאורולוגיים רציפים לאורך כל עונות הגידול. הנתונים הנדרשים על מנת לחשב את ET_0 הינם טמפרטורה, קרינה, לחות ועוצמת רוח. הכנסת הנתונים לנוסחת פנמן מונטיית' המתוקנת (Penman-Monteith) תאפשר לנו לחשב את ET_0 , אולם נוסחת פנמן מונטיית' נועדה ביסודה לחישוב התאדות עבור משטח דשא בסטנדרטים אחידים וקבועים

(Allen *et al.* 1998) ולכן אם ברצוננו להשתמש ב- ET_0 עבור גפני יין יש לבצע התאמות נדרשות. התאמת ההתאדות המחושבת מתבצעת באמצעות שימוש במקדם גידול- K_c -Crop Coefficient. הכפלתו של מקדם הגידול בהתאדות המחושבת מאפשרת לחשב את צריכת המים האופטימלית של גידול ET_c . הנוסחה $ET_c = ET_0 * K_c$ (Allen *et al.* 1998) מאפשרת לקשור בין ההתאדות המחושבת למקדם הגידול על מנת לחשב את ההתאדות האופטימלית עבור כל צמח. מקדם הגידול מתקבל בד"כ בניסויים אמפירים לרוב על בסיס נתוני ליוזמטרים. ישנן שיטות שונות הקושרות בין המהלך העונתי של עקום הגידול למהלכים פנולוגים, צבירת ימי מעלה או לשטח עלווה. במחקר שהתבצע באזור לכיש אשר נערך במשך שבע שנים בגפן מאכל (Netzer *et al.* 2009; Netzer *et al.* 2005), נבנה עקום עונתי למקדם הגידול K_c (איור מס' 3). בניית העקום העונתי של מקדם הגידול התבצעה על ידי מדידת צריכת המים (ET_c) והשוואתה להתאדות המחושבת (ET_0). צריכת המים האמיתית (ET_c) של הגפנים חושבה בצורה ישירה באמצעות שימוש ב-12 גפנים שגודלו בליוזמטרים והושקו ללא הגבלת מים, במקביל בוצע חישוב של ההתאדות המחושבת (ET_0) באמצעות שימוש בנוסחת פנמן מונטית' על בסיס נתונים מתחנה מטאורולוגית הסמוכה למיקום הליוזמטרים. שטח העלווה של הגפנים בליוזמטרים נמדד לאורך העונה ונמצא שבאמצעות נוסחה ניתן לקשור בין שטח העלווה למקדם הגידול:

$$K_c = -0.0283 \times LAI^2 + 0.3547 \times LAI + 0.0775$$

על בסיס המתאם בין שטח העלווה-מקדם הגידול (איור מס' 3) נבנה מודל המתאר את צריכת המים בגפן המשתנה לאורך עונת הגידול. נתוני ההשקיה המתקבלים מחישובי המודל, מייצגים את צריכת המים (ET_c) של גפן הגדלה בתנאים מיטביים וללא עקות יובש.



איור מס' 3. מימין- עקום עונתי של מקדם הגידול של ענבי מאכל מהזן סופיריור. (Netzer *et al.* 2009). משמאל- הקשר בין מקדם הגידול לבין אינדקס שטח העלווה (LAI) בענבי מאכל מהזן סופיריור (Netzer *et al.* 2009).

חישובי גודל מנת המים בטיפול המודל:

1. מקדם הגידול K_c מחושב על בסיס מדידות גודל הנוף LAI ובהתאם לנוסחה הקושרת בין LAI לבין K_c : $K_c = -0.0283 \times LAI^2 + 0.3547 \times LAI + 0.0775$ (איור מס' 3). בניסוי בלכיש חושב ה

ET₀ בשיטת CIMIS וביישום המודל אנו משתמשים בשיטת ASCE המקובלת בשירות המטאורולוגי הישראלי כיום, לצורך כך קיים תיקון בנוסחה:

$$K_c = -0.0000296 \times LAI^2 + 0.0164 \times LAI - 0.967$$

בשל העובדה כי גודל נוף סטנדרטי בגפן יין בשיטת ההדליה המקובלת אינו עובר את ערכי שטח העלווה (LAI) של 2 מ"ר/מ"ר, ניתן להשתמש רק בקטע הליניארי המתקבל מהגרף.

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

2. צריכת המים של הגפן ET_c מחושבת על ידי הכפלת מקדם הגידול K_c בהתאדות הפוטנציאלית הממוצעת ET₀ של שלושת הימים שלפני ההשקיה. ET₀ מחושב ממדדים מטאורולוגיים המתקבלים מהתחנה הממוקמת ביישוב "שני-ליבנה", כשני קילומטרים צפונית לאתר הניסוי.

3. מכיוון שבגידול ענבי יין השריית עקת יובש מבוקרת בתקופות מוגדרות לאורך עונת הגידול היא פרקטיקה מקובלת ונדרשת להשגת יין איכותי, מיושמים בהשקיית המודל מקדמי השקיה (K_s) שונים בשלבים פנולוגיים שונים. מקדם השקיה (לעיתים גם מכונה מקדם עקה) מוגדר כחלק (אחוז מסויים) מתוך צריכת המים האופטימלית ET_c, מקדמי ההשקיה שיושמו במודל השקיית ענבי היין עומדים על 50-20% כלומר ET_c 0.2-0.5. התאמת מקדמי ההשקיה בהשקיית המודל נקבעה באופן דיפרנציאלי לכל שלב פנולוגי ע"פ השפעתו על איכות הפרי וגודל היבול ויכולתו להתאים את הגידול לאיכויות יין שונות (סדרות כמות/ סדרות איכות/ פרמיום). בניסוי הנוכחי מקדמי ההשקיה שיושמו בעונות השונות היו 0.5 מתחילת הבלבול ועד ההגעה לאשכול צפוף (שלב I), ירידה למקדם 0.2-0.3 בשלב האשכול הצפוף עד סוף בוחל (שלב II) ומקדם העומד על 0.2 מסוף הבוחל ועד לבציר (שלב III). שני טיפולי ההשקיה המרכזיים שנבחנו בכל אחד הזנים הם "טיפול משקיי" ו"טיפול מודל". בזן מרלו ישנו טיפול נוסף שנקרא "מודל מרווח", חישוב מנת המים במודל המרווח זהה לטיפול המודל, אולם בטיפול המודל ניתנה השקיה פעמיים בשבוע בימים קבועים ואילו בטיפול המודל המרווח מנת המים יושמה אחת לחמישה ימים.

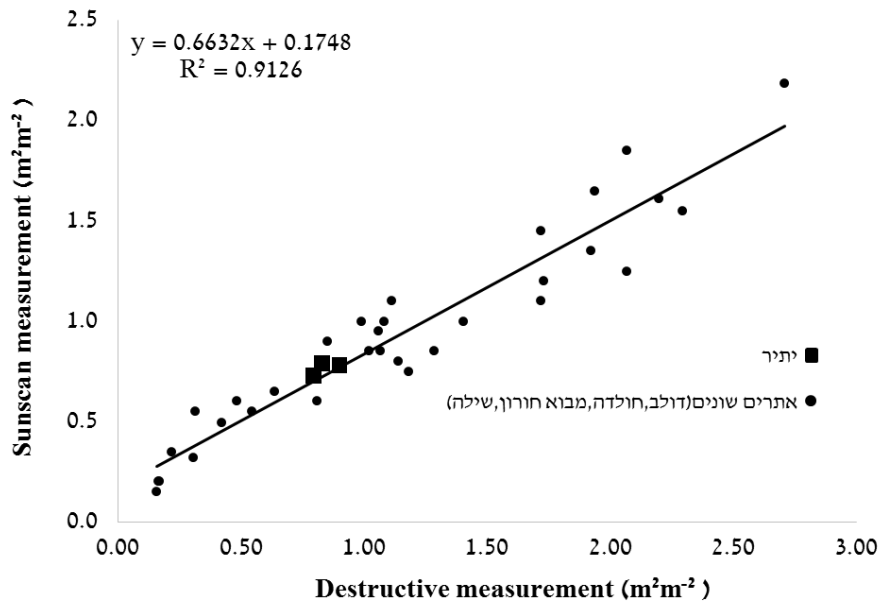
2.3 מבנה הניסוי

חלקות הקברנה והשיראז חולקו לשני טיפולים, טיפול מודל וטיפול משקי. בזן שיראז הוצבו חמש חזרות לטיפול ובזן קברנה סובניון הוצבו ארבע חזרות לטיפול (טבלה מס' 2). בזן מרלו הוצבו שלושה טיפולים, טיפול מודל, טיפול משקי וטיפול נוסף שנקרא מודל מרווח בארבע חזרות לטיפול (טבלה מס' 2). כל שלוש שורות שימשו כחזרה, באופן שמאפשר ביצוע ניתוחים סטטיסטיים כמקובל (השורה האמצעית מהווה את שורת המדידה והאחרות משמשות כשורות גבול). בכל שורה סומנו תשעה עצים מהם נלקחו לאורך העונות המדדים השונים.

שטח (דונם)	שנת נטיעה	כנה	מספר חזרות	טיפול	זן
14.22	2007	פולסן	5	מודל	שיראז
16.06	2007	פולסן	5	משקי	שיראז
7.35	2002	פולסן	4	מודל	קברנה
6.82	2002	פולסן	4	משקי	קברנה
11.6	2002	פולסן	4	מודל	מרלו מודל
7.5	2002	פולסן	4	מודל	מרלו מודל מרווח
6	2002	פולסן	4	משקי	מרלו

2.4 אינדקס שטח עלווה

מדידות אינדקס שטח העלווה (LAI) בוצעו אחת לשבוע/שבועיים. בזן שיראז נמדדו שלושה גפנים לחזרה, 15 גפנים לטיפול, 30 גפנים לכלל החלקה. בזן קברנה סוביניון נמדדו 3 גפנים לחזרה, 12 גפנים לטיפול, 24 גפנים לכלל החלקה. בזן מרלו נמדדו 3 גפנים לחזרה, 12 גפנים לטיפול ו 36 גפנים לכלל החלקה. המדידות אפשרו לעקוב אחר התפתחות נוף הגפנים לאורך עונת הגידול. המדידות נערכו באמצעות מכשיר Sunscan המצויד במקל גלאים באורך 1 מ' בעל 64 חיישני קרינה (Delta-T Devices, Cambridge UK). בכל גפן נמדדו 8 קווי מדידה לאורך 1.5 מ' בניצב לשורת המדידה תוך כדי הקפדה על מדידה של כל המקטע המוצל של הגפן. ערך ה-LAI הממוצע שהתקבל עבור שמונת קווי המדידה חולק ב 2, בכדי להגיע לערכו הסופי של ה-LAI (מכיוון שהמרווח בין השורות הוא 3 מ', וערך ה-LAI נמדד רק במקטע של 1.5 מ' המכסה את הצל של הגפן, וקיים עוד מקטע בין השורות של 1.5 מ' ללא הצללה כלל, בו ערכי LAI עומדים על 0). היחידות של אינדקס שטח העלווה (LAI) הם m^2/m^2 ומשמעותם היא שטח עלווה ליחידת שטח קרקע. למדידות אינדקס שטח העלווה שנמדדו באמצעות מכשיר ה-Sunscan התבצע תיקוף (ולידוציה) של הנתונים באמצעות השוואה למדידות הרסניות. התבצעה מדידה בשטח של גפן באמצעות מכשיר ה-Sunscan העלווה הוסרה ונלקחה למכשיר סורק עלים LI-3100 (LI-COR, Lincoln, Nebraska USA). מההשוואה בין שתי שיטות המדידה התקבל יחס ליניארי בין תוצאות המדידה של המכשיר לבין תוצאות המדידה הישירה של שטח העלים (איור מס' 4). הכיול התבצע 34 פעמים בשלבים פנולוגיים שונים, באתרים שונים כולל באתר הניסוי בעונות השונות (איור מס' 4).



איור מס' 4. מתאם בין המדידה של אינדקס שטח העלווה (LAI) המתקבלת באמצעות מדידה הרסנית שבוצעה על ידי הסרת עלים לבין המדידה המתקבלת ממכשיר ה-Sunscan. המדידה בוצעה בכרם ענבי יין מאתרים שונים: חולדה, דולב, חוות נטע, מבוא חורון ויתיר 2008-2015.

2.5 משקל גזם

בחורף לאחר ביצוע הזמירה החורפית נשקלו זמורות הגפנים של כל גפן בנפרד. בזן שיראז נשקלו זמורות מתשעה גפנים לחזרה, 45 גפנים לטיפול, 90 גפנים לכלל החלקה. בזנים קברנה סוביניון ומרלו נשקלו 9 גפנים לחזרה, 36 גפנים לטיפול, 72 גפנים לכלל החלקה בזן קברנה סוביניון ו 108 גפנים לכלל החלקה בזן מרלו.

2.6 פוטנציאל מים בגזע

אחת לשבוע-שבועיים ביום שלפני ההשקיה, בוצעה מדידה של פוטנציאל המים בגזע (Ψ_s) בצהרי היום (Midday Stem Water Potential). בזן שיראז נמדד פוטנציאל המים בשלושה גפנים לחזרה, 15 גפנים לטיפול, 30 גפנים לכלל החלקה. בזנים קברנה סוביניון ומרלו נמדד פוטנציאל המים ב 3 גפנים לחזרה, 12 גפנים לטיפול, 24 גפנים לכלל החלקה בזן קברנה סוביניון ו 36 גפנים לכלל החלקה בזן מרלו. המדידה בוצעה על עלים בוגרים פעילים (אך לא מבוגרים מידי), שלמים ללא פגיעות מכניות הנמצאים בפני השטח של הנוף (Romero *et al.* 2010; Medrano *et al.* 2003). העלים הוכנסו בשעה 10:30 לשקית ייעודית כסופה ואטומה למשך זמן מינימלי של שעה וחצי. מטרת הכיסוי הייתה למנוע טרנספירציה מהעלה הנמדד (הנמצא בחושך ובלחות גבוהה) ובכך לגרום להשוואה בין פוטנציאל המים בעלה הנמדד לפוטנציאל המים בגזע. החל מהשעה 13:00 ואילך החלו המדידות, עלה המדידה נותק מהגפן והוכנס לתוך תא לחץ (ארימד 3000 mrc, חולון), תא הלחץ נישא על גבי טרקטורון (John Deere, Mule) כאשר לא עברו יותר מ- 20 שניות מרגע ניתוק העלה מהגפן ועד להתחלת הפעלת הלחץ בתא הלחץ. הלחץ הנגדי שנדרש להפעיל על העלה המנותק עד

להופעת "כיפה" מלאה של טיפת מים ראשונה, שווה ערך למתח שבו אחוזים המים בעצה של הגזע בזמן המדידה (Boyer 1995). הערכים המתקבלים במדידה זו (ביחידות שליליות של MPa) מבטאים את פוטנציאל המים של הגזע. המדידות הסתיימו בסביבות השעה 14:30. שלוש הגפנים המסומנות בכל חזרה ששימשו למדידות פוטנציאל המים, שימשו גם למדידות אינדקס שטח העלווה ומדדי חילוף הגזים לאורך העונות. לאורך העונה נבחנה אמינות תוצאות תא הלחץ ע"י השוואת התוצאות אל מול מד לחץ דיגיטלי ייעודי (אלקון), שהורכב על תא הלחץ.

2.7 קוטר גזע

אחת לחודש נמדד באמצעות קליבר דיגיטלי (סיגנט, דגם 75430) קוטר הגזע של כלל הגפנים הנבדקות בניסוי. בזן שיראז נמדד קוטר הגזע של תשעה גפנים לחזרה, 45 גפנים לטיפול, 90 גפנים לכלל החלקה. בזנים קברנה סוביניון ומרלו נמדד קוטר הגזע ב 9 גפנים לחזרה, 36 גפנים לטיפול, 72 גפנים לכלל החלקה בזן קברנה סוביניון ו 108 גפנים בזן מרלו לכלל החלקה. קוטר הגזע נמדד בגובה של כ 55 ס"מ מהקרקה, במיקום קבוע שסומן על ידי חוט "בננה" גמיש (למניעת חיגור) בזווית קבועה ביחס לשורה ולמיקום על הגזע.

2.8 דנדרומטרים

בעונת 2015 הותקנו בחלקת השיראז דנדרומטרים (פיטק, יד מרדכי, ישראל). הדנדרומטרים הותקנו בשתי חזרות. בכל חזרה הותקנה תחנה שכללה שני דנדרומטרים: 2 עצי מדידה לחזרה, 2 חזרות לטיפול, סה"כ 4 דנדרומטרים לטיפול, 8 דנדרומטרים לכלל החלקה.

2.9 חילוף גזים

בחלקת השיראז בוצעו מעקבים אחר המהלך היומי של קצב קיבוע הפחמן ומוליכות הפיוניות (במקביל למדידות תא לחץ). נערכו שלושה ימי מדידה מלאים במהלך כל עונה (2014-2015). בסוף כל שלב פנולוגי של הענבים התקיים יום מדידה שכלל מדידות לאורך היום, מהזריחה ועד לשקיעה. המדידות בוצעו בעלים בוגרים, שלמים וחשופים לשמש (Romero *et al.* 2010; Medrano *et al.* 2003). נמדדו שלושה עלים לחזרה, 15 עלים לטיפול, 30 עלים לכלל החלקה. המדידות בוצעו באמצעות מערכת חילוף גזים (Li-Cor 6400, Li-cor Inc, Nebraska, USA). תא המדידה היה תא פלורוסנטי לעלים רחבים (פתח עגול, $2 \times 3 \text{ cm}^2$). פרוטוקול המדידה היה:

$$T_{\text{block}} = 25^{\circ}\text{C}, \text{VPDL} = 3 \pm 1 (\text{kPa}), \text{Flow rate} = 500 (\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1})$$

$$\text{PAR} = 1000 (\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}), \text{Ref CO}_2 = 400 (\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1})$$

בתחילת כל יום מדידה בוצעו במלואם כל פעולות הכיול המומלצות על ידי היצרן.

2.10 בדיקות היבול ומרכיביו

לאורך העונה בוצעה שקילה של 100 גרגרים מכל טיפול, על מנת לקבוע את משקלו הממוצע של הגרגר. איסוף הגרגרים לאורך העונה התבצע באופן אקראי לחלוטין משני צידי השורה וממקומות

שונים באשכול. על מנת לקבל תמונה מלאה על כלל מרכיבי היבול, נשקל היבול ונספרו האשכולות של כל גפן בנפרד: בזן שיראז נשקל היבול ונספרו האשכולות של תשעה גפנים לחזרה, 45 גפנים לטיפול, 90 גפנים לכלל החלקה. בזנים קברנה סוביניון ומרלו נשקל היבול ונספרו האשכולות ב 9 גפנים לחזרה, 36 גפנים לטיפול, 72 גפנים לכלל החלקה בזן קברנה סוביניון ו 108 גפנים לכלל החלקה בזן מרלו. במועד הבציר נשקלו 100 גרגרים לכל חזרה.

2.11 בדיקות איכות בתירוש

בתירוש נבדקו המדדים הבאים: רמת הסוכר ($^{\circ}\text{Brix}$, TSS-Total soluble Solids), pH וכמות חומצה כללית TA (mg/L). בנוסף בוצעה מדידה של עוצמת הצבע בספקטרופוטומטר באורך גל של 518 nm (Genesys 10UV Thermo). הבדיקה התבצעה עבור כל חזרה.

2.12 הכנת יין במעבדה לחקר היין

בחלקות הקברנה והשיראז, בשתי העונות (2014-2015), הענבים נבצרו לפי חזרות. הענבים נלקחו ליקב המחקרי של מו"פ אזורי שומרון באוניברסיטת אריאל. מכל חזרה הוכן יין בנפרד על פי פרוטוקול למיקרו-ויניפיקציה (בעונת 2014: 8 יינות מהזן קברנה ו 8 יינות מהזן שיראז סה"כ 16 יינות. בעונת 2015: 8 יינות מהזן קברנה ו 10 יינות מהזן שיראז סה"כ 18 יינות). ביין נבדקה עוצמת הצבע (Color Intensity) על ידי בדיקת עוצמת הבליעה בספקטרופוטומטר באורכי גל של 420 nm, 520 nm, 620 nm.

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

לקבלת ערך גוון היין (color hue) יש לחלק את תוצאת אורך הגל 420 nm באורך הגל 520 nm. ריכוז הפנולים התקבל באמצעות קריאה באורך גל 280 nm (Ribéreau-Gayon et al. 2006). היין הובא לטעימות בפורום הטועמים של היקב המחקרי באוניברסיטת אריאל. בפאנל חברים ייננים מיקבים שונים בארץ. טעימת היינות התבצעה בהנחייתו של היינן ד"ר שיבי דרורי. המדדים שנבדקו הם צבע, ריח וטעם.

2.13 בציר מסחרי

כשבועיים לפני המועד המשוער של הבציר של כל זן וכל טיפול החלו להתבצע דגימות הבשלה תכופות במטרה לקבוע את מועד הבציר המיטבי. מועד הבציר נקבע לפי ריכוז הסוכר ($^{\circ}\text{Brix}$ 25.2), בחינה של ההבשלה הפנולית, pH המתאים לבציר הענבים (מתחת לערך סף של pH 4) והחלטת היינן על פי טעימה. מכל חזרה נדגמו עשרה אשכולות בצורה אקראית משני צידי השורה. בציר החלקה כולה הינו בציר מכאני הנעשה על ידי בוצרת נגררת של חברת ALMA. הבציר התבצע בלילה כאשר כל טיפול נבצר בנפרד, באיחוד של כל החזרות.

2.14 קוטר טרכיאות ומוליכות הידראולית

דיגום: בחלקות הניסוי נבחרו עשרים וארבע גפנים מכל זן, שתיים-עשרה גפנים מטיפול המודל ושתיים-עשרה גפנים מהטיפול המשקי מהם נדגמו פטוטרות, זמורות וגלילי עצה מהגזע (מכל טיפול 12 עצים, 4 חזרות, 3 עצים לחזרה). הדיגום התבצע במהלך חודש אוקטובר 2014. הדגימה של גלילי העצה מהגזע של הגפנים, נעשתה בגובה 10 ס"מ מתחת לפיצול הבדים, באמצעות מקדח גזע ייעודי (Increment Borer 5.15mm Core 3-Thread 8", Haglof, Sweden). הדגימה של הזמורות התבצעה מהפרק הרביעי (הספירה החלה מהפיצול לבדים, כלומר פרק מספר אחד הכי קרוב לגזע) דגימת הפטוטרות התבצעה מעלה הממוקם בעמדה אחת מעל האשכול תוך הקפדה על בחירת עלה שלם.

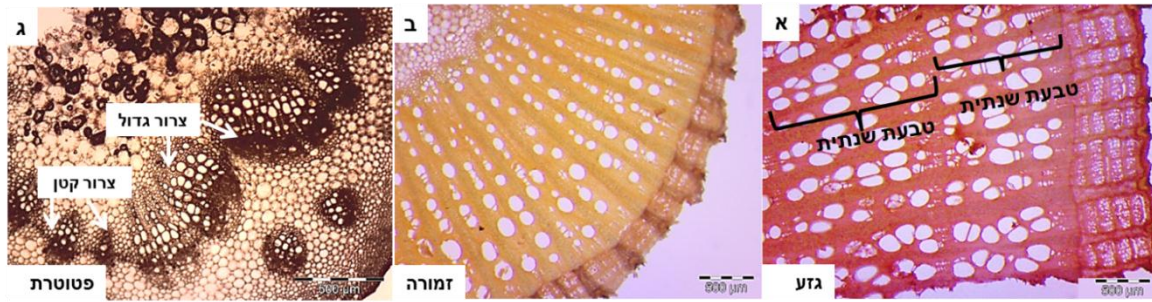
אנטומיה: נעשו חתכים של גלילי העצה והזמורה בעובי של 80-100 μm באמצעות מיקרוטום עץ (Reicher NR 17 800, Austria). בפטוטרות נעשו חתכי יד באמצעות סכין גילוח. החתכים נצבעו באמצעות RG-Reactive Genevoise (ארזי ושוורץ 1991).

עיבוד תמונות: החתכים נצפו וצולמו בבינוקולר (Olympus sz x7, Tokyo, Japan) המצויד במצלמה דיגיטלית מובנית (Olympus u-tz 0.5 xc-3, Tokyo, Japan). בחתכים המצולמים (איור מס' 5) נמדד קוטר חוליות הטרכיאה באמצעות תוכנת מחשב ייעודית (ImageJ, Rasband, W.S., U. S. National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA, 1997-2016). בוצעה חלוקה של חוליות הטרכיאה לפי קבוצות גודל. בגזע חוליות טרכיאה מעל 100 מיקרון הוגדרו כחוליות טרכיאה גדולות. בגזעים נלקחו מדדים מהטבעות השנתיות משנת 2012-2014 (ההשקיה על פי המודל החלה בעונת 2011). בזמורות חוליות טרכיאה מעל 31 מיקרון הוגדרו כחוליות טרכיאה גדולות. בכל פטוטרות נבדקו שני צורות ההובלה הגדולים וארבעה צורות הובלה קטנים ונמדד קוטר חוליות הטרכיאה. בפטוטרות חוליות טרכיאה מעל 15 מיקרון הוגדרו כחוליות טרכיאה גדולות. מלבד החלוקה לחוליות טרכיאה גדולות וקטנות, בתוך כל קטגוריה חולקו חוליות הטרכיאה לקבוצות גודל שונות. סך חוליות הטרכיאה שנותחו באמצעות התוכנה היה 98,849. 18,113 חוליות טרכיאה מהגזע, 59,756 חוליות טרכיאה מהזמורות ו 20,980 חוליות טרכיאה מהפטוטרות.

מדדים הידראוליים ושיטות המדידה: באמצעות שימוש בנוסחת Hagen-Poiseuille המותאמת לזרימת מים בצמחים. חושבו המוליכות ההידראולית הספציפית ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{MPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$) והמוליכות ההידראולית עבור טבעת שנתית ($\text{kg}\cdot\text{m}\cdot\text{MPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$). על פי הנוסחה, המוליכות ההידראולית פרופורציונית לקוטר הטרכיאה בחזקה רביעית:

$$K_h = (\pi^2 p / 128 \eta) \cdot \Sigma (d^4)$$

כאשר K_h = מוליכות הידראולית, π = פאי, p = צפיפות החומר, η = צמיגות החומר ו d = קוטר הטרכיאה (Tyree and Ewers 1991).



איור מס' 5. א- תצלום של חתך רוחב מהגזע, ניתן להבחין באזור השיפה מחוץ לקמביום ובשתי טבעות שנתיות (ימין). ב- תצלום של חתך רוחב מזמורה חד שנתית (מרכז). ג- תצלום של חתך רוחב של מפטוטרת (שמאל).

2.15 סטטיסטיקה

התוצאות נותחו באמצעות אנליזת ANOVA - Analysis of variance בתוכנת JMP (statistical software; SAS institute inc., Cary, NC). בניתוח הנתונים של הזנים שיראז וקברנה סובייניון נערך מבחן Student's t. בניתוח הנתונים של הזן מרלו נערך מבחן Tukey-Kramer למעט הניתוח הסטטיסטי בפרק האנטומיה בו נבחנו רק טיפול המודל והטיפול המשקי ולכן נעשה שימוש במבחן Student's t. אותיות שונות באנגלית מציינות מובהקות סטטיסטית כאשר $p < 0.05$.

3. תוצאות

3.1 שיראז

3.1.1 השפעת הטיפולים השונים על המצבים הפנולוגיים

בזן שיראז בשתי העונות לא היה הבדל בשלבים הפנולוגיים השונים של הגפנים בין הטיפולים וכן לא היה הבדל בזמני הבציר של שני הטיפולים. בעונת 2015 הבציר בשני הטיפולים היה מוקדם יותר בחמישה ימים לעומת הבציר בעונת 2014.

3.1.2 השקיה

נמדדו פערים בין הטיפולים השונים בכמות המים שניתנה לאורך העונה עד לבציר. הפער במנות המים בין טיפול המודל לטיפול המשקי בעונת 2014 הוא 39% (53 מ"מ לדונם) תוספת לטיפול המודל. בעונת 2015 תוספת המים שניתנה לטיפול המודל הייתה גדולה ב 44% (51 מ"מ לדונם) לעומת כמות המים שניתנה לטיפול המשקי. פיזור המים לאורך העונה היה שונה בין הטיפולים השונים. בטיפולי המודל למעלה מ 40% מכמות המים ניתנה עד סוף שלב 1, כאשר בטיפול המשקי הערכים בתקופה המקבילה נמוכים יותר ועומדים על כ 30% מסך ההשקיה עד לבציר (טבלה מס' 3).

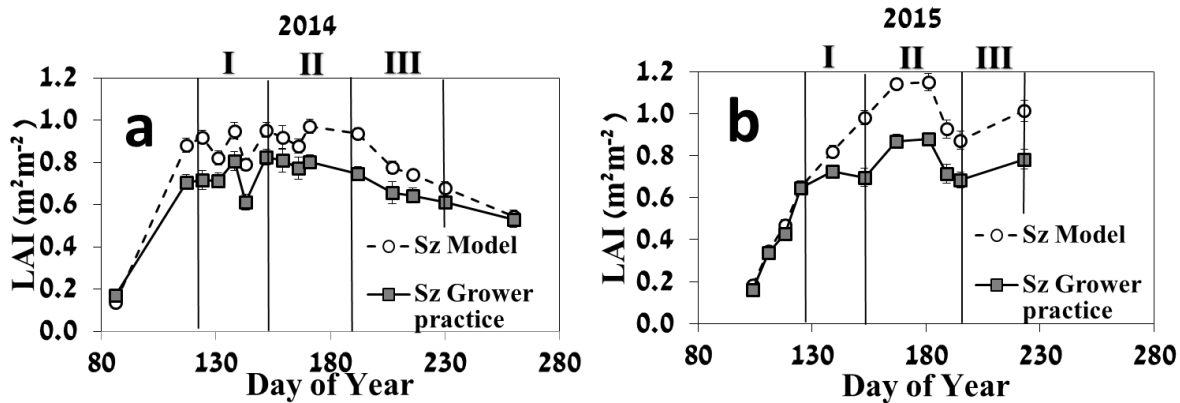
טבלה מס' 3. כמויות המים ופיזורם לאורך העונה כפי שניתנו לטיפולים השונים לאורך שנות הניסוי. שיראז, כרם מושב כרמל 2014-2015.

עונה	טיפול	כמות מים (מ"מ לדונם)	פיזור מים לאורך העונה (%)		
			סוף שלב 1	סוף שלב 2	סוף שלב 3
2014	שיראז מודל	188	44	36	20
	שיראז משקי	135	35	24	41
2015	שיראז מודל	167	50	33	17
	שיראז משקי	116	31	37	32

3.1.3 השפעת הטיפולים על אינדקס שטח עלווה (leaf area index -LAI)

בעונת 2014, במהלך שלב 1 יש עלייה בשטח העלווה בטיפול המודל עד למוצק של $1.0 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ ואילו הטיפול המשקי מגיע ל $0.8 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$. לאחר מכן, נמדדה ירידה קטנה שמקורה בשילוב חוטים. בהמשך נמדד המשך צימוח ואז שוב ירידה בשטח העלווה שמקורה בקיטום מכני. שלב 2 מאופיין בהתייצבות שטח העלווה סביב ממוצע של $1.0 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ בטיפול המודל ו $0.8 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ בטיפול המשקי. עם תחילתו של שלב 3 יש ירידה הדרגתית בשטח העלווה כך שערב הבציר ממוצע שטח העלווה בטיפול המודל עמד על $0.7 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ ובטיפול המשקי $0.6 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ (איור מס' 6a).

בעונת 2015 במהלך שלב 1 ניתן לראות את העלייה בשטח העלווה. בסוף שלב 1 ממוצע שטח העלווה בטיפול המודל היה $1.0 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$ ואילו בטיפול המשקי הממוצע היה $0.7 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$. במהלך שלב 2 בוצעו קיטומים וחילונים (הסרת עלים לטובת חשיפת האשכולות לשמש) כך שבסוף שלב 2 ממוצע שטח העלווה בטיפול המודל עמד על $0.9 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$ ובטיפול המשקי הממוצע היה $0.7 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$. במהלך שלב 3 נמדדה עלייה קלה בשטח העלווה וערב הבציר ממוצע שטח העלווה בטיפול המודל עמד על m^2m^{-2} 1.0 מול ממוצע של $0.8 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$ בטיפול המשקי. מאמצע שלב 1 ישנו הבדל עקבי בין הטיפולים כאשר העלווה בטיפול המודל שומרת על פער של ממוצע של $0.2 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$ (איור מס 6b).



איור מס' 6. מהלך עונתי של אינדקס שטח העלווה (m^2/m^2) בטיפולים השונים. כל נקודה מייצגת ממוצע של 15 גפנים (חמש חזרות לטיפול, שלוש גפנים לחזרה). קווי השגיאה האנכיים מייצגים את שגיאת התקן (S.E.) של ממוצע החזרות ($n=5$). שיראז, כרם מושב כרמל 2015-2014.

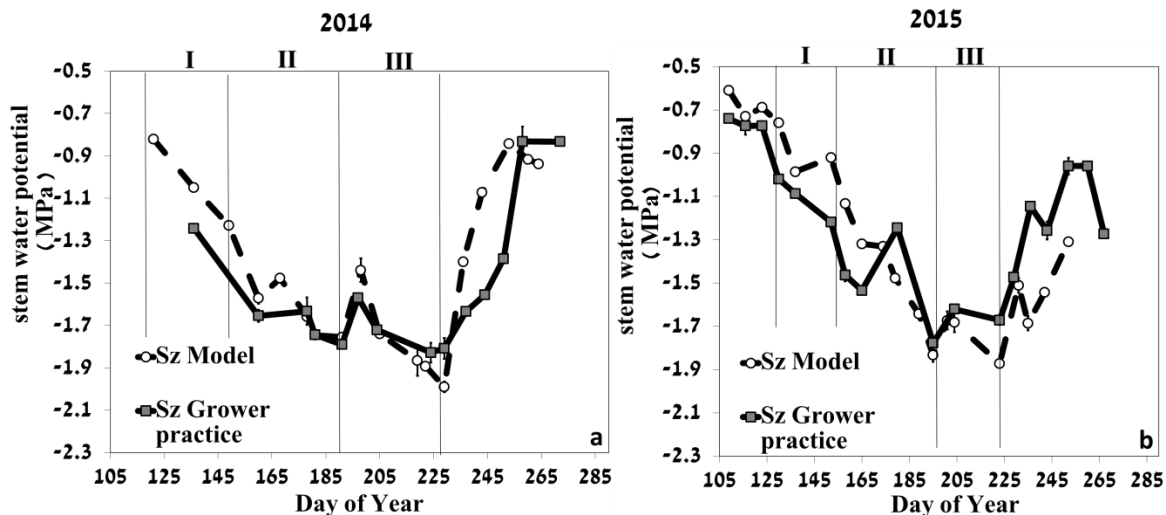
3.1.4 השפעת הטיפולים השונים על משקל הגזם

בעונת 2014 ממוצע משקל הגזם בטיפול המודל עמד על 1.01 ק"ג לגפן לעומת 0.80 ק"ג לגפן בטיפול המשקי. ההבדל בין הטיפולים היה מובהק. **בעונת 2015** ממוצע משקל הגזם בטיפול המודל היה 0.98 ק"ג לגפן לעומת 0.91 ק"ג לגפן בטיפול המשקי. בעונה זו ההבדל בין הטיפולים לא היה מובהק.

3.1.5 השפעת הטיפולים השונים על פוטנציאל המים בגזע בצהרי היום

בעונת 2014 בשלב 1 ערך פוטנציאל המים הממוצע של טיפול המודל היה -0.9 MPa לעומת הטיפול המשקי בו ממוצע פוטנציאל המים בשלב 1 היה -1 MPa (איור מס' 7a). לאורך שלב 2 נמשכה הירידה בערכי פוטנציאל המים בטיפולים השונים וחלה התקרבות בין הטיפולים כך שבסוף שלב 2 התקבלו ערכי פוטנציאל מים זהים בין טיפול המודל לטיפול המשקי, בשני הטיפולים התקבל ממוצע של -1.7 MPa . במהלך שלב 3 החל תהליך של שינוי מגמה עד שבסוף שלב 3 ממוצע פוטנציאל המים בטיפול המודל היה -2 MPa ואילו בטיפול המשקי ממוצע פוטנציאל המים היה -1.8 MPa . ערכי פוטנציאל המים שנמדדו בסוף שלב 3 אלו הערכים הנמוכים ביותר שנמדדו במהלך העונה.

בעונת 2015 ערך פוטנציאל המים הממוצע של טיפול המודל בשלב 1 היה -0.8 MPa, לעומת זאת הערך הממוצע של מדידות פוטנציאל המים בטיפול המשקי בשלב זה היה -0.95 MPa (איור מס' 7b). במהלך שלב 2 ערכי פוטנציאל המים בשני הטיפולים המשיכו לרדת ובאמצע שלב 2 התרחש היפוך מגמה וטיפול המודל נכנס לעקה חריפה יותר. בסוף שלב 2 ממוצע ערכי פוטנציאל המים בשני הטיפולים היה דומה, גם בטיפול המודל וגם בטיפול המשקי הערך הממוצע היה -1.8 MPa. עקת המים החריפה יותר בטיפול המודל נמשכה עד לבציר בסוף שלב 3 כאשר בערב הבציר בטיפול המודל ממוצע פוטנציאל המים היה -1.9 MPa ואילו בטיפול המשקי הערך הממוצע היה -1.7 MPa.

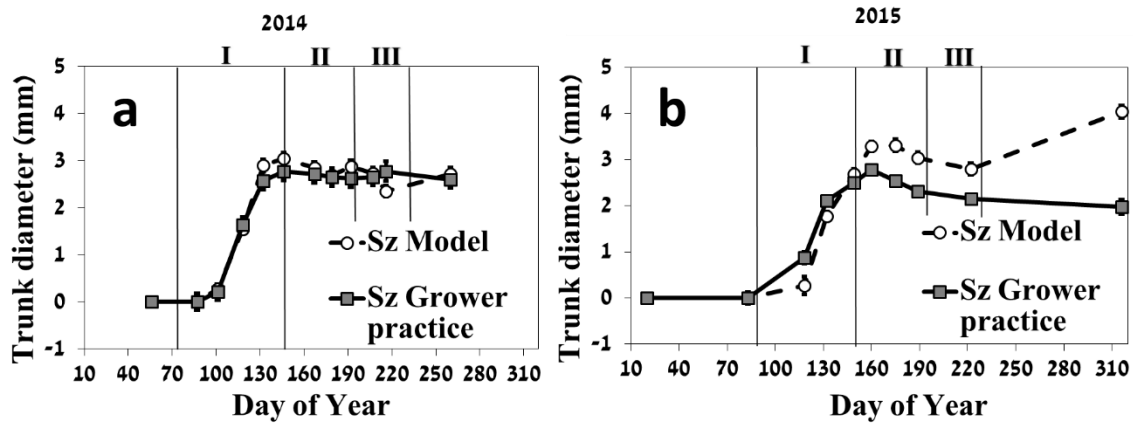


איור מס' 7. מהלך עונתי של פוטנציאל המים בגזע בצהרי היום. כל נקודה מייצגת ממוצע של 15 גפנים לטיפול (חמש חזרות לטיפול, שלוש גפנים לחזרה). קווי השגיאה האנכיים מייצגים את שגיאת התקן (S.E.) של ממוצע החזרות ($n=5$). שיראז, כרם מושב כרמל 2015-2014.

3.1.6 התפתחותו של קוטר הגזע בטיפולים השונים לאורך העונה

בעונת 2014 התפתחות קוטר הגזע בשני הטיפולים הייתה דומה (איור מס' 8a). במהלך שלב 1 הייתה עלייה בממוצע גדילתם של הגזעים בשני הטיפולים. בתחילתו של שלב 2 יש עלייה קלה ולאחר מכן התייצבות בממוצע גדילתם של הגזעים בשני הטיפולים. לקראת סוף שלב 3, בסמיכות לבציר, יש ירידה בממוצע קוטרם של הגזעים בטיפול המודל, אולם לאחר מכן חלה עלייה מחודשת. לסיכום, במהלך עונת 2014 קוטרם הממוצע של הגזעים בטיפול המודל עלה ב 2.72 מ"מ וקוטרם הממוצע של הגזעים בטיפול המשקי עלה ב 2.61 מ"מ.

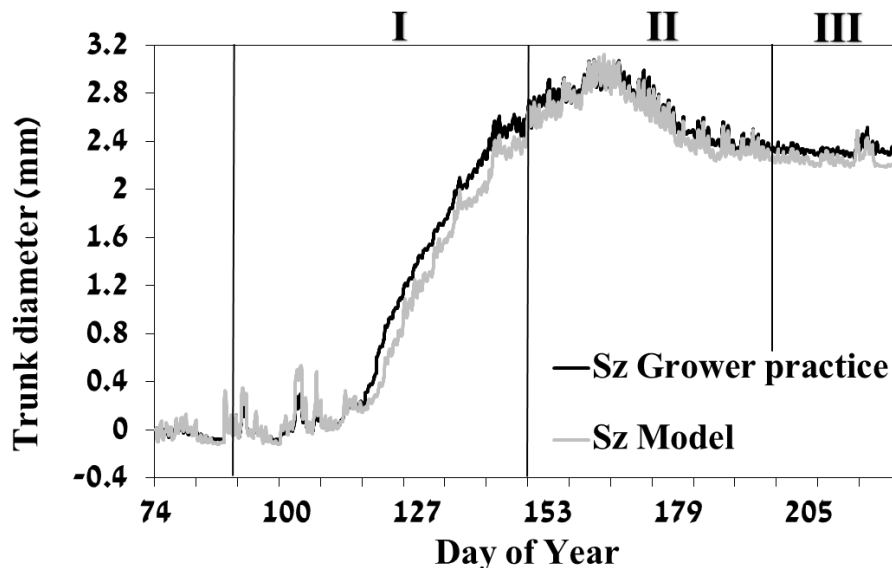
בעונת 2015 במהלך שלב 1 יש עלייה בקוטרם הממוצע של הגזעים בשני הטיפולים (איור מס' 8b). העלייה נמשכת גם בשלב 2, בטיפול המודל העלייה גדולה יותר ביחס לעלייה בממוצע גדילת הגזעים בטיפול המשקי. במהלך שלב 3 יש ירידה בשני הטיפולים, אולם לאחר הבציר יש זינוק משמעותי בממוצע גדילתם של הגזעים בטיפול המודל. לסיכום, במהלך עונת 2015 קוטרם הממוצע של הגזעים בטיפול המודל עלה ב 4 מ"מ וממוצע קוטרם של הגזעים בטיפול המשקי עלה ב 1.9 מ"מ.



איור מס' 8. מעקב עונתי אחרי התפתחות קוטר הגזע בטיפולים השונים. כל נקודה מייצגת ממוצע של 45 גפנים לטיפול (חמש חזרות לטיפול, תשעה גפנים לחזרה). קווי השגיאה האנכיים מייצגים את שגיאת התקן (S.E.) של ממוצע החזרות (n=5). שיראז, כרם מושב כרמל 2015-2014.

3.1.7 דנדרומטרים

בעונת 2015 הותקנו דנדרומטרים בחלקת השיראז. מתוצאות הדנדרומטרים עולה **שתבנית הגדילה** זהה לתבנית הגדילה שנמדדה ע"י קליבר ידני, יש עלייה בקוטר הגזע בתחילת העונה עד הגעה לשיא ולאחר מכן יש ירידה מסויימת בקוטרם של הגזעים ולאחר מכן התייצבות (איור מס' 9). **התוצאות שהתקבלו** מהדנדרומטרים שונות מהתוצאות שהתקבלו במדידה הידנית בעונת 2015, בעוד שבמדידות הידניות קוטרם של הגזעים בטיפול המודל גבוה משמעותית לעומת ממוצע הגדילה בטיפול המשקי, בדנדרומטרים נראה שאין הבדל משמעותי בין הטיפולים. שיא ממוצע הגדילה של הגזעים בטיפול המודל הוא 3.08 מ"מ בעוד ששיא ממוצע הגדילה של הגזעים בטיפול המשקי הוא 3 מ"מ.



איור מס' 9. כל קו משמש ממוצע לארבעה דנדרומטרים שהיו על גזעים שונים (שני דנדרומטרים לחזרה, ארבעה דנדרומטרים לטיפול). שיראז, כרם מושב כרמל 2015.

בעונת 2014 ביום פיזיולוגיה הראשון בסוף שלב 1 כל המדדים שנלקחו הצביעו על כך שטיפול המודל נמצא במצב פיזיולוגי טוב יותר לעומת הטיפול המשקי. ניתן להבחין שהמגמה בשני הטיפולים זהה (איור מס' 10). מוליכות הפיוניות וקצב קיבוע הפחמן מתבצעים בעיקר בשעות הבוקר בזמן שפוטנציאל המים של הגפנים נמצא במצב משופר ולאחר מכן לאורך היום ישנה ירידה הדרגתית במדדים השונים עד לשעות הצהריים. לקראת סוף היום חל שיפור מסויים במדדים השונים, אולם הם לא חוזרים לערכים שנמדדו בשעות הבוקר. תבנית זו, של מדדים משופרים בשעות הבוקר, ירידה במדדים עד שעות הצהריים ושיפור קל לקראת הערב, חוזרת על עצמה בימי הפיזיולוגיה שנעשו לאורך העונה בסוף כל שלב פנולוגי. יש לשים לב שבמהלך שלב 1 טיפול המודל נמצא משופר יותר לעומת הטיפול המשקי בכל המדדים (כמעט תמיד עם הבדל מובהק) בסוף שלב 2 יש התקרבות בין שני הטיפולים שנמדדו ולמעשה אין הבדל בין טיפול המודל לטיפול המשקי. במדידה שהתבצעה בסוף שלב 3 טיפול המודל מועק יותר ביחס לטיפול המשקי. בסוף שלב 3, במדידות פוטנציאל המים, התקבלו הבדלים מובהקים לאורך היום, אולם במוליכות הפיוניות ובקיבוע הפחמן התוצאות שהתקבלו לא היו מובהקות.

פוטנציאל מים

בסוף שלב 1 ממוצע המדידה הראשונה של תא הלחץ (מדידת בוקר) היה -0.8 MPa בטיפול המודל לעומת -0.9 MPa בטיפול המשקי. מכאן לאורך היום יש ירידה הדרגתית ועקבית בפוטנציאל המים עד למדידה שבוצעה בשעה 15:00 שם התוצאה הממוצעת בטיפול המודל הייתה -1.6 MPa ובטיפול המשקי -1.7 MPa (איור מס' 10a). המדידה האחרונה בוצעה לפנות ערב וניתן לראות שיפור קל בממוצע פוטנציאל המים הן בטיפול המודל, -1.1 MPa והן בטיפול המשקי, -1.3 MPa. **בסוף שלב 2** כמעט ואין הבדלים מובהקים בין טיפול המודל לטיפול המשקי. במדידה הראשונה טיפול המודל היה עם ממוצע של -1 MPa ובטיפול המשקי הממוצע היה -1.1 MPa. בשעה 13:00 ממוצע פוטנציאל המים בטיפול המודל היה -1.9 MPa ובטיפול המשקי -1.8 MPa (איור מס' 10b). במדידה האחרונה ישנה מגמת שיפור, בטיפול המודל ממוצע הערכים שנמדדו היה -1.7 MPa ובטיפול המשקי הממוצע היה -1.6 MPa. **בסוף שלב 3** מתרחש היפוך מגמה בין הטיפולים, בתחילת העונה הטיפול המשקי היה מצוי בעקת יובש חריפה יותר הרי שבסוף שלב 3, ערב הבציר, טיפול המודל היה בעקת יובש חריפה יותר במהלך כל זמני המדידות. כבר במדידה הראשונה טיפול המודל היה עם ממוצע של -1.2 MPa לעומת ממוצע פוטנציאל המים בגזע בטיפול המשקי שהיה -0.9 MPa (איור מס' 10c). במהלך היום הערכים ירדו ובשעות הצהריים המוקדמות בטיפול המודל הממוצע היה -2 MPa ובטיפול המשקי הממוצע היה -1.8 MPa. בשעות הצהריים המאוחרות יותר בטיפול המודל הממוצע נותר -2 MPa ובטיפול המשקי הממוצע אף הוא הגיע ל -2 MPa. בסוף שלב 3 במדידה לקראת ערב רואים שיפור בממוצע פוטנציאל המים בטיפול המשקי. בטיפול המשקי ממוצע פוטנציאל המים בגזע היה -1.8 MPa, אולם טיפול המודל נותר בעקת חריפה עם ממוצע של -2 MPa.

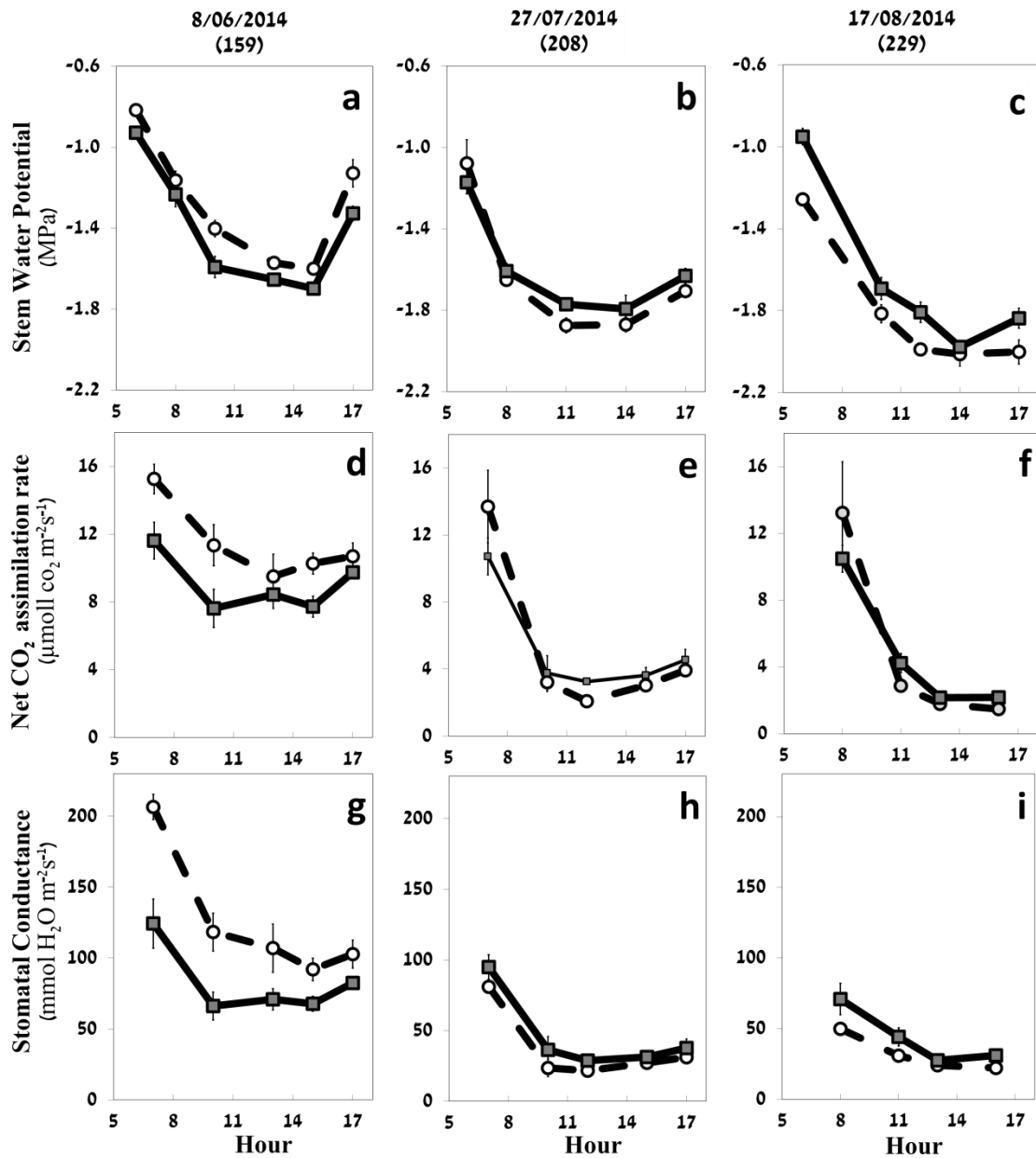
קצב קיבוע פחמן

בסוף שלב 1 בשעות הבוקר קצב קיבוע הפחמן גדול יותר משאר המדידות שבוצעו לאורך היום. במדידה שבוצעה בבוקר רואים שממוצע קצב קיבוע הפחמן בטיפול המודל הוא $15 \mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\text{s}$ ואילו בטיפול המשקי ממוצע קצב קיבוע הפחמן הוא $12 \mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\text{s}$ (איור מס' 10d). במדידות שנעשו לאורך היום שומר טיפול המודל על ממוצע קצב קיבוע פחמן גבוה יותר לעומת הטיפול המשקי, אולם ללא הבדלים מובהקים. במדידות בצהרי היום ממוצע הערכים שנמדדו בטיפול המודל נע בין $10-9 \mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\text{s}$ ובטיפול המשקי בין $8-9 \mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\text{s}$. בשני הטיפולים יש מגמת שיפור בקצב קיבוע הפחמן לקראת סוף היום, אולם טיפול המודל מתחיל את מגמת השיפור כבר בשעה 15:30 ואילו בטיפול המשקי מגמת השיפור נמדדה סביב השעה 17:00. **בסוף שלב 2** טיפול המודל מתחיל עם קצב קיבוע פחמן גבוה יותר מהטיפול המשקי, אולם כבר במדידה השניה מבחינים בהיפוך מגמה כאשר בטיפול המשקי נמדדו ערכי קצב קיבוע פחמן גבוהים יותר (התוצאות ברובן אינן מובהקות). במדידה הראשונה הממוצע בטיפול המודל היה $14 \mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\text{s}$ ובטיפול המשקי $11 \mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\text{s}$ (איור מס' 10e). במדידה השניה (שעות הבוקר המאוחרות) הערך הממוצע בטיפול המודל היה $3 \mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\text{s}$ לעומת $4 \mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\text{s}$ בטיפול המשקי. לקראת סוף היום ניתן להבחין במגמת שיפור ועלייה קלה בקצב קיבוע הפחמן בשני הטיפולים. בטיפול המודל הממוצע היה $4 \mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\text{s}$ ובטיפול המשקי $5 \mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\text{s}$. **בסוף שלב 3** טיפול המודל מתחיל עם קצב קיבוע פחמן גבוה יותר מהטיפול המשקי, אולם כבר במדידה השניה מבחינים בהיפוך מגמה ובטיפול המשקי נמדדו ערכי קיבוע פחמן גבוהים יותר (התוצאות אינן מובהקות). במדידה הראשונה הממוצע בטיפול המודל היה $13 \mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\text{s}$ ובטיפול המשקי $10 \mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\text{s}$. במדידה השניה יש ירידה בערכי קצב קיבוע הפחמן כאשר עד סוף היום טיפול המודל עם קצב קיבוע נמוך יותר לעומת קצב קיבוע הפחמן בטיפול המשקי (איור מס' 10f). בצהרי היום ממוצע קצב קיבוע הפחמן בטיפול המודל נע בין $2-3 \mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\text{s}$ ואילו בטיפול המשקי הממוצע נע בין $2-4 \mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\text{s}$. בשונה מימי הפיזיולוגיה הראשונים (סוף שלב 1 וסוף שלב 2) שם ניתן היה לראות את מגמת שיפור קצב קיבוע הפחמן במדידה האחרונה (לקראת ערב), במדידה הנוכחית, בסוף שלב 3, ערכי קצב קיבוע הפחמן הוסיפו לרדת גם במדידה האחרונה עד לערכים מאוד נמוכים. בטיפול המודל ממוצע קצב קיבוע הפחמן בסוף היום היה $1 \mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\text{s}$ ובטיפול המשקי ממוצע קצב קיבוע הפחמן היה $2 \mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\text{s}$.

מוליכות פיוניות

בסוף שלב 1 מוליכות הפיוניות בשעות הבוקר החלה עם ערכים גבוהים ביחס לשאר המדידות שבוצעו לאורך היום. במדידה הראשונה בטיפול המודל הממוצע היה $206 \text{mmol H}_2\text{O}/\text{m}^2\text{s}$ ואילו בטיפול המשקי הממוצע היה $124 \text{mmol H}_2\text{O}/\text{m}^2\text{s}$ (איור מס' 10g). במהלך היום ישנה ירידה במוליכות הפיוניות כאשר סביב השעה 15:30 הערך הממוצע של מוליכות הפיוניות בטיפול המודל הוא $100 \text{mmol H}_2\text{O}/\text{m}^2\text{s}$ לעומת $67 \text{mmol H}_2\text{O}/\text{m}^2\text{s}$ בטיפול המשקי. במדידה האחרונה יש מגמת שיפור קלה כאשר בטיפול המודל הממוצע היה $103 \text{mmol H}_2\text{O}/\text{m}^2\text{s}$ והטיפול המשקי עמד על

82 mmol H₂O/m²s. **בסוף שלב 2** מוליכות הפיוניות של טיפול המודל הייתה נמוכה לאורך כל שעות היום לעומת מוליכות הפיוניות בטיפול המשקי. התוצאות היו ללא מובהקות סטטיסטית. בשעות הבוקר בטיפול המודל ממוצע מוליכות הפיוניות היה 81 mmol H₂O/m²s ובטיפול המשקי 94 H₂O/m²s (איור מס' 10h). בשעות הצהריים ממוצע ערכי מוליכות הפיוניות בשני הטיפולים ירד, טיפול המודל נע בין 22-27 mmol H₂O/m²s והטיפול המשקי היה בין 21-39 mmol H₂O/m²s. במדידה האחרונה ניתן להבחין במגמת שיפור קלה במוליכות הפיוניות, בטיפול המודל הערך הממוצע היה 31 mmol H₂O/m²s ובטיפול המשקי 38 mmol H₂O/m²s. **בסוף שלב 3** נמשכת המגמה בה טיפול המודל מצוי עם מוליכות פיוניות נמוכה יותר לעומת הטיפול המשקי. בטיפול המודל בבוקר ממוצע מוליכות הפיוניות היה 50 mmol H₂O/m²s ובטיפול המשקי ממוצע מוליכות הפיוניות היה 71 mmol H₂O/m²s (איור מס' 10i). בשעות הצהריים ממוצע ערכי מוליכות הפיוניות בטיפול המודל נע בין 24-31 mmol H₂O/m²s ובטיפול המשקי בין 28-44 mmol H₂O/m²s. במדידה האחרונה (לפנות ערב) ממוצע מוליכות הפיוניות של טיפול המודל המשיך לרדת והגיע ל mmol H₂O/m²s 22, אבל בטיפול המשקי ניתן היה להבחין במגמת שיפור קלה וממוצע מוליכות הפיוניות היה 31 mmol H₂O/m²s.



○ Sz Model

■ Sz Grower practice

איור מס' 10. מהלך יומי של פוטנציאל מים בגזע (a,b,c), קצב קיבוע פחמן (d,e,f), ומוליכות פיוניות (g,h,i) של 15 גפנים (חמש חזרות לטיפול, שלוש גפנים לחזרה). קווי השגיאה האנכיים מייצגים את שגיאת התקן (S.E.) של ממוצע החזרות (n=5). שיראז, כרם מושב כרמל 2014.

בעונת 2015 ביום פיזיולוגיה הראשון **בסוף שלב 1** כל המדדים שנלקחו הצביעו על כך שטיפול המודל נמצא במצב פיזיולוגי טוב יותר לעומת הטיפול המשקי (איור מס' 11). המגמות של שני הטיפולים במדידת תא הלחץ היו זהות. ניתן לראות שבתחילת היום יש פוטנציאל מים משופר. במהלך היום יש ירידה בערכי פוטנציאל המים ולקראת ערב יש שיפור. במדידה של מוליכות הפיוניות וקצב קיבוע הפחמן יש מגמה נפרדת לכל טיפול. טיפול המודל מתחיל בבוקר עם ערך מסויים ובמהלך היום יש עלייה במוליכות הפיוניות ובקצב קיבוע הפחמן ורק אחר כך בשעות הצהריים יש ירידה הדרגתית שנמשכת לאורך שאר היום, לעומת זאת הטיפול המשקי מתחיל בבוקר עם ערך מסויים ובמהלך היום יש ירידה הדרגתית בערכי מוליכות הפיוניות וקצב קיבוע הפחמן ורק בסוף היום ניתן להבחין בשיפור קל בערכים. **ביום פיזיולוגיה השני שנעשה בסוף שלב 2** המהלכים היומיים של שני הטיפולים היו זהים. ניתן להבחין שטיפול המודל הפך להיות מועק יותר (היפוך מגמה) והמדדים הפיזיולוגיים שלו נמוכים מעט ביחס לטיפול המשקי. **ביום פיזיולוגיה השלישי שנעשה בסוף שלב 3** ניתן לראות את התרחבות הפער בין טיפול המודל לטיפול המשקי. המהלכים היומיים של שני הטיפולים דומים, אולם טיפול המודל הופך להיות מועק יותר, ערכי פוטנציאל המים נמוכים יותר קצב קיבוע הפחמן ומוליכות הפיוניות נמוכים יותר.

פוטנציאל מים

בסוף שלב 1 במדידה הראשונה של תא הלחץ (מדידת בוקר) ממוצע התוצאות בטיפול המודל היה -0.5 MPa לעומת -0.7 MPa בטיפול המשקי. לאורך היום יש ירידה הדרגתית ועקבית בפוטנציאל המים עד למדידה שבוצעה בשעה 14:00. ממוצע פוטנציאל המים בגזע בשעה 14:00 בטיפול המודל היה 9 MPa ובטיפול המשקי 1.2 MPa (איור מס' 11a). המדידה האחרונה בוצעה לפנות ערב וניתן לראות שיפור קל בממוצע פוטנציאל המים הן בטיפול המודל, -0.7 MPa והן בטיפול המשקי, 1.1 MPa . **בסוף שלב 2** ניתן להבחין בהיפוך מגמה. אם בתחילת העונה הטיפול המשקי היה מצוי בעקת יובש חריפה יותר הרי שבסוף שלב 2, טיפול המודל היה בעקת יובש חריפה יותר במהלך כל זמני המדידות (איור מס' 11b). אמנם, אין הבדלים מובהקים בין טיפול המודל לטיפול המשקי לאורך כל היום, אבל תחילתו של תהליך היפוך המגמה בולט. במדידה הראשונה בשעות הבוקר המוקדמות ממוצע טיפול המודל היה עם 0.9 MPa והממוצע בטיפול המשקי היה 1.0 MPa . במהלך היום יש ירידה בפוטנציאל המים. בשעה 14:00 ממוצע פוטנציאל המים בטיפול המודל ובטיפול המשקי היה 1.8 MPa . במדידה האחרונה ניתן להבחין במגמת שיפור בטיפול המודל ובטיפול המשקי, ממוצע הערכים שנמדד בשני הטיפולים היה 1.6 MPa . **בסוף שלב 3** במדידה הראשונה בשעות הבוקר המוקדמות טיפול המודל והטיפול המשקי היו עם ממוצע של 0.8 MPa (איור מס' 11c). במהלך היום הערכים ירדו בשני הטיפולים. בשעות הצהריים המוקדמות בטיפול המודל הממוצע היה 1.8 ובטיפול המשקי הממוצע היה 1.6 . בשעות הצהריים המאוחרות יותר בטיפול המודל הממוצע היה 1.9 MPa ובטיפול המשקי הממוצע היה 1.7 MPa . בסוף שלב 3 במדידה לקראת ערב רואים

שיפור בפרוטנציאל המים בשני הטיפולים, טיפול המודל היה עם ממוצע של 1.6 MPa - והטיפול המשקי היה עם ממוצע של 1.4 MPa - .

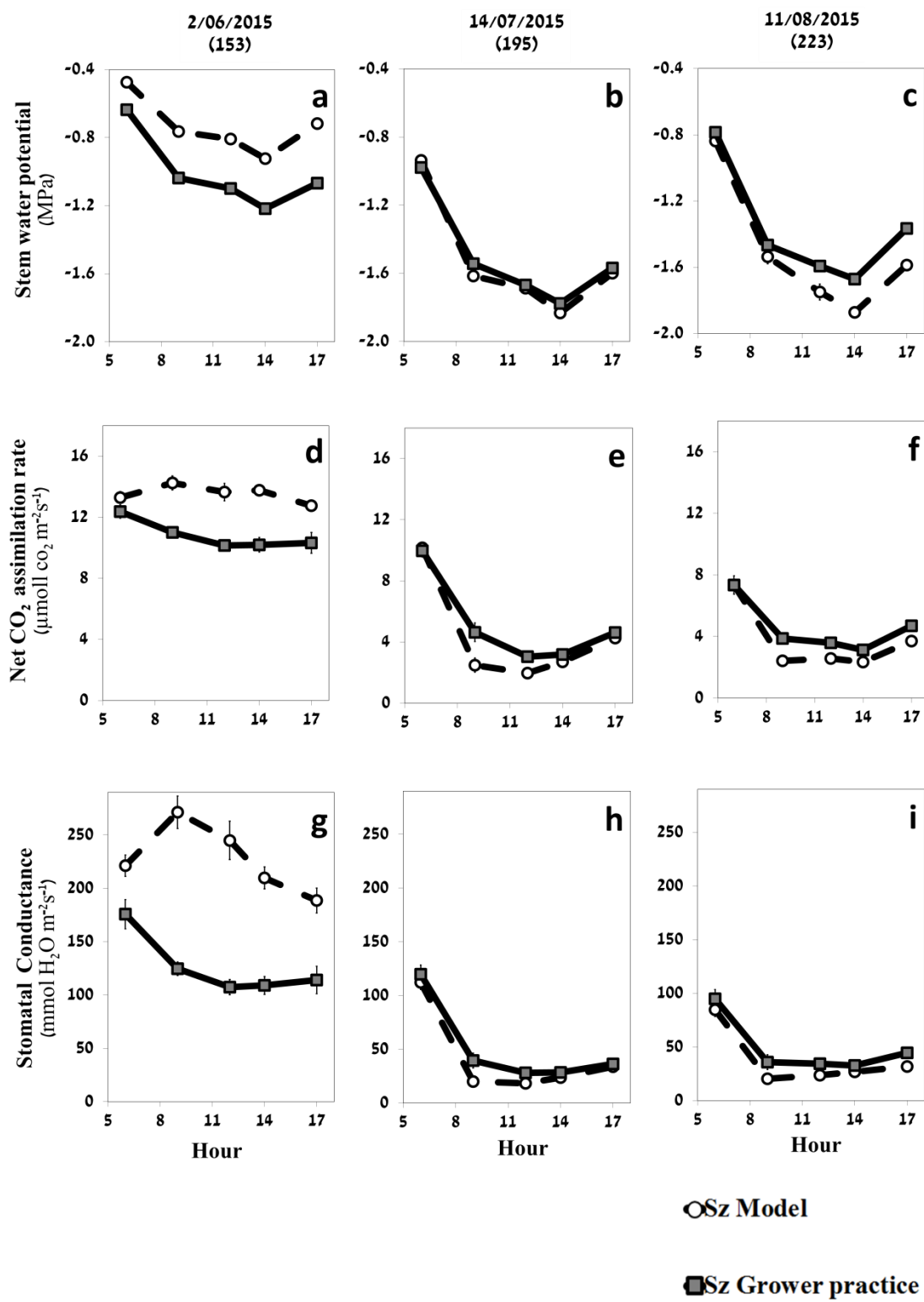
קצב קיבוע פחמן

בסוף שלב 1 בשעות הבוקר קצב קיבוע הפחמן גדול יותר משאר המדידות שבוצעו לאורך היום. במדידה שבוצעה בבוקר ממוצע קצב קיבוע הפחמן בטיפול המודל היה $13 \mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\text{s}$ ואילו בטיפול המשקי ממוצע קצב קיבוע הפחמן היה $12 \mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\text{s}$ (איור מס' 11d). במדידות שנעשו לאורך היום קצב קיבוע הפחמן בטיפול המודל הולך ומשתפר עד להגעה לממוצע קצב קיבוע של $14 \mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\text{s}$ במקביל, בטיפול המשקי קצב קיבוע הפחמן הולך ויורד עד $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\text{s}$ 10. במדידה האחרונה לפנות ערב ממוצע קצב הקיבוע בטיפול המודל יורד ומגיע ל- $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\text{s}$ 13, בטיפול המשקי ממוצע קצב הקיבוע נותר יציב $10 \mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\text{s}$. **בסוף שלב 2** טיפול המודל מתחיל עם קצב קיבוע פחמן זהה לטיפול המשקי, אולם כבר במדידה השניה מבחינים שטיפול המודל מפגר אחרי הטיפול המשקי (איור מס' 11e). במדידה הראשונה הממוצע בטיפול המודל ובטיפול המשקי היה $10 \mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\text{s}$. במדידה השניה (שעות הבוקר המאוחרות) בטיפול המודל ממוצע קצב קיבוע הפחמן היה $2 \mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\text{s}$ לעומת $5 \mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\text{s}$ בטיפול המשקי. לקראת סוף היום ניתן להבחין במגמת שיפור ועלייה קלה בקצב קיבוע הפחמן בשני הטיפולים. בטיפול המודל הממוצע היה $4 \mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\text{s}$ ובטיפול המשקי $5 \mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\text{s}$. **בסוף שלב 3** טיפול המודל מתחיל עם קצב קיבוע פחמן זהה לטיפול המשקי. במדידה הראשונה הממוצע בטיפול המודל ובטיפול המשקי היה $7 \mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\text{s}$ (איור מס' 11f). במדידה השניה יש ירידה בערכי קצב קיבוע הפחמן כאשר עד סוף היום טיפול המודל ישאר עם קצב קיבוע פחמן נמוך יותר לעומת קצב קיבוע הפחמן בטיפול המשקי. בצהרי היום ממוצע קצב קיבוע הפחמן בטיפול המודל נע בין $2-3 \mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\text{s}$ ואילו בטיפול המשקי הממוצע נע בין $3-4 \mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\text{s}$. לקראת סוף היום ניתן היה להבחין בשיפור קל בקצב קיבוע הפחמן בשני הטיפולים. בטיפול המודל ממוצע קצב הקיבוע בסוף היום היה $4 \mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\text{s}$ ובטיפול המשקי ממוצע קצב הקיבוע היה $5 \mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\text{s}$.

מוליכות פיוניות

בסוף שלב 1, במדידה הראשונה של מוליכות הפיוניות בטיפול המודל הממוצע היה $\text{mmol H}_2\text{O}/\text{m}^2\text{s}$ 221 ואילו בטיפול המשקי הממוצע היה $176 \text{mmol H}_2\text{O}/\text{m}^2\text{s}$ (איור מס' 11g). בשעות הבוקר המאוחרות יש עלייה בממוצע במוליכות הפיוניות בטיפול המודל כך שמוליכות הפיוניות מגיעה ל- $271 \text{mmol H}_2\text{O}/\text{m}^2\text{s}$ במקביל, באותו הזמן יש ירידה בממוצע מוליכות הפיוניות בטיפול המשקי וממוצע הולכת הפיוניות מגיע ל- $125 \text{mmol H}_2\text{O}/\text{m}^2\text{s}$. בשעות הצהריים יש ירידה במוליכות הפיוניות גם בטיפול המודל כאשר סביב השעה 14:00 הערך הממוצע של מוליכות הפיונית הוא $\text{mmol H}_2\text{O}/\text{m}^2\text{s}$ 210 לעומת $110 \text{mmol H}_2\text{O}/\text{m}^2\text{s}$ בטיפול המשקי. במדידה האחרונה ניתן להבחין במגמת

שיפור קלה במוליכות הפיוניות בטיפול המשקי, אולם בטיפול המודל מוליכות הפיוניות ממשיכה לרדת. ממוצע מוליכות הפיוניות בטיפול המודל בסוף היום הוא $189 \text{ mmol H}_2\text{O/m}^2\text{s}$ ובטיפול המשקי ממוצע מוליכות הפיוניות הוא $114 \text{ mmol H}_2\text{O/m}^2\text{s}$. **בסוף שלב 2** מוליכות הפיוניות של טיפול המודל הייתה נמוכה לאורך כל שעות היום לעומת מוליכות הפיוניות בטיפול המשקי. התוצאות בחלקם היו מובהקות סטטיסטית. בשעות הבוקר בטיפול המודל ממוצע מוליכות הפיוניות היה $112 \text{ mmol H}_2\text{O/m}^2\text{s}$ ובטיפול המשקי $120 \text{ mmol H}_2\text{O/m}^2\text{s}$ (איור מס' 11h). בשעות הצהרים ערכי מוליכות הפיוניות בשני הטיפולים ירדו, ממוצע מוליכות הפיוניות בטיפול המודל נע בין $20\text{-}24 \text{ mmol H}_2\text{O/m}^2\text{s}$ ובטיפול המשקי הממוצע היה בין $28\text{-}40 \text{ mmol H}_2\text{O/m}^2\text{s}$. במדידה האחרונה ניתן להבחין במגמת שיפור קלה במוליכות הפיוניות. בטיפול המודל הערך הממוצע היה $34 \text{ mmol H}_2\text{O/m}^2\text{s}$ ובטיפול המשקי $36 \text{ mmol H}_2\text{O/m}^2\text{s}$. **בסוף שלב 3** נמשכת המגמה בה מוליכות הפיוניות בטיפול המודל נמוכה יותר לעומת הטיפול המשקי. לא כל ההבדלים מובהקים סטטיסטית. בטיפול המודל בבוקר ממוצע מוליכות הפיוניות היה $85 \text{ mmol H}_2\text{O/m}^2\text{s}$ ובטיפול המשקי ממוצע מוליכות הפיוניות היה $95 \text{ mmol H}_2\text{O/m}^2\text{s}$ (איור מס' 11i). בשעות הצהרים ממוצע ערכי מוליכות הפיוניות בטיפול המודל נע בין $20\text{-}27 \text{ mmol H}_2\text{O/m}^2\text{s}$ ובטיפול המשקי בין $33\text{-}36 \text{ mmol H}_2\text{O/m}^2\text{s}$. במדידה האחרונה (לפנות ערב) ממוצע מוליכות הפיוניות בטיפול המודל השתפר מעט והגיע ל $32 \text{ mmol H}_2\text{O/m}^2\text{s}$. גם בטיפול המשקי ניתן היה להבחין במגמת שיפור קלה וממוצע מוליכות הפיוניות היה $44 \text{ mmol H}_2\text{O/m}^2\text{s}$.

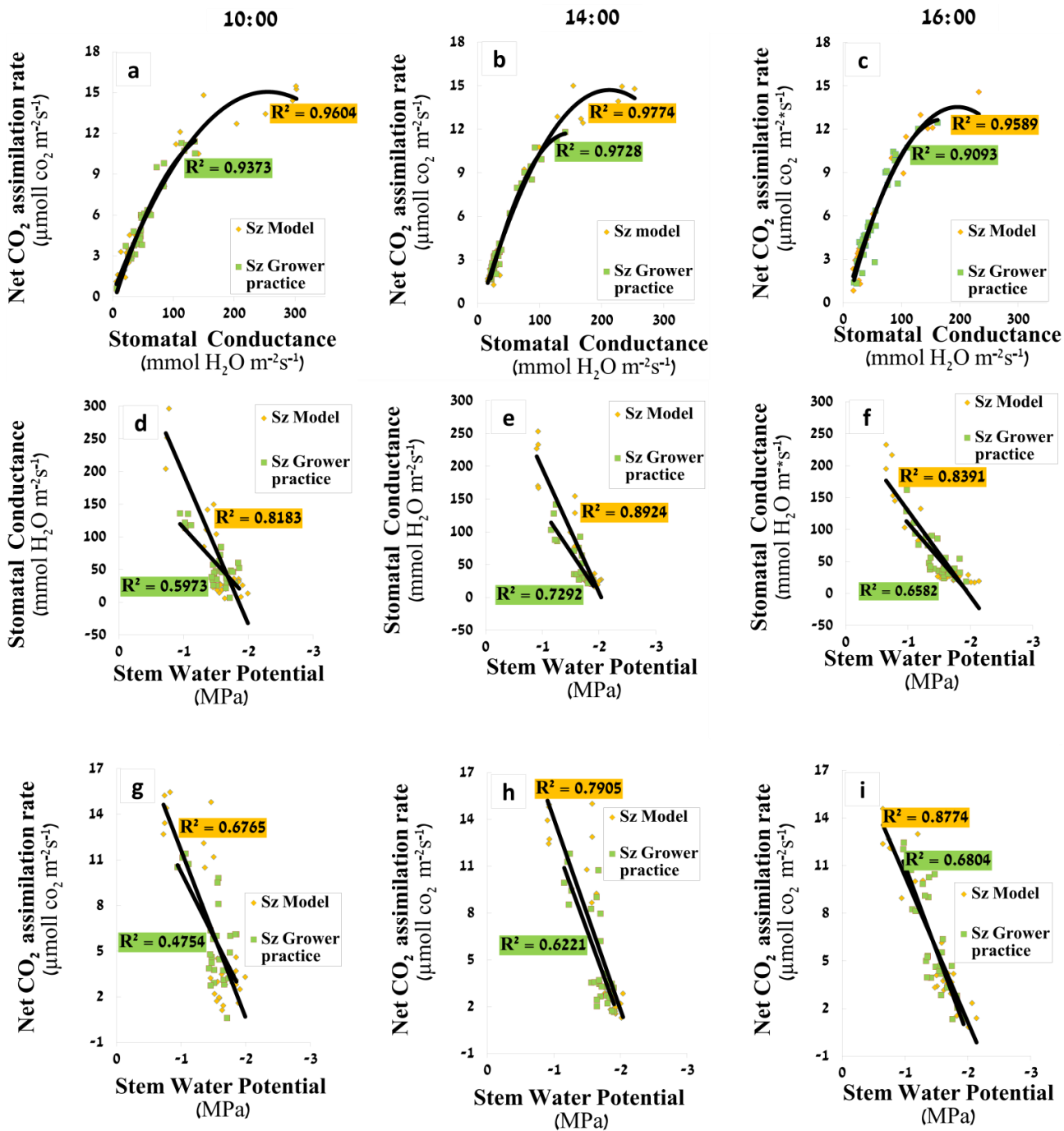


איור מס' 11. מהלך יומי של פוטנציאל מים בגזע (a,b,c), קצב קיבוע פחמן (d,e,f) ומוליכות פיוניות (g,h,i) אשר נמדדו בשלושה ימי מדידה מלאים בתום כל שלב פנולוגי של התפתחות הגרגר. כל נקודה מייצגת ממוצע של 15 גפנים (חמש חזרות לטיפול, שלוש גפנים לחזרה) קווי השגיאה האנכיים מייצגים את שגיאת התקן (S.E.) של ממוצע החזרות (n=5). שיראז, כרם מושב כרמל 2015.

3.1.10 קורלציות

בכדי לבחון את הקשרים בין המדדים הפיזיולוגיים העיקרים (בזן שיראז) נבחנו המתאמים בין ממוצע קצב קיבוע הפחמן לבין ממוצע מוליכות הפיוניות. מהתוצאות עולה (איור מס' 12a) כי בשעות הבוקר המאוחרות (10:00) נמצא קשר פולינומי (מעלה שניה) חזק מאוד בשני הטיפולים ($R^2 = 0.96$ בטיפול המודל, $R^2 = 0.93$ בטיפול המשקי). בצהרי היום (14:00) המתאם בין ממוצע קצב קיבוע הפחמן לבין ממוצע מוליכות הפיוניות (איור מס' 12b) ממשיך להיות חזק בשני הטיפולים ($R^2 = 0.97$ בטיפול המודל ו $R^2 = 0.97$ בטיפול המשקי). במדידות אחר הצהריים (16:00) נראה כי המתאם בשני הטיפולים יורד מעט (איור מס' 12c), אולם עדיין הקשר ממשיך להיות חזק בשני הטיפולים ($R^2 = 0.95$ בטיפול המודל לעומת $R^2 = 0.90$ בטיפול המשקי) במתאם שנערך בין ממוצע פוטנציאל המים בגזע לבין ממוצע מוליכות הפיוניות (איור מס' 12d) בשעות הבוקר המאוחרות (10:00), נמצא קשר לינארי חזק בטיפול המודל וקשר בינוני בטיפול המשקי ($R^2 = 0.81$ בטיפול המודל לעומת $R^2 = 0.59$ בטיפול המשקי). בצהרי היום (14:00) המתאם בין ממוצע קצב קיבוע הפחמן לבין ממוצע מוליכות הפיוניות השתפר (איור מס' 12e) בשני הטיפולים ($R^2 = 0.89$ בטיפול המודל, $R^2 = 0.72$ בטיפול המשקי). אחרי הצהריים (16:00) המתאם בשני הטיפולים (איור מס' 12f) יורד מעט ($R^2 = 0.83$ בטיפול המודל לעומת $R^2 = 0.65$ בטיפול המשקי).

במתאם שנערך בין ממוצע פוטנציאל המים בגזע לבין ממוצע קצב קיבוע הפחמן (איור מס' 12g) בשעות הבוקר המאוחרות (10:00), נמצא קשר לינארי חזק-בינוני בטיפול המודל וקשר חלש בטיפול המשקי ($R^2 = 0.67$ בטיפול המודל לעומת $R^2 = 0.47$ בטיפול המשקי). בצהרי היום (14:00), המתאם בין ממוצע פוטנציאל המים בגזע לממוצע קצב קיבוע הפחמן השתפר (איור מס' 12h) בשני הטיפולים ($R^2 = 0.79$ בטיפול המודל לעומת $R^2 = 0.62$ בטיפול המשקי). אחרי הצהריים (16:00) המתאם בשני הטיפולים (איור מס' 12i) עולה מעט ($R^2 = 0.87$ בטיפול המודל לעומת $R^2 = 0.68$ בטיפול המשקי).

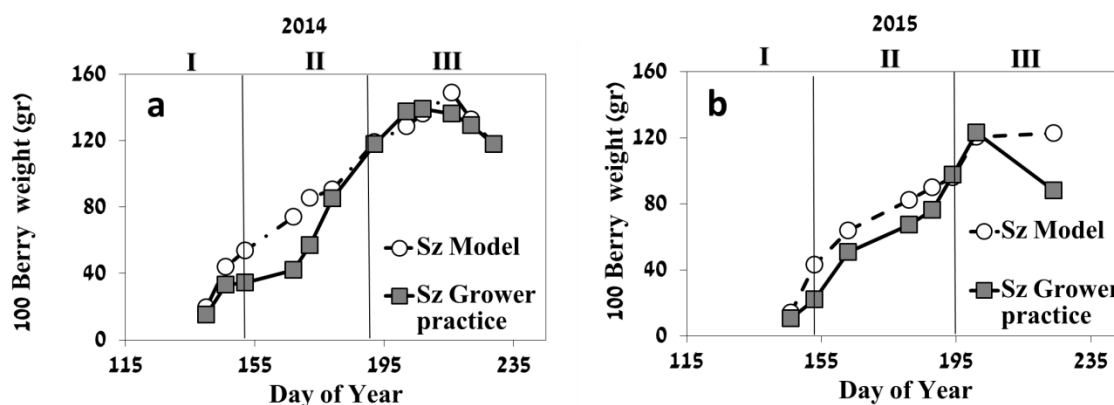


איור מס' 12. מתאמים בין קצב קיבוע הפחמן ומוליכות הפיוניות בשעות הבוקר המאוחרות (a), בצהרי היום (b) ואחרי הצהרים (c). מתאם בין פוטנציאל המים בגזע ומוליכות הפיוניות בשעות הבוקר המאוחרות (d), בצהרי היום (e) ואחרי הצהרים (f). מתאם בין פוטנציאל המים בגזע לבין קצב קיבוע הפחמן בשעות הבוקר המאוחרות (g), בצהרי היום (h) ואחרי הצהרים (i). כל נקודה היא ממוצע של 3 עלים, 60 נקודות בכל גרף, 30 נקודות לכל טיפול. שיראז, כרם מושב כרמל 2014-2015.

3.1.11 השפעת הטיפולים השונים על התפתחותו של משקל הגרגר לאורך העונה

בעונת 2014 ישנו הבדל גדול בהתפתחות הגרגר לאורך העונה בין הטיפולים השונים. בעוד הגרגרים בטיפול המשקי התפתחו בתבנית התפתחות בעלת סיגמואיד כפול, הגרגרים בטיפול המודל התפתחו בצורה לינארית. בטיפול המודל ישנה עלייה עקבית בצבירת המשקל לאורך כל העונה עד לאמצע שלב 3 ומשם יש ירידה במשקל הגרגרים עד לבציר (איור מס' 13a). בטיפול המשקי בשלב 1 יש עלייה במשקל הגרגרים לאחר מכן ישנה עצירה ומאמצע שלב 2 יש המשך עלייה במשקל הגרגרים עד אמצע שלב 3. מאמצע שלב 3 ישנה ירידה במשקל הגרגרים עד הבציר. בסוף שלב 1 משקלם של מאה גרגרים בטיפול המודל הוא 54 גר' ובטיפול המשקי הוא 34 גר'. בסוף שלב 2 משקלם של מאה גרגרים בשני הטיפולים הוא 117 גר'. הגרגרים מגיעים לשיא משקלם באמצע שלב 3, משקל מאה גרגרים בטיפול המודל מגיע ל 149 גר' ובטיפול המשקי ל 139 גר'. ביום הבציר משקל מאה גרגרים בשני הטיפולים הוא 116 גר'.

בעונת 2015 התפתחות הגרגר שונה מהתפתחות הגרגר בעונת 2014. בעונת 2015 בשני הטיפולים התפתחות הגרגר הייתה סיגמואידית (איור מס' 13b). כמעט לאורך כל העונה משקל מאה גרגרים בטיפול המודל גבוה יותר ממשקל מאה גרגרים בטיפול המשקי. בסוף שלב 1 משקלם של מאה גרגרים בטיפול המודל הינו 64 גר' ובטיפול המשקי 51 גר'. במהלך שלב 2 ישנה התמתנות בצבירת המשקל של הגרגרים בשני הטיפולים ובסוף שלב 2 משקל מאה גרגרים בשני הטיפולים הוא 97 גר'. הגרגרים בשני הטיפולים מגיעים לשיא משקלם באמצע שלב 3, משקל מאה גרגרים בשני הטיפולים הוא 123 גר'. לקראת הבציר יש ירידה במשקל מאה גרגרים בטיפול המשקי עד הגעה למשקל של 88 גר' ואילו טיפול המודל נשאר עם משקל של 123 גר' למאה גרגרים.



איור מס' 13: מהלכים עונתיים של משקל הגרגר בטיפולים השונים. כל נקודה מייצגת את משקלם של מאה גרגרים שנדגמו באופן אקראי מכל טיפול. שיראז, כרם מושב כרמל 2014-2015.

3.1.12 מדדי יבול (בציר ידני)

בעונת 2014 בון שיראז בטיפול המודל היו 930 ק"ג ענבים לדונם לעומת 780 ק"ג לדונם בטיפול המשקי (טבלה מס' 4) ולמעשה יש 19% תוספת במשקל הפרי בטיפול המודל לעומת הטיפול המשקי, אולם התוצאה אינה מובהקת. מספר האשכולות הממוצע לגפן בטיפול המודל היה גבוה יותר

ממספר האשכולות הממוצע לגפן בטיפול המשקי (טבלה מס' 4). מבדיקת משקלם הממוצע של 100 גרגרים בטיפולים השונים לא התקבל הבדל בין הטיפולים השונים (טבלה מס' 4). משקלם הממוצע של האשכולות בשני הטיפולים היה דומה (טבלה מס' 4).

בעונת 2015 בזן שיראז בטיפול המודל היו 850 ק"ג לדונם וטיפול המשקי 700 ק"ג לדונם (טבלה מס' 4). בטיפול המודל יש תוספת של 21% במשקל הפרי לעומת הטיפול המשקי, אולם התוצאה שהתקבלה לא מובהקת מבחינה סטטיסטית. מספר האשכולות הממוצע לגפן בטיפול המודל היה גבוה מעט ממספר האשכולות הממוצע לגפן בטיפול המשקי (טבלה מס' 4). משקלם הממוצע של 100 גרגרים בטיפול המודל היה גבוה בכ 40 גר' לעומת ממוצע משקלם של 100 גרגרים בטיפול המשקי, ההבדל שהתקבל מובהק סטטיסטית (טבלה מס' 4). משקל אשכול ממוצע בטיפול המודל היה גבוה מעט יותר ממשקלו הממוצע של אשכול בטיפול המשקי (טבלה מס' 4).

טבלה מס' 4. היבול ומרכיביו. המידע בטבלה מייצג מדידות שנערכו עבור 45 גפנים לטיפול, 90 גפנים בטה"כ (חמש חזרות לטיפול, תשעה גפנים לחזרה). אותיות שונות באנגלית משמעותן היא כי הטיפולים נבדלים זה מזה באופן מובהק על פי מבחן Student's ברמת מובהקות של $p < 0.05$. שיראז, כרם מושב כרמל-2015-2014.

עונה	טיפול	יבול (ק"ג/דונם)	מספר אשכולות לגפן	משקל 100 גרגרים (גר')	משקל אשכול (גר')
2014	שיראז מודל	930	40	116.1	108.8
	שיראז משקי	780	32	116.5	110.4
	<i>p</i> -Value	N.S	N.S	N.S	N.S
2015	שיראז מודל	850	34	122.7 A	117.1
	שיראז משקי	700	31	87.9 B	103.4
	<i>p</i> -Value	N.S	N.S	<0.0037	N.S

3.1.13 איכות תירוש (בציר ידני)

בעונת 2014 התקבל הבדל מובהק סטטיסטית ברמת הסוכר בגרגר בזמן הבציר וברמת ה TA (טבלה מס' 5). רמת ה pH הייתה זהה בשני הטיפולים (טבלה מס' 5). לא התבצעה בדיקת צבע בתירוש בחלקת השיראז בעונת 2014.

בעונת 2015 התקבל הבדל מובהק סטטיסטית ברמת ה pH וברמת ה TA (טבלה מס' 5). רמת סוכר בגרגר בזמן הבציר בשני הטיפולים הייתה דומה (טבלה מס' 5). רמת הצבע בתירוש בטיפול המודל הייתה גבוהה יותר, אולם ההבדל אינו מובהק סטטיסטית (טבלה מס' 5).

טבלה מס' 5. מדדי הבשלה . המידע בטבלה מייצג מדידות שנערכו עבור 45 גפנים לטיפול, 90 גפנים בסה"כ (חמש חזרות לטיפול, תשעה גפנים לחזרה). אותיות שונות באנגלית משמעותן היא כי הטיפולים נבדלים זה מזה באופן מובהק על פי מבחן Student's t ברמת מובהקות של $p < 0.05$. שיראז, כרם מושב כרמל, 2015-2014.

עונה	טיפול	TSS (°Brix)	pH	TA(g/l)	צבע בתירוש (518 nm)
2014	שיראז מודל	26.1 B	3.73	4.7 A	-
	שיראז משקי	26.7 A	3.73	3.8 B	-
	<i>p</i> -Value	<0.02	N.S	<0.04	-
2015	שיראז מודל	23.3	3.73 B	4.2 A	11.8
	שיראז משקי	23.7	3.85 A	3.4 B	11.3
	<i>p</i> -Value	N.S	<0.03	<0.0023	N.S

3.1.14 איכות יין (בציר ידני)

בעונת 2014 בבדיקות הצבע (420,520,620 nm) והפנולים (280 nm) יש נטייה לתוצאות גבוהות יותר בטיפול המשקי. אין הבדל מובהק סטטיסטי בין הטיפולים השונים (טבלה מס' 6). בטעימת היינות, היין מטיפול המודל קיבל ציון גבוה יותר בפער של למעלה מ 1.5 נק' לעומת היין מהטיפול המשקי, אולם התוצאה לא הייתה מובהקת (טבלה מס' 6).

בעונת 2015 בבדיקות הצבע (420,520,620 nm) והפנולים (280 nm) התקבלו תוצאות גבוהות יותר בטיפול המשקי. אין הבדל מובהק סטטיסטי בין הטיפולים השונים (טבלה מס' 6). בבדיקת הגוון (Color hue) טיפול המודל גבר על הטיפול המשקי באופן מובהק. בטעימת היינות, היין מהטיפול המשקי קיבל ציון גבוה יותר בפער של 1 נק' לעומת היין מטיפול המודל, אולם התוצאה לא הייתה מובהקת (טבלה מס' 6).

טבלה מס' 6. מדדי איכות ביין הצעיר בטיפולים השונים. היין הוכן לכל חזרה בנפרד ביקב המחקרי של מו"פ שומרון באריאל. אותיות שונות באנגלית משמעותן כי הטיפולים נבדלים זה מזה באופן מובהק על פי מבחן Student's t ברמת מובהקות של $p < 0.05$. שיראז, כרם מושב כרמל, 2015-2014.

Color hue (420nm/520nm)	פנולים (280 nm)	Color Intensity (420+520+620)	ציון יין כללי	טיפול	
0.65	56.3	10.6	86.7	שיראז מודל	2014
0.64	59.2	13.9	84.9	שיראז משקי	
N.S	N.S	N.S	N.S.	p-Value	
0.9 A	38.6	7.4	84.6	שיראז מודל	2015
0.77 B	51.6	9.1	85.6	שיראז משקי	
<0.0281	N.S	N.S	N.S	p-Value	

3.1.15 מדדי יבול ותירוש (בציר מכני)

בעונת 2014 בזן שיראז היבול בטיפול המודל שהתקבל בבציר המכאני היה 740 ק"ג לדונם ובטיפול המשקי 620 ק"ג לדונם (טבלה מס' 7), תוספת של 19% במשקל הפרי בטיפול המודל. רמת הסוכר וה pH בשני הטיפולים היו דומים (טבלה מס' 7). רמת ה TA בטיפול המודל הייתה גבוהה מעט יותר מרמת ה TA בטיפול המשקי (טבלה מס' 7).

בעונת 2015 בזן שיראז היבול בטיפול המודל שהתקבל בבציר המכאני היה 700 ק"ג לדונם ובטיפול המשקי 540 ק"ג לדונם (טבלה מס' 7), תוספת של 30% במשקל הפרי בטיפול המודל. רמת הסוכר ורמת ה pH בשני הטיפולים היו דומים (טבלה מס' 7). רמת ה TA בטיפול המודל הייתה גבוהה יותר מרמת ה TA בטיפול המשקי (טבלה מס' 7).

טבלה מס' 7. מדדי יבול והבשלה. המידע בטבלה נלקח מנתונים שנמדדו על ידי יקב יתיר. שיראז, כרם מושב כרמל, 2015-2014.

TA (g/l)	pH	TSS (°Brix)	יבול (ק"ג/דונם)	טיפול	שנה
5.2	3.9	26.1	740	שיראז מודל	2014
4.7	4.0	25.9	620	שיראז משקי	
6.3	3.9	24.3	700	שיראז מודל	2015
5.1	4.0	24.9	540	שיראז משקי	

3.1.16 השפעת הטיפולים על אנטומיה פונקציונאלית

גזע

ממוצע קוטרם של חוליות הטרכיאה הגדולות בגזע נע בין $195\text{--}203\ \mu\text{m}$ (טבלה מס' 8). בטיפול המודל למעלה מ-50% מהמוליכות ההידראולית מקורה בקבוצות הטרכיאות שקוטרם גבוה מ- $240\ \mu\text{m}$, בטיפול המשקי רק 35% מהמוליכות ההידראולית מתרכזת בקבוצות אלו (איור מס' 13a). קבוצות חוליות הטרכיאה בעלות הקוטר הקטן היו פחות מ-2% מסך המוליכות ההידראולית הכללית (איור מס' 13a). ישנו הבדל מובהק ברוחב הטבעת השנתית ובשטחה של הטבעת השנתית (טבלה מס' 8). הולכת המים התיאורטית בטיפול המודל הייתה כפולה מהולכת המים בטיפול המשקי (טבלה מס' 8).

טבלה מס' 8. מדדים אנטומיים בטיפולי ההשקיה השונים. הנתונים מייצגים מדידות שבוצעו בחתכי רוחב בגזע, עבור 3 גפנים לחזרה, 12 גפנים לטיפול, 24 גפנים ו-7,113 חוליות טרכיאה בסה"כ. אותיות שונות באנגלית משמעותן היא כי הטיפולים נבדלים זה מזה באופן מובהק על פי מבחן Student's ברמת מובהקות של $p < 0.05$. שיראז, כרם מושב כרמל, 2012-2014.

מוליכות מים תיאורטית כוללת לטבעת שנתית ($\text{kg}\cdot\text{m}\cdot\text{MPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$)	שטח טבעת שנתית (mm^2)	רוחב טבעת שנתית (μm)	קוטר טרכיאות "קטנות" ($<100\ \mu\text{m}$) ממוצע (μm)	קוטר טרכיאות "גדולות" ($>100\ \mu\text{m}$) ממוצע (μm)	זן
0.04 A	139 A	1407A	30	203	שיראז מודל
0.02 B	103 B	1201 B	28	195	שיראז משקי
<0.0142	<0.021	<0.0253	N.S	N.S	p-Value

זמורות

קוטרם הממוצע של חוליות הטרכיאה הגדולות נע בין $85\text{--}80\ \mu\text{m}$ (טבלה מס' 9). ממוצע קוטרם של חוליות הטרכיאה בטיפול המודל גבוה יותר, אך ההבדל אינו מובהק סטטיסטית. קבוצות חוליות הטרכיאה בעלות הקוטר הקטן היו פחות מ-3% מסך המוליכות ההידראולית הכללית (איור מס' 13b). הולכת המים התיאורטית לזמורה גבוהה יותר בטיפול המודל אולם ההבדל לא מובהק סטטיסטית (טבלה מס' 9).

טבלה מס' 9. מדדים אנטומיים בטיפולי ההשקיה השונים. הנתונים מייצגים מדידות שבוצעו בחתכי רוחב בזמורות, עבור 3 גפנים לחזרה, 12 גפנים לטיפול, 24 גפנים ו 16,213 חוליות טרכיאה בסה"כ. אותיות שונות באנגלית משמעותן היא כי הטיפולים נבדלים זה מזה באופן מובהק על פי מבחן Student's ברמת מובהקות של $p < 0.05$. שיראז, כרם מושב כרמל, 2012-2014.

מוליכות מים תיאורטית לזמורה ($\text{kg}\cdot\text{m}\cdot\text{MPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$)	שטח רקמת עצה (mm^2)	קוטר רקמת עצה (mm)	קוטר טרכיאות "קטנות" ($<30\ \mu\text{m}$) ממוצע (μm)	קוטר טרכיאות "גדולות" ($>30\ \mu\text{m}$) ממוצע (μm)	זן
0.0019	0.03	7.4	12	85	שיראז מודל
0.0015	0.03	7.2	13	80	שיראז משקי
N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	p-Value

פטורות

צורות גדולים

בניתוחם של צורות ההובלה הגדולים לא נמצאו הבדלים מובהקים בין הטיפולים השונים (טבלה מס' 10). בשני הטיפולים התפלגותם של חוליות הטרכיאה לקבוצות גודל שונות הייתה דומה (איור מס' 13c).

טבלה מס' 10. מדדים אנטומיים בטיפולי ההשקיה השונים. הנתונים מייצגים מדידות שבוצעו בחתכי רוחב בפטורות בצורות ההובלה הגדולים, עבור 3 גפנים לחזרה, 12 גפנים לטיפול, 24 גפנים ו 2,587 חוליות טרכיאה בסה"כ. אותיות שונות באנגלית משמעותן היא כי הטיפולים נבדלים זה מזה באופן מובהק על פי מבחן Student's ברמת מובהקות של $p < 0.05$. שיראז, כרם מושב כרמל, 2012-2014.

מוליכות מים תיאורטית כוללת לצורר ($\text{kg}\cdot\text{m}\cdot\text{MPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$)	שטח הצורר (mm^2)	קוטר טרכיאות "קטנות" ($<15\ \mu\text{m}$) ממוצע (μm)	קוטר טרכיאות "גדולות" ($>15\ \mu\text{m}$) ממוצע (μm)	זן
$1.0 \cdot 10^{-6}$	1.2	7	31	שיראז מודל
$1.0 \cdot 10^{-6}$	1.6	8	30	שיראז משקי
N.S	N.S	N.S	N.S	p-Value

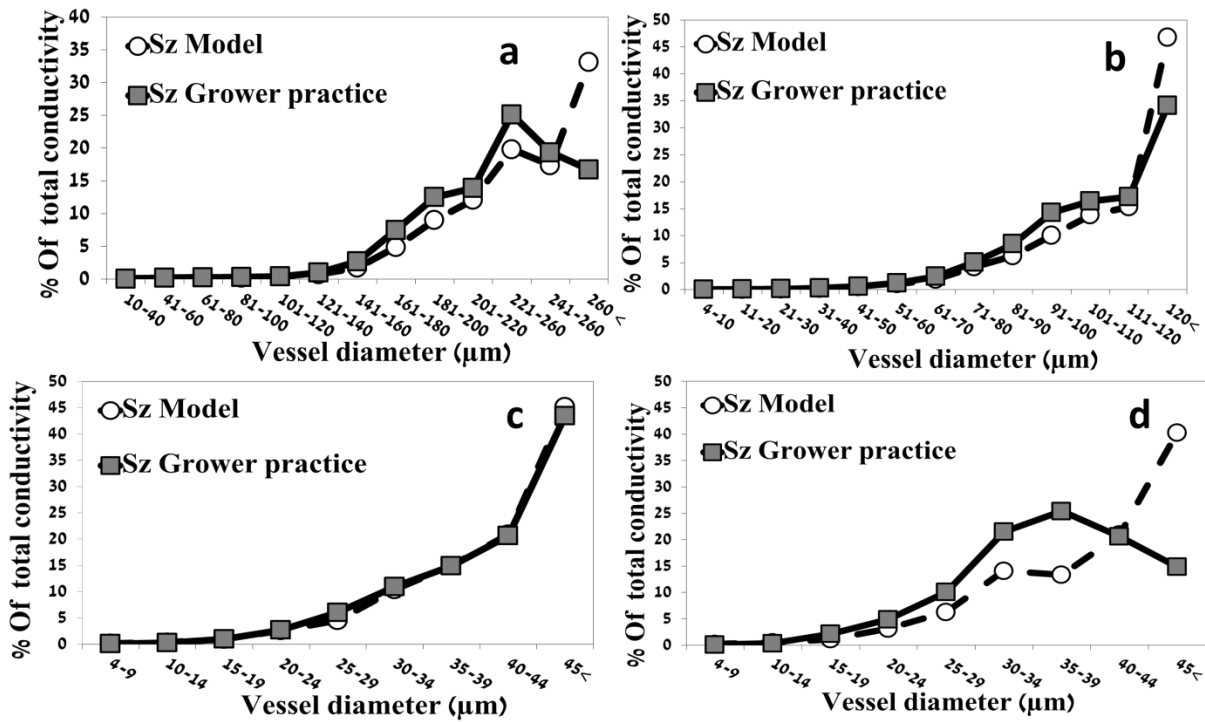
צורות קטנים

בניתוחם של צורות ההובלה הקטנים לא נמצאו הבדלים מובהקים בין הטיפולים השונים (טבלה מס' 11). ניתן להבחין שישנה התפלגות שונה באחוזי המוליכות ההידראולית המחושבת בקבוצות השונות בטיפולים השונים (איור מס' 13d). בעוד שבטיפול המודל כ 45% ממוליכות המים

התיאורטית נובעת מחוליות טרכיאה בעלות קוטר גדול מ $45 \mu\text{m}$ בטיפול המשקי רק 15% ממוליכות המים התיאורטית מתבצעת בטרכיאות הגדולות מ $45 \mu\text{m}$.

טבלה מס' 11. מדדים אנטומיים בטיפולי ההשקיה השונים. הנתונים מייצגים מדידות שבוצעו בחתכי רוחב בפטוטרות בצורות ההובלה הקטנים, עבור 3 גפנים לחזרה, 12 גפנים לטיפול, 24 גפנים 4,450 חוליות טרכיאה בסה"כ. אותיות שונות באנגלית משמעותן היא כי הטיפולים נבדלים זה מזה באופן מובהק על פי מבחן Student's ברמת מובהקות של $p < 0.05$. שיראז, כרם מושב כרמל, 2012-2014.

מוליכות מים תיאורטית כוללת לצרו ($\text{kg}\cdot\text{m}\cdot\text{MPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$)	שטח הצרו (mm^2)	קוטר טרכיאות "קטנות" ($<15 \mu\text{m}$) ממוצע (μm)	קוטר טרכיאות "גדולות" ($>15 \mu\text{m}$) ממוצע (μm)	זן
$3.6 \cdot 10^{-7}$	0.20	7	30	שיראז מודל
$2.6 \cdot 10^{-7}$	0.22	8	28	שיראז משקי
N.S	N.S	N.S	N.S	p-Value



איור מס' 13. אחוז המוליכות ההידראולית המחושבת של תרכיאות מקבוצות הקוטר השונות. האיור מציג חישוב של מוליכות הידראולית עבור חוליות התרכיאה, כפי שנמדדו בטיפול ההשקיה השונים בגזע (a), בזמורות (b), בצמורות ההובלה הגדולים בפטטרות (c) ובצמורות ההובלה הקטנים בפטטרות (d) בן שיראז, כרם מושב כרמל, 2012-2014.

3.2 קברנה סוביניון

3.2.1 השפעת הטיפולים השונים על המצבים הפנולוגים

בזן קברנה סוביניון השלבים הפנולוגים לאורך העונה היו זהים, אולם זמני הבציר של כל טיפול בשתי העונות שונים. בעוד שבעונת 2014 טיפול המודל נבצר שישה ימים מאוחר יותר, בעונת 2015 הטיפול המשקי נבצר שבוע לאחר הבציר של טיפול המודל.

3.2.2 השקיה

נמדדו פערים בין הטיפולים השונים בגובה מנת המים שניתנה לאורך העונה עד לבציר (טבלה מס' 12). הפער במנות המים בין טיפול המודל לטיפול המשקי בעונת 2014 הוא 38% תוספת בטיפול המודל (54 מ"מ לדונם) לעומת הטיפול המשקי. בעונת 2015 הפער במנות המים בין טיפול המודל לטיפול המשקי היה 40% תוספת לטיפול המודל (53 מ"מ לדונם) לעומת הטיפול המשקי. אופן ההשקיה היה שונה בין הטיפולים לאורך העונה, כאשר בטיפול המודל למעלה מ 55% מסך מנת המים השנתית ניתן עד סוף שלב 1, בטיפול המשקי הערכים בתקופה המקבילה נמוכים משמעותית (טבלה מס' 12).

טבלה מס' 12. גובה מנות המים ופיזורם לאורך העונה כפי שניתנו לטיפולים השונים לאורך שנות הניסוי. קברנה סוביניון, כרם מושב כרמל 2014-2015.

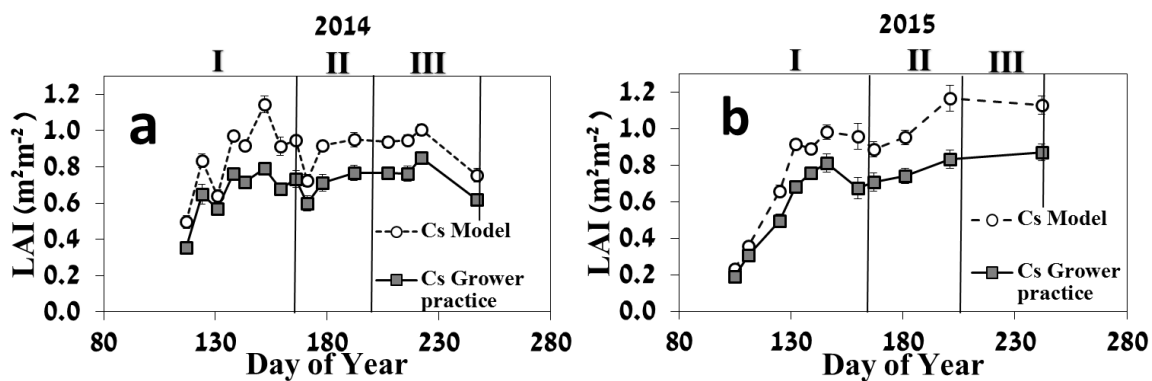
עונה	טיפול	כמות מים (מ"מ לדונם)	פיזור מים לאורך העונה (%)		
			סוף שלב 1	סוף שלב 2	סוף שלב 3
2014	קברנה מודל	195	55	25	20
	קברנה משקי	141	42	20	38
2015	קברנה מודל	186	60	21	19
	קברנה משקי	133	31	28	41

3.2.3 השפעת הטיפולים על אינדקס שטח עלווה (LAI - leaf area index)

בעונת 2014 במהלך שלב 1 יש עלייה הדרגתית בשטח העלווה, כאשר ניתן לראות את שילובם של שני החוטים וכן את הקיטום שבוצע ממש בסוף שלב 1 (איור מס' 14a). בסוף שלב 1 ממוצע שטח העלווה בטיפול המודל היה $0.9 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$ ובטיפול המשקי $0.7 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$. במהלך שלב 2 בוצעו חילון ודילול אשכולות דבר שבא לידי ביטוי בערכי שטח העלווה. במהלך שלב 2 טיפול המודל היה עם ממוצע שטח עלווה של $0.95 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$ ובטיפול המשקי ממוצע שטח עלווה היה $0.75 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$. במהלך שלב 3

החלה ירידה בשטח העלווה כך שערב הבציר ממוצע שטח העלווה בטיפול המודל היה $0.75 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$ ובטיפול המשקי $0.62 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$ (איור מס' 14a).

עונת 2015 התאפיינה בהתפתחות ווגטיבית מהירה שהתבטאה בערכי שטח העלווה. במהלך שלב 1 נוצר פער בין טיפול המודל והטיפול המשקי. בסוף שלב 1 ממוצע שטח העלווה בטיפול המודל עמד על $0.9 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$ ובטיפול המשקי הממוצע היה $0.7 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$ (איור מס' 14b). במהלך שלב 2 הפער בין הטיפולים הלך וגדל כך שבסוף שלב 2 ממוצע שטח העלווה בטיפול המודל היה $1.1 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$ ואילו בטיפול המשקי הממוצע היה $0.8 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$. במהלך שלב 3 לא נרשמו שינויים בשטח העלווה, אבל הפער בין הטיפולים נשמר. ערב הבציר עמד הפער בין הטיפולים על $0.3 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$ (איור מס' 14b).



איור מס' 14. מהלך עונתי של אינדקס שטח העלווה (מ"ר/מ"ר) בטיפולים השונים. כל נקודה מייצגת ממוצע של 12 גפנים (שלוש גפנים לחזרה ארבע חזרות לטיפול), קווי השגיאה האנכיים מייצגים את שגיאת התקן (S.E.) של ממוצע החזרות ($n=4$). קברנה סוביניון, כרם מושב כרמל 2015-2014.

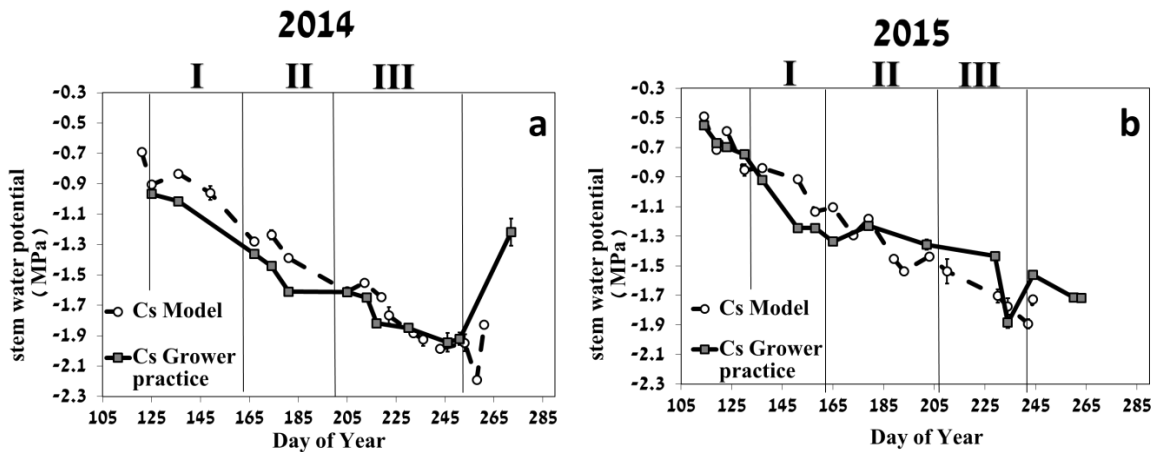
3.2.4 השפעת הטיפולים השונים על משקל הגזם

בעונת 2014 ממוצע משקל הגזם בטיפול המודל היה 0.8 ק"ג לגפן בודדת לעומת ממוצע של 0.57 ק"ג בטיפול המשקי. **בעונת 2015** ממוצע משקל הגזם בטיפול המודל היה 0.96 ק"ג לגפן לעומת ממוצע של 0.64 ק"ג בטיפול המשקי. בשתי העונות ההבדל שהתקבל בין הטיפולים היה מובהק סטטיסטית.

3.2.5 השפעת הטיפולים השונים על פוטנציאל המים בגזע בצהרי היום

בעונת 2014 במהלך שלב 1 ממוצע ערכי פוטנציאל המים בגזע בטיפול המודל שנמדדו בצהרי היום היה -0.8 MPa לעומת -0.95 MPa בטיפול המשקי (איור מס' 15a). במהלך שלב 2 נמשכה הירידה בערכי פוטנציאל המים (יותר שלילי) תוך שמירה על הבדל בין הטיפול המודל לטיפול המשקי. בסוף שלב 2 ניתן לראות שממוצע ערכי פוטנציאל המים בין הטיפולים זהה ועומד על -1.6 MPa . במהלך שלב 3 מתבצע היפוך מגמה כאשר טיפול המודל, שעד לאמצע שלב 3 היה משופר יותר, הופך להיות בעל פוטנציאל מים שלילי יותר עד הבציר. ממוצע פוטנציאל המים בטיפול המודל ערב הבציר היה -1.9 MPa ובטיפול המשקי -1.8 MPa (איור מס' 15a).

בעונת 2015 ערך פוטנציאל המים הממוצע בטיפול המודל במהלך שלב 1 נע סביב -0.85 MPa ואילו ערך פוטנציאל המים הממוצע בטיפול המשקי היה -0.9 MPa. במהלך שלב 2 יש היפוך מגמה וטיפול המודל נכנס לעקת יובש חריפה יותר כך שבסוף שלב 2 ממוצע ערך פוטנציאל המים בשני הטיפולים היה דומה, גם בטיפול המודל וגם בטיפול המשקי הערך הממוצע עמד על -1.4 MPa (איור מס' 15b). במהלך שלב 3 נשמר הפער בין הטיפולים השונים כאשר הגפנים בטיפול המודל נמצאות בעקת יובש חריפה יותר. ממוצע פוטנציאל המים ערב הבציר בטיפול המודל היה -1.9 MPa ובטיפול המשקי היה -1.55 MPa (איור מס' 15b).

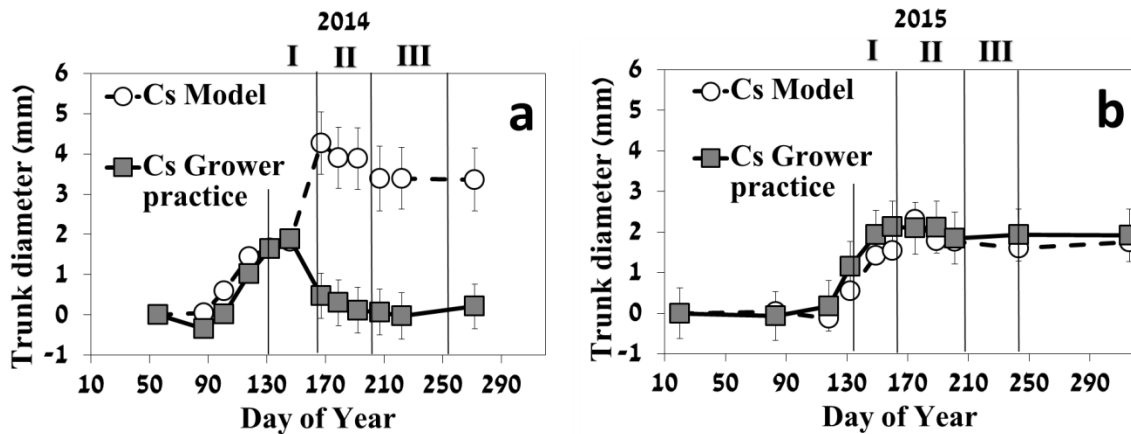


איור מס' 15. מהלך עונתי של פוטנציאל המים בגזע בצהרי היום. כל נקודה מייצגת ממוצע של 12 עלים (ארבע חזרות לטיפול, שלוש גפנים לחזרה). קווי השגיאה האנכיים מייצגים את שגיאת התקן (S.E.) של ממוצע החזרות (n=4). קברנה סוביניון, כרם מושב כרמל 2015-2014.

3.2.6 התפתחותו של קוטר הגזע בטיפולים השונים לאורך העונה

בעונת 2014 בתחילתו של שלב 1 יש עלייה זהה בקוטר הממוצע של הגזעים בשני הטיפולים, אולם לקראת סוף שלב 1 יש זינוק משמעותי בקוטרם הממוצע של הגזעים בטיפול המודל כאשר בזמן המקביל חלה התכווצות בקוטרם הממוצע של הגזעים בטיפול המשקי. במהלך שלב 2 יש ירידה קלה בקוטרם הממוצע של הגזעים בשני הטיפולים (איור מס' 16a). במהלך שלב 3 אין הבדל משמעותי בגדילתם של הגזעים בשני הטיפולים. לאחר הבציר קוטרם הממוצע של טיפולי המודל נשמר ואילו בטיפול המשקי יש עלייה קלה בקוטרם הממוצע של הגפנים. סך הגדילה העונתית בעונת 2014 עמדה על 3.43 מ"מ בממוצע לקוטרם של הגזעים בטיפול המודל ולגזעים של הגפנים בטיפול המשקי נוספו 0.29 מ"מ בממוצע.

בעונת 2015 ממוצע הגזעים של שני הטיפולים התפתח בצורה דומה לאורך העונה. בתחילתו של שלב 1 יש עלייה בקוטרם של הגזעים בשני הטיפולים (איור מס' 16b). העלייה נמשכת בתחילתו של שלב 2 ולאחר מכן יש הפסקה בגדילתם של הגזעים שנמשכת עד לסתיו. סך הגדילה העונתית ב-2015 של הגזעים בטיפול המודל עלה ב 1.8 מ"מ במהלך העונה ואילו קוטרם הממוצע של הגזעים בטיפול המשקי עלה ב 1.9 מ"מ במהלך העונה.

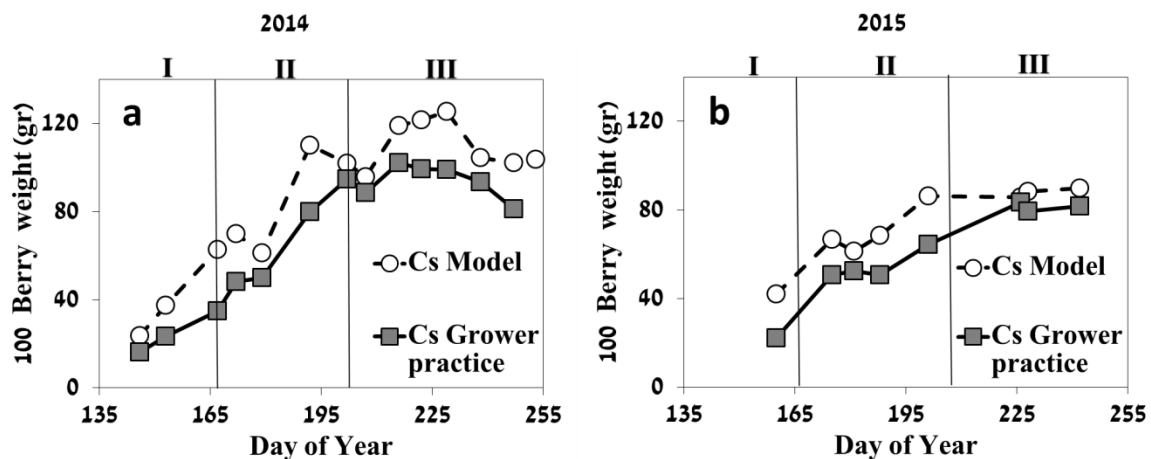


איור מס' 16 . מהלך עונתי של קוטר הגזע בטיפולים השונים. כל נקודה מייצגת ממוצע של 48 גפנים (סך הכל 96 גפנים, 48 גפנים לטיפול, 12 גפנים לחזרה). קווי השגיאה האנכיים מייצגים את שגיאת התקן (S.E.) של ממוצע החזרות (n=4). קברנה סוביניון, כרם מושב כרמל 2014-2015.

3.2.7 השפעת הטיפולים השונים על התפתחותו של משקל הגרגר לאורך העונה

בעונת 2014 ניתן לראות כי תבנית התפתחותם של הגרגרים הייתה בעלת סיגמואיד כפול (איור מס' 17a). במהלך שלב 2 בטיפול המודל ישנה ירידה קלה במשקל הגרגרים ובטיפול המשקי ישנה עצירה בצבירת המשקל. בסוף שלב 2 משקל מאה גרגרים בטיפול המודל הוא 96 גר' ובטיפול המשקי הוא 88 גר'. בשני הטיפולים הגרגרים מגיעים לשיא משקלם במהלך שלב 3, בטיפול המודל משקלם של מאה גרגרים באמצע שלב 3 מגיע ל 125 גר' ובטיפול המשקי המשקל מגיע ל 102 גר'. ביום הבציר משקלם של מאה גרגרים בטיפול המודל עמד על 104 גר' ובטיפול המשקי המשקל שנמדד היה 81 גר' למאה גרגרים.

גם **בעונת 2015** ניתן לראות את ההתפתחות הסיגמואידית הכפולה המאפיינת את התפתחות הגרגרים (איור מס' 17b). גם בעונה הנוכחית בתחילתו של שלב 2 ניתן היה לראות שבגרגרי הטיפול המשקי היה עיכוב בצבירת המשקל כאשר בטיפול המודל, בזמן המקביל, חלה ירידה קלה במשקל הגרגר (איור מס' 17b). משקלם של מאה גרגרים בטיפול המודל בסוף שלב 1 עמד על 67 גר' ובטיפול המשקי 51 גר'. במהלך שלב 2 בטיפול המודל יש ירידה קלה במשקל הגרגרים ובטיפול המשקי יש עצירה בעליית המשקל. בסוף שלב 2 משקלם של מאה גרגרים בטיפול המודל מגיע ל 86 גר' ובטיפול המשקי 64 גר'. במהלך שלב 3 בטיפול המודל כמעט ואין שינוי במשקלם של הגרגרים לעומת זאת בטיפול המשקי נמשכת העלייה במשקל הגרגרים. ביום הבציר משקלם של מאה גרגרים בטיפול המודל היה 90 גר' ובטיפול המשקי 82 גר'.



איור מס' 17. מהלכים עונתיים של משקל הגרגר בטיפולים השונים. כל נקודה מייצגת את משקלם של מאה גרגרים שנדגמו באופן אקראי מכל טיפול. קברנה סוביניון, כרם מושב כרמל 2014-2015.

3.2.8 מדדי יבול (בציר ידני)

בעונת 2014 התקבלה בטיפול המודל תוספת משקל של 56% ביחס לטיפול המשקי, התוצאה שהתקבלה מובהקת (טבלה מס' 13). משקל 100 גרגרים בטיפול המודל היה גבוה באופן מובהק לעומת הטיפול המשקי (טבלה מס' 13). מספר האשכולות בטיפול המודל היה גבוה יותר, אולם ההבדל לא היה מובהק מבחינה סטטיסטית (טבלה מס' 13). משקל אשכול ממוצע בטיפול המודל היה גבוה יותר באופן מובהק (טבלה מס' 13).

בעונת 2015 בטיפול המודל התקבלה תוספת משקל של 11% לעומת הטיפול המשקי, התוצאה אינה מובהקת (טבלה מס' 13). משקלם של 100 גרגרים היה גבוה יותר בטיפול המודל, אולם ללא מובהקות (טבלה מס' 13). מספר האשכולות בטיפול המשקי היה גבוה יותר לעומת טיפול המודל (טבלה מס' 13). משקל אשכול ממוצע בטיפול המודל היה גבוה יותר באופן מובהק לעומת משקלו הממוצע של אשכול בטיפול המשקי (טבלה מס' 13).

טבלה מס' 13. היבול ומרכיביו. המידע בטבלה מייצג מדידות שנערכו עבור 36 גפנים לטיפול, 72 גפנים בסה"כ. אותיות שונות באנגלית משמעותן היא כי הטיפולים נבדלים זה מזה באופן מובהק על פי מבחן Student's ברמת מובהקות של $p < 0.05$. קברנה סוביניון, כרם מושב כרמל 2014-2015.

שנה	טיפול	יבול (ק"ג/דונם)	מספר אשכולות לגפן	משקל 100 גרגרים (גר')	משקל אשכול (גר')
2014	קברנה מודל	860 A	29	98.7 A	136.5 A
	קברנה משקי	550 B	26	77.1 B	97.5 B
	<i>p</i> -Value	<0.0001	.N.S	<0.0025	<0.004
2015	קברנה מודל	800	36	89.9	100.6 A
	קברנה משקי	720	38	81.6	85.7 B
	<i>p</i> -Value	N.S	N.S	N.S	<0.036

3.2.9 איכות תירוש (בציר ידני)

בעונת 2014 לא היה הבדל ברמת הסוכר, TA, ובבדיקת הצבע בתירוש (טבלה מס' 14). הבדל מובהק התקבל ברמת ה pH. רמת ה pH בטיפול המודל הייתה נמוכה יותר מרמת ה pH בטיפול המשקי (טבלה מס' 14).

בעונת 2015 היה הבדל מובהק בין הטיפולים ברמת הסוכר (טבלה מס' 14). טיפול המודל נבצר עם רמות סוכר גבוהות יותר לעומת הטיפול המשקי. רמת ה pH ו TA היו גבוהים יותר בטיפול המודל (טבלה מס' 14). בבדיקת צבע בתירוש היה הטיפול המשקי בעל רמת צבע גבוהה יותר לעומת טיפול המודל (טבלה מס' 14).

טבלה מס' 14. מדדי הבשלה. המידע בטבלה מייצג מדידות שנערכו ביינות שהוכנו ביקב המחקרי. עבור כל חזרה הוכן יין בנפרד. אותיות שונות באנגלית משמעותן היא כי הטיפולים נבדלים זה מזה באופן מובהק על פי מבחן Student's ברמת מובהקות של $p < 0.05$. קברנה סוביניון, כרם מושב כרמל, 2015-2014.

שנה	טיפול	TSS (°Brix)	pH	TA(g/l)	צבע בתירוש (518 nm)
2014	קברנה מודל	24.1	3.68 B	3.6	8.6
	קברנה משקי	24.5	3.8 A	3.5	10.9
	<i>p</i> -Value	N.S.	<0.0079	N.S.	N.S.
2015	קברנה מודל	23.9 A	3.71 B	4.6 A	7.8 B
	קברנה משקי	22.1 B	3.87 A	3.0 B	11.4 A
	<i>p</i> -Value	<0.0023	<0.0016	<0.0001	<0.03

3.2.10 איכות יין (בציר ידני)

בעונת 2014 יש הבדל מובהק באיכות הצבע בין הטיפולים, כאשר הטיפול המשקי מוביל עם תוצאות טובות יותר (טבלה מס' 15). בטעימות היין, הטיפול המשקי עלה על טיפול המודל באופן מובהק בפער של 2.5 נקודות (טבלה מס' 15).

בעונת 2015 יש הבדל מובהק באיכות הצבע בין הטיפולים, כאשר הטיפול המשקי מוביל עם תוצאות טובות יותר (טבלה מס' 15). בטעימות היין, הטיפול המשקי עלה על טיפול המודל אולם ללא הבדל מובהק (טבלה מס' 15).

טבלה מס' 15. בדיקת צבע בטיפולים השונים. המידע בטבלה מייצג מדידות שנערכו בינות שהוכנו ביקב המחקרי. עבור כל חזרה הוכן יין בנפרד. אותיות שונות באנגלית משמעותן היא כי הטיפולים נבדלים זה מזה באופן מובהק על פי מבחן Student's t ברמת מובהקות של $p < 0.05$. קברנה סוביניון, כרם מושב כרמל, 2014-2015.

שנה	טיפול	ציון יין כללי	Color Intensity (420+520+620)	פנולים (280 nm)	Color hue (420nm/520nm)
2014	קברנה מודל	84.9 B	9.0 B	43.1	0.70
	קברנה משקי	87.4 A	13.5 A	49.8	0.68
	<i>p</i> -Value	<0.0025	<0.019	N.S	N.S
2015	קברנה מודל	83.7	7.3 B	26.2	0.79
	קברנה משקי	85.3	10 A	29.6	0.8
	<i>p</i> -Value	N.S	<0.010	N.S	N.S

3.2.11 מדדי יבול ותירוש (בציר מכני)

בעונת 2014 בטיפול המודל התקבלה תוספת משקל של 23% פרי לעומת הטיפול המשקי (טבלה מס' 16). לא היה הבדל משמעותי ברמת הסוכר, pH ו TA בין הטיפולים השונים (טבלה מס' 16).

בעונת 2015 בטיפול המודל התקבלה תוספת משקל של 44% פרי לעומת הטיפול המשקי (טבלה מס' 16). נתון גבוה בהרבה לעומת התוספת שהתקבלה בבציר הידני (טבלה מס' 13). רמת הסוכר וה pH בטיפול המודל היו נמוכים יותר לעומת הטיפול המשקי (טבלה מס' 16). לא היה הבדל ב TA (טבלה מס' 16).

טבלה מס' 16. מדדי יבול והבשלה. המידע בטבלה נלקח מנתונים שנמדדו על ידי יקב יתיר. קברנה סוביניון, כרם מושב כרמל, 2014-2015.

שנה	טיפול	יבול (ק"ג/דונם)	TSS (°Brix)	pH	TA (g/l)
2014	קברנה מודל	630	25.2	3.7	5.8
	קברנה משקי	510	25.1	3.7	5.3
2015	קברנה מודל	620	24.8	3.8	5.7
	קברנה משקי	430	25.5	4.2	5.7

3.2.12 השפעת הטיפולים על אנטומיה פונקציונאלית

גזע

ממוצע קוטרם של חוליות הטרכיאה הגדולות בגזע נע בין $193-198 \mu\text{m}$ (טבלה מס' 17). הבדל מובהק התקבל בממוצע קוטרם של חוליות הטרכיאה הקטנות. בטיפול המודל למעלה מ-52% מהמוליכות ההידראולית נובעת מקבוצות הטרכיאות שקוטרם גבוה מ- $240 \mu\text{m}$ ובטיפול המשקי 42% מהמוליכות ההידראולית מקורה בקבוצות אלו. קבוצות חוליות הטרכיאה בעלות הקוטר הקטן היוו פחות מ-2% מסך המוליכות ההידראולית הכללית (איור מס' 18a). רוחב הטבעת השנתית בטיפול המודל גבוה לעומת הטיפול המשקי, אבל ההבדל שהתקבל לא היה מובהק. שטחה של הטבעת השנתית שונה באופן מובהק בין הטיפולים השונים. הולכת המים התיאורטית בטיפול המודל הייתה גבוהה יותר, אך ההבדל לא היה מובהק.

טבלה מס' 17. מדדים אנטומיים בטיפולי ההשקיה השונים. הנתונים מייצגים מדידות שבוצעו בחתכי רוחב בגזע, עבור 3 גפנים לחזרה, 12 גפנים לטיפול, 24 גפנים 6,624 חוליות תרכיאה בסה"כ. אותיות שונות באנגלית משמעותן היא כי הטיפולים נבדלים זה מזה באופן מובהק על פי מבחן Student's ברמת מובהקות של $p < 0.05$. קברנה סוביניון, כרם מושב כרמל, 2012-2014.

מוליכות מים תיאורטית כוללת לטבעת שנתית ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{MPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$)	שטח טבעת שנתית (mm^2)	רוחב טבעת שנתית (μm)	קוטר תרכיאות "קטנות" ($<100 \mu\text{m}$) ממוצע (μm)	קוטר תרכיאות "גדולות" ($>100 \mu\text{m}$) ממוצע (μm)	זן
0.05	192 A	1359	32 A	198	קברנה מודל
0.04	160 B	1153	29 B	193	קברנה משקי
N.S	<0.0322	N.S	<0.0181	N.S	p-Value

זמורות

קוטרם הממוצע של חוליות התרכיאה הגדולות נע בין $62-64 \mu\text{m}$ (טבלה מס' 18). ממוצע קוטרם של חוליות התרכיאה בטיפול המודל גבוה יותר, אולם ההבדל אינו מובהק סטטיסטית. קבוצות חוליות התרכיאה בעלות הקוטר הקטן היו פחות מ 3% מסך המוליכות ההידראולית הכללית (איור מס' 18b). הולכת המים התיאורטית לזמורה גבוהה יותר בטיפול המודל באופן מובהק.

טבלה מס' 18. מדדים אנטומיים בטיפולי ההשקיה השונים. הנתונים מייצגים מדידות שבוצעו בחתכי רוחב בזמורות, עבור 3 גפנים לחזרה, 12 גפנים לטיפול, 24 גפנים 20,407 חוליות תרכיאה בסה"כ. אותיות שונות באנגלית משמעותן היא כי הטיפולים נבדלים זה מזה באופן מובהק על פי מבחן Student's ברמת מובהקות של $p < 0.05$. קברנה סוביניון, כרם מושב כרמל, 2012-2014.

מוליכות מים תיאורטית לזמורה ($\text{kg}\cdot\text{m}\cdot\text{MPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$)	שטח רקמת עצה (mm^2)	קוטר רקמת עצה (mm)	קוטר תרכיאות "קטנות" ($<30 \mu\text{m}$) ממוצע (μm)	קוטר תרכיאות "גדולות" ($>30 \mu\text{m}$) ממוצע (μm)	זן
0.0005 A	0.02	6.7	13	64	קברנה מודל
0.0003 B	0.02	6.4	14	62	קברנה משקי
<0.0047	N.S	N.S	N.S	N.S	p-Value

פטורות

צורות הובלה גדולים

מניתוחם של צורות ההובלה הגדולים לא נמצאו הבדלים מובהקים בין הטיפולים השונים (טבלה מס' 19). התפלגות קוטרם הממוצע של חוליות הטרכיאה הייתה זהה בין הטיפולים השונים (איור מס 18c)

טבלה מס' 19. מדדים אנטומיים בטיפולי ההשקיה השונים. הנתונים מייצגים מדידות שבוצעו בחתכי רוחב בפטורות בצורות ההובלה הגדולים, עבור 3 גפנים לחזרה, 12 גפנים לטיפול, 24 גפנים ו 3,268 חוליות טרכיאה בסה"כ. אותיות שונות באנגלית משמעותן היא כי הטיפולים נבדלים זה מזה באופן מובהק על פי מבחן Student's ברמת מובהקות של $p < 0.05$. קברנה סוביניון, כרם מושב כרמל, 2012-2014.

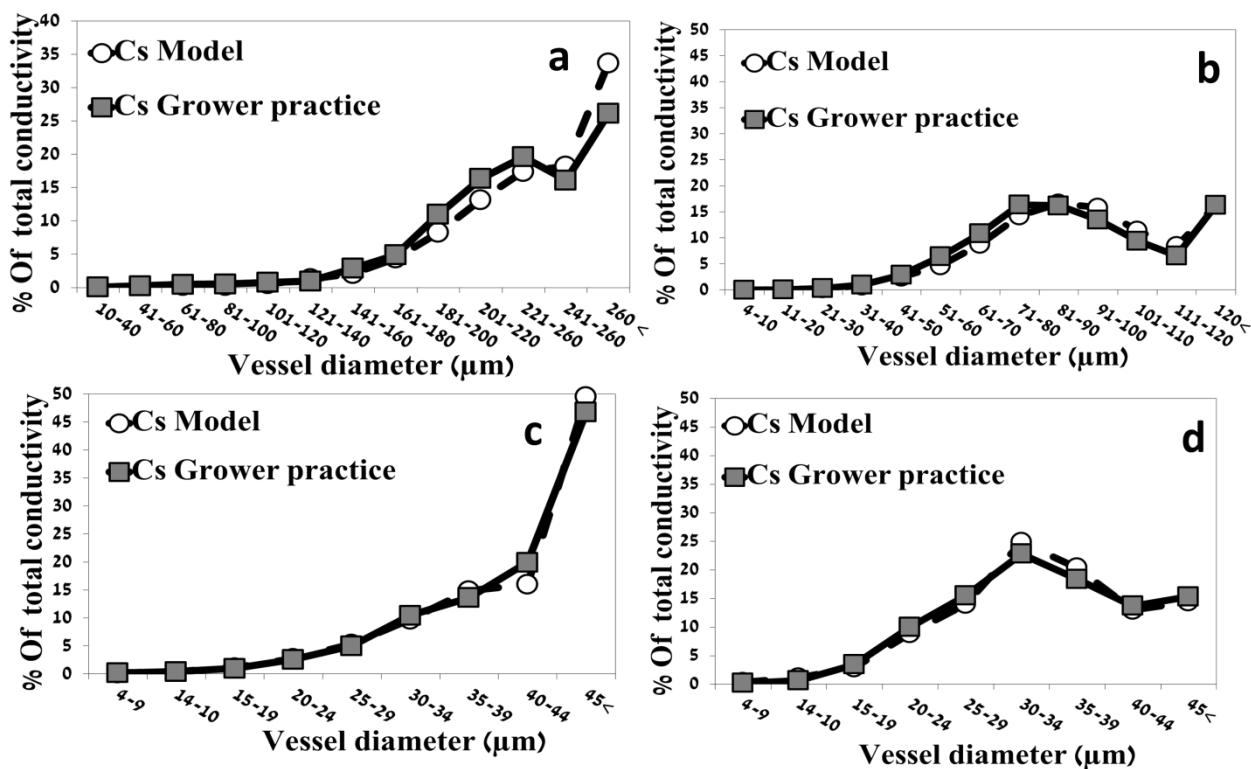
מוליכות מים תיאורטית כוללת לצרור ($\text{kg}\cdot\text{m}\cdot\text{MPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$)	שטח הצרור (mm^2)	קוטר טרכיאות "קטנות" ($<15 \mu\text{m}$) ממוצע (μm)	קוטר טרכיאות "גדולות" ($>15 \mu\text{m}$) ממוצע (μm)	זן
$1.0 * 10^{-6}$	0.9	7	31	קברנה מודל
$1.0 * 10^{-6}$	1	7	31	קברנה משקי
N.S	N.S	N.S	N.S	p-Value

צורות הובלה קטנים

מניתוח של צורות ההובלה הקטנים לא נמצאו הבדלים מובהקים בין הטיפולים השונים בממוצע קוטרם של חוליות הטרכיאה הגדולות והקטנות ובהולכת המים התיאורטית לצרור (טבלה מס' 20). בטיפול המודל שטח צרור ההובלה גדול יותר לעומת צרור ההובלה בטיפול המשקי (טבלה מס' 20). התפלגות קוטרם הממוצע של חוליות הטרכיאה היה זהה בין הטיפולים השונים (איור מס 18d)

טבלה מס' 20. מדדים אנטומיים בטיפולי ההשקיה השונים. הנתונים מייצגים מדידות שבוצעו בחתכי רוחב בפטוטרות בצרורות ההובלה הקטנים, עבור 3 גפנים לחזרה, 12 גפנים לטיפול, 24 גפנים ו 3,728 חוליות טרכיאה בסה"כ. אותיות שונות באנגלית משמעותן היא כי הטיפולים נבדלים זה מזה באופן מובהק על פי מבחן Student's ברמת מובהקות של $p < 0.05$. קברנה סוביניון, כרם מושב כרמל, 2012-2014.

מוליכות מים תיאורטית כוללת לצרור ($\text{kg}\cdot\text{m}\cdot\text{MPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$)	שטח הצרור (mm^2)	קוטר טרכיאות "קטנות" ($<15\ \mu\text{m}$) ממוצע (μm)	קוטר טרכיאות "גדולות" ($>15\ \mu\text{m}$) ממוצע (μm)	זן
$1.6\cdot 10^{-7}$	0.19 A	8	26	קברנה מודל
$1.5\cdot 10^{-7}$	0.16 B	8	25	קברנה משקי
N.S	<0.0386	N.S	N.S	p-Value



איור מס' 18. אחוז המוליכות ההידראולית המחושבת של טרכיאות מקבוצות הקוטר השונות. האיור מציג חישוב של מוליכות הידראולית עבור חוליות הטרקיה, כפי שנמדדו בטיפולי ההשקיה השונים בגזע (a), בזמורות (b), בפטוטרות בצרורות ההובלה הגדולים (c) ובפטוטרות בצרורות ההובלה הקטנים (d). קברנה סוביניון, כרם מושב כרמל, 2012-2014.

3.3 מרלו

3.3.1 השפעת הטיפולים השונים על המצבים הפנולוגים

בזן מרלו, בשתי עונות המחקר לא נצפה הבדל בולט במועדים בהם חלו השלבים הפנולוגים השונים, בשל כך גם מועדי הבציר של הטיפולים השונים היו זהים. בעונת 2015 ההגעה ל 95% בוחל הייתה מהירה יותר וזמן הבציר היה מוקדם בעשרה ימים לעומת עונת 2014.

3.3.2 השקיה

נמדדו פערים בין הטיפולים השונים בכמות המים שניתנה לאורך העונה עד לבציר (טבלה מס' 21). הפער במנות המים בין טיפול המודל לטיפולי המשקי **בעונת 2014** הוא כ 18% תוספת לטיפולי המודל (30 מ"מ לדונם) לעומת הטיפולי המשקי. **בעונת 2015** הפער במנות המים בין טיפול המודל לטיפולי המשקי היה כ 66% תוספת לטיפולי המודל (76 מ"מ לדונם) לעומת הטיפולי המשקי. פיזור כמויות המים של הטיפולים היה שונה לאורך העונה, בעונת 2014 בטיפולי המודל למעלה מ 50% מכמות המים ניתנה עד סוף שלב 1 בתקופה המקבילה בטיפולי המשקי ניתנו רק 19% מכמות המים. פיזור המים בטיפולים השונים היה שונה משמעותית בין שתי העונות (טבלה מס' 21)

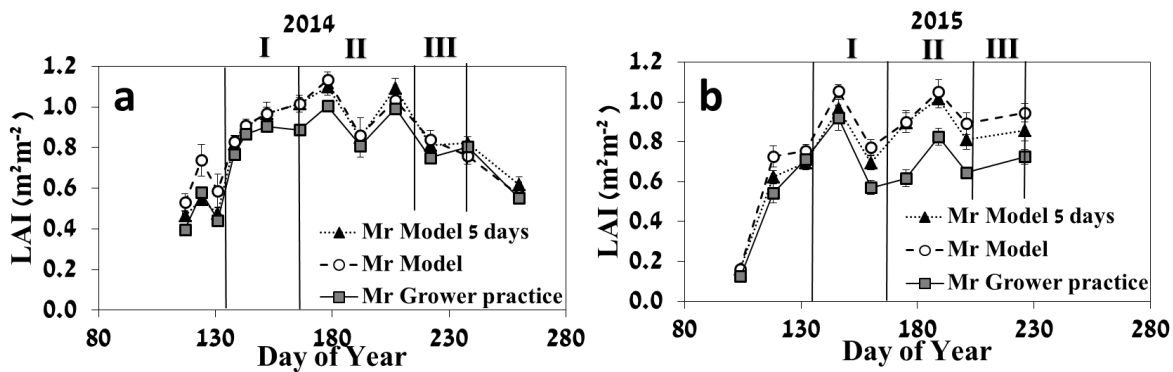
טבלה מס' 21. כמויות המים ופיזורם לאורך העונה כפי שניתנו לטיפולים השונים לאורך שנות הניסוי. מרלו, כרם מושב כרמל 2014-2015.

עונה	טיפול	כמות מים (מ"מ לדונם)	פיזור מים לאורך העונה (%)		
			סוף שלב 1	סוף שלב 2	סוף שלב 3
2014	מרלו מודל	192	54	34	21
	מרלו מרווח 5	195	54	33	13
	מרלו משקי	162	20	60	20
2015	מרלו מודל	191	55	27	18
	מרלו מרווח 5	185	52	28	20
	מרלו משקי	115	40	33	27

3.3.3 השפעת הטיפולים על אינדקס שטח עלווה (LAI - leaf area index)

בעונת 2014 המהלך העונתי של התפתחות העלווה היה דומה בשני טיפולי המודל (איור מס' 19a). בהשוואת טיפולי המודל לטיפולי המשקי נצפו הבדלים מובהקים רק במהלך שלב 2. במהלך שלב 1 ערכי ה LAI בטיפולי המודל (מודל ומודל מרווח), טיפסו עד לממוצע של $1 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ ואילו הטיפולי

המשקי הגיע לממוצע של $0.88 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$. במהלך שלב 2 בוצעו בחלקה פעולות אגרוטכניות שגרתיות (קיטום וחילון) שהובילו לירידה בשטח העלווה בכלל הטיפולים, טיפולי המודל ירדו לממוצע של $0.85 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$ ובטיפול המשקי ירד שטח העלווה לממוצע של $0.8 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$. שלב 3 התאפיין בירידה בשטח העלווה בכל הטיפולים. ממוצע שטח העלווה ערב הבציר בטיפול המשקי ובמודל המרווח עמד על $0.8 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$ ובטיפול המודל הממוצע היה $0.75 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$, אולם ההבדלים לא היו הבדלים מובהקים. **בעונת 2015** עד סוף שלב 1 לא נצפו הבדלים בין הטיפולים השונים, אולם לקראת סוף שלב 1 ובתחילתו של שלב 2 נצפה הבדל משמעותי בין טיפולי המודל לטיפול המשקי (איור מס' 19b). הבדל בין הטיפולים נשמר לאורך כל שלב 2 כאשר בסוף שלב 2 הממוצע בטיפול המודל עמד על $0.9 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$, בטיפול המודל המרווח הממוצע היה $0.8 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$ ואילו הממוצע בטיפול המשקי היה $0.6 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$, כאשר בינו לבין טיפולי המודל יש הבדל מובהק. שלב 3 אופיין בצימצום הפערים בין טיפולי המודל, אולם הפער בין טיפולי המודל לטיפול המשקי נשמר כך שערב הבציר ממוצע שטח העלווה בטיפול המודל היה $0.95 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$ ובטיפול המודל המרווח $0.9 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$ (ללא הבדל מובהק) ובטיפול המשקי ממוצע שטח העלווה היה $0.7 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$.



איור מס' 19. מהלך עונתי של אינדקס שטח העלווה (מ"ר/מ"ר) בטיפולים השונים. כל נקודה מייצגת ממוצע של 12 גפנים (ארבע חזרות, שלוש גפנים לחזרה), קווי השגיאה האנכיים מייצגים את שגיאת התקן (S.E.) של החזרות ($n=4$). מרלו, כרם מושב כרמל 2014-2015.

3.3.4 השפעת הטיפולים השונים על משקל הגזם

בעונת 2014, בטיפול המודל, ממוצע משקל הגזם היה 0.6 ק"ג לגפן ובטיפול המשקי הממוצע היה 0.5 ק"ג לגפן.

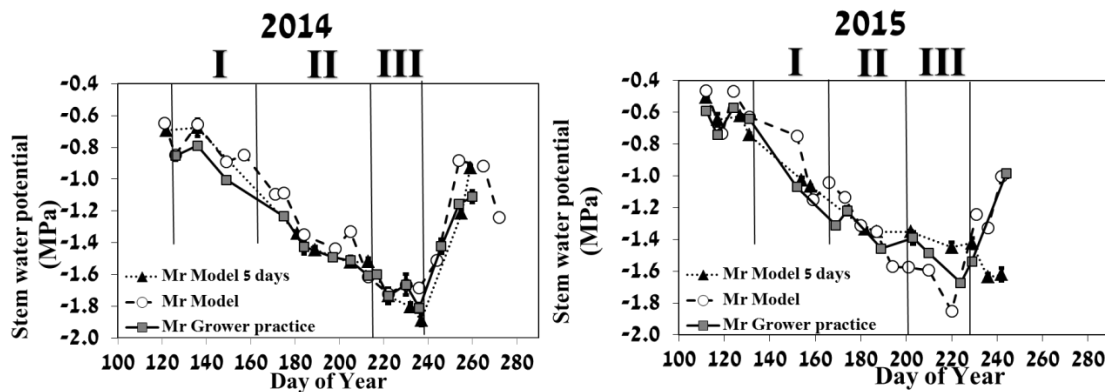
בעונת 2015, בטיפול המודל, משקל הגזם הממוצע היה 0.75 ק"ג לגפן, בטיפול המודל המרווח ובטיפול המשקי משקל הגזם הממוצע היה 0.7 ק"ג לגפן. בשתי העונות לא היו הבדלים מובהקים בין הטיפולים.

3.3.5 השפעת הטיפולים השונים על פוטנציאל המים בגזע בצהרי היום

בעונת 2014 הטיפול המשקי בתחילת העונה מצוי בעקה גדולה יותר ביחס לשני טיפולי המודל, אולם במהלך שלב 3 רק טיפול ההשקיה של המודל המרווח נכנס לעקה חריפה יותר ואילו טיפול המודל

לא מבצע היפוך מגמה ולא נכנס לעקה חריפה יותר ביחס לטיפול המשקי. בשלושת הטיפולים לא התקבלו הבדלים מובהקים בצורה עקבית לאורך העונה, אולם לא ניתן להתעלם מהתהליכים והמגמות שנצפו לאורך העונה (איור מס' 20a). טיפולי המודל נמצאו משופרים יותר בתחילתו של שלב 1. במהלך שלב 1 בטיפולי המודל התקבל ממוצע של -0.8 MPa. בטיפול המשקי הערך הממוצע של פוטנציאל המים בגזע בשלב 1 היה -0.9 MPa. בסוף שלב 1 ממוצע ערך פוטנציאל המים בטיפול המודל היה -1 MPa לעומת זאת בטיפול המודל המרווח ובטיפול המשקי ממוצע פוטנציאל המים היה -1.2 MPa. בהמשך העונה הטיפול המשקי נשאר מועק יותר עם ערכי פוטנציאל מים שלילים יותר לעומת טיפול המודל, אולם אם נשווה את הטיפול המשקי לטיפול המודל המרווח נראה שמתבצע היפוך מגמה וערכי פוטנציאל המים של טיפול המודל המרווח שלילים יותר. ערב הבציר ממוצע פוטנציאל המים בגזע טיפול המודל היה -1.7 MPa, בטיפול המודל המרווח הממוצע היה -1.9 MPa ובטיפול המשקי הממוצע היה -1.8 MPa.

בעונת 2015 הטיפול המשקי נמצא בתחילת העונה בעקה גדולה יותר ביחס לשני טיפולי המודל, אולם במהלך שלב 2 ושלב 3 טיפול המודל נכנס לעקה חריפה יותר ואילו טיפול המודל המרווח לא מבצע היפוך מגמה ולא נכנס לעקה חריפה יותר ביחס לטיפול המשקי. מהלך פוטנציאל המים העונתי בטיפול המודל המרווח וטיפול ההשקיה המשקי היה זהה (איור מס' 20b). במהלך שלב 1 טיפול המודל בעל פוטנציאל מים משופר יותר לעומת טיפול המודל המרווח והטיפול המשקי. במהלך שלב 2 מתבצע היפוך מגמה וטיפול המודל הופך למועק יותר. ערך פוטנציאל המים הממוצע בטיפול המודל במהלך שלב 1 היה -0.76 MPa, בטיפול המודל המרווח ערך פוטנציאל המים הממוצע במהלך שלב 1 היה -0.75 MPa ובטיפול המשקי ערך פוטנציאל המים הממוצע במהלך שלב 1 היה -0.7 MPa. במהלך שלב 2 נמשכת מגמת הירידה בערכי פוטנציאל המים בכלל הטיפולים ולקראת סוף שלב 2 חל היפוך מגמה וטיפול המודל הופך למועק יותר לעומת הטיפול המשקי. בסוף שלב 2 ממוצע פוטנציאל המים בטיפול המודל הוא -1.6 MPa ובטיפול המודל המרווח ובטיפול המשקי ממוצע פוטנציאל המים הוא -1.4 MPa. ממוצע פוטנציאל המים ערב הבציר בטיפול המודל היה -1.85 MPa לעומת -1.6 MPa בטיפול המשקי ובטיפול המודל המרווח.

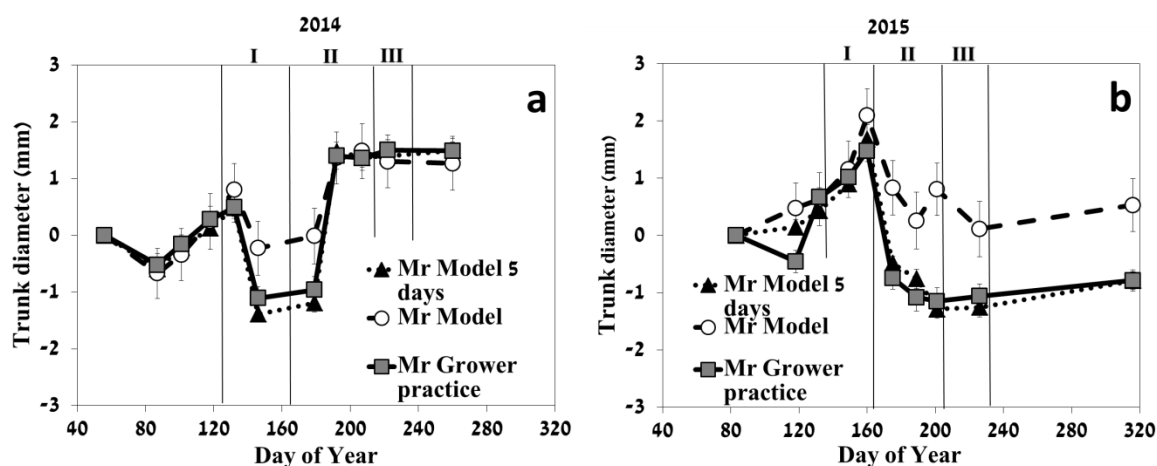


איור מס' 20. מהלך עונתי של פוטנציאל המים בגזע בצהרי היום. כל נקודה מייצגת ממוצע של 12 עלים (ארבע חזרות לטיפול, שלוש גפנים לחזרה). קווי השגיאה האנכיים מייצגים את שגיאת התקן (S.E.) של החזרות (n=4). מרלו, כרם מושב כרמל 2015-2014.

3.3.6 התפתחותו של קוטר הגזע בטיפולים השונים לאורך העונה

בעונת 2014, במהלך שלב 1, קוטרם של הגזעים בכל הטיפולים עולה ב 0.5 מ"מ בממוצע. לאחר מכן חלה ירידה בקוטרם של הגזעים, בטיפול המודל הירידה מתונה יותר ביחס לטיפול המודל המרווח ולטיפול המשקי (איור מס' 21a). במהלך שלב 2 יש עלייה מחודשת בממוצע קוטרם של הגזעים ולאחר מכן, במהלך שלב 3, חלה התייצבות בממוצע קוטרם של הגזעים בכל הטיפולים. בסוף עונת 2014 נוספו כ 1.27 מ"מ בממוצע לקוטרם של הגזעים בטיפולי המודל ו 1.48 מ"מ בממוצע לגזעים בטיפול המשקי.

בעונת 2015, בתחילתו של שלב 1, יש עלייה בקוטרם של הגזעים בכל הטיפולים. העלייה בטיפולים השונים נעה בין עלייה של כ 2 מ"מ בטיפול המודל לעלייה של כ 1.5 מ"מ בטיפול המודל המרווח ובטיפול המשקי (איור מס' 21b). במהלך שלב 2 יש ירידה בממוצע קוטרם של הטיפולים, אולם בטיפול המודל הירידה מתונה יותר. במהלך שלב 3 יש עלייה מתונה בקוטרם הממוצע של הגזעים בכל הטיפולים ובסוף עונת 2015 ממוצע קוטרם של הגזעים בטיפול המודל עלה ב 0.5 מ"מ, ממוצע קוטרם של הגזעים בטיפול המודל המרווח ובטיפול המשקי ירד ב 0.7 מ"מ.

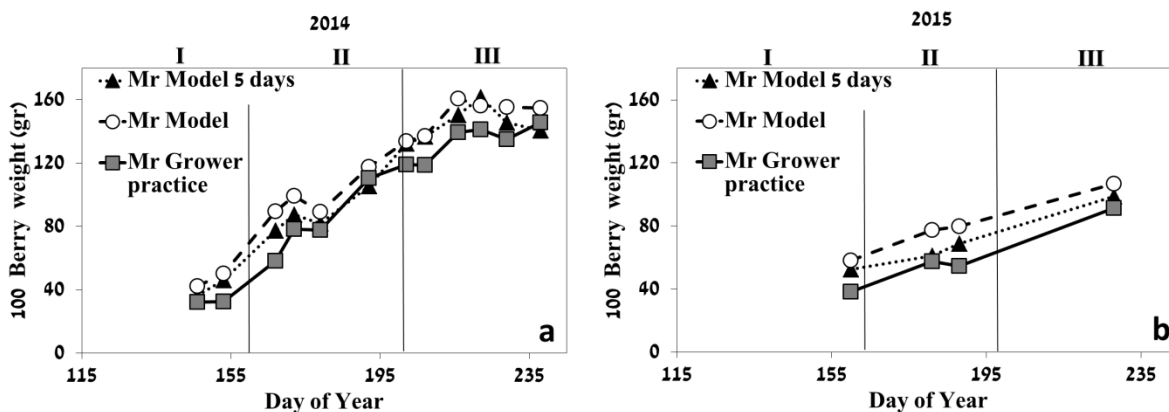


איור מס' 21. מעקב עונתי אחרי התפתחות קוטר הגזע בטיפולים השונים כל נקודה מייצגת ממוצע של 48 גפנים (סך הכל 144 גפנים, 48 גפנים לטיפול, 12 גפנים לחזרה). קווי השגיאה האנכיים מייצגים את שגיאת התקן (S.E.) של החזרות (n=4). מרלו, כרם מושב כרמל 2015-2014.

3.3.7 השפעת הטיפולים השונים על התפתחותו של משקל הגרגר לאורך העונה

בעונת 2014 ניתן לראות את צבירת המשקל בעלת הסיגמואיד הכפול. בעוד שבטיפול המשקי היה עיכוב בצבירת המשקל בתחילתו של שלב 2, בטיפולי המודל חלה ירידה קלה במשקל הגרגר (איור מס' 22a). משקל מאה גרגרים בטיפול המודל בסוף שלב 1 הוא 90 גר', בטיפול המודל המרווח המשקל 77 גר' ובטיפול המשקי 58 גר'. העלייה במשקל הגרגרים נמשכת בשלב 2, אבל בכל הטיפולים יש במהלך שלב 2 ירידה במשקל הגרגרים ואחר כך צבירת המשקל נמשכת. בסוף שלב 2 משקל מאה גרגרים בטיפול המודל הוא 161 גר', בטיפול המודל המרווח המשקל 150 גר' ובטיפול המשקי 139 גר'. במהלך שלב 3 כל טיפול מתנהג בצורה שונה, כאשר בטיפול המודל משקל מאה גרגרים יורד בצורה מתונה עד לבציר שם משקל מאה גרגרים היה 155 גר'. בטיפול המודל המרווח במהלך שלב 3 יש עלייה במשקל מאה גרגרים עד משקל של 162 גר' ואח"כ ירידה חדה במשקל מאה הגרגרים עד שבזמן הבציר משקל מאה גרגרים היה 141 גר'. בטיפול המשקי לקראת הבציר יש עלייה במשקל מאה הגרגרים עד שבזמן הבציר משקל מאה הגרגרים היה 146 גר'.

בעונת 2015 תבנית התפתחות הגרגרים בטיפולים השונים הייתה דומה. משקל מאה גרגרים בטיפול המודל היה גבוה יותר לכל אורך העונה לעומת הטיפולים האחרים, אחריו יש את משקל הגרגרים בטיפול המודל המרווח ולאחר מכן משקל הגרגרים בטיפול המשקי (איור מס' 22b). משקל מאה הגרגרים בסוף שלב 1 בטיפול המודל היה 65 גר', בטיפול המודל המרווח 60 גר' ובטיפול המשקי 45 גר'. במהלך שלב 2 ישנה האטה בקצב עליית המשקל בכלל הטיפולים. בסוף שלב 2 משקל מאה הגרגרים בטיפול המודל הוא 90 גר', בטיפול המודל המרווח 80 גר' ובטיפול המשקי 70 גר'. משקל מאה הגרגרים בבציר היה 107 גר' בטיפול המודל, 99 גר' בטיפול המודל המרווח ו 91 גר' בטיפול המשקי.



איור מס' 22. מהלכים עונתיים של משקל הגרגר בטיפולים השונים. כל נקודה מייצגת את משקלם של מאה גרגרים שנדגמו באופן אקראי מכל טיפול. מרלו, כרם מושב כרמל 2015-2014.

3.3.8 מדדי יבול (בציר ידני)

בעונת 2014 לא נצפו הבדלים מובהקים בין הטיפולים השונים במדדים השונים שנלקחו (טבלה מס' 22).

בעונת 2015 בטיפול המודל יש תוספת משקל של 5% פרי ביחס לטיפול המשקי ובטיפול המודל המרווח יש תוספת משקל של 35% פרי לעומת הטיפול המשקי. בבדיקת משקלם של 100 גרגרים התקבל הבדל מובהק בין טיפול המודל לטיפול המשקי (טבלה מס' 22).

טבלה מס' 22. היבול ומרכיביו. המידע בטבלה מייצג מדידות שנערכו עבור 36 גפנים לטיפול, 108 גפנים בסה"כ. אותיות שונות באנגלית משמעותן היא כי הטיפולים נבדלים זה מזה באופן מובהק על פי מבחן Tukey-Kramer ברמת מובהקות של $p < 0.05$. מרלו, כרם מושב כרמל 2015-2014.

עונה	טיפול	יבול(ק"ג/דונם)	מספר אשכולות לגפן	משקל 100 גרגרים (גר')	משקל אשכול (גר')
2014	מרלו מודל	1240	37	148.7	154.8
	מרלו מודל מרווח	1240	34	139.4	165.3
	מרלו משקי	1220	36	145	153.9
	p-Value	N.S	N.S	N.S	N.S
2015	מרלו מודל	780	32	106.9 A	108.8
	מרלו מודל מרווח	1000	35	98.7 AB	128.0
	מרלו משקי	740	32	91.4 B	103.3
	p-Value	N.S	N.S	<0.0029	N.S

3.3.9 איכות תירוש (בציר ידני)

בעונת 2014 רמת הסוכר ורמת ה pH בשלושת הטיפולים היו דומים וההבדלים לא היו מובהקים סטטיסטית (טבלה מס' 23). בבדיקת הצבע בתירוש התקבלו ערכים קרובים בין הטיפולים השונים (טבלה מס' 23).

בעונת 2015 רמת הסוכר ורמת ה pH בשלושת הטיפולים היו דומים וההבדלים לא היו מובהקים סטטיסטית (טבלה מס' 23). מדדי הצבע בתירוש היו שונים בין הטיפולים, אך לא באופן מובהק (טבלה מס' 23).

טבלה מס' 23. מדדי הבשלה בטיפולי השקיה בחלקת המרלו. המידע בטבלה מייצג מדידות שנערכו עבור 36 גפנים לטיפול, 108 גפנים בסה"כ. אותיות שונות באנגלית משמעותן היא כי הטיפולים נבדלים זה מזה באופן מובהק על פי מבחן Tukey-Kramer ברמת מובהקות של $p < 0.05$. מרלו, כרם מושב כרמל, 2014-2015.

עונה	טיפול	TSS (°Brix)	pH	צבע בתירוש (518 nm)
2014	מרלו מודל	26	3.46	9.5
	מרלו מודל מרווח	26	3.61	9.5
	מרלו משקי	26.4	3.51	9.3
	p-Value	N.S.	N.S.	N.S.
2015	מרלו מודל	25.9	3.3	10.1
	מרלו מודל מרווח	25.6	3.3	8.8
	מרלו משקי	25.1	3.4	9.1
	p-Value	N.S.	N.S.	N.S.

3.3.10 מדדי יבול ותירוש (בציר מכני)

בעונת 2014 לא היה בציר נפרד של הטיפולים השונים בגלל אילוצים טכניים של היקב כך שאין בידנו את נתוני המשקל עבור כל טיפול. לא ניכר שהיה הבדל משמעותי ברמת הסוכר, pH ו TA בין הטיפולים השונים (טבלה מס' 24).

בעונת 2015 בטיפול המודל יש תוספת משקל של 9% לעומת הטיפול המשקי ובטיפול המודל המרווח יש תוספת משקל של 32% לעומת הטיפול המשקי (טבלה מס' 24). תוצאות הבציר דומות מאוד לתוצאות שהתקבלו בהערכת היבול בבציר הידני (טבלה מס' 22). לא ניכר שהיה הבדל משמעותי ברמת הסוכר, pH ו TA בין הטיפולים השונים (טבלה מס' 24).

טבלה מס' 24. מדדי יבול והבשלה, בטיפולי השקיה בחלקת המרלו. המידע בטבלה נלקח מנתונים שנמדדו על ידי יקב יתיר. מרלו, כרם מושב כרמל, 2014-2015.

עונה	טיפול	יבול (ק"ג/דונם)	TSS (°Brix)	pH	TA (g/l)
2014	מרלו מודל	-	25.4	3.6	5.8
	מרלו מודל מרווח	-	25.9	3.5	6.0
	מרלו משקי	-	25.4	3.6	5.4
2015	מרלו מודל	820	26.7	3.9	5.2
	מרלו מודל מרווח	990	26.1	4.0	5.3
	מרלו משקי	750	26.6	4.0	4.8

3.3.11 השפעת הטיפולים על אנטומיה פונקציונאלית

גזע

ממוצע קוטרם של חוליות הטרכיאה הגדולות בשני הטיפולים נע בין $155-165 \mu\text{m}$. ממוצע קוטרם של חוליות הטרכיאה בטיפול המודל גבוה יותר, אולם ההבדל אינו מובהק סטטיסטית (טבלה מס' 25). קוטרם של חוליות הטרכיאה הקטנות בעל ערכים דומים בשני הטיפולים. בטיפול המודל למעלה מ-18% מהמוליכות ההידראולית נובעת מקבוצות הטרכיאות שקוטרם גבוה מ- $240 \mu\text{m}$ ובטיפול המשקי רק 7% מהמוליכות ההידראולית מתרכזת בקבוצות אלו (איור מס' 23a). קבוצות חוליות הטרכיאה בעלות הקוטר הקטן היוו פחות מ-4% מסך המוליכות ההידראולית הכללית בשני הטיפולים. רוחב הטבעת השנתית ושטח הטבעת השנתית גבוהים יותר בטיפול המודל באופן מובהק וכפועל יוצא מוליכות המים התיאורטית בטיפול המודל כפולה מהולכת המים בטיפול המשקי.

טבלה מס' 25. מדדים אנטומיים בטיפולי ההשקיה השונים. הנתונים מייצגים מדידות שבוצעו בחתכי רוחב בגזע, עבור 3 גפנים לחזרה, 12 גפנים לטיפול, 24 גפנים ו 4,376 חוליות טרכיאה בסה"כ. אותיות שונות באנגלית משמעותן היא כי הטיפולים נבדלים זה מזה באופן מובהק על פי מבחן Student's *t* ברמת מובהקות של $p < 0.05$. מרלו, כרמל, 2012-2014.

מוליכות מים תיאורטית כוללת לטבעת שנתית ($\text{kg}\cdot\text{m}\cdot\text{MPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$)	שטח טבעת שנתית (mm^2)	רוחב טבעת שנתית (μm)	קוטר טרכיאות "קטנות" ($<100 \mu\text{m}$) ממוצע (μm)	קוטר טרכיאות "גדולות" ($>100 \mu\text{m}$) ממוצע (μm)	זן
0.02 A	113.3 A	1050 A	27	166	מרלו מודל
0.01 B	82.4 B	807 B	26	155	מרלו משקי
<0.0334	<0.0012	<0.0342	N.S.	N.S.	<i>p</i> -Value

זמורות

ממוצע קוטרם של חוליות הטרכיאה בשני הטיפולים נע בין $58 - 69 \mu\text{m}$. ממוצע קוטרם של חוליות הטרכיאה בטיפול המודל נמוך יותר באופן מובהק (טבלה מס' 26). קוטרם של חוליות הטרכיאה הקטנות שונה באופן מובהק בין הטיפולים השונים כאשר קוטרם של חוליות הטרכיאה הקטנות בטיפול המודל בעלות ממוצע קוטר קטן יותר מחוליות הטרכיאה הקטנות בטיפול המשקי. גם בזמורות בדומה לגזע יש השפעה על קבוצת הגודל של חוליות טרכיאה שקוטרם מעל $120 \mu\text{m}$, בעוד שבטיפול המודל למעלה מ 16% מהמוליכות ההידראולית מתבצעת בקבוצת הטרכיאות שקוטרם גבוה מ $120 \mu\text{m}$, בטיפול המשקי רק 10% מהמוליכות ההידראולית מתרכזת בקבוצה זו (איור מס' 23b). קבוצות חוליות הטרכיאה בעלות הקוטר הקטן היוו פחות מ 2% מסך המוליכות ההידראולית הכללית.

טבלה מס' 26. מדדים אנטומיים בטיפולי ההשקיה השונים. הנתונים מייצגים מדידות שבוצעו בחתכי רוחב בזמורות, עבור 3 גפנים לחזרה, 12 גפנים לטיפול, 24 גפנים ו 23,136 חוליות טרכיאה בסה"כ. אותיות שונות באנגלית משמעותן היא כי הטיפולים נבדלים זה מזה באופן מובהק על פי מבחן Student's ברמת מובהקות של $p < 0.05$. מרלו, כרם מושב כרמל, 2012-2014.

מוליכות מים תיאורטית לזמורה ($\text{kg}\cdot\text{m}\cdot\text{MPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$)	שטח רקמת עצה (mm^2)	קוטר עיגול עצה (mm)	קוטר טרכיאות "קטנות" ($<30\ \mu\text{m}$) ממוצע (μm)	קוטר טרכיאות "גדולות" ($>30\ \mu\text{m}$) ממוצע (μm)	זן
0.0006	0.025 A	6.3	12 B	58	מרלו מודל
0.0005	0.022 B	6.1	14 A	69	מרלו משקי
N.S.	<0.0327	N.S.	<0.0022	<0.0001	p-Value

פטורות

צורות גדולים

מניתוחם של צורות ההובלה הגדולים לא נמצאו הבדלים מובהקים בין הטיפולים השונים (טבלה מס' 27). התפלגותם של חוליות הטרכיאה בצורות הגדולים בפטורות דומה (איור מס' 23c)

טבלה מס' 27. מדדים אנטומיים בטיפולי ההשקיה השונים. הנתונים מייצגים מדידות שבוצעו בחתכי רוחב בפטורות בצורות ההובלה הגדולים, עבור 3 גפנים לחזרה, 12 גפנים לטיפול, 24 גפנים ו 4,573 חוליות טרכיאה בסה"כ. אותיות שונות באנגלית משמעותן היא כי הטיפולים נבדלים זה מזה באופן מובהק על פי מבחן Student's ברמת מובהקות של $p < 0.05$. מרלו, כרם מושב כרמל, 2012-2014.

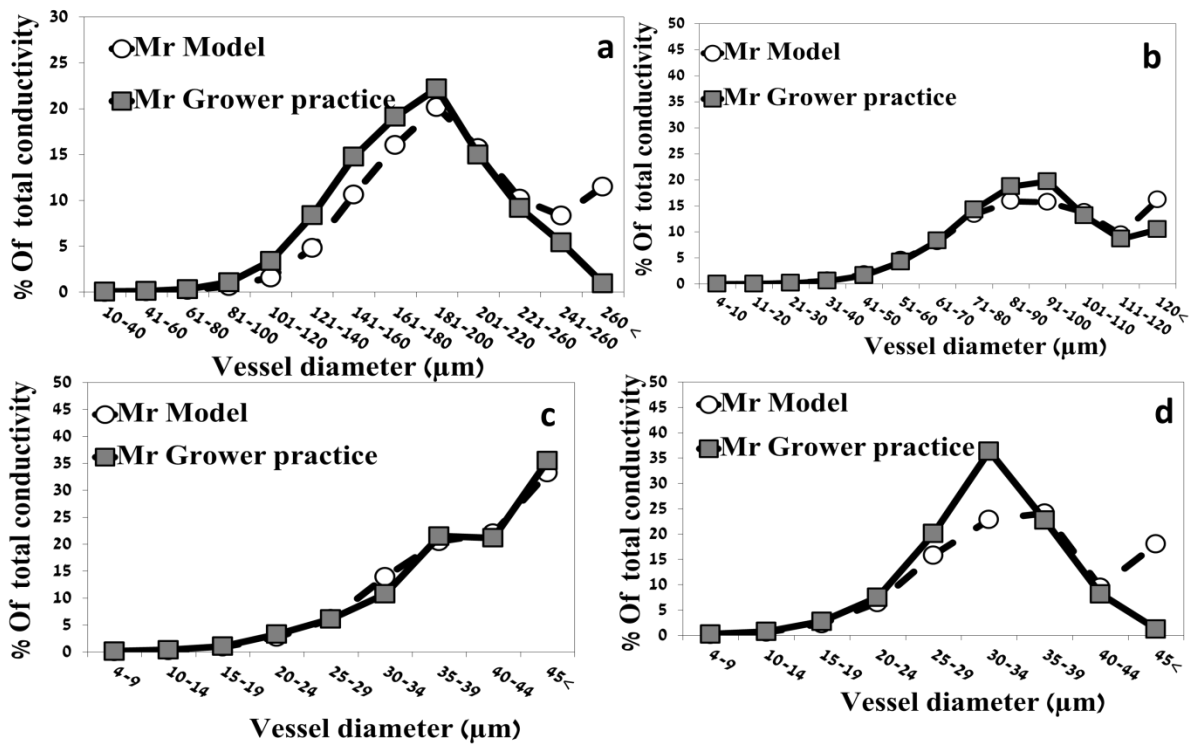
הולכת מים תיאורטית כוללת לצורר ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{MPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$)	שטח הצורר (mm^2)	קוטר טרכיאות "קטנות" ($<15\ \mu\text{m}$) ממוצע (μm)	קוטר טרכיאות "גדולות" ($>15\ \mu\text{m}$) ממוצע (μm)	זן
$1.0 \cdot 10^{-6}$	1.2	7	31	מרלו מודל
$1.0 \cdot 10^{-6}$	1.1	8	30	מרלו משקי
N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	p-Value

צורות קטנים

מניתוחם של צורות ההובלה הקטנים לא נמצאו הבדלים מובהקים בין הטיפולים השונים (טבלה מס' 28), אולם ניתן להבחין בהתפלגות שונה מאוד של ממוצע קוטרם של חוליות הטרכיאה (איור מס' 23d).

טבלה מס' 28. מדדים אנטומיים בטיפול ההשקיה השונים. הנתונים מייצגים מדידות שבוצעו בחתכי רוחב בפטוטרות בצרורות ההובלה הקטנים, עבור 3 גפנים לחזרה, 12 גפנים לטיפול, 24 גפנים ו 2,374 חוליות טרכיאה בסה"כ. אותיות שונות באנגלית משמעותן היא כי הטיפולים נבדלים זה מזה באופן מובהק על פי מבחן Student's ברמת מובהקות של $p < 0.05$. מרלו, כרם מושב כרמל, 2014-2012.

הולכת מים תיאורטית כוללת לצור ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{MPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$)	שטח הצרור (mm^2)	קוטר טרכיאות "קטנות" ($<15 \mu\text{m}$) ממוצע (μm)	קוטר טרכיאות "גדולות" ($>15 \mu\text{m}$) ממוצע (μm)	זן
$2.4\cdot 10^{-7}$	0.20	8	27	מרלו מודל
$1.8\cdot 10^{-7}$	0.20	7	26	מרלו משקי
N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	p-Value



איור מס' 23. אחוז המוליכות ההידראולית המחושבת של טרכיאות מקבוצות הקוטר השונות. האיור מציג חישוב של מוליכות הידראולית עבור חוליות הטרביאה, כפי שנמדדו בטיפול ההשקיה השונים בגזע (a), בזמורות (b), בפטוטרות בצרורות ההובלה הגדולים (c) ובפטוטרות בצרורות ההובלה הקטנים (d). מרלו, כרם מושב כרמל, 2014-2012.

4.1 בחינת שימוש במדדים צמחיים לבקרת משטר ההשקיה

השפעת הטיפולים השונים על ההתפתחות הפנולוגית: במחקרי השקיה שונים שנעשו בגפן יין לא נצפו הבדלים משמעותיים במועדים הפנולוגיים השונים (Romero *et al.* 2010; Keller *et al.* 2008). גם בניסוי הנוכחי לא נצפו הבדלים משמעותיים במועדים הפנולוגיים השונים בין הטיפולים השונים בזנים השונים. זמני הבלבוב, הגעה לשלב האשכול הצפוף והבוהל היו זהים בין הטיפולים בזנים השונים למעט מועד הבציר בזן קברנה סוביניון. בעונת 2014 בזן קברנה סוביניון הטיפול המשקי נבצר מוקדם יותר לעומת טיפול המודל, אולם בעונת 2015 טיפול המודל נבצר מוקדם יותר. יתכן והסיבה לבציר המאוחר של הטיפול המשקי בעונת 2015 קשורה למזג האוויר הקיצוני ששרר בסוף העונה סמוך למועד הבציר. סוף עונת 2015 התאפיינה במזג אוויר קיצוני עם טמפי גבוהות גם בלילות ונראה שהייתה לכך השפעה על הטיפול המשקי שהתקשה להגיע להבשלה. יתכן והקשיים בהבשלה נובעים מכך שהזן קברנה סוביניון מבשיל מאוחר יחסית לזנים האחרים (שיראז ומרלו) ולכן נראה שתופעות אקלימיות ישפיעו עליו יותר (את עיכוב ההבשלה ניתן היה לראות גם בזנים אחרים שמבשילים מאוחר ולא השתתפו בניסוי, אולם מושקים בשיטה המשקית).

מקדמי השקיה ומנות מים: מקדמי ההשקיה (K_s) שנבחנו בניסוי היו ET_c 50% מהחנטה ועד להגעה לאשכול צפוף (Stage I), ET_c 20% מאשכול צפוף ועד 99% בוהל (Stage II) ו ET_c 20% משלב האשכול הצפוף ועד לבציר (Stage III). מקדמי ההשקיה שנבחנו מצויים בטווח מקדמי ההשקיה שנבחנו בניסויי שדה שונים שנערכו ברחבי העולם בהשקיית חסר בגפן יין (Romero *et al.* 2007; Chaves *et al.* 2008; Chalmers *et al.* 2012; 2010). טווח מנות המים העונתיות שהתקבלו בטיפולי ההשקיה השונים עמד על 110-200 מ"מ (טבלאות מס' 3,12,21). מלבד ההבדל בפיוזר המים לאורך העונה ישנו גם הבדל משמעותי בכמויות המים שניתנו לאורך העונה (טבלאות מס' 3,12,21). כמויות המים בטיפולי המודל היו גבוהות בכ 35% בממוצע מכמויות המים שניתנו בטיפול המשקי. בטיפולי המודל, למעלה מ 52% מכמות המים השנתית הממוצעת ניתנה במהלך שלב 1, לעומת כמות מים ממוצעת של 33% מכמות המים השנתית שניתנה בטיפול המשקי. כפי שניתן לראות בפרק התוצאות, השינויים במקדמי ההשקיה הובילו לתגובות שונות במדדים השונים (פוטנציאל מים, קיבוע פחמן, מוליכות פיוניות, כמות פרי, איכות יין וכו'). מלבד השינויים במדדים הפיזיולוגיים ניתן היה להבחין בשינויים ויזואליים שנגרמו כתוצאה מהשינוי של מקדמי ההשקיה. מהתוצאות ניתן להבחין שהזנים השונים הגיבו באופן שונה לשינויים במקדמי ההשקיה. בעוד שבזן שיראז התגובות לשינוי מקדם ההשקיה ולכמויות המים הגבוהות יותר בטיפול המודל היו בולטות ומהירות, בזנים קברנה סוביניון ומרלו התגובות לשינוי המקדם ולכמויות המים הגבוהות בטיפול המודל היו מתוננות ואיטיות יותר. בהמשך הדיון נעלה מספר השערות, מבוססות על נתונים, לתגובות השונות של הזנים השונים לטיפול המודל.

אינדקס שטח העלווה: ערכי אינדקס שטח העלווה (LAI) שנמדדו בניסוי נמוכים מערכים שנמדדו בניסויים אחרים בגפני יין באתרים הסמוכים לאזור יער יתיר (Cohen *et al.* 2000; Ben-Asher *et al.* 2006). הערכים שהתקבלו בניסוי הנוכחי נמוכים גם מערכים שנמדדו באזורים יובשניים אחרים בעולם בתנאי גידול דומים (Herreo-Langreo *et al.* 2013; Carrasco-Benavides *et al.* 2012). ניתן להבחין כי במהלך שתי העונות מהלך התפתחות העלווה דומה (איורים מס' 6, 14, 19), בתחילת העונה (שלב 1 ותחילתו של שלב 2) יש עלייה בשטח העלווה ולאחר מכן חלה התייצבות. בבחינת המהלך העונתי ניתן להבחין בטיפולים האגרנטים השונים שנעשים לאורך העונה כגון קיטומים, שילוב חוטים, חילונים וכו' המשפיעים על שטח העלווה לאורך העונה (איורים מס' 6, 14, 19). למרות שהטיפולים האגרנטים השונים בוצעו בצורה אחידה בכל הטיפולים, בטיפול המודל נמדדה בכל שנות הניסוי ובכל הזנים עלוה מפותחת יותר בהשוואה לטיפול המשקי. בזנים שיראז וקברנה סוביניון ההבדלים בין הטיפולים לאורך העונה היו משמעותיים (איור מס' 6, 14). בזן מרלו ההבדל בשטח העלווה בין הטיפולים היה קטן יותר וסביר להניח שהגורם לכך הוא היותו של הזן מרלו בעל צימוח חלש באופן יחסי לזנים שיראז וקברנה סוביניון (איור מס' 19). יתכן וההסבר לכך נעוץ במערכת ההידראולית המוגבלת יחסית של זן זה (הסבר מפורט ייתן בפרק האנטומי של הדיון). שטח העלווה בטיפולי המודל ממשיך להישאר גבוה יותר לכל אורך העונה וכנראה הסיבה לכך היא שעיקר הצימוח הוגטטיבי מתפתח בעיקר במהלך שלב 1 בו כמויות המים המיושמות גבוהות יחסית מה שמוביל לזמינות מים משופרת לצמח ולהתפתחות גדולה יותר של עלווה. הגפנים שהושקו בטיפול המשקי מקבלים בתחילת העונה מנות מים מוקטנות וברוחי השקיה גדולים מאוד מה שמגביל את יכולתם לפתח עלווה משמעותית (טבלאות מס' 3, 12, 21). בשנים האחרונות, עקב הפיתוחים הטכנולוגיים, מדדים עקיפים דוגמת אינדקס שטח העלווה (LAI) מחליפים את משקל הגזם כמדד לצימוח הוגטטיבי העונתי. החשיבות במדידת שטח העלווה גדולה מכיוון שמדד זה הינו דינאמי ונותן לנו את האפשרות להתאים את צריכת המים האופטימלית עבור הגפנים לאורך העונה בהתאם לשלבי הצימוח השונים ולטיפולים האגרנטים. ישנן מספר שיטות בלתי הרסניות למדידת גודל הנוף של הגפנים, וביניהם: מכשיר ה- Sunscan (Netzer *et al.* 2009), מכשיר ה- Licor LAI-2000 (Picón-Toro *et al.* 2012) ושימוש בחישה מרחוק עם מדד ה- NDVI (Johnson *et al.* 2003). בעבודה הנוכחית התוצאות שנמדדו בעזרת מכשיר ה- Sunscan הושוו לשיטות הרסניות שבוצעו בעזרת סורק עלווה (Licor 3100). מהשוואה זו התקבל מתאם חזק שמצביע על אמינות גבוהה של המכשיר ($R^2 = 0.91$, $n = 34$, איור מס' 4).

משקל גזם: בדיקת משקלן של הזמורות בסוף עונת הגידול מהווה מדד נוסף שמאפשר לנו לבחון את התפתחותם הוגטטיבית של הגפנים (Romero *et al.* 2012). משקל הגזם שהתקבל בזנים השונים דומה למשקל הגזם שנמדד באזורים שונים בארץ ובעולם בכרמים המיועדים לייצור יין ברמת פרימיום באזורים צחיחים וצחיחים למחצה (Keller *et al.* 2008; דותן 2015). ככלל, טיפול המודל הוביל למשקל גזם גבוה יותר, דבר המעיד על צימוח ווגטטיבי משופר לעומת גפני טיפול המודל, אולם לא בכל הזנים ההבדל שהתקבל היה מובהק.

פוטנציאל מים: פוטנציאל מים הוא מדד רגיש מאוד למשק המים של הצמח (Choné *et al.* 2001), אחת הדרכים להעריך אותו היא באמצעות מדידה של פוטנציאל המים בגזע בצהרי היום (Naor 2000; Keller 2008). בבחינת המגמות שהסתמנו במשך שתי עונות המחקר בזנים השונים, עולה שתבנית מדידות פוטנציאל המים לאורך העונה היו דומות. בכל הזנים ניתן להבחין שבטיפול המודל פוטנציאל מים משופר יותר בתחילת העונה ולאחר מכן, במהלך שלב 2 או במהלך שלב 3, מתבצע היפוך מגמה וטיפול המודל הופך להיות עם ערכי פוטנציאל מים שלילים יותר (איורים מס' 20,15,7). טיפולי ההשקיה הגיעו לערכי פוטנציאל מים בגזע הנמוכים מ -1.4 MPa, הנחשב כערך הסף לעקת מים חריפה (Romero *et al.* 2010; Van Leeuwen *et al.* 2009). טיפולי המודל מתחילים את העונה כאשר פוטנציאל המים משופר יותר לעומת גפנים שהושקו בטיפול המשקי. עם התקדמות העונה ושינוי מקדם ההשקיה בתחילת שלב 2 מ 0.5 ל 0.2 , מתחילים להבחין בהתקרבות בין הטיפולים עד הגעה למצב שטיפול המודל נמצא במצב מועק יותר ביחס לטיפול המשקי (איורים מס' 20,15,7). לאחר מכן במהלך שלב 2 או בתחילתו של שלב 3 מתבצע היפוך מגמה וטיפול המודל בזנים השונים נכנסים לעקה חריפה יותר לעומת הגפנים שהושקו בטיפול המשקי (איורים מס' 20,15,7). יש הבדל בין העונות השונות בזמן היפוך המגמה, בעוד שבעונת 2014 היפוך המגמה התבצע בעיקר במהלך שלב 3, בעונת 2015 היפוך המגמה התרחש בשלב 2, יתכן והסיבה לכניסה המוקדמת לעקה בעונת 2015 היא מזג האוויר הקיצוני ששרר באותה תקופה. היפוך המגמה בו טיפול המודל הופך להיות מועק יותר, עשוי לנבוע מכך שבהשפעת טיפולי המודל שטחי העלווה של הגפנים גדולים יותר (איור מס' 19,14,6) דבר המוביל לדיות (טרנספירציה) גבוה יותר (במיוחד בזנים שהוגדרו איזוהידידים). הסבר נוסף שיכול לזרוע אור על הסיבה לכניסה לעקה חריפה יותר בגפנים שטופלו בהשקיית מודל היא התפתחות מערכת הידראולית משופרת בגזע עם רוחב טבעת שנתית גדול יותר, שטח טבעת שנתית גדול יותר וצינורות טרכיאה בעלות קוטר רחב (טבלאות מס' 25,17,8). במצב של עקת מים חוליות טרכיאה אלו יוצאות משימוש ונכנסות למצב של קוויטציה ואמבוליה (Chouzouri and Schultz 2005; Lo Gullo and Salleo 1991). התפתחותם של חוליות הטרכיאה וטרכאידיים מתרחשת בעיקר במהלך שלב 1 בו יש פעילות קמביאלית ענפה (De Luis *et al.* 2007; Bernstein and Fahn 1960). מנות המים בטיפול המודל בזנים השונים היו גבוהות יותר בתחילת העונה (טבלאות מס' 21,12,3) ויתכן שההשקיה המיטבית במהלך שלב 1 גרמה ליצירתן של חוליות טרכיאה רחבות יותר (טבלאות מס' 25-28,17-20,8-11) מה שככל הנראה הוביל בשלבים מאוחרים יותר לעקת מים חריפה יותר. השפעת הטיפולים על מדדי אנטומיה יפורטו בהמשך.

שינויים בקוטר גזע: התבנית העונתית של העלייה בקוטר הגזע שהתקבלה במדידה הידנית דמתה לתבניות הגידול שהתקבלו במחקרים אחרים בהם בוצע מעקב אחר השתנות קוטר הגזע במהלך העונה בגפני יין (Ton and Kopyt 2004; Myburgh 1996). זמן גדילתם של הגזעים תואם את זמן הפעילות של הקמביום כפי שמתואר במחקרים אחרים בצמחים שונים באזורי אקלים ים תיכוני וצחיח למחצה (De Luis *et al.* 2007; Bernstein and Fahn 1960). גדילתם של הגזעים התבצעה ברובה המכריע במהלך שלב 1 והסתיימה בתחילתו של שלב 2. הגדילה נמשכה כ $60-80$ ימים. במהלך הניסוי היו זנים בהם ניכר הבדל מהותי בין טיפולי המודל לטיפול המשקי, אך תבנית

ההשתנות העונתית הייתה דומה: עלייה בקוטר הגזע במהלך שלב 1, התכווצות קלה בקוטר הגזע במהלך שלב 2 ואח"כ התייצבות של קוטר הגזע או עלייה קלה נוספת בקוטר הגזע (איורים מס' 21,16,8). יש עונות בהם טיפול המודל סיים את העונה עם גדילה שנתית נמוכה יותר מהטיפול המשקי, אולם לרוב הפער במצב הנ"ל לא משמעותי. יש קושי לאבחן מה בדיוק גורם להתכווצות הגזעים במהלך שלב 2 מכיוון שיש קושי להפריד ולמדוד את תרומתה של העצה, השיפה והסות החיצוני באופן פרטני (Sevanto *et al.* 2011).

בעונת 2015 הותקנו דנדרומטרים בטיפולי חלקת השיראז. מניתוח תוצאות הדנדרומטרים ניתן לראות את אותה התבנית של התפתחות הגזע שהתקבלה במדידה הידנית (איורים מס' 8,9b). תבנית הגדילה שהתקבלה זהה לתבנית הגדילה שמתוארת במחקרים נוספים בהם מדדו גדילת גזע בגן באמצעות דנדרומטרים (Ton and Kopyt 2004; Netzer *et al.* 2014; הראש 2015). ישנו דיון על מקור הירידה בקוטרם של הגזעים, האם מדובר בירידה שנגרמת כתוצאה מירידה בנפחם של תאי השיפה או לחילופין מקור הירידה בקוטר של העצה הנובע מירידה במוליכות ההידראולית ולהתכווצות של חוליות הטרכיאה או של תאי פרנכימת העצה (Sevanto *et al.* 2011). על פי נתוני הדנדרומטרים אין הבדל מהותי בגדילה השנתית בין הטיפולים השונים (איור 9), אולם במדידה הידנית שנערכה במקביל באותה עונה, עולה שיש הבדל מהותי בין הגדילה בטיפול המודל לעומת הגדילה בטיפול המשקי (איור מס' 8b). הסבר לתוצאות הללו יכול להיות נעוץ בכך שהדנדרומטרים הותקנו רק על שמונה עצים (4 עצים בטיפול המודל ו 4 עצים בטיפול המשקי) בעוד המדידות הידניות בוצעו על 90 עצים (45 עצים בטיפול המודל ו 45 עצים בטיפול המשקי). יתכן וניתן להסיק מכך שאם יש רצון להשתמש בדנדרומטרים עבור ניסויים (ולא רק עבור מעקב יומי של התכווצות הגזע) יש צורך בכמות גדולה יותר של דנדרומטרים על מנת להגיע לרזולוציות מתאימות עבור הניסוי.

מהלכי פיזיולוגיה יומיים: מדידות קצב קיבוע הפחמן, מוליכות הפיוניות ופוטנציאל המים בגזע התבצעו בחלקת השיראז בסוף כל שלב פנולוגי. ניתן לתאר את **המגמה העונתית** שהתקבלה בניסוי כקו לינארי יורד, כאשר ערכי קצב הקיבוע ומוליכות הפיוניות בשני הטיפולים היו גבוהים יותר בתחילת העונה בסוף שלב 1, ומשם נמשכה מגמת ירידה לאורך שלב 2 ושלב 3 (איורים מס' 11,10). הערכים שנמדדו בניסוי, קצב קיבוע הפחמן ($5-15 \mu\text{mol CO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$) ומוליכות הפיוניות ($\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ $100-250 \text{ H}_2\text{O}$), דומים לערכים שהתקבלו באתרים אחרים בעולם בניסויי השקיה עם מקדמי השקיה דומים למקדמי ההשקיה בהם נעשה שימוש בניסוי (Williams 2012; Romero *et al.* 2009; Intrigliolo and Castel 2010). מבחינת **המהלך היומי** ניתן לראות שבשעות הבוקר (07:00-09:00), התקבלו ערכי קיבוע פחמן ומוליכות פיוניות גבוהים יחסית ולאחר מכן חלה ירידה בערכי קיבוע הפחמן (איורים מס' 11,10), לרוב ניתן היה לראות שיפור קל בקצב קיבוע הפחמן ומוליכות הפיוניות בשעות אחר הצהריים (00:17). המהלך היומי שהתקבל במדידות בסוף שלב 1 שונה מהמלכים היומיים שנמדדו בניסויים שונים בגפנים בארץ בהם התקבל מהלך יומי דמוי פרבולה כאשר בצהרי היום מתקבלים ערכי קצב קיבוע גבוהים יותר מאשר הערכים שנמדדו בבוקר (הראש 2016; מוניץ 2013; בהט 2012). במהלך ימי הפיזיולוגיה ניתן היה לעקוב בצורה טובה אחרי

השינויים הפיזיולוגיים לאורך העונה בעקבות שינוי מקדמי ההשקיה. לאורך שתי העונות התוצאות שהתקבלו היו דומות. ניתן להבחין כיצד בסוף שלב 1 כל הפרמטרים שנמדדו (מוליכות פיוניות, קצב קיבוע פחמן ופוטנציאל המים בגזע) הצביעו על יתרון לטיפול המודל, פוטנציאל המים היה משופר, קצב קיבוע הפחמן ומוליכות הפיוניות היו גבוהים יותר באופן מובהק לאורך כל שעות היממה (איורים מס' 10, 11). במהלך שלב 2 חלה התקרבות בין הטיפולים כך שבמדידות שנערכו בסוף שלב 2 כמעט שאין הבדל בין הטיפולים מה שמעיד על היעילות של שינוי מקדם ההשקיה. בסוף שלב 3 ערב הבציר ניתן לראות שטיפול המודל מועק יותר לעומת הטיפול המשקי (איורים מס' 10, 11). במחקרים שונים קיים דיון לגבי הזמן האידאלי במהלך היום בו ישנן קורלציות טובות בין הפרמטרים השונים (Baeza et al. 2007) בניסוי הנוכחי הקורלציות שהתקבלו בין המדדים הפיזיולוגיים מעידות על התאמה טובה מאוד בין הפרמטרים שנמדדו (איור מס' 12). בשני הטיפולים, הקשרים בין הפרמטרים בשעות הבוקר (10:00) היו חלשים יותר ביחס לקורלציות שבוצעו בנתוני המדידות המאוחרות יותר (14:00 ו 16:00). כמו כן ניתן לראות באופן גורף שהקורלציות בטיפול המודל בעלות מתאם גבוה יותר (איור מס' 12). מבדיקה של קצב קיבוע פחמן כתלות במוליכות הפיוניות ניתן לראות שטיפול המודל הגיע לערכים גבוהים יותר ביחס לטיפול המשקי (איור מס' 12). מבדיקה של מוליכות הפיוניות כתלות בפוטנציאל המים ניתן לראות שהגפנים בטיפול המודל, בערכי פוטנציאל מים מקבילים לערכי פוטנציאל מים בטיפול המשקי, היו עם פיוניות פתוחות יותר וקצב קיבוע הפחמן גבוה יותר לעומת הגפנים בטיפול המשקי. ניתן להתרשם כי בשעות הבוקר הפער במוליכות הפיוניות בין טיפול המודל לטיפול המשקי גבוה יותר ובמהלך היום הפער בין הטיפולים מצטמצם עד שבמדידה האחרונה (18:00) הפער כמעט ואינו ניכר (איור מס' 12). יתכן וניתן להסביר תופעה זו באמצעות התוצאות שהתקבלו מניתוח מוליכות המים התיאורטית (טבלה מס' 8), מכיוון שמוליכות המים התיאורטית גבוהה יותר בעצת הגזע בטיפול המודל, במהלך היום עם עליית ה-VPD והתגברות קצב הדיות הפערים בין הטיפולים מצטמצמים. סגירת הפיוניות היא אחד מהתהליכים הראשונים המתרחשים בעת עקת יובש (Intrigliolo and Castel 2007; Cifre et al. 2005), ולכן המגמות שהתקבלו ממדידת מוליכות הפיוניות וקצב קיבוע הפחמן תואמות את המגמות שהתקבלו במדידת פוטנציאל המים באותם ימי מדידה, כפי שניתן לראות במתאם הקושר בין פוטנציאל המים לבין מוליכות הפיוניות וקצב קיבוע הפחמן (איור מס' 12). יצויין כי היחס בין פוטנציאל המים למוליכות משמש כמדד לעוסקים במגמות פיסיולוגיות כגון איזוהידריות ואנאיזוהידריות (Schultz 2003).

4.2 בחינת השפעת המודל על איכות וכמות היבול והיין

התפתחות הגרגרים: מהספרות עולה שגרגרי הענבים מתפתחים על פי תבנית בעלת סיגמואיד כפול (איור מס' 2), כאשר בשלב הראשון של צבירת המשקל (שלב 1) מעבר המים לגרגר מתבצע דרך העצה ובשלב השלישי (לאחר הבוחל) צבירת המשקל מתבצעת ע"י הסעת מומסים באמצעות השיפה (Zarrouk et al. 2012; Kennedy 2002; Coombe and McCarthy 2000). ישנם זנים (כגון שיראז) בהם העלייה בריכוז הסוכר (המבוטא ביחידות של מעלות Brix^o) בסוף שלב 3 אינה נובעת רק מצבירה אקטיבית של סוכר בגרגר אלא נובעת בעיקר מהתכווצות גרגרים ומעלייה פאסיבית

בריכוז הסוכר (Kennedy 2002). בניסוי הנוכחי עקבנו אחרי התפתחות הגרגר לאורך העונה על מנת לצפות האם טיפולי ההשקיה הובילו לתבנית התפתחות שונה. לרוב, טיפולי המודל בזנים השונים היו בעלי משקל גרגר גבוה יותר לאורך העונה. תבנית הגדילה הסיגמואידית הופיעה ברוב הזנים (למעט טיפול המודל בזן שיראז בעונת 2014) בטיפולים השונים ובעונות השונות (איורים מס' 13,17,22).

במחקרי השקיה בזן שיראז בהם הוצגו נתונים על התפתחותו של הגרגר נראה שיש השפעה של טיפולי ההשקיה השונים לאורך העונה. מהמחקרים עולה שככל שמנות המים היו קטנות יותר כך משקל הגרגר לאורך העונה היה קטן יותר. כמו כן ניתן לראות את תבנית הגדילה הסיגמואידית שמאפיינת את התפתחות הגרגר (Ollé 2011; McCarthy 1997). בניסוי הנוכחי טיפול המודל לאורך העונה היה עם משקל גרגר גבוה יותר, אולם במהלך שלב 3 נמדדו פערים קטנים יותר בין הטיפולים (איור מס' 13). בעונת 2014 היה ניתן לראות שהגרגרים בטיפול המשקי עולים במשקלם על ממוצע משקלם של גרגרים מטיפול המודל. תבנית הגדילה בעונת 2014 בטיפול המשקי הייתה שונה מהמקובל בספרות שכן לא התקבלה התפתחות סיגמואידית כפולה של הגרגרים אלא נצפתה עלייה רציפה (איור מס' 13a), אולם התופעה לא חזרה על עצמה בעונת 2015 (איור מס' 13b) כך שקשה להעריך האם מדובר בתגובה ישירה להשקיית המודל או בתוצאה יוצאת דופן.

במחקרים שעסקו בהשפעת טיפולי השקיה על גרגרים בזן קברנה סוביניון נראה שיש השפעה על התפתחות הגרגר לאורך העונה, בטיפולים בהם כמות המים הייתה גבוהה נמדד משקל גרגרים גבוה יותר. תבנית ההתפתחות המתוארת הינה סיגמואידית (Shellie 2011; Keller et al. 2008). גם בניסוי הנוכחי משקלו של הגרגר בטיפול המודל היה גבוה יותר לאורך העונה (איור מס' 17). תבנית הגדילה שהתקבלה במהלך שתי העונות הייתה סיגמואידית (איור מס' 17).

במחקרים שעסקו בבחינת השפעת טיפולי השקיה על התפתחותם העונתית של גרגרים בזן מרלו נראה שיש השלכות שונות על התפתחות הגרגר. ישנם מאמרים מהם עולה שככל שכמות המים שניתנה בהשקיה הייתה גבוהה יותר, משקל הגרגרים היה גבוה יותר (מוניץ 2013; Munitz et al. 2016), אולם ישנם מאמרים מהם עולה שכמות המים לא השפיעה באופן מהותי על משקל הגרגרים (Shellie 2006; הראש 2016). תבנית הגדילה המתוארת במאמרים השונים לא תמיד הייתה בעלת סיגמואיד כפול (מוניץ 2013; הראש 2016; Munitz et al. 2016). כמו כן, בעבודה שעסקה בהשפעת מרווחי ההשקיה על גפנים מהזן מרלו לא נצפו הבדלים בהתפתחות הגרגר לאורך העונה בין הטיפולים השונים (הראש 2016). בניסוי הנוכחי, תבנית הגדילה שנצפתה הייתה סיגמואידית (איור מס' 22). ניתן היה לראות שיסנם הבדלים בצבירת המשקל בטיפולים השונים (איור מס' 22). לאורך שתי העונות הגרגרים בטיפול המשקי היו בעלי משקל נמוך יותר. למרות שכמות המים בשני טיפולי המודל הייתה זהה, משקלם של הגרגרים בטיפול המודל עם מרווח השקיה של פעם בחמישה ימים היה קרוב יותר לטיפול המשקי לעומת משקלם של הגרגרים בטיפול המודל הרגיל (איור מס' 22).

כמות היבול: בניסוי השקיה שונים ניתן לראות כי ישנו קשר הדוק בין הגדלת כמויות המים לעלייה בגובה היבולים (Shellie 2011, 2006; Romero et al. 2010). **כאשר מציגים מידע זה ראוי לחדד ולהדגיש כי תוספת המים המוגדלת צריכה להיות מיושמת בתחילתה של העונה (במהלך שלב 1).**

בניסויים בהם הגפנים הושקו על פי מקדמי השקיה נמוכים בתחילת העונה (במהלך שלב 1) למרות תוספת מים משמעותית שניתנה לאחר מכן (בשלב 2 ו 3) גובה היבולים היה נמוך באופן יחסי (Munitz et al. 2016; Keller et al. 2008).

בזן שיראז טיפול יישום המודל העלה את היבולים ב 20% בממוצע, ההבדל לא היה מובהק בניחות השנתי, אולם נראה שישנה עקביות בעלייה בגובה היבולים. בזן שיראז בבציר המכני התקבל הבדל ביבולים בין שני הטיפולים כאשר ממוצע התוספת בחלקת המודל בשתי העונות היה 25% בממוצע (טבלה מס' 4). נראה שעיקר תוספת המשקל בעונת 2014 נבעה מכמות אשכולות גבוהה יותר. בעונת 2015 נראה שתוספת המשקל נבעה הן מכמות האשכולות והן ממשקלם הגבוה יותר של הגרגרים בטיפול המודל (טבלה מס' 4).

בזן קברנה סוביניון טיפול המודל העלה את היבולים בכ 35% בממוצע, אולם השוני בין שתי העונות היה גבוה. בעוד שבעונת 2014 הייתה עלייה של 56% במשקל הפרי בטיפול המודל, בעונת 2015 נרשמה עלייה של 14% בלבד במשקל הפרי בטיפול המודל לעומת הטיפול המשקי (טבלה מס' 13). בבציר המכני התקבל הבדל ממוצע של כ 34% תוספת משקל בטיפול המודל לעומת הטיפול המשקי (טבלה מס' 16). נראה שהתוספת בטיפול המודל נובעת משילוב של מספר אשכולות גבוה יותר ומשקל גרגרים גבוה יותר, אולם נראה שלמשקלם של הגרגרים חשיבות גדולה יותר מכיוון שמספר האשכולות בטיפול המודל היה גבוה בכשלושה אשכולות בממוצע (ללא הבדל מובהק) ואילו משקלם של הגרגרים בעונת 2014 בטיפול המודל היה גבוה יותר בצורה מובהקת ובעונת 2015 היה גבוה בצורה משמעותית לעומת משקלם של גרגרים בטיפול המשקי (טבלה מס' 13).

בזן מרלו טיפולי המודל בעונת 2014 העלו במעט את כמויות היבולים. בעונת 2015 טיפול המודל היה גבוה בכ 5% מהטיפול המשקי ואילו טיפול המודל המרווח היה גבוה בכ 35% מהטיפול המשקי (טבלה מס' 22). נראה שתוספת המשקל נובעת מתוספת קלה במספר האשכולות ומתוספת במשקלם של הגרגרים (טבלה מס' 22). במהלך עונת 2014 לא נראו הבדלים יוצאי דופן בין הטיפולים השונים בזן מרלו, אולם יתכן ומכיוון שבעונת 2015 מזג האוויר היה חם באופן משמעותי (בעיקר בסוף העונה, לקראת הבציר) היה ניתן להבחין בשוני בין שני טיפולי המודל וכן בין טיפולי המודל לטיפול המשקי. באופן מפתיע, משקלם של הגרגרים בטיפול המודל המרווח בעונת 2014 היה נמוך ממשקלם של הגרגרים בטיפול המשקי, אולם התוצאה לא הייתה מובהקת וגם לא עקבית מכיוון שבעונת 2015 הגרגרים בטיפול המודל היו גבוהים יותר באופן מובהק לעומת משקל הגרגרים בטיפול המשקי. משקלם של הגרגרים במרווח השקיה של פעם בחמישה ימים גרם למשקל הגרגרים להיות קטן יותר ביחס למשקלם של הגרגרים בטיפול המודל (השקיה פעמיים בשבוע), אולם בשתי העונות לא התקבלו מובהקויות (טבלה מס' 22). בעקבות אילוצים טכניים התבצע בציר מכני בנפרד לכל טיפול רק בעונת 2015. מבדיקת הבציר המכני עולה שהתוצאות דומות לבציר הידני, 9% תוספת משקל לטיפול המודל לעומת הטיפול המשקי ו 32% תוספת משקל לטיפול המודל המרווח לעומת הטיפול המשקי (טבלה מס' 24). נראה שהשקילות הידניות מהוות מדד טוב המשקף נאמנה את המצב בכלל החלקה ולרוב התקבלו תוצאות דומות בין השקילות הידניות לשקילות שהתבצעו מיבול שנבצר על ידי בוצרת.

איכות היבול והיין: כפי שציינו, רבים מהמחקרים קושרים בין גודלו של הגרגר לאיכות היין (Roby et al. 2004; Matthews and Anderson 1988; Bravdo et al. 1985). בזן שיראז בעונת 2014 לא

נצפו הבדלים בין הגרגרים מהטיפולים השונים ביום הבציר (טבלה מס' 6), גם באנליזות היין הצעיר ובטעימת היינות של עונת 2014 לא נצפו הבדלים מהותיים בין הטיפולים השונים (טבלאות מס' 7,8,9). בעונת 2015 בזן שיראז היו הבדלים מובהקים במשקל הגרגרים ביום הבציר כאשר הגרגרים בטיפול המודל היו בעלי משקל גבוה ב 30 גרם מהגרגרים בטיפול המשקי. (טבלה מס' 4).

בזן קברנה סוביניון נצפו הבדלים מובהקים במשקלם של הגרגרים ביום הבציר, הגרגרים בטיפול המשקי היו נמוכים יותר בכ 20 גרם מהגרגרים בטיפול המודל (טבלה מס' 13). באנליזות היין הצעיר ובטעימת היינות של עונת 2014 בזן קברנה סוביניון, התקבלו הבדלים מובהקים באיכות היין לטובת הטיפול המשקי (טבלאות מס' 14,15). גם בעונת 2015 בזן קברנה סוביניון משקלם של הגרגרים בטיפול המשקי היה נמוך יותר בכ 10 גרם (טבלה מס' 13).

בזן מרלו לא התבצעה בדיקה איכותית מקיפה (בדיקות צבע, פנולים ביין וטעימות) בעונת 2014 לא נצפו הבדלים מובהקים במשקל הגרגרים ביום הבציר (טבלה מס' 22). איכות התירוש בטיפולים השונים הייתה דומה (טבלה מס' 23). בעונת 2015 נצפו הבדלים מובהקים במשקל הגרגרים ביום הבציר (טבלה מס' 22), אולם איכות התירוש בטיפולים השונים הייתה דומה (טבלה מס' 23).

יתכן שחשיבותו של משקל הגרגר והשפעתו על איכות היין שונה בין הזנים, בעוד שבזן שיראז משקלם הגבוה של הגרגרים לא הוביל לפגיעה באיכות היין, בזן קברנה סוביניון משקלם הגבוה (קרי גם נפח גבוה) של הגרגרים גרם לירידה קלה באיכות היין. כפי שציינו, מלבד משקלו של הגרגר והיחס בין הציפה לקליפה ישנם גם חומרים שונים שמיוצרים כאשר יש עקת יובש, יתכן וקיים שוני בין הזנים באופן סינטזת החומרים ובדרישת עקה שונה עבור יצירתם של חומרים אלו. לקח יישומי שעלה מהתוצאות וכבר ייושם בעונת 2016 בכרמי יתיר הוא הפחתה מתונה של מקדם ההשקיה בשלב 1 בזן קברנה בכדי למנוע את הגדילה המשמעותית בגובה הגרגר. ממחקרים שונים עולה שטיפולי ההשקיה משפיעים על איכות היין, אולם לא ברור בדיוק באיזה אופן, בעוד שישנם מחקרים מהם עולה שמחסור במים מעלה את ריכוז הסוכר ($^{\circ}\text{Brix}$) בגרגר ומוביל לצבע טוב יותר (Roby *et al.* 2004; Salón *et al.* 2005), ישנם מחקרים מהם עולה תמונה הפוכה לחלוטין (Walker *et al.* (2005; Esteban *et al.* 1999, 2002). בנוסף, ישנו מחקר שמראה שכלל לא התקבלו הבדלים מהותיים בריכוז הסוכר ($^{\circ}\text{Brix}$) ובצבע בין הטיפולים השונים (Reynolds *et al.* 2005).

בדיקות ה pH במחקרי השקיה שונים מראים שלטיפולי ההשקיה השפעה זניחה על רמת ה pH (Sivilotti *et al.* 2005; Stevens *et al.* 1995) לעומת זאת, ממחקרים שונים עולה שטיפולי ההשקיה משפיעים רבות על הפוליפנולים (Kennedy *et al.* 2002; Deloire *et al.* 2005). חשיבותם של הפוליפנולים גדולה מכיוון שהם תורמים לשמירה על יציבותו של היין ועל יכולת היין להתיישן בצורה אופטימלית (Kennedy *et al.* 2002). ברבים מניסויי ההשקיה בגפנים לא מתבצעת טעימת יינות על ידי ייננים אלא מסתפקים בבדיקות מעבדה שבדקות צבע, פוליפנולים, pH ועוד (Shellie 2011, 2006; Romero *et al.* 2010; Keller *et al.* 2008). קיימת חשיבות לאנליזות הבסיסיות של מדדי התירוש, אולם בענף ייצור היין ישנה חשיבות גדולה לטעם שנוצר משילובם של כלל הפרמטרים. ניתן לומר שתוצאות אנליזות התירוש, בדיקות הצבע והפנולים יכולים להוות מדד ראשוני טוב על מנת לבחון האם יש השפעה שונה של הטיפולים על איכות הטעם של היין.

4.3 מיפוי אנטומי-הידראולי של חלקי הנצר

במרבית מיני הצמחים למעלה מ-90% מכמות המים הנקלטת באמצעות מערכת השורשים מגיעה אל הנוף באמצעות מערכת העצה ומתנדפת מהצמח בתהליך הטרנספירציה (Taiz and Zeiger 2002; Tyree and Ewers 1991). צינורות הטרכיאה מורכבים מחוליות טרכיאה שהם למעשה תאים מתים (חסרי פרוטופלסטים) ולכן הובלת המים ברקמת העצה היא אפופלסטית, דבר המאפשר מוליכות הידראולית גבוהה יותר. המים נעים בתוך צינורות הטרכיאה בעיקר בתנאי תת לחץ (מתח) הגורמים למשיכתה של עמודת המים הרציפה כלפי מעלה. המתחים הגבוהים המתפתחים בצינורות הטרכיאה עלולים לגרום לחדירת בועות אוויר לחלל צינור הטרכיאה ואף לניתוק מוחלט של עמודת המים לאורך הצמח (Tyree and Lovisolo and Schubert. 1998; Sperry. 1989). מים הנמצאים במתח מפעילים על דפנות חוליית הטרכיאה כוחות העשויים להוביל לקריסה שלה כלפי פנים. ההתעבות המשנית בדופן התא של חוליות הטרכיאה (בעיקר ליגנין) מקנים לצינורות הטרכיאה עמידות מכנית בפני הכוחות הללו. התפתחות תנאי מתח גבוהים במערכת העצה עלולה לגרום לכניסה של אוויר לתוך צינור הטרכיאה, ככל הנראה דרך הגמצים הנמצאים בדפנות הטרכיאה (Tyree and Ewers 1991), ולמעשה מתקבלת "בועת אוויר" בתוך עמודת המים הרציפה שבטרכיאה, תופעה זו מכונה קוויטציה (Cavitation). במצב מתקדם יותר ישנו ניתוק מוחלט של עמודת המים, הגורם לצינור הטרכיאה "לצאת מכלל פעולה", מצב זה מכונה "אמבוליה" או "חסם" (Embolism). ככל שיותר צינורות טרכיאה "יוצאים מכלל פעולה" המוליכות ההידראולית של רקמת העצה יורדת, ועקב כך זמינות המים לנוף קטנה. במצב זה עלולה להיגרם פגיעה בתפקוד הצמח, התייבשות עלים ואף מות הצמח. בצמח בעל משק מים תקין הסיכון לקוויטציה יורד, מכיוון שהמתחים השוררים בצינורות הטרכיאה שלו אינם גבוהים. ככל שהמוליכות ההידראולית של הצמח גבוהה יותר כך הוא חשוף יותר לפגיעה במתחים גבוהים (Brodersen *et al.* 2013). כאמור, בזמן עקת יובש חריפה קיימת סכנה של התפתחות אמבוליזם בעצה, וישנם מחקרים העוסקים בתגובות שהצמח מבצע על מנת לתקן את הנזקים הללו (Knipfer *et al.* 2014; Brodersen *et al.* 2010, 2013). אחת ההתאמות ההתפתחותיות לתנאי עקת יובש היא יצירה של טרכיאות צרות יחסית על מנת להקטין מראש את הסיכוי לקוויטציה (Lo Gullo and Salleo 1991; Chouzouri and Schultz 2005; Lovisolo and Schubert 1998). פיתוח מערכת הובלת מים בעצה בעלת צינורות טרכיאה בקטרים מגוונים, בעונות שונות ובמקומות שונים, עשויה להגדיל את יכולת ההתמודדות של הצמח עם קוויטציה (Tyree and Ewers. 1991). בנוסף, נמצא כי על ידי שימוש בכנות שונות, ניתן להשפיע על אופי הצימוח של העצים, באמצעות השפעה על קוטר חוליות הטרכיאה והמוליכות ההידראולית (Shtein *et al.* 2016; Tombesi *et al.* 2010). ישנם יתרונות וחסרונות לקיומן של טרכיאות בעלות קוטר גדול. מצד אחד קוטר גדול של צינור טרכיאה מאפשר מוליכות הידראולית גבוהה יותר, אך במצבים של עקת יובש, קרי מתחים גבוהים מאוד, צינור טרכיאה כזה עלול להיות חשוף יותר לסכנת קוויטציה. לעומת זאת, קוטר קטן של צינור טרכיאה יכול להוליך כמות מים קטנה יותר (שעשויה להגביל את הצימוח), אבל החשש מפני קוויטציה קטן יותר. בספרות ישנם תיאורים להבדלים שיש בין זני גפן שונים במאפייני רקמת העצה בגזע

(Hayat et al. 2015; Chatelet et al. 2011; Chouzouri and Schultz. 2005). בנוסף נמצא כי למשטר ההשקיה השפעה על קוטר הטרכיאות ברקמת העצה בגזע ובזמורות הגפן (הראש 2016; מוניץ 2013). פרקטיקת הגידול של ענבי יין מחייבת יישום של השקיה גרעונית (Deficient Irrigation) ולכן בניסוי הנוכחי ביצענו ניתוח מעמיק של אנטומיית חוליות הטרכיאה בחלקי הנצר השונים (גזע, זמורות ופטורות) על מנת לבחון את השפעת ממשקי ההשקיה השונים על קוטרם של הטרכיאות ועל המערכת ההידראולית של הגפנים. הערכים שהתקבלו דומים לערכים שהתקבלו בניסויים שנעשו בגפנים שגדלו בכרמים מסחריים (מוניץ 2013; Hayat et al. 2015; הראש 2016). מניתוח אנטומיית העצה בגזע **בזן שיראז** נראה שעיקר השפעתה של השקיית המודל בזן שיראז התרחשה בגזעים ופחות בזמורות ובפטורות. בגזע, שטחה ורוחבה של הטבעת השנתית בטיפול המודל היה גבוה יותר (טבלה מס' 8). בנוסף הולכת המים התיאורטית בגזע בטיפול המודל הייתה כפולה מהולכת המים התיאורטית בגזעים מהטיפול המשקי (טבלה מס' 8). כאמור, למרות ששטח העלווה (איור מס' 6a) ומשקל הגזם בעונת 2014 (השנה בה נלקחו דגימות אנטומיות מהגזע מהזמורות והפטורות) היה שונה באופן מובהק לטובת טיפול המודל לא נצפו הבדלים משמעותיים באנטומיית העצה בזמורות ובפטורות (טבלאות מס' 8,9,10). במהלך עונת הגידול ניתן היה להבחין באמצעות מדידת פוטנציאל מים שהגפנים בטיפול המודל במהלך שלב 3 הגיעו לעקה חריפה יותר לעומת הגפנים מהטיפול המשקי (איור מס' 7) יתכן, שאחת הסיבות שגרמו לעקת היובש החריפה בטיפול המודל היא יצירה של טבעת שנתית רחבה יותר ששטחה גבוה יותר ומוליכות המים התיאורטית שלה גבוהה יותר בגפני טיפול המודל (טבלה מס' 8) מה שגרם לכך שבמצב עקה הגפנים בטיפול המודל היו חשופים יותר לקוויטציה ואמבוליזם.

מניתוח אנטומיית העצה **בזן קברנה סוביניון** עולה שבזן קברנה סוביניון השפעתה של השקיית המודל ניכרת בגזע (טבלה מס' 17), בזמורות (טבלה מס' 18) ובזמורות ההובלה הקטנים המצויים בפטורות (טבלה מס' 20). שטחה של טבעת שנתית בגזע בטיפול המודל היה גבוה יותר לעומת שטחה של טבעת שנתית בטיפול המשקי (טבלה מס' 17). קוטרם של חוליות הטרכיאה הקטנות בגזע היה גבוה באופן מובהק בטיפול המודל (טבלה מס' 20). בעונת 2014 (השנה בה נלקחו דגימות אנטומיות מהגזע מהזמורות והפטורות) ניתן היה לראות שיש הבדל משמעותי במשקל הגזם בין הטיפולים, יתכן שהדבר בא לידי ביטוי גם בשינויים אנטומיים. בזמורות הולכת המים התיאורטית בטיפול המודל הייתה גבוהה יותר (טבלה מס' 18) וכן שטחם של צרורות ההובלה הקטנים בפטורות היה קטן גבוה יותר באופן מובהק בטיפול המודל (טבלה מס' 20).

מניתוח אנטומיית העצה בגזע **בזן מרלו** נראה שבזן מרלו השפעתה של השקיית המודל ניכרת בגזע (טבלה מס' 25) ובזמורות (טבלה מס' 26). רוחבה ושטחה של הטבעת השנתית בגפנים מטיפול המודל היה גבוה יותר מה שהוביל להבדל בהולכת המים התיאורטית (טבלה מס' 25). בזמורות התקבלה תוצאה מפתיעה מכיוון שממוצע קוטרם של חוליות הטרכיאה בטיפול המשקי היה גבוה יותר לעומת ממוצע קוטרם של חוליות הטרכיאה הגדולות והקטנות בטיפול המשקי (טבלה מס' 26). צרורות ההובלה הגדולים והקטנים בפטורות לא הושפעו מהטיפולים השונים (טבלאות מס' 26,27,28). בעונת 2014 (השנה בה נלקחו דגימות אנטומיות מהגזע מהזמורות והפטורות) לא היה הבדל מובהק במשקל הגזם בין הטיפולים. שטח העלווה בעונת 2014 בטיפול המודל לא היה נבדל

באופן מהותי לאורך העונה (איור מס' 19a) ויתכן שהדבר בא לידי ביטוי גם בניתוח האנטומי של הפטוטרות (איור מס' 23d).

4.4 דיון מסכם

בניסוי בחנו את התאמתה של שיטת השקיה המבוססת על RDI באזור גידול "צחיח למחצה". מקדמי ההשקיה שנבחנו היו ($ET_c > 20\% > 20 > 50$) לאורך שלושת שלבי הגידול השונים. הניסוי התבצע בשלושה זני גפן יין מרכזיים, שיראז, קברנה סוביניון ומרלו. הזנים שנבחרו כוללים רגישויות שונות לתנאי יובש. מהתוצאות עולה שישנם מגמות שנצפו לאורך שנות הניסוי בכל שלושת הזנים השונים בניסוי וישנם תוצאות ייחודיות עבור כל זן. שטח עלווה גדול, עלייה ביבולים, מצב מים משופר במהלך שלב 1 (בו יש התפתחות וגטטיבית ופעילות קמביאלית ענפה) אפיינו את שלושת הזנים, אולם שמירה על איכות היין בלטה יותר בזן שיראז ופחות בזן קברנה סוביניון (בזן מרלו לא בוצעו טעימות באופן סדיר ושיטתי). השפעתו השונה של טיפול המודל על הזנים השונים נגרמת מסיבות שונות שאת חלקם ניתן לייחס לשונות במבנה ההידראולי כפי שעלה מהניתוח האנטומי. לאור המשמעות הכלכלית הגבוהה של השיפור ביבולים בעקבות יישום המודל לאורך חמש שנים אנו עדים לאימוץ של המודל בצורה נרחבת בכרמי יתיר. עם זאת ולאור תוצאות הניסוי נראה שניתן לשפר את יעילותו של מודל ההשקיה על ידי התאמה מדוייקת (Fine tuning) של מקדמי השקיה המותאמים עבור כל זן. כמו כן יתכן וניתן יהיה להקיש מתגובת הזנים שנבחנו בניסוי לזנים אחרים בעלי מאפיינים אנטומיים דומים.

5. פרסומים כתוצאה מהעבודה

מאמרים:

1. **Hayat Y**, Munitz S, Schwartz A, Netzer Y (2015) Hydraulic mapping of three wine grape cultivars. *Judea and Samaria Research Studies* 24: 351–360.
2. Shtein I, **Hayat Y**, Munitz S, Harkabi E, Akerman M, Drori E, Schwartz a, Netzer Y (2016) From structural constraints to hydraulic function in three *Vitis* rootstocks. *Trees* (accepted).
3. **Hayat Y**, Munitz S, Schwartz A, Shtein I, Netzer Y (2017) Precision irrigation in Yatir forest vineyards (Cabernet Sauvignon). *Judea and Samaria Research Studies* (in review)

מאמרים בעיתונים חקלאיים:

1. ישי נצר, ישראל מוניץ, **יאיר היאט**, ואמנון שוורץ. מיפוי הידראולי של זני גפן : למה זה טוב ? עלון הנוטע שנה ס"ט, 35-40 יוני 2015.
2. ישי נצר, **יאיר היאט**, דרור דותן, אלישיב דרורי, ישראל מוניץ, יחזקאל הראש, אמנון שוורץ. פיתוח שיטת השקיה מושכלת לענבי יינות איכות מהזן שיראז - חלק א'. עלון הנוטע, יולי 2016.
3. ישי נצר, **יאיר היאט**, דרור דותן, אלישיב דרורי, ישראל מוניץ, יחזקאל הראש, אמנון שוורץ. פיתוח שיטת השקיה מושכלת לענבי יינות איכות מהזן קברנה סוביניון - חלק ב'. (בפרסום)
4. ישי נצר, **יאיר היאט**, דרור דותן, ישראל מוניץ, יחזקאל הראש, אמנון שוורץ. פיתוח שיטת השקיה מושכלת לענבי יינות איכות מהזן מרלו - חלק ג'. (בפרסום)

6. רשימת ספרות

- ארזי ט, שוורץ מ. (1999) יסודות המיקרוטכניקה הבוטנית. הוצאת אוניברסיטת תל אביב, תל אביב.
- בהט ע. (2012) השפעת חיפוי גפן ברשתות צל על המדדים הפיזיולוגיים ועל צריכת המים. עבודת גמר.
- ברושי מ. (1985) ספרית אדם ועמלו: על היין בארץ ישראל הקדומה. הוצאת מוזיאון ארץ-ישראל, תל אביב.
- גור א. (1961) יינות ארץ ישראל בימי קדם. טבע וארץ, ג: 33-39.
- זותן ד. (2015) יישום השקיה מיטבית בזנים שונים של כרמי יין באזור יובשני. עבודת גמר.
- הוכברג נ. (1954) גידול הגפן. הוצאת ספרית השדה, תל אביב.
- הדס ע. (2008) הגפן והיין בארכיאולוגיה של ארץ-ישראל. הוצאת קרוננברג, תל-אביב.
- הראש י. (2016) השפעת תדירות השקיה על הפיסיולוגיה ועל הביצועים של הזן מרלו בעמק איילון. עבודת גמר.
- הרכבי ע. (2016) כרם יין - תמונת מצב. עלון הנוטע, 6: 32-33.
- מוניץ ש. (2013) פיתוח מודל השקיה לכרמי ענבי יין המבוסס על גודל הנוף ועל מדדים מטאורולוגיים. עבודת גמר.
- עמר ז. (2012) הגותות מחורבת חבלתא שבנוה צוף (חלמיש): עדות אפשרית לייצור יין מתוק. במעבה ההר: 135-141 הוצאת בית אל, מדרשת הרי גופנא ומו"פ אזורי השומרון ובקעת הירדן.
- רבן א. (2016) ענף הגפן - תמונת מצב. עלון הנוטע, 6: 14-16.

Acevedo-Opazo C, Ortega-Farias S, Fuentes S (2010) 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: 956–964.

Allen R, Pereira L, Raes D, Smith M (1998) Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. *FAO, Rome*.

Baeza P, Sánchez-de-Miguel P, Centeno A, Junquera P, Linares R, and Lissarrague JR (2007) Water relations between leaf water potential, photosynthesis and agronomic vine response as a tool for establishing thresholds in irrigation scheduling. *Scientia Horticulturae* 114:151-158.

Ben-Asher J, Tsuyuki I, Bravdo B-A, Sagih M (2006) Irrigation of grapevines with saline water. *Agricultural Water Management* 83: 13–21.

Bernstein Z and Fahn A (1960) The effect of annual and biannual pruning on the seasonal changes in xylem formation in the grapevine. *Annals of Botany* 24:159-171.

Boyer J (1995) Measuring the water status of plants and soils. San Diego, CA: *Academic Press*.

Bravdo B, Hepner Y, Loinger C, Cohen S, Tabacman H (1985) Effect of irrigation and crop level on growth, yield and wine quality of Cabernet Sauvignon. *American Journal of Enology and Viticulture* 36: 132–139.

Brodersen C, McElrone A. J, Choat B, Matthews M. A, Shackel K. A (2010) The Dynamics of Embolism Repair in Xylem: In Vivo Visualizations using High-Resolution Computed Tomography. *Plant Physiology*, 154:1088–1095.

- Brodersen C, McElrone A, Choat B, Lee E. F, Shackel K. A, Matthews M. A (2013).** In Vivo Visualizations of Drought-Induced Embolism Spread in *Vitis vinifera*. *Plant Physiology* 161: 1820–1829.
- Carbonneau A (1998)** Aspects qualitatifs, 258–276. In: Tiercelin, J.R. (Ed.), *Traite d'irrigation*. Tec&Doc. Lavoisier Ed., Paris, p. 1011.
- Carrasco-Benavides M, Ortega-Farías S, Lagos LO, Kleissl J, Morales L, Poblete-Echeverría C, Allen RG (2012)** Crop coefficients and actual evapotranspiration of a drip-irrigated Merlot vineyard using multispectral satellite images. *Irrigation Science* 30: 485–497.
- Chalmers YM, Krstic MP, Downey MO, Dry PR, Loveys BR (2007)** Physiological mechanisms used by grapevine varieties to cope with water deficit. *Acta Horticulturae (ISHS)*: 495–499.
- Chalmers Y, Krstic M, Downy M, Dry P, Loveys B (2008)** Impacts of sustained deficit irrigation on quality attributes and flavonoid composition of Shiraz grapes and wine. *Acta Horticulturae (ISHS)* 792: 163–170.
- Chatelet D. S, Wistrom C. M, Purcell A. H, Rost T. L, & Matthews M. A. (2011).** Xylem structure of four grape varieties and 12 alternative hosts to the xylem-limited bacterium *Xylella fastidiosa*. *Annals of botany*, 108: 73-85.
- Chaves M.M, Santos T.P, Souza C.R, Ortuño M.F, Rodrigues M.L, Lopes C.M., Maroco J.P, Pereira J.S (2007)** Deficit irrigation in grapevine improves water-use efficiency without controlling vigour and production quality. *Annals of Applied Biology* 150: 237-252.
- Choné, Xavier, Cornelis Van Leeuwen, Denis Dubourdieu, and Jean Pierre Gaudillère. (2001).** Stem water potential is a sensitive indicator of grapevine water status. *Annals of botany* 87: 477-483.
- Chouzouri A, Schultz H (2005)** Hydraulic anatomy, cavitation susceptibility and gas-exchange of several grapevine cultivars of different geographic origin. *Acta Horticulturae* 689: 325–332.
- Cifre J, Bota J, Escalona J. M, Medrano H, Flexas J (2005)** Physiological tools for irrigation scheduling in grapevine (*Vitis vinifera* L.): an open gate to improve water-use efficiency? *Agriculture, Ecosystems & Environment* 106: 159-170.
- Cohen S, Striem MJ, Bruner M, Klein I (2000)** Grapevine leaf index evaluation by gap fraction inversion. *Acta Horticulturae (ISHS)*: 87–94.
- Coombe BG, McCarthy MG (2000)** Dynamics of grape berry growth and physiology of ripening. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 6: 131–135.
- De Luis M, Gricar J, Cufar K, Raventos J (2007)** Seasonal dynamics of wood formation in *Pinus halepensis* from dry and semi-arid ecosystems in Spain. *IAWA Journal* 28: 389–404.
- Deloire A, Ojeda H, Zebic O, Bernard N, Hunter J-J, Carbonneau A (2005)** Influence de l'état hydrique de la vigne sur le style de vin. *Le Progrès Agricole et Viticole* 122 (21): 455–462.
- Esteban M.A, Villanueva M.J, Lissarrague J.R (1999)** Effect of irrigation on changes in berry composition of Tempranillo during maturation. Sugars,

organic acids and mineral elements. *American Journal of Enology and Viticulture* 50: 418–439.

Esteban M.A, Villanueva M.J, Lissarrague J.R (2002) Relationships between different berry components in Tempranillo (*Vitis vinifera* L.) grapevines from irrigated and non-irrigated vines during ripening. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 82: 1136–1146.

Girona J, Marsal J, Mata M, Del Campo J, Basile B (2009) Phenological sensitivity of berry growth and composition of Tempranillo grapevines (*Vitis vinifera* L.) to water stress. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 15: 268–277.

Granett J, Walker M. A, Kocsis L , Omer A. D (2001) Biology and management of grape phylloxera *Annual Review of Entomology* 46: 387–412.

Greven M, Green S, Neal S, Clothier B, Neal M, Dryden G, Davidson P (2005) Regulated deficit irrigation (RDI) to save water and improve Sauvignon Blanc quality? *Water science and technology : a journal of the International Association on Water Pollution Research* 51: 9–17.

Hayat Y, Munitz S, Schwartz A, Netzer Y (2015) Hydraulic mapping of three wine grape cultivars. *Judea and Samaria Research Studies* 24: 351–360.

Hellman EW (2003) Grapevine structure and function. In: Hellman EW (Ed.), *Oregon Viticulture, Oregon State University Press, Corvallis*, pp 5-19.

Herrero-Langreo A, Tisseyre B, Goutouly J, Scholasch T, van Leeuwen C (2013) Mapping grapevine (*Vitis vinifera* L.) water status during the season using carbon isotope ratio ($\delta^{13}\text{C}$) as ancillary data. *American Journal of Enology and Viticulture* 64: 307–315.

Hochberg U, Degu A, Fait A, Rachmilevitch S (2012) Near isohydric grapevine cultivar displays higher photosynthetic efficiency and photorespiration rates under drought stress as compared with near anisohydric grapevine cultivar. *Physiologia Plantarum* 147 (4): 443-453.

Intrigliolo, D. S, Castel J. R (2007) Evaluation of grapevine water status from trunk diameter variations. *Irrigation Science* 26:49-59.

Intrigliolo D. S, Castel J. R (2009) 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: 282-292.

Johnson L, Roczen D, Youkhana S, Nemani R, Bosch D (2003) Mapping vineyard leaf area with multispectral satellite imagery. *Computers and Electronics in Agriculture* 38: 33–44.

Keller M, Smithyman R.P, Mills L.J. (2008) Interactive effects of deficit irrigation and crop load on Cabernet Sauvignon in an arid climate. *American Journal of Enology and Viticulture*. 59:221-243.

Kennedy J.A (2002) Understanding berry development. *Practical Winery and Vineyard* July/August p: 14-23.

Knipfer T, Eustis A, Brodersen C, Walker A.M, McElrone A.J (2014) Grapevine species from varied native habitats exhibit differences in embolism formation/repair associated with leaf gas exchange and root pressure. *Plant, Cell & Environment* 38: 1503–1513.

- Lovisollo C, Schubert A (1998)** Effects of water stress on vessel size and xylem hydraulic conductivity in *Vitis vinifera* L. *Journal of Experimental Botany* **49**: 693–700.
- Lo Gullo Ma, Salleo S (1991)** Three different methods for measuring xylem cavitation and embolism: a comparison. *Annals of Botany* **67**: 417-424.
- Matthews M, Anderson M (1988)** Fruit ripening in *Vitis vinifera* L.: Responses to seasonal water deficits. *American Journal of Enology and* **39**: 313–320.
- McCarthy M.G (1997)** The effect of transient water deficit on berry development of cv Shiraz (*Vitis vinifera* L.). *Australian Journal of Grape and Wine Research* **3**: 102–108.
- Medrano H, Escalona JM, Cifre J, Bota J, Flexas J (2003)** A ten-year study on the physiology of two Spanish grapevine cultivars under field conditions: effects of water availability from leaf photosynthesis to grape yield and quality. *Functional Plant Biology* **30**: 607-619.
- Moriana A, Orgaz F (2003)** Yield responses of a mature olive orchard to water deficits. *Journal of the American Society for Horticultural Science* **128**: 425–431.
- Munitz S, Netzer Y, Schwartz A (2016)** Sustained and regulated deficit irrigation of field grown Merlot grapevines. *Australian Journal of Grape and Wine Research* - Manuscript ID AJGWR: 15-093.
- Myburgh PA (1996)** Response of *Vitis vinifera* L. cv. Barlinka/Ramsey to soil water depletion levels with particular reference to trunk growth parameters. *South African Journal of Enology and Viticulture* **17**:3-14.
- Naor A (2000)** Midday stem water potential as a plant water stress indicator for irrigation scheduling in fruit trees. *Acta Horticulturae* **537**: 447– 454.
- Netzer Y, Munitz S, Drori E, Schwarz A (2014)** The use of trunk dendrometers as drought stress indicators in vines. *Judea and Sameria Research Studies* **23**:385.
- Netzer Y, Drori E, Schwarz A (2012)** 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**: 319 – 332.
- Netzer Y, Yao C, Shenker M, Bravdo B (2005)** Water consumption of “Superior” grapevines grown in a semiarid region. *Acta Horticulturae* **689**: 399–406.
- Netzer Y, Yao C, Shenker M, Bravdo B.A, Schwartz A (2009)** Water use and the development of seasonal crop coefficients for Superior Seedless grapevines trained to an open-gable trellis system. *Irrigation Science* **27**: 109–120.
- Ollé D, Guiraud J.L, Souquet J.M, Terrier N, Ageorges A, Cheynier V, Verries C (2011)** Effect of pre- and post-*veraison* water deficit on proanthocyanidin and anthocyanin accumulation during Shiraz berry development. *Australian Journal of Grape and Wine Research* **17**: 90–100.
- Olien WC (1990)**. The muscadine: Botany, viticulture, history, and current industry. *HortScience* **25**:732-739.
- Ortega-Farias S, Fereres E, Sadras V. O (2012)** Special issue on water management in grapevines. *Irrigation Science* **30**:335–337.
- Picón-Toro J, González-Dugo V, Uriarte D, Mancha L a., Testi L (2012)** Effects of canopy size and water stress over the crop coefficient of a “Tempranillo” vineyard in south-western Spain. *Irrigation Science* **30**: 419–432.

- Reynolds A.G, Lowrey W.D, De Savigny C (2005)** Influence of irrigation and fertilization on fruit composition, vine performance and water relations of Concord and Niagara grapevines. *American Journal of Enology and Viticulture* 56: 110–128.
- Ribéreau-Gayon P, Glories Y, Maujean A, Dubourdieu D (2006)** Handbook of Enology. The chemistry of wine Stabilization and Treatments" (vol. 2). West Sussex, England: John Wiley and Sons Ltd, pp. 157–162.
- Roby G, Harbertson J.F, Adams D.A, Matthews M.A (2004)** Berry size and vine water deficits as factors in winegrape composition: antocyanins and tannins. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 10: 100–107.
- Rogiers S.Y, Greer D.H, Hutton R.J, Landsberg J.J (2009)** Does night-time transpiration contribute to anisohydric behaviour in a *Vitis vinifera* cultivar? *Journal of Experimental Botany* 60: 3751–3763.
- Romero P, Fernandez-Fernandez J, Martinez-Cutillas A (2010)** Physiological thresholds for efficient regulated deficit-irrigation management in winegrapes grown under semiarid conditions. *American Journal of Enology and Viticulture* 61: 300–312.
- Romero P, Dodd I.C, Martinez-Cutillas A (2012)** 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* 63: 4071–4083.
- Salón J.L, Chirivella C, Castell J.R (2005)** Response of cv. Bobal to timing of deficit irrigation in Requena, Spain: water relations, yield, and wine quality. *American Journal of Enology and Viticulture* 56: 1–8.
- Schultz H (2003)** 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: 1393–1405.
- Sevanto S, Hölttä T & Holbrook N.M (2011)** Effects of the hydraulic coupling between xylem and phloem on diurnal phloem diameter variation. *Plant, Cell & Environment* 34: 690–703.
- Shellie K (2006)** Vine and berry response of Merlot (*Vitis vinifera* L.) to differential water stress. *American Journal of Enology and Viticulture* 4: 514–518.
- Shellie K (2011)** Interactive effects of deficit irrigation and berry exposure aspect on Merlot and Cabernet Sauvignon in an arid climate. *American Journal of Enology and Viticulture* 62: 462–470.
- Shtein I, Hayat Y, Munitz S, Harkabi E, Akerman M, Drori E, Schwartz a, Netzer Y (2016)** From structural constraints to hydraulic function in three *Vitis* rootstocks. *Trees* (accepted).
- Sivilotti P, Bonetto C, Paladin M, Peterlunger E (2005)** Effect of soil moisture availability on Merlot: from leaf water potential to grape composition. *American Journal of Enology and Viticulture* 56: 9–18.
- Stevens R. M., Harvey G. , Aspinall, D. (1995)** Grapevine growth of shoots and fruit linearly correlate with water stress indices based on root-weighted soil matric potential. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 1: 58–66.
- Stoll M, Loveys B, Dry P (2000)** Hormonal changes induced by partial rootzone drying of irrigated grapevine. *Journal of Experimental Botany* 51: 1627–1634.

- Taiz L and Zeiger E (2002) Plant physiology.** *Sinauer Associates, Inc., Publishers, Sunderland, Massachusetts.*
- Tombesi S, Johnson R. S., Day K. R. , DeJong, T. M. (2010).** Relationships between xylem vessel characteristics, calculated axial hydraulic conductance and size-controlling capacity of peach rootstocks. *Annals of Botany* 105: 327–331.
- Ton Y, Kopyt M (2004)** Phytomonitoring in realization of irrigation strategies for wine grapes. *Acta Horticulturae* 652: 167–173.
- Tyree M. T, Sperry J. S (1989)** Vulnerability of xylem to cavitation and embolism. *Annual review of plant biology* 40: 19-36.
- Tyree M.T, Ewers F.W (1991)** "The hydraulic architecture of trees and other woody plants." *New Phytologist* 119: 345-360.
- van Leeuwen C, Tregoat O, Chone X, Bois B, Pernet D, Gaudillère J-P(2009)** 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? " *Journal international des sciences de la vigne et du vin* 43: 121-134.
- Walker R.R, Blackmore D.H, Clingeleffer P.R, Kerridge G.H, Ruhl E.H, Nicholas P.R (2005)** Shiraz berry size in relation to seed number and implications for juice and wine composition. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 11:2–8.
- Williams LE (2012)** Interaction of applied water amounts and leaf removal in the fruiting zone on grapevine water relations and productivity of Merlot. *Irrigation Science* 30: 363–375.
- Williams LE, Baeza P (2007)** 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* 58:173-181.
- Zarrouk O, Francisco R, Pinto-Marijuan M, Brossa R, Santos RR, Pinheiro C (2012)** Impact of irrigation regime on berry development and flavonoids composition in Aragonez (syn. Tempranillo) grapevine *Agricultural Water Management* 114:18–29.

model irrigation increased vessel diameters in the trunk, wider annual rings and subsequently higher calculated hydraulic conductivity. In Cabernet Sauvignon and Shiraz yields were significantly higher under model irrigation. In Shiraz, however, the wine quality was similar between treatments, and in Cabernet Sauvignon the wine quality was better under grower's practice irrigation- though both were premium quality.

Conclusions: Water stress had a clear influence on leaf abscission, low yields and shrinkage of grape berries. We assume that wide xylem vessels combined with high LAI caused more severe water stress in model treatments during the stages II and III. However, grapevine varieties differed in their physiological response and wine quality. To conclude, for improved grapevine quality separate irrigation models must be fitted for each variety and each phenological stage.

Abstract

Red grapevine varieties require a drought stress during specific phenological stages in order to achieve best wine quality. Yatir region has a semiarid climate with low precipitation and high evaporation in summer, thus it is suitable for quality grape growing. In recent years several problems have appeared in recent years, including leaf abscission, yield reduction, shrinkage of grape berries and others. The possibility of pathogens or nutrition defects was refuted. The research aim was to explore the influence of drought stress on the grapevine vitality and vineyard suitability. We compared between SDI-Sustained deficit irrigation (grower's practice) and RDI-Regulated deficient irrigation with two weekly water amounts (irrigation model), while taking into account the leaf area and the changing climatic conditions.

Methods: Research was conducted on 7 ha vineyard planted with red wine cultivars: Shiraz, Cabernet Sauvignon and Merlot. The growth season was divided into three parts according to the phenological stages of the berry development: Stage I (from bloom to bunch closure), Stage II (from bunch closure to veraison) and Stage III (from veraison to harvest). Irrigation factors/stress factors (k_s) were appointed to each phenological stage and integrated into water amounts for each treatment. Evaporation was calculated by Penman-Monteith equation using climatic data from a meteorological station close to the research site. Leaf area indices (LAI) were integrated into the final model calculations. In Shiraz and Cabernet Sauvignon two irrigation practices were used (model and grower's), and in Merlot also an interval model treatment was added (water was supplied every 5 days). Various physiological parameters were measured: stem water potential at noon, LAI, gas exchange parameters, pruning weight and trunk diameter. Additionally, vessel diameters in the trunks, shoots and petioles were measured. At the end of the growth season each grapevine was harvested separately and yield size and quality were assessed. Each repeat was separately used to produce wine, and then wine quality was tested by a qualified tasters panel.

Results: During Stage I (when the cambial activity is maximal) the vegetative growth was highest and water potentials were improved (less negative) under model irrigation

as compared to growers practice treatment. Reduced irrigation during stages I and II caused more severe water stress in model treatment. Anatomical data showed that

**Drought stress influences on physiology,
xylem anatomy and wine quality parameters**

M.Sc. Thesis

Submitted to the Robert H. Smith Faculty of

Agricultural, Food and Environment

The Hebrew University of Jerusalem

For the Degree

'Master of Sciences'

By

Yair Yehuda Hayat

Rehovot

December 2016

