

# יישום השקיה מיטבית בזנים שונים של כרמי יין

באזור יובשני

עבודת גמר

מוגשת לפקולטה למדעי החקלאות, המזון ואיכות הסביבה  
ע"ש רוברט ה. סמית  
האוניברסיטה העברית בירושלים

לשם קבלת תואר "מוסמך למדעי החקלאות"

על ידי

דרור דותן



## **עבודה זו נעשתה בהדרכתם של**

**פרופ' אמנון שוורץ ופרופ' משה שנקר**

**המכון למדעי הצמח וגנטיקה בחקלאות, המחלקה למדעי הקרקע והמים  
הפקולטה לחקלאות, מזון וסביבה ע"ש רוברט ה. סמית, רחובות**

**האוניברסיטה העברית בירושלים**

**ובשיתוף מו"פ ההר המרכזי ומו"פ אזורי השומרון ובקעת הירדן**



## תודות

הרבה שותפים במחקר זה ועל כולם תבוא הברכה.

בראשונה עלי להודות לד"ר ישי נצר על שיחד עם כורמי אזור יתיר יזם את המחקר, דחף אותי לעריכתו וניהולו וליווה באופן צמוד ובמסירות אין קץ את כל ההליך הארוך הזה.

לאהרון צויבל, איצ'ה אסטריק ושלוס קורסובר- צוות מטע מושב כרמל, ששימשו בו זמנית הן כיועצים ומדריכים והן כטכנאים ביישום הניסוי.

לערן גולדווסר יינן יקב יתיר, שליווה את התהליך, הדריך ותמך.

ליעקב בן דור- מנהל יקב יתיר.

לאורן שלייף- מנהל המחלקה החקלאית וד"ר גיל ניר- האגרונום הראשי של יקבי כרמל,

(לעוד מעט ד"ר) שראל מוניץ' שהלך איתי לאורך כל הדרך במסירות ובסיוע (הדדי).

לצוות המעבדה בפקולטה לחקלאות- יותם זית, יאיר היאט, יחזקאל הרוש ונגה קוסטו.

לצוותי הדוגמים ביקב: נריה שטרן ועזריאל דותן, עדי צויבל, אריאל שכנר וראם אוחנה.

להוריי שדחפו במעלה הדרך.

ואחרונה אך חביבה מכולם, לדקלה אשתי היקרה אשר אפשרה ותמכה, נשאה בעול במהלך שנות לימודי והעבודה המחקרית ועזרה לי להגיע להישגים. וזאת בליווי צמוד של ילדינו: מעוז, רני, שורק, נגה ורותם. עבודה זו מוקדשת לכם.

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

גידול גפן היין נמצא בשנים האחרונות במגמת התרחבות בעולם בכלל ובישראל בפרט. כיום נטועים בישראל כ-55,000 דונם כרמי יין. בזני גפן "אדומים" דרושה "עקת יובש" בחלק משלבי עונת הגידול, על מנת לגרום לעלייה בריכוזם של חומרי הצבע והארומה בגרגרי הענבים, הדרושים לייצור יין איכותי. אולם, "עקת יובש" חריפה מדי עלולה לפגוע ברמת היבול ובבריאות הכרם לאורך שנים. מטרת המחקר המוצג בעבודה זו היא לבחון התאמת מודל השקיה עבור ענבי יין המבוסס על נתוני אקלים המתקבלים מתחנה מטאורולוגית ועל גודל הנוף המדוד של הגפנים. לשם כך חולקה עונת הגידול לשלוש תקופות, בהתאם לשלבים הפונולוגיים של התפתחות הגרגר: שלב I - משלב הפריחה המלאה עד לאשכול צפוף (כאשר גרגרי האשכול נוגעים זה בזה), שלב II - מאשכול צפוף עד 95% בוחל ("Veraison") (הבוחל מוגדר כשלב בו הגרגר מתרכך ומחליף את צבעו מירוק לאדום), ושלב III - מסוף הבוחל עד בציר (כ-25.2<sup>0</sup>Brix). המחקר בוצע בכרם מסחרי של מושב כרמל, הממוקם בקרחת יער בלב יער יתיר והוא משתרע על פני 70 דונמים. היבולים נמכרים ליקב יתיר שבבעלות יקבי כרמל. המחקר בוצע על שלושה זנים אדומים מרכזיים: קברנה סוביניון, מרלו ושיראז. במהלך שנות הניסוי נבדקו שני טיפולים מרכזיים, טיפול "משקיי" וטיפול "מודל". הטיפול המשקיי מבוסס על ההנחה שבתחילת העונה קיימים מים זמינים בקרקע (מגשמי החורף) ועל כן יש להתחיל להשקות במתינות ובאינטרוול ארוך (פעם בשבוע ובצימוח חזק פעם בעשרה ימים) וככל שמתקדמת העונה לצופף אינטרוול ולהגדיל את כמות המים. מכיוון שמשך היום מתארך והטמפרטורה עולה, הגדלת המנה וציפוף האינטרוול לא מפחיתים את עוצמת עקת היובש של הגפנים. המתודה הארצית גורסת כי ניתן להתחיל השקיה בתקופת הפריחה אולם באזור יתיר, בשל ממוצע משקעים נמוך, מתחילים להשקות בתחילת הבלבוב. מנות ההשקיה מתחילות ב-5 מ"מ להשקיה פעם בשבוע ועולות בהדרגה עד 7 מ"מ פעם בחמישה ימים. שינויי האינטרוול והמנה נקבעים על פי התרשמות חזותית ממצב הנוף בכרם ומהתקדמות עונת הגידול (התייבשות הקרקע והעליה בטמפרטורות). טיפול המודל מבוסס על נוסחה המוזנת מנתוני התאדות יומיים עפ"י נוסחת פנמן מונטית' המתקבלים מתחנה מטאורולוגית סמוכה ונתוני שטח עלווה. מקדמי עקת היובש השתנו לאורך עונת הגידול, במהלך שלב I ניתנה השקיה גבוהה (0.5% ET<sub>c</sub>) ובשלב II ושלב III מקדם ההשקיה הופחת משמעותית עד לבציר (20% ET<sub>c</sub> -> 30% ET<sub>c</sub> -> 50% ET<sub>c</sub>). מנות המים ייושמו פעמיים בשבוע בימים קבועים. בזן מרלו נוסף עוד טיפול שנקרא "מודל מרווח", בטיפול זה חישוב כמויות המים שניתנו לאורך העונה דומה לחישוב המנות שניתנו לטיפול המודל אולם אינטרוול ההשקיה היה פעם בחמישה ימים. על מנת לבחון את השפעת משטרי ההשקיה השונים, נבדקו במהלך עונת הגידול מדדים פיזיולוגיים בגפני כל טיפולי ההשקיה. המדדים שנבדקו הם: פוטנציאל מים בגזע בצהרי היום, גודל הנוף ומדדי חילוף גזים. בסוף כל עונת גידול נבצרה כל גפן בנפרד, ונמדדו בה כמות היבול מרכיביו ואיכותו. בנוסף לכך, מכל טיפול הוכן יין בנפרד (בעונת 2013 הוכן יין בנפרד מכל חזרה) ובוצעה טעימה ע"י פאנל טועמים מקצועיים לבדיקת איכות היין.

מהתוצאות עולה כי הגפנים שהושקו על פי המודל (20% ET<sub>c</sub> -> 30% ET<sub>c</sub> -> 50% ET<sub>c</sub>) 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 המשקיי. מאידך גיסא השקיה נמוכה במהלך שלב II ושלב III הובילה לעקת יובש המשמעותית ביותר (אפילו ביחס לגפנים שהושקו בטיפול המשקיי). להוציא את חלקות הניסוי בזן מרלו בשנה הראשונה, היבול בטיפול המודל היה גבוה בצורה ניכרת מהיבול בטיפול המשקיי לאורך כל שנות המחקר. בחלק מהשנים ובחלק מהזנים

איכות היין שהתקבל מטיפול המודל הייתה נמוכה מאיכות היין שהתקבל מהטיפול המשקי אולם גם במקרים אלו היין היה באיכות מספקת להגדרת יין באיכות גבוהה (פרימיום). בזן שיראז לא ניכר הבדל בין איכויות היין בשני הטיפולים.



## תוכן העניינים

11	.....	<b>מבוא</b>
11	.....	אזור המחקר
11	.....	אקלים אזורי
12	.....	<b>רקע</b>
15	.....	מטרות המחקר
15	.....	השערות המחקר
		<b>חומרים ושיטות</b>
17	.....	שטח המחקר
17	.....	מבנה המחקר
19	.....	אזור המחקר
20	.....	יישום ההשקיה
22	.....	מדידות פיזיולוגיות וצמחיות
23	.....	קביעת מועדי ההבשלה ובציר מחקרי
23	.....	בציר מסחרי
24	.....	הכנת יין מסחרית
24	.....	הכנת יין במעבדה לחקר היין
		<b>תוצאות קברנה</b>
25	.....	פנולוגיה
25	.....	יישום השקיה ומנות מים
27	.....	שטח עלווה
28	.....	פוטנציאל מים בגזע בצהרי היום
29	.....	מדדי יבול והבשלה
30	.....	יחסי גומלין בין מרכיבי היבול
30	.....	מדדי איכות בתירוש וביין
31	.....	גזם
		<b>תוצאות שיראז</b>
33	.....	פנולוגיה
33	.....	יישום השקיה ומנות מים
35	.....	שטח עלווה
36	.....	פוטנציאל מים בגזע בצהרי היום
37	.....	מהלכים פיזיולוגיים יומיים
39	.....	מדדי יבול והבשלה
39	.....	יחסי גומלין בין מרכיבי היבול
40	.....	מדדי איכות בתירוש וביין
41	.....	גזם
		<b>תוצאות מרלו</b>
43	.....	פנולוגיה
44	.....	יישום השקיה ומנות מים
46	.....	שטח עלווה

47	פוטנציאל מים בגזע בצהרי היום
48	מדדי יבול והבשלה
49	יחסי גומלין בין מרכיבי היבול
49	גזם
51	בציר ניסוי ידני ובציר מכאני מסחרי
	<b>דיון ומסקנות</b>
53	מנות המים
	השפעת ההשקיה על הצימוח הוגטטיבי
54	שטח העלוה
55	גזם
	השפעת ההשקיה על מדדים פיזיולוגיים
56	פוטנציאל מים
57	מהלכים יומיים
	השפעת ההשקיה על הפרי
58	יבול
60	איכות
61	תחשיב כלכלי
62	<b>סיכום</b>
63	רשימת ספרות

## מבוא

גידול גפן היין הינו מענפי החקלאות הוותיקים ביותר המוכרים לנו במקורות היהודים ישנם אזכורים רבים לנושא תרבות גידול הגפן והיין. הגפן התרבותית (*Vitis vinifera*) היא שיח מטפס נשיר המשתייך למשפחת הגפניים (Vitaceae) אשר פירותיו משמשים למאכל, צימוקים, יין, חומץ, ואף שמן המופק מן הזרעים. הגידול המסורתי הינו גידול בעל, באזורים עם משקעי אביב וגידול בטרסות האוחזות את מי הגשמים באזורים בעלי משקעי חורף. תמורות האקלים העולמי והתפשטות הענף לאזורים יובשניים למחצה ויובשניים הכניסו לפרקטיקת הגידול השקיה שעל פי רוב מתבצעת בטפטוף. שיטת השקיית כרמי יין בארץ איננה סדורה דיה ומתבצעת בחלקה בשיטות אירופאיות מסורתיות דוגמת SDI (Sustained Deficit Irrigation) המשרה עקה קבועה לאורך כל עונת הגידול (Chalmers et al. 2007; Williams et al. 2009) או התחלת ההשקיה בשלבים מאוחרים של ההתפתחות הפנולוגית. יישום של שיטות אלו מלווה בשנים האחרונות בסדרת תופעות פיזיולוגיות הקשורות לפגיעה במשק המים של הגפן, בעיקר באזורי גידול יובשניים ומחצה. תופעות פיזיולוגיות אלו כוללות התייבשויות עלים, ירידה ביבול והתמוטטות גפנים, תופעות אשר באזורים מסוימים מעמידות את ענף גפן היין על קצה גבול הכדאיות הכלכלית.

## אזור המחקר

המחקר הנוכחי התבצע באזור גידול יין "חדש-ישן". באזור יתיר קיימים ממצאים ארכיאולוגיים רבים המעידים על היותו אזור חקלאי אשר בו ענף כרם היין היה גידול מרכזי, מהעת העתיקה ועד ככל הנראה התקופה הממלוכית (המאה ה-7 לספ"ה) (Amar 2000) חידוש מסורת גידול הגפן באזור החל רק בעשרים השנים האחרונות. אזור יתיר נמצא בקצה הדרומי של ההר המרכזי אך בשל היותו אזור גבול גאוגרפי הוא מקבל השפעות אקלים וקרע מאזור צפון הנגב, מכיוון דרום מערב וממדבר יהודה בדרום מזרח. בפן החקלאות המודרנית מדובר על אזור צעיר יחסית אשר החל בגידול נשירים בתחילת שנות ה-80 של המאה הקודמת. המשקים השיתופיים כרמל, מעון ובית יתיר מגדלים ביער יתיר, בחלקות שיועדו לכך על ידי קק"ל, זני אפרסק ונקטרינה, דובדבן מתוק (גודגדן), מעט גפן למאכל ואדמונית (פרח גבעול). לקראת סוף שנות ה-90 ניטעו כרמי היין הראשונים בגובה של כ-800 מ' מעל פני הים והיום נטועים ביער יתיר כ-600 דונם כרמי יין. אזור כרמים זה נחשב כאזור איכות בעל שם עולמי ויינות היקב (יקב יתיר) זוכים להכרה בינלאומית באיכותם. יחד עם זאת כיוון שזהו אזור צעיר בגידול, עדיין לא התבררו דיין השיטות האגרנטיות השונות והן מתבססות על שיטות מקובלות באזורי איכות אחרים בארץ וברחבי העולם.

## אקלים אזורי

חלקות המחקר נמצאות באזור קיצון לגידול גפן יין. בשל מיקומו באזור ההר המרכזי המאופיין בחורף קר עם ממוצע צבירה של 55 מכסות צינון עד סוף פברואר (על פי המודל הדינמי Erez and Fishman (1998), הדומה לצבירה הממוצעת בדרום רמת הגולן (52 מכסות צינון בתחנת אבני איתן) וקרוב לצבירה במרכז הרי יהודה (69 מכסות צינון בתחנת ראש צורים). בבאר שבע, הנמצאת במרחק אווירי של רק כ-25 ק"מ דרומית לאתר המחקר, נמדדה צבירה ממוצעת של 35 מכסות צינון בלבד. עם זאת, כמות המשקעים נמוכה ביחס לאזורים אחרים בהר המרכזי. ממוצע המשקעים הרב שנתי באזור הינו 255 מ"מ גשם בשנה, קרוב מאד לממוצע הרב שנתי שנמדד בבאר שבע (195 מ"מ) לעומת 537 מ"מ

בירושלים (מרכז הרי יהודה). בעונות המחקר (2011-2013) נמדדו בתחנת שני (הסמוכה לחלקות הניסוי) 241 מ"מ גשם בממוצע שלושת העונות לעומת 157 מ"מ בבאר שבע ו-470 מ"מ בירושלים בממוצע. שנת 2011 הייתה שנה שחונה עם 60%-75 מהממוצע הרב שנתי באזורים אלו. לעומת זאת, ההתאדות היומית (מחושבת ע"פ נוסחת פנמן-מונטית') באזור יתיר היא הגבוה ביותר באזור ההר המרכזי ואף יותר מנתוני ההתאדות שנמדדו בבאר שבע, קרובה לה ההתאדות היומית המחושבת בשדה בוקר במרכז הנגב. ממוצע ההתאדות העונתית (אפריל-ספטמבר) בתקופת המחקר הייתה 1148 מ"מ באזור יתיר (תחנת שני), כ-50 עד 130 מ"מ יותר מאשר באזור הרי ירושלים (תחנות ירושלים, צובה וחרשה) ואף למעלה מ-100 מ"מ יותר מאשר בבאר שבע. כמות ההתאדות היומית הגבוהה נובעת בעיקר מתנאי יובש קיצוניים השוררים באזור בחודשי הקיץ (כ-47% לחות יחסית יומית ממוצעת). התאדות זו גבוהה אף ביחס לאזורים יובשניים אחרים בעולם בהם נערכו ניסויי השקיה בגפן יין (Shellie 2006; Keller et al. 2008).

## רקע

השקיית ענבי יין היא אתגר מורכב במציאות הענף בארץ, עשרות רבות של זנים ומספר לא מבוטל של כנות ואזורי גידול פרוסים על כל הארץ ועל מגוון רחב של קרקעות ומסלע. אחד הגורמים לכך הוא ריבוי יעדי הגידול וריבוי שיטות התמחור של הפרי. בקצות הסקאלה עומד מחד גידול ענבי הכמות לתירוש או ליינות זולים (שיטת התמחור היא בד"כ על בסיס גובה היבול ללא דרישות הבשלה מוגזמות), מאידך גידול יין איכותי במיוחד (שיטת תמחור על בסיס שטח וקבלת בונס על איכויות יין מיוחדות). בגידול מהסוג השני השריית עקה חריפה בשלבים מסוימים היא מחויבת המציאות, שכן זו מגבירה את הצטברות מרבית הפנולים והאנטוציאנינים המהווים את מרכיבי הטעם והצבע ביין האדום (Bravdo et al. 2010; Matthews and Anderson 1988; Chalmers et al. 1985). עם זאת יש צורך בהשקיה מיטבית לקבלת צימוח וגטיבי וגידול צמח בעל כושר פיזיולוגי גבוה ליצירת מוטמעים לפרי (Williams 2012). שיטת השקיה המשקללת היבטים אלו היא שיטת RDI (Regulated Deficient Irrigation) הנהוגה בגידולי מטע שונים בכלל ובכרמים בפרט. על פי שיטה זו יש לבחון כל גידול לגופו ולאתר את השלבים הפנולוגיים בהם ניתן, ולעיתים אף רצוי, להשרות עקת יובש בכדי לחסוך בתשומות או לצורך שיפור איכות הפרי (El-Ansary et al. 2005; Greven et al. 2005; Romero et al. 2010; Carrasco-Benavides et al. 2012). בגידול זיתים, לדוגמא, מקובל כי ניתן להפחית בהשקיה בשלב התקשות הגלעין (Moriana and Orgaz 2003; Berenguer et al. 2004; Ben-Gal et al. 2011). בגפן קיימים שלושה שלבים פנולוגיים מוגדרים שבהם ניתן להשפיע על היבול ועל איכותו (Shellie 2006; Castellarin et al. 2007; Girona et al. 2009). בשלב הראשון, מסוף פריחה ועד אשכול צפוף (שלב I) ניתן להשפיע על מספר התאים בגרגר (Kennedy 2002), בשלב השני (שלב II) ניתן להשפיע על קצב סינתזת פלבנואידים (חומרי צבע וארומה) (Castellarin et al. 2007) ובשלב השלישי (שלב III), מסוף בוחל / חילוף צבע מירוק לסגול (Verasion) ועד סוף ההבשלה, ניתן להשפיע על גודלו הסופי של הגרגר דרך נפחם הסופי של התאים המרכיבים אותו (Harris et al. 1968). עקת יובש בכל אחד מהשלבים המוזכרים לעיל משפיעה במידת חלקית על גודלו הסופי של גרגר הענבים. לגודל הגרגר מיוחסת השפעה מכרעת על איכות היין, מכיוון שמרבית חומרי הצבע והארומה בזנים האדומים מיוצרים בקליפה, ככל

שהגרגר קטן יותר, מוטה היחס קליפה-ציפה (Skin to pulp ratio) לטובת הקליפה, דבר המאפשר קבלת יין בעל גוון עמוק יותר, בעל טעמים מורכבים יותר ובעל יכולת יישון ארוכה יותר (Roby and Coombe 2009; Matthews 2004; Girona et al. 2009). גידול הפרי בסיגמואיד כפול, כפי שתואר ע"י Matthews (1976) ו-Matthews (1987) תואם את שלבי הצימוח הווגטטיבי של העץ. הצימוח הנמרץ משלב ההתעוררות ועד תחילת שלב הבוחל. לצורך חישוב מנת המים הנצרכת לצמח בריא, הגדל בתנאי קרקע-מים אופטימליים, לקבלת צימוח ויבול מרבי ( $ET_c$ ), יש צורך לקחת בחשבון את גודל נוף הגפן ואת התנאים המטאורולוגיים המשתנים תדיר. חישובים אלו מבוססים על הנוסחה:  $ET_c = ET_o * K_c$  (Allen et al. 1998) כאשר  $ET_o$  הוא ההתאדות הפוטנציאלית המחושבת לפי נוסחת Penman & Monteith ו- $K_c$  הינו מקדם הגידול הקושר בין  $ET_o$  ל- $ET_c$ . במחקר באזור לכיש אשר נערך במשך שבע שנים בגפן מאכל (Netzer et al. 2005, 2009) נבנה עקום עונתי למקדם הגידול,  $K_c : ET_c$  חושב ממדידה יומית של צריכת המים של גפנים שגודלו בליזימטרים והושקו ללא הגבלת מים ו- $ET_o$  חושב לפי נוסחת Penman & Monteith (1965) מנתוני תחנה מטאורולוגית סמוכה למקום המחקר. מדידות תכופות, לא הרסניות, של אינדקס שטח העלווה, LAI, בכרם הסמוך אפשר לנסח את הקשר בין  $K_c$  לבין LAI:

$$K_c = - 0.0283 LAI^2 + 0.3547 LAI + 0.775$$

מחישובים אלו והמתאם לשטח העלווה 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. מכיוון שבגידול ענבי יין השריית עקת יובש מבוקרת בתקופה מוגדרת של התפתחות האשכול היא פרקטיקה מקובלת ונדרשת להשגת יין איכותי, נוסף למודל מקדם עקה ( $K_s$ ) היוצר השקיה גרעונית. מקדמי העקה במודל השקיית ענבי היין עומדים על 20%-50 מצריכת הצמח המקסימלית. מקדמי ההשקיה הגרעונית הנבחרים אינם אחוז מהתאדות פוטנציאלית מחושבת ( $ET_o$ ) אלא ממדידות של צריכת מים של גפנים שגודלו בליזימטרים ( $ET_c$ ) כפי שהוסבר לעיל. מקדם ההשקיה המיושם בניסוי מחושב בהתאמה לגודל הנוף, לתנאי האקלים, לזן ולשלב ההתפתחות הפנולוגי. התאמת מקדמי המודל בצורה דיפרנציאלית לכל שלב פנולוגי נקבעה עפ"י השפעתו על איכות הפרי וגודל היבול ויכולתו להתאים את הגידול לאיכויות יין שונות (סדרות כמות/ סדרות איכות/ פרמיום). במחקר הנוכחי, המבוצע בכרמי איכות פרמיום בעלי שם עולמי (יקב יתיר), מקדמי המודל הותאמו על בסיס מידע שהצטבר בניסויי השקיה שנערכו בכרמי יין באזור קיבוץ חולדה ובקרבת הישוב דולב שבשומרון (Netzer et al., 2012). במחקרים אלו נבחנה השפעת השקיה עפ"י מקדמים בחמישה טיפולים: שלושה טיפולי SDI, השקיה גבוהה (50% מ- $ET_c$ ), השקיה בינונית (35% מ- $ET_c$ ) והשקיה נמוכה (20% מ- $ET_c$ ). כמו כן נבחנו שני טיפולי RDI: השקיה גבוהה בתחילת העונה (50% מ- $ET_c$ ) שעוברת אחר כך לנמוכה (20% מ- $ET_c$ ) וטיפול שמתחיל בהשקיה נמוכה (20% מ- $ET_c$ ) ולאחר בוחל (חילוף צבע מירוק לסגול) עובר להשקיה גבוהה (50% מ- $ET_c$ ). הניסויים נערכו בזן 'קברנה-סוביניון' באזור דולב ובזן 'מרלו' בקיבוץ חולדה. תוצאות המחקרים ממחישים את חשיבות ההשקיה בשלב I של התפתחות הגרגר (מחנטה ועד אשכול צפוף), וזאת בניגוד לפרקטיקת ההשקיה הרווחת, הגורסת כי ניתן

להמתין באביב עד לעצירת הצימוח ורק לאחר מכן להתחיל את ההשקיה (ומשמעותה בפועל, היעדר השקיה במרבית שלב I). מעבר להשפעה על התמיינות מוגברת של אשכולות ותוספת יכול, מתברר כי בשלב I מתבצעת מרבית הצמיחה העונתית בקוטר הגזע (Netzer et al. 2012). מניתוח התפלגות קטרי חוליות הטרביאה בניסוי ההשקיה בדולב, עלה כי מנת מים אופטימלית בשלב I תביא ליצירה מוגברת של חוליות טרכיאה בקטרים רחבים יחסית. בטיפול RDI המתחיל במקדם גבוה (0.5) ויורד למקדם נמוך (0.2) נצפה לאורך כל שנות המחקר פוטנציאל מים משופר בשלב I (בדומה להשקיה הגבוהה – מקדם 0.5). אולם, בשלב III נצפו ערכי פוטנציאל מים שלילים אף יותר מהטיפול שקיבל מנת מים נמוכה לאורך כל העונה (מקדם עקה 0.2). מבחינת היבולים התקבלו בטיפול זה יבולים יחסית גבוהים עם איכויות צבע וארומה בין ברמה גבוהה אף יותר מזו שהתקבלה בטיפול ההשקיה הנמוכה לאורך כל העונה (Netzer et al. 2012). ניתן היה לקשור תופעה זו לצריכת מים מוגברת עקב נוף גדול יותר כתוצאה של ההשקיה המרובה בשלב I, אולם למעשה, הפרקטיקה החקלאית מווסתת את גודלו הסופי של הנוף ומגבילה אותו לגודל אחיד ע"י גיזום (הסרת שריגים לא פוריים, קיצוצי צד, קיטומים והסרת עלים באזור הפרי- "חילון"), כך שהפערים בשטחי העלווה של הגפנים לא יכולים לספק הסבר מניח את הדעת (Netzer et al. 2012). יתכן כי השפעת משטר ההשקיה על אנטומיית העצה היא הגורם שבעטיו נצפתה במהלך שלב III עקת יובש חריפה בטיפול זה. ע"פ חוק פואסיי (Poiseuille's Law) שינוי רדיוס של צינור הובלה משפיע בחזקה רביעית על המוליכות ההידראולית של הצינור (Tyree and Ewers 1991). מנתונים אלה ניתן לשער כי בעקת יובש חריפה חוליות הטרביאה בטיפול זה נפרצות ומתמלאות אוויר (אמבולזים) (Lovisololo and Schubert 1998), דבר שמסביר את עקת היובש החריפה המשתקפת בערכי פוטנציאל המים. מחקרים בגפן בנושא זה הוכיחו כי אמבולזים הוא תהליך הפיך, וחוליות הטרביאה עשויות להתמלא שוב במים כאשר משק המים משתפר (Sperry et al. 1987; Brodersen et al. 2010). במחקר הנוכחי בכוונתנו לבחון את השפעת מקדמי ההשקיה השונים עפ"י מודל ההשקיה על זנים שונים. הזנים שנבחרו מייצגים אסטרטגיות שונות בתגובה ליובש, כאשר זן ה'קברנה סוביניון' נחשב איזוהידרי (Chalmers et al. 2007; Hochberg et al. 2013) וה'מרלו' נחשב כזן אניאזוהידרי (Williams and Baeza 2007; Shellie and Bowen 2014). גם הזן שיראז' נחשב כזן אניאזוהידרי (Schultz 2003; Chalmers et al. 2007; Santesteban et al. 2009; Rogiers et al. 2009). מניסיונו בשטח הוא נראה כזן רגיש ביותר להתייבשויות עלים ולמחיקת אשכולות אף ביחס ל'מרלו'. ה'מרלו' נחשב כרגיש ביחס ל'קברנה סוביניון'. כמו כן נבחן את יישומו המיטבי של המודל וכן את השינויים האנטומיים בין טיפולי ההשקיה ובין הזנים השונים.

### **מטרות המחקר**

1. בחינת משטר השקיה לשלושה זני איכות, באופן שיאפשר יצירת עקה מבוקרת בשלבים פנולוגיים מוגדרים, תוך שמירה על יבול כלכלי, על בריאות העלווה והגפן בד בבד עם שמירה על איכות הפרי והיין.
2. מעקב אחר התפתחות עקת יובש באופן השוואתי בין שלושת זני האיכות המסחריים, השונים ביניהם בהגדרת האיזוהידריות / אנאיזוהידריות (Schultz 2003), לצורך התאמת מקדמי עקה נכונים לכל זן.

### **השערות המחקר**

1. שימוש במודל השקיה מושכל, המחשב את מנות ההשקיה על פי נתונים מטאורולוגיים, גודל נוף הצמח והשלב הפנולוגי שלו, עשוי להגדיל את היבול מבלי לפגוע באיכות הפרי. השקיה במנות מים גדולות יחסית כבר בתחילת העונה תורמת לצימוח נוף חזק יותר, לפעילות קמביאלית תקינה וליצירת טרכאות גדולות יותר.
2. השקיה מספקת לצימוח מרבי בשלבי הצימוח הווגטיבי בתחילת העונה מאפשרת הכנסת הגפן לעקה חריפה בשלב סוף הבוחל ויצירת צבע רצוי ללא פגיעה באיכות היין.





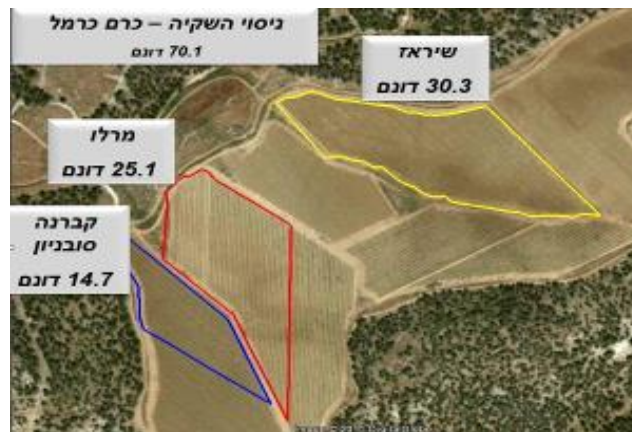
## חומרים ושיטות

### שטח המחקר

שטח המחקר מחולק על פני שלוש חלקות מרכזיות (הנטועות בזנים קברנה, מרלו ושיראז) בכרם מסחרי של מושב כרמל ביער יתיר (נ"צ 31.34/35.06). גובה השטח בחלקות קברנה והמרלו 650-670 מ' מעל פני הים, ובחלקת השיראז 660-687 מ' מעל פני הים. הקרקע בינונית עד כבדה (טבלה 1) מוגדרת חרסית סילטית עד סיין חרסיתי. מוליכות חשמלית בעיסה הרוויה (בסקר קרקע קדם נטיעה) 0.3-0.5 ds/m.

**טבלה 1.** מדדי הקרקע בחלקת יתיר. הטבלה מייצגת אנליזות לשלוש נקודות בדיקה לכל עומק. בכל נקודת בדיקה שלושה בורות דיגום.

עומק	% חול	% סילט	% חרסית	% גיר כללי	pH
0-30	32.4-34.4	32.6-36.6	31-33	14.9-21.6	8-8.6
30-60	24.4-26.4	28.6-38.6	35-47	17.4-22.4	6.5-8.6



**איור 1:** תצלום אוויר של שטחי המחקר בכרמי יין מושב כרמל באזור יער יתיר. תצלום Google Earth.

### מבנה המחקר

בחלקת המחקר הוצבו שני טיפולי השקיה בזנים קברנה סובניון ושיראז, ושלושה טיפולי השקיה בזן מרלו (טבלה 2). בכל חלקה הורכב ברז הידראולי נפרד עבור כל טיפול. חיבור הקווים המחלקים נעשה לסירוגין כאשר כל שלוש שורות עוקבות מחוברות לפקד שליטה אחד ושלושת השורות הבאות מחוברות לפקד השני. בעזרת תבנית זו נבנו ארבע חזרות (בנות שלוש שורות לכל חזרה) בזנים קברנה סובניון ומרלו וחמש חזרות בזן שיראז. טיפולי ההשקיה בזנים קברנה סובניון ושיראז כללו ביקורת (משקי) והשקיית מודל רגילה ובשן מרלו הוצב בנוסף השקיית מודל בתדירות נמוכה (מודל מרווח). בכל חזרה (שלישית שורות) שימשה רק השורה האמצעית למדידות והשורות האחרות שמשו כשורות גבול. בכל שורת אמצע סומנו שלושה מקטעים של שלושה עצים כל אחד, בהם בוצעו המדידות באופן עקבי. עצים אלו נבצרו בצורה ידנית, והיבול נספר ונשקל בנפרד. תבנית ניסוי זו אפשרה ביצוע ניתוחים סטטיסטיים כמקובל. הטיפולים שנבחנו:

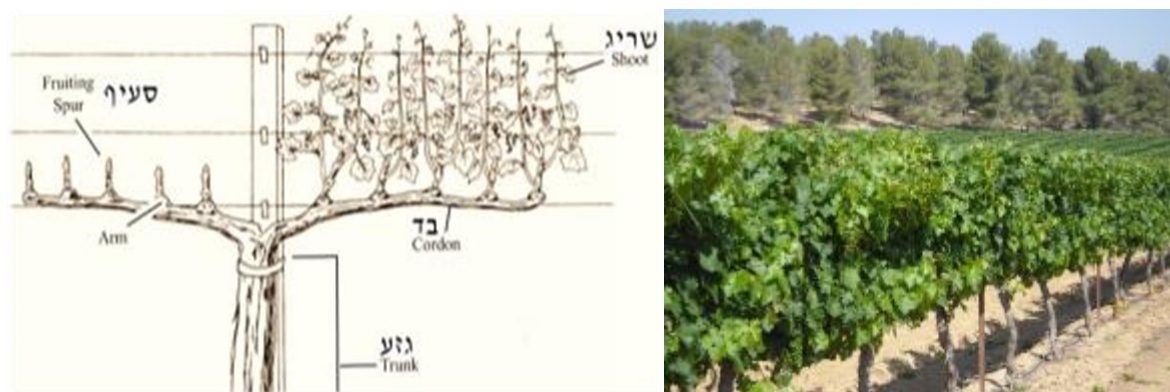
1. טיפול השקיה משקי (ביקורת).
2. טיפול השקיה על בסיס מודל ההשקיה, יישום השקיה פעמיים בשבוע.
3. טיפול השקיה על בסיס מודל ההשקיה, יישום השקיה פעם בחמישה ימים (בזן מרלו בלבד).

**טבלה 2:** נתוני זן, שנת הנטיעה, סוג הכנה וגודל החלקה, טיפולי ההשקיה ומספר החזרות לטיפול, בניסוי יתיר 2011-2013.

מספר חזרות	טיפולים	שטח (דונם)	כנה	שנת נטיעה	זן
4	משקי, מודל	14.7	פולסן	2002	קברנה
4	משקי, מודל, מודל חמישה ימים	25.1	פולסן	2002	מרלו
5	משקי, מודל	30.3	פולסן	2007	שיראז

מערכת ההשקיה הורכבה ממגופי הפיקוד (גל 2", חברת דורות) מופעלים בשליטה מרחוק במערכת הפעלה IRRInet של חברת אקווה מערכות בקרה, יכולת הפעלה ברזולוציה של 0.1 מ"ק מים. ההשקיה מתבצעת במערכת טפטוף (רעם/יונירעם) של חברת נטפים. ספיקת הטפטפת 2.3 ליטר לשעה. ומרווחי ההצבה של הטפטפת חצי מטר. מרווחי הנטיעה הם 3 מ' בין השורות ו-1.5 מ' בין הגפנים בתוך השורות, סה"כ 222 גפנים בדונם.

עיצוב הגפנים, בכרם זה (איור 2), הינו בצורת בד דו- צדדי (bi-lateral cordon) על מערכת הדלייה VSP (vertical shoot position). בשיטה זו משלבים את השריגים אנכית לבד בעזרת חוטי הדליה בגבהים משתנים.



**איור 2:** מראה כללי (תצלום מימין) של הדליית הגפנים על מערכת שילוב שריגים אנכית (VSP) בחלקת קברנה סובניון יתיר 2012. חלקי הגפן השונים (איור משמאל), בצדו הימני של האיור שריגים מפותחים במהלך עונת הקיץ ובחלק השמאלי של האיור גפן לאחר זמירת החורף. מעובד מתוך Hellman 2003.

באביב, עם התעוררות הגפן, מבלבלים שריגים ירוקים (Shoots) מהניצנים (Buds). במהלך העונה מתעצם השריגים והופכים לזמורות (Canes) עליהן גדלים אשכולות הפרי. לקראת העונה העוקבת, בסוף תרדמת החורף, מתבצעת זמירה (Spur Pruning) אשר מקצרת את הזמורות בסמוך לניצנים הממוקמים בבסיס הזמורה. הפרקים שנשארו מהזמורה המקוצרת קרויים סעיף (Spur). הזמירה מתבצעת במהלך חודש פברואר ומסתיימת בתחילת מרץ. בזנים שיראז וקברנה הזמירה מותירה שני ניצנים ("עיניים" בעגה החקלאית) על כל סעיף ובזן מרלו מותירה ניצן אחד. פרקטיקה זו היא כמקובל בענף כרמי היין ("גפן פורייה"). לאחר הזמירה נשארים בין 7-10 סעיפים על כל בד (14-20 סעיפים לגפן). הזמירה שומרת על עיצוב הגפן ומווסתת את גובה היבול. בצורה זו נקבע גם גובה אזור האשכולות באופן המתאים לפעולות האגרוטכניות בכרם (ריסוסי מחלות ומזיקים, דילול פרי, חשיפה לאור ובציר מכאני). לזמירה גם השפעות הורמונליות על התעוררות הניצנים הנותרים מתחת לחיתוך ולמועד הזמירה השפעה על מועד ההתעוררות (Pratt 1974).



**איור 3:** תצלום גפן לפני (ימין) ואחרי (שמאל) זמירה. גפן שיראז מטיפול השקיית המודל 07/02/2012

דישון הכרם מתבצע באופן עקבי באביב ולאחר הבציר (דישון סתווי). באביב, מהלבלוב ועד לפני תחילת הבוחל ולאחר בציר, מההשקיה השנייה שלאחר בציר ועד לסיום כמות הדשן. הדישון מתחיל ביחידה וחצי של אמון חנקתי (18%) ולאחר מכן משלים עוד 5 יחידות חנקן בדשן מורכב (NPK) מסוג שרית 06:06:06 (כ-5 יחידות באביב וכ-1.5 יחידות בסתיו). הדישון הינו דישון ראש הניתן יחד עם ההשקיה. למרות ההבדל ביישום ההשקיה נעשה ניסיון שמנות הדשן ינתנו בצורה דומה בכל הטיפולים לאורך הגידול.

הכרם מטופל תדיר למניעת עשביה בשבילים ובשורות. בחורף מרוסס הכרם בחומרים מונעי הצצה ובמהלך העונה בריסוסי מגע (צורבניים וסיסטמיים) נגד עשביית קיץ.

בעונת הגידול מתקיים בכרם פיקוח מזיקים באופן קבוע, על בסיס עקרונות שיטת IPM (Integrated pest management). המזיקים העיקריים באזור הינם קימחון הגפן, עש הגפן וכנימה קמחית, אולם שכחותם מועטה וחומרת הפגיעה חלשה באזור המחקר ביחס למקומות גידול אחרים בארץ, ככל הנראה על רקע האקלים היבש וכן בשל הבידוד הגיאוגרפי של האזור מאזורי גידול כרם אחרים.

### **אזור המחקר**

כרמי המחקר ממוקמים בשטחים פתוחים בתוך יער יתיר. האזור כולו הינו בגובה 650-850 מ' מעל פני הים ומהווה חיבור גאוגרפי של גב ההר עם מדבר יהודה מדרום מזרח וצפון הנגב מצד דרום מערב. האקלים באזור זה הינו שילוב של אזור ההר ואזור הנגב ומדבר יהודה. האזור מתאפיין במיעוט משקעים, רק כמאה מ"מ בממוצע יותר מבאר שבע וכמחצית מכמות המשקעים הנמדדת באפרת (טבלה 3). כתוצאה מכך האזור מוגדר יובשני (Arid) ומאופיין בהתאדות מוגברת (טבלה 4).

**טבלה 3.** כמות משקעים שנתית בתחנות גב ההר והנגב (מ"מ בעונה). מתוך אתרי הנתונים של השמ"ט ומשרד החקלאות.

תחנה	2010-2011	2011-2102	2012-2013
דולב	415.1	780.4	724.1
צובה	344.2	629.2	609.6
אפרת	352.5	634.8	510
ירושלים	319.3	588.2	503.6
<b>יתיר (שני)</b>	<b>172.2</b>	<b>319.6</b>	<b>232.5</b>
באר שבע	149.8	145.7	175.3
שדה בוקר	47.4	53	105.8

**טבלה 4.** התאדות פנמן ( $ET_0$ ) בעונת הגידול (אפריל-ספטמבר) בתחנות גב ההר והנגב (מ"מ בעונה). הנתונים התקבלו מתחנות מטאורולוגיות וחושבו על בסיס נוסחת פנמן-מונטית המתוקנת. מתוך אתרי הנתונים של השמ"ט ומשרד החקלאות.

תחנה	2011	2012	2013
חרשה	967.1	1094.3	1058.4
צובה	955	1046.1	1043.5
ירושלים	1034.3	1153.7	1096.2
<b>יתיר (שני)</b>	<b>1107.8</b>	<b>1176.3</b>	<b>1159.6</b>
באר שבע	1044.7	1036.3	1029.2
שדה בוקר	1099.6		1118.2

### יישום ההשקיה

שיטת ההשקיה המשקית (ביקורת) השקתה מנות בינוניות (5 מ"מ) ברווחים (אינטרוול) גדולים בתחילת העונה (7-10 ימים בין השקיה) והעלתה את המנה (7 מ"מ) תוך צמצום המרווחים (כל 5 ימים) עם התקדמות העונה. יחד עם זאת קביעת גודל המנה והאינטרוול (המרווח) השתנו בהתאם למצב החזותי של הגפן ובאירועי אקלים קיצוניים במהלך העונה.

בטיפול המודל, קביעת ההשקיה התבצעה על בסיס היחס בין מקדם הגידול ( $K_c$ ) לבין  $LAI$  (Leaf Area Index) שנמדדו במשך 7 עונות רצופות בענבי מאכל בליזימטרים באזור לכיש (Netzer et al. 2009).  
 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 5). בניסוי לכיש חושב ה-  $ET_0$  בשיטת CIMIS וביישום המודל אנו משתמשים בשיטת ASCE המקובלת בשירות המטאורולוגי הישראלי, לצורך כך קיים תיקון בנוסחה:

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

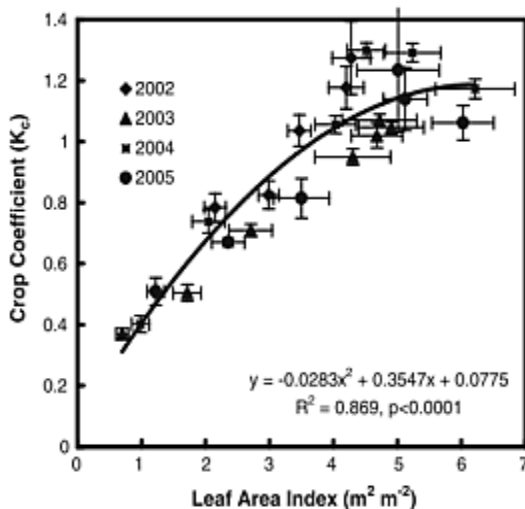
בשל העובדה כי גודל נוף סטנדרטי בגפן יין בשיטת ההדליה המקובלת אינו עובר את ערכי שטח העלווה (LAI) של 4 מ"ר/מ"ר (לאמיתו של דבר העלווה המקסימאלית של מרבית כרמי היין אינה עולה על ערך של 2 מ"ר/מ"ר), ניתן להשתמש רק בקטע הליניארי המתקבל מהגרף.

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

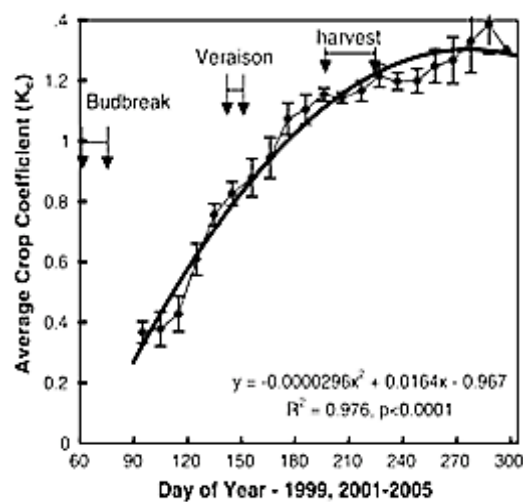
הנוסחה הליניארית:

2. צריכת המים של הגפן מחושבת על ידי הכפלת מקדם הגידול  $K_c$  בהתאדות הפוטנציאלית הממוצעת  $ET_0$  של שלושה ימים אחרונים.  $ET_0$  מחושב ממדדים מטאורולוגיים המתקבלים מהתחנה הממוקמת ביישוב "שני-ליבנה", כקילומטר מאתר הניסוי.

3. יישום מקדמי השקיה שונים בשלבים הפנולוגיים השונים: השקיה עם מקדם עקת יובש ( $K_s$ ) של 0.5 מתחילת הבלבוב (שלב I), ירידה למקדם 0.3 בשלב האשכול הצפוף (שלב II), ולמקדם 0.2 עם סוף הבוחל (שלב III), בהתניה שפוטנציאל המים של הגזע בשעות הצהריים (MD-SWP) אינו יורד מ-1.6MPa.



**איור 5.** הקשר בין מקדם הגידול לבין אינדקס שטח העלווה (LAI) בענבי מאכל מהזן סופיריור (Netzer et al., 2009).



**איור 4.** עקום עונתי של מקדם הגידול של ענבי מאכל מהזן סופיריור. העקום נבנה במהלך 7 עונות רצופות שבהן נמדדה צריכת המים של גפנים שגדלו בליזימטרים המושקים בעודף (Netzer et al., 2009).

ההשקיה בטיפול המודל מתבצעת פעמיים בשבוע בימים קבועים (לבד מטיפול אחד במרלו המושקה פעם בחמישה ימים) החל מתחילת העונה. באירועי חום קיצוניים וכאשר ערכי פוטנציאל המים חרגו מהסף שנקבע הוגדלה תדירות ההשקיה. ההיגיון העומד מאחורי יישום זה הוא גידול ללא השריית עקה חריפה, בשלב I, בו מתמיינים האשכולות, נקבע גודל צינורות העצה ונקבע סך הגרגרים באשכול. מאידך, בשלב III, בו חלה הבשלת הענבים השריית עקת יובש משמעותית (אך מבוקרת) משפרת את קצב צבירת חומרי הטעם והארומה וההבשלה הפנולית.



## מדידות פיזיולוגיות וצמחיות

**פוטנציאל מים בגזע וחילוף גזים** : החל מחודש מאי ועד לתום העונה בוצעה אחת לשבוע מדידת פוטנציאל המים בגזע בצהרי היום (MD-SWP). המדידה בוצעה ביום שלפני ההשקיה. העלים הוכנסו לשקית פלסטיק כסופה אטומה כשעתיים לפני המדידה, החל מהשעה 11:00 נותקו העלים מהצמח ופוטנציאל המים נמדד באמצעות תא לחץ (ARIMAD 3000 מ.ר.סי, חולון). תא הלחץ מותקן על טרקטורון, כך שהזמן בין ניתוק העלה והכנסתו לתא לתחילת מדידה, קטן מ-20 שניות. המדידה בכל החלקות הסתיימה לפני השעה 14:30 ובכל מקרה הזמן למדידת כל חלקת זן מסוים (שני הטיפולים) לא עלה על שעה אחת. המדידות בוצעו על שלוש גפנים מסומנות בכל חזרה (12 גפנים לטיפול, 84 גפנים לכלל החלקה).

במהלך שלוש שנות המחקר התקיימו ימי מדידות מרוכזים במועדים פנולוגיים שונים ובזנים השונים. במהלך ימי המדידות הפיזיולוגיות נמדדו מהלכים יומיים של מדדים פיזיולוגיים בגפן (בכל טיפול לפי החזרות בגפנים המסומנות, 12 גפנים לכל טיפול). בכל ימי המדידות נמדד מהלך יומי של פוטנציאל המים בגזע. בימי המדידות בשנים 2012-2013 בוצעו מדידות חילוף גזים (מוליכות פיוניות וקצב פוטוסינתזה) בכל שעתיים מזריחה ועד שקיעה. מדידות חילוף גזים בוצעו באמצעות מערכת למדידת חילוף גזים (Li-6400), 4 עלים לחזרה.



**איור 6.** מדידת חילוף גזים במערכת Li-Cor 6400 במהלך יום פיזיולוגיה בחלקת שיראז (ימין) ומדידת פוטנציאל מים בגזע בצהרי היום באמצעות תא לחץ (ARIMAD 3000 מ.ר.סי, חולון) (שמאל).

**מדידות אינדקס שטח עלווה (LAI)** : המדידות בוצעו בכרם על אותן גפנים בהן נמדד פוטנציאל המים בגזע (12 גפנים לטיפול, 84 גפנים בכלל החלקה). המדידה התבצעה אחת לשבועיים-שלושה שבועות, על מנת לעקוב אחר התפתחות הנוף. המדידות נערכות באמצעות SunScan Canopy Analysis System המצויד ב-64 גששי קרינה (Delta-T Devices, Cambridge UK).

**בדיקות יבול** : מרכיבי היבול (מספר אשכולות, גודל גרגר, מספר גרגרים לאשכול), איכותו ואנליזת התירוש בוצעו במעבדה של יקב יתיר. נבדקו מדדי תירוש : סוכר (ברפרקטומטר), ריכוז חומצה כללי ו-pH. כמו כן התבצעה אנליזת חומצות, צבע ותכולת פנולים בענבים לפני בציר וביין (מהלך העבודה ומכשירי מדידה יפורטו בהמשך).

### קביעת מועדי הבשלה ובציר מחקרי

כשבועיים לפני המועד המשוער של הבציר של כל זן וכל טיפול החלו להתבצע דגימות הבשלה במטרה לקבוע את מועד הבציר המיטבי. הדגימות בוצעו בשנים עד שלושה מועדים שונים עד קביעת מועד הבציר. מכל חזרה נדגמו עשרה אשכולות בצורה אקראית משני צדדי השורה. האשכולות נשקלו בשטח בעזרת מאזני תליה (UWA HS-30K), המאזניים כוילו בתחילת העבודה ובמהלכה מספר פעמים. האשכולות הובאו ליקב יתיר ולאחר שהיה של שעה (הגעה לטמפי' החדר) האשכולות נסחטו באופן ידני ובוצעה אנליזה לתירוש. ריכוז הסוכר הוערך ע"י מדידת ריכוז מומסים (TSS) ברפרקטומטר ( Palette PR-101 ATAGO) ובוצע תיקון טמפרטורה לפי טבלה מקובלת; pH (pH Meter Metrohm 744); וכמות חומצה טרטריית (TA) נקבע ע"י טיטור התירוש עם Sodium Hydroxide 0.1N בטיטרטור דיגיטלי (ISOLAB DIGITRATE).

מועד הבציר נקבע לפי ריכוז הסוכר (כ- 25.2°Brix) והחלטת היינן על פי טעימה ובחינה של ההבשלה הפנונית וכן pH המתאים לבציר הענבים (מתחת לערך סף של pH-4). ביום הבציר נבצרו ידנית 9 עצים לכל חזרה (שלושה מקטעים של שלושה עצים) ובסה"כ 72 גפנים בקברנה סובניון 90 גפנים בשיראז ו-108 גפנים במרלו. כל גפן נבצרה ונשקלה בנפרד ומספר האשכולות שלה נספר בנפרד. הגדרת אשכול מינימאלי לספירה נקבעה כאשכול בעל למעלה מ-10 גרגרים. מכל חזרה נדגמו כ-100 גרגרים שנלקחו ממרכז האשכולות, נשקלו 25 גרגרים ארבע פעמים לכל חזרה. מכל חזרה נלקחה דגימה של 20 אשכולות ובוצעה אנליזה תירוש.

בנוסף נשלחה דגימת 100 גר' גרגרים מכל חזרה למעבדת "יקבי כרמל" בזכרון יעקב לאנליזה צבע במיצוי כהלי וקריאה הבליעה הספקטרלית בספקטרופוטומטר באורך גל של 518 nm (Genesys 10UV ) (Thermo).

### בציר מסחרי

בציר החלקה כולה הינו בציר מכאני הנעשה על ידי בוצרת נגרת של חברת ALMA. הבציר התבצע בלילה כאשר טמפי' הסביבה מתחת לסף של 18 מ"צ. הפרי הובל במשאיות ליקב תוך כמחצית השעה והגיע ליעדו לפנות בוקר.



איור 7. בציר מכאני לילי על ידי בוצרת נגרת של חברת ALMA בחלקת שיראז 17/8/2012 (ימין) ובציר ידני לדליים לצורך ספירת אשכולות ומשקל בחלקת שיראז 16/8/2012 (שמאל).

## הכנת יין מסחרית

ביקב הפרי מועבר לבור הקליטה של היקב ונדחף באיטיות על ידי בורג ארכימדי לעבר המועך-מפריד (crusher-destemmer) מסוג DIEMME KAPPA 20. התירוש הגולמי (עם הקליפות) מוזרם אל מכלי נירוסטה (AZZINI 6-10T) לצורך התסיסה. בעשרים וארבע השעות הראשונות לאחר הבציר התירוש נמצא בקירור המונע תסיסה ומאפשר שקיעת לכלוך וניקוי לפני התחלת התסיסה. לאחר מכן הועלתה טמפרטורת המכל ל-25 מ"צ והוספו שמרים מסוג BDX. משך התסיסה נע בין עשרה ימים לשבועיים ובמהלכו בוצעו מידי יום ערבולים לשקיעת כיפת הזגים הצפה מעל התירוש (cap) וכן שפיות פתוחות (racking; decantation) להכנסת חמצן ולאורור ריחות פגומים. בסיום התסיסה הראשונה, כאשר הסוכר השיורי עמד על ערך קטן מ-4 גר"/ליטר, נוקז היין למיכל מתאים ונסחטה עיסת הזגים והחרצנים במכבש (press) מסחיטה זו מתקבלת תוספת של כ-10% יין, לא בוצעה הפרדה בין היין המנוקז מהמכל (free run) לבין היין היוצא במכבש. בשלב זה הוספו ליין חיידקים מלולקטים (לאקטובאצילוס של LALLEMAND) לצורך התסיסה השנייה. התסיסה המלולקטית נמשכה כחודש. לאחר תסיסה זו הועבר היין לחביות עץ אלון צרפתי בגודל 225 ליטר בנות 0-5 שנים. היין התבגר בחבית במשך 9 חודשים ובתקופה זו עבר שפייה פעם בחודש עד חודש וחצי לצורך ניקוי המשקעים וכן מילוי עליון (toping) התבצע אחת לשבועיים-שלושה שבועות למניעת כניסה של חמצן ליין. בכל חודש נלקחה דגימת יין מכל החביות ונעשו אנליזות לבקרת איכות היין ואיתור פגמים. לאחר כתשעה חודשים נשאבה כמות מדגמית של יין מחביות מבוגרות (לפחות בנות 3 שנים). בקבוקי היין המדגמי נלקחו למבחני טעימה בפורום הטועמים של היקב המחקרי באריאל.

## הכנת יין במעבדה לחקר היין

בבציר 2013 נבצרו ענבים לפי חזרות בחלקות קברנה ושיראז. הפרי הובל ליקב המחקרי באריאל. מכל חזרה הוכן יין בנפרד על פי פרוטוקול למיקרוויניפיקציה שהוכן על ידי ד"ר שיבי דרורי (סה"כ 16 יינות). ביין נבדקה עוצמת הצבע ורמת הפוליפנולים, על ידי בדיקת עוצמת הבליעה בספקטרופוטומטר באורכי גל של 620, 520, 420, 280 nm. היין הובא לטעימות בפורום הטועמים של היקב המחקרי שנערכה בתאריך 11/11/2014.



## תוצאות – 'קברנה סובניון'

### פנולוגיה

טבלה 5. תאריכים קלנדרים ויוליאניים (DOY - Day Of Year) של מועדים פנולוגיים עיקריים בטיפול ההשקיה השונים (משקי ומודל) בזן קברנה סובניון כרם מושב כרמל, 2011-2013.

שנה	טיפול	לבלוב	אשכול צפוף	בוהל	בציר
2011	קברנה משקי	(101) 11/4/11	(166) 15/6/11	(190) 9/7/11	(275) 2/10/11
	קברנה מודל	(101) 11/4/11	(166) 15/6/11	(195) 14/7/11	(282) 9/10/11
2012	קברנה משקי	(92) 2/4/12	(161) 10/6/12	(198) 17/7/12	(246) 3/9/12
	קברנה מודל	(92) 2/4/12	(161) 10/6/12	(198) 17/7/12	(246) 3/9/12
2013	קברנה משקי	(91) 1/4/13	(156) 5/6/13	(214) 2/8/13	(239) 27/8/13
	קברנה מודל	(91) 1/4/13	(156) 5/6/13	(214) 2/8/13	(239) 27/8/13

בשלושת עונות המחקר ביתיר (2011-2013) ההשקיה החלה עם לבלוב הגפן בתחילת-אמצע אפריל (טבלה 5), בשל תנאי האקלים היבש באזור ומיעוט משקעי החורף. בבחינת שלושת מועדי הפנולוגיה של הגרגר לא נראו שינויים מהותיים בין שני הטיפולים במהלך שלושת העונות, להוציא את מועד הבציר בעונת 2011. בעונה זו בציר טיפול המודל התעכב בשבעה ימים ביחס לטיפול המשקי (טבלה 5). בשאר העונות צבירת הסוכר בטיפול המודל הייתה דומה לטיפול המשקי למרות יכול רב יותר שהתקבל בטיפול המודל (טבלה 7) שהתבטא בתוספת של 48%-55% בטיפול המודל ביחס למשקי בכל שלוש שנות המחקר.

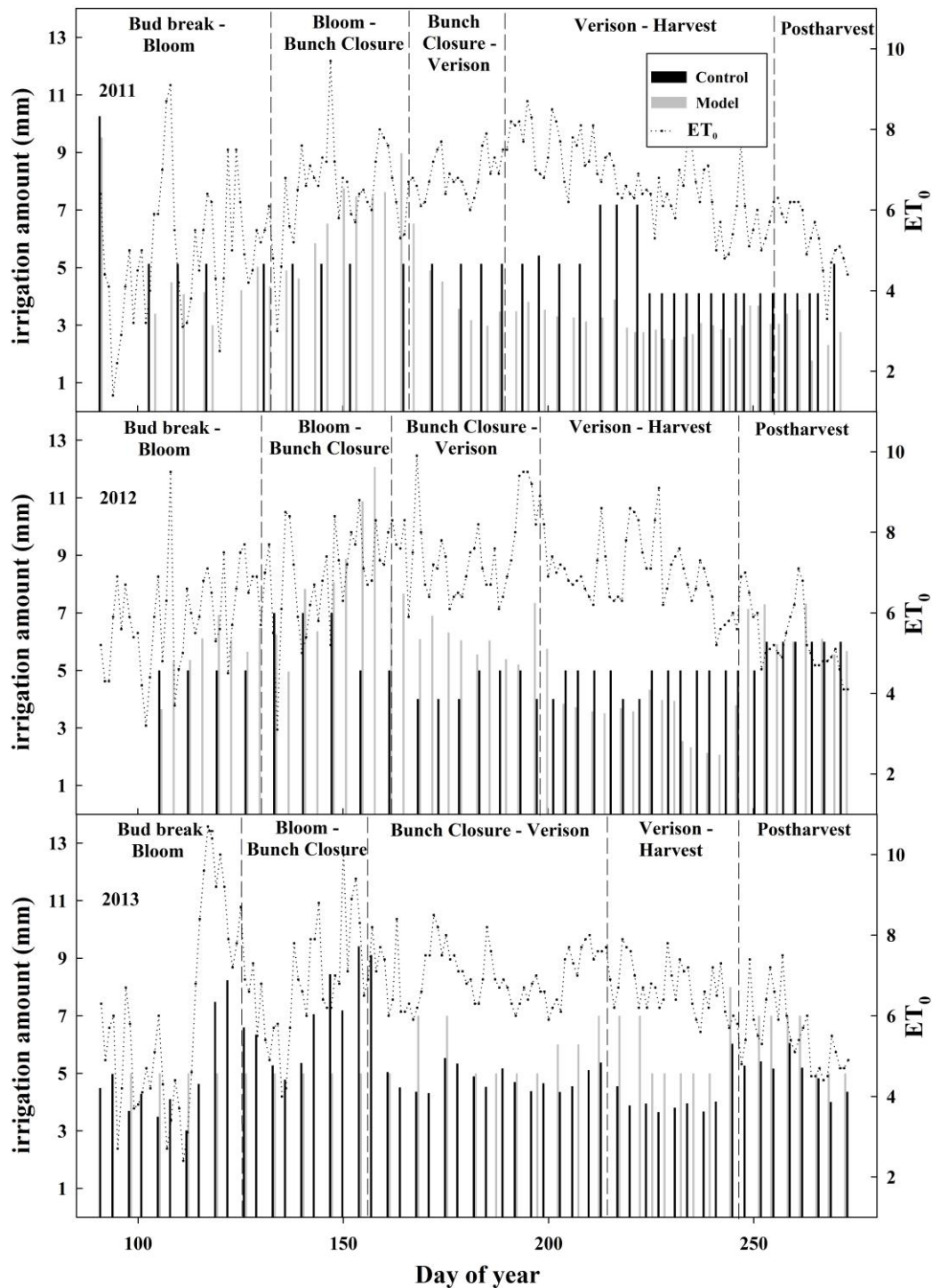
טבלה 6. מנות המים מתחילת העונה עד בציר בטיפול ההשקיה השונים (משקי ומודל) בזן קברנה סובניון, כרם מושב כרמל, 2011-2013.

שנה	טיפול	תאריך בציר (DOY)	מנת מים עד בציר (mm)	התאדות עד בציר (mm)	% מהתאדות
2011	קברנה משקי	275	143	1134.5	12.6
	קברנה מודל	282	190.8	1166.8	16.3
2012	קברנה משקי	246	152.2	1061.2	14.3
	קברנה מודל	246	234	1061.2	22.0
2013	קברנה משקי	223	156.8	889.4	17.6
	קברנה מודל	223	232.3	889.4	26.1

### יישום השקיה ומנות מים

נמדדו פערים בגובה מנות המים שיושמו מתחילת השקיה ועד בציר בין הטיפול המשקי וטיפול המודל. הפער במנות המים בין טיפול המודל לטיפול המשקי נמצא בטווח שבין 30%-50% (טבלה 6). פער זה נובע מכך שההשקיה המשקית נקבעה ע"פ כללים קשיחים שהשתנו מעט מאד והפרשי מנות המים בטיפול זה בין שנה לשנה מזעריות. לעומת זאת השקיית המודל התייחסה למשתנים אקלימיים וצמחיים שהם אלו שהכתיבו למעשה את מנת ההשקיה בפועל (טבלה 6), יחד עם תרומה של מקדמי

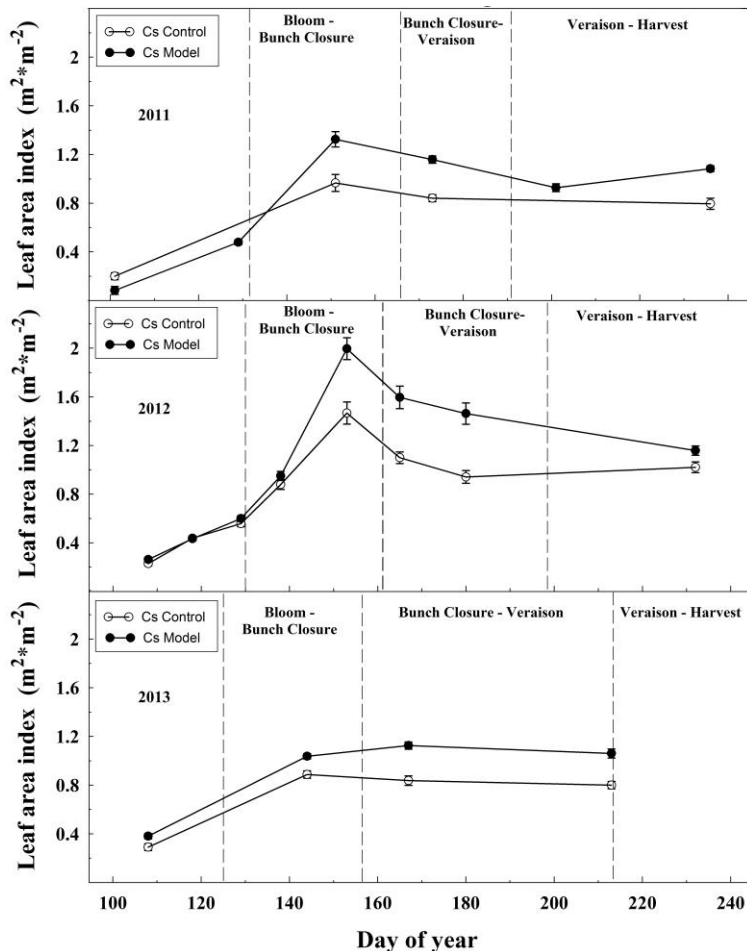
השקיה תלויי פנולוגיה. מפירוס ההשקיה לאורך העונה (איור 8) נראה כי במהלך שלב I של התפתחות הגרגר מנת המים הממוצעת בטיפול המודל עמדה על 2.0 מ"מ ליום לעומת 0.8 מ"מ ליום במשקי, בשלב II מנת המים הממוצעת במודל הייתה 1.6 מ"מ ליום ובמשקי 0.9 מ"מ ליום ובשלב III מנת המים הממוצעת במודל הייתה 1.1 מ"מ ליום ובמשקי 1.3 מ"מ ליום.



**איור 8.** מנות המים (מ"מ) בשני טיפולי ההשקיה, מודל ומשקי, בזן קברנה סוביניון (כל עמודה במנות המים מייצגת השקיה אחת) והתאדות מחושבת ( $ET_0$ ) ע"פ נוסחת פנמן מונטית (קו רציף). הנתונים עבור התאדות המחושבת נלקחו מהתחנה המטאורולוגית בשני. כרם מושב כרמל 2013-2011.

## שטח עלווה

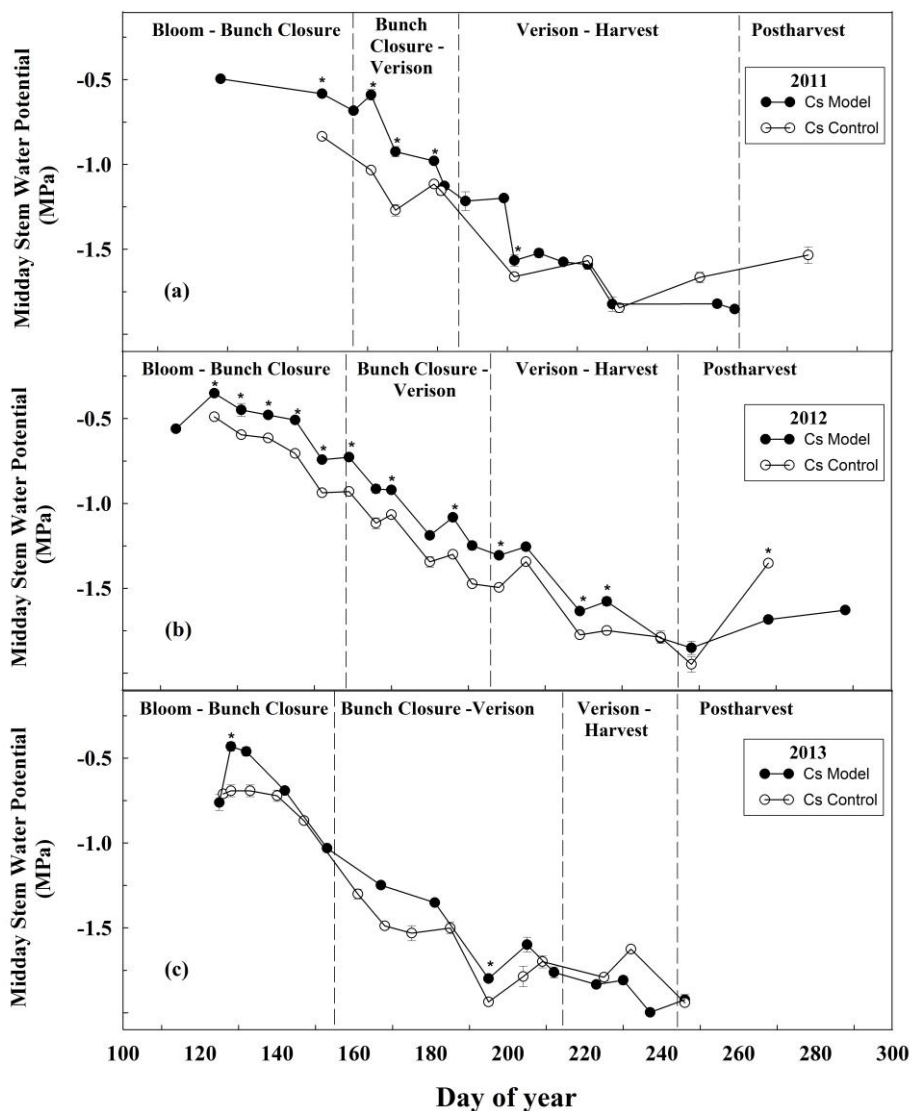
המהלך העונתי של אינדקס שטח העלווה (Leaf Area Index -LAI) בשלושת שנות המחקר התאפיין במגמת עלייה רציפה עד לתחילת שלב II (איור 9). משלב זה ואילך חלה מגמת ירידה מתונה באינדקס שטח העלווה עד לבציר. באמצע שלב I התרחשה ירידה חדה בערכי האינדקס מיד לאחר נקודת המקסימום בגרף (ניתן לראות בצורה ברורה במהלך העונתי של שנת 2012). מקורה של ירידה זו הוא בטיפול החקלאי האגרוטכני הכולל משילוב השריגים וציפופם בחוטי השילוב וקיטום שריגים ארוכים. במהלך שלב I, אינדקס שטח העלווה המקסימלי של טיפול המודל היה גבוה יותר בהשוואה לטיפול המשקי. במהלך עונות הגידול 2013-2012 הצימוח הווגטטיבי היה נמרץ יותר בטיפול המודל בהשוואה לטיפול המשקי, והחל מאמצע שלב I הייתה לכך אף מובהקות סטטיסטית. בעונת הגידול 2011 ערכי המקסימום של ה-LAI נעו בין 0.97 מ"ר/מ"ר בטיפול המשקי לבין 1.33 מ"ר/מ"ר בטיפול המודל. בעונת הגידול 2012 ערכי המקסימום של ה-LAI היו גבוהים יותר ונעו בין 1.47 מ"ר/מ"ר בטיפול המשקי לבין 2.0 מ"ר/מ"ר בטיפול המודל. בעונת הגידול 2013 לא קיימים מספיק נתוני LAI בשל ריבוי בימי מדידה מעוננים הפוגעים באיכות המדידה ובשל כך הושמטו. בעונה זו ערכי המקסימום שנמדדו היו 0.84 מ"ר/מ"ר בטיפול המשקי ו-1.13 מ"ר/מ"ר בטיפול המודל, אך יתכן כי אינדקס שטח העלווה הגיע בשיאו לערכים גבוהים מאלו.



**איור 9.** מהלך עונתי של אינדקס שטח העלווה (מ"ר/מ"ר) בטיפולי הניסוי בזן קברנה סוביניון, כרם מושב כרמל 2011-2013. כל נקודה מייצגת ממוצע של 12 גפנים, קווי השגיאה האנכיים מייצגים את שגיאת התקן (S.E.) של הממוצע (n=12).

## פוטנציאל מים בגזע בצהרי היום

עם התקדמות עונות הגידול נמדדה ירידה דרמטית בערכי פוטנציאל המים בגזע בצהרי היום עד לתחילת שלב III. בשלב III התמתנה הירידה בערכי פוטנציאל המים ובעונות 2011-2012 ניתן לראות שיפור בפוטנציאל המים בגזע לאחר בציר. בשלושת העונות נמדדו בטיפול המודל ערכי פוטנציאל מים בגזע משופרים יותר מאשר בטיפול המשקי בשלבים I ו-II (איור 10). בעונת הגידול 2011 ערכי פוטנציאל המים בגזע של טיפול המודל היו דומים לאלו של הטיפול המשקי בתחילת שלב III ואף נמוכים ממנו לקראת בציר. בעונת הגידול 2012 שמר טיפול המודל על ערכי פוטנציאל מים משופרים יותר לאורך כל העונה. יצוין כי שני הטיפולים הגיעו לערכי פוטנציאל מים בגזע קיצוניים מאד לקראת בציר, קרי עקות יובש חריפות. בעונת הגידול 2013 ערכי פוטנציאל המים בגזע של שני הטיפולים היו דומים בתחילת שלב III ולקראת בציר ערכי פוטנציאל המים בגזע בטיפול המודל היו נמוכים מאשר בטיפול המשקי.



**איור 10.** מהלך עונתי של פוטנציאל המים בגזע כפי שנמדד באמצע היום בטיפולי הניסוי בזן קברנה סוביניון, כרם מושב כרמל בשנים 2011 (a), 2012 (b) ו-2013 (c). קווי השגיאה האנכיים מייצגים את שגיאת התקן (S.E.) של הממוצע ( $n=12$ ). כוכבית מציינת כי הטיפולים נבדלים זה מזה באופן מובהק, על פי מבחן Student's t ברמת מובהקות של  $p < 0.05$ , המבחנים הסטטיסטיים נערכו אך ורק במדידות אשר בוצעו בשני הטיפולים באותו יום (ימי המדידה בשני הטיפולים לרוב לא היו זהים בשל אינטרוול השקיה שונה בכל אחד מממשקי ההשקיה).

## מדדי יבול והבשלה

היבול בטיפול המודל בשלושת עונות הניסוי, היה גבוה משמעותית ובאופן מובהק מהיבול בטיפול המשקי (טבלה 7). תוספת היבול בעונת 2011 הייתה 48%, בעונת 2012 תוספת של 55% ובעונת 2013 תוספת יבול של 48%. בעונת 2013 חלה עליה ניכרת ביבול הכללי בחלקה, בטיפול המשקי הגיעה היבול למעט יותר מטון לדונם לעומת כ-600-700 ק"ג לדונם בעונות 2011-2012 (בהתאמה). בעונה זו היבול בטיפול המודל הגיע לכדי טון וחצי לדונם לעומת כ-900-1000 ק"ג לדונם בעונות 2011-2012 (בהתאמה). באופן כללי, עונת 2013 התאפיינה בעליית יבול בחלקות הזן הזה הנטועות באזור יער יתיר.

גם במספר האשכולות לגפן נמצא הבדל ניכר ומובהק בין הטיפולים בכל שלושת העונות (טבלה 7). בעונת 2012 תוספת מספר האשכולות לגפן בטיפול המודל הייתה הגבוהה ביותר, בעונה זו הייתה תוספת של 23% במספר האשכולות לעומת 15% ו-14% בעונות 2011 ו-2013 (בהתאמה). בעונת 2013 היה מספר האשכולות הרב ביותר בשני הטיפולים, 45.7 אשכולות בממוצע לגפן בטיפול המשקי ו-53.1 אשכולות בממוצע לגפן בטיפול המודל.

מבחינה כוללת של הנתונים ניתן לראות כי למרות השונות בין העונות ביבול כתוצאה מהבדל במספר האשכולות, משקל הגרגר ומשקל האשכול נשארו דומים בכל שלושת העונות לכל טיפול בנפרד.

למרות השונות המובהקת במרכיבי היבול בין הטיפולים, לא נמדדה שונות בין מדדי ההבשלה והבציר בשני הטיפולים היה ברמת סוכר וב-pH דומים ללא מובהקות סטטיסטית.

**טבלה 7.** היבול, מרכיביו ומדדי הבשלה, בטיפולי השקיה בחלקת קברנה סוביניון. המידע בטבלה מייצג מדידות שנערכו עבור 36 גפנים לטיפול, 72 גפנים בסה"כ. אותיות שונות באנגלית משמעותן כי הטיפולים נבדלים זה מזה באופן מובהק על פי מבחן Student's t ברמת מובהקות של  $p < 0.05$ . כרם מושב כרמל, 2011-2013.

שנה	טיפול	מנת מים עד בציר (mm)	יבול (טון/דונם)	מספר אשכולות לגפן	משקל 100 גרגרים (גר')	משקל אשכול (גר')	TSS (Brix)	pH
2011	קברנה משקי	143	0.59 B	27.2 B	86.3 B	101.1 B	23.9	3.72
	קברנה מודל	190.8	0.87 A	31.7 A	112.2 A	112.2 A	23.2	3.7
	p value		<0.0001	0.0081	<0.0001	<0.0001	N.S.	N.S.
2012	קברנה משקי	152.2	0.68 B	27.9 B	90.2 B	112.2 B	24.8	3.82
	קברנה מודל	234	1.06 A	37.8 A	103.7 A	127.5 A	24.7	3.78
	p value		<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0025	N.S.	N.S.
2013	קברנה משקי	156.8	1.01 B	45.7 B	88.2 B	101.8 B	23.02	3.68
	קברנה מודל	232.3	1.49 A	53.1 A	102.6 A	127.9 A	24.03	3.7
	p value		<0.0001	0.0029	<0.0001	<0.0001	N.S.	N.S.

### יחסי גומלין בין מרכיבי היבול

על מנת לבחון את הקשרים בין הגורמים המשפיעים על סך היבול ולבחון השפעות בין מרכיבי היבול, חושבה קורלציה לינארית בין כלל מרכיבי היבול, כאשר כל חזרה בודדת מכל שנה היוותה נקודה בודדת בקורלציה (טבלה 8). מנתוני הקורלציה בזן קברנה סוביניון, עולה כי הגורם המשפיע ביותר על כמות היבול הינו מספר האשכולות לגפן. למשקל האשכול ישנה השפעה שולית על כמות היבול. משקל הגרגר ומספר הגרגרים באשכול לא מהווים גורם משמעותי המשפיע על היבול. עם זאת, למשקל הגרגר השפעה מסוימת על משקל האשכול.

**טבלה 8:** מקדם הרגרסיה ( $R^2$ ) ומובהקות הרגרסיה הלינארית (P), בין מרכיבי היבול השונים, ( $n=24$ ), בזן קברנה סוביניון כרם מושב כרמל, 2011-2013.

מסקל גרגר	מסקל אשכול	מס' אשכולות	יבול	2013-2011
			$R^2 = 0.87,$ $p < 0.0001$	מס' אשכולות
		$R^2 = 0.05$	$R^2 = 0.3$	מסקל אשכול
	$R^2 = 0.50,$ $p < 0.0001$	$R^2 = 0.035$	$R^2 = 0.162$	מסקל גרגר
$R^2 = 0.075$	$R^2 = 0.22$	$R^2 = 0.0058$	$R^2 = 0.063$	מס' גרגרים לאשכול

### מדדי איכות בתירוש וביין

בשלושת עונות הניסוי, מדדי התירוש בבליעה באורך גל של 518 nm (מדד המציין את איכות הענבים על פי פרוטוקול יקבי כרמל) היו שונים בין הטיפולים אך לא באופן מובהק (טבלה 5). בעונת 2013 מדדי הצבע בתירוש היו הקרובים ביותר. במדד ריכוז הפנולים ביין (בליעה ב- 280 nm) נמצא הפרש ניכר בין הטיפולים בעונות 2011 ו-2012 אולם מכיוון שבעונות אלה לא נבחן היין של כל חזרה בנפרד, לא ניתן לקבוע אם ההבדל מובהק. כמו כן הובחן הפרש קטן בעל מובהקות סטטיסטית בעונת 2013. בסכימה של הבליעה באורכי גל של 620, 520, 420 nm (sum בטבלה 9) היה הפרש קטן בין הטיפולים בעונת 2011 והפרש משמעותי בעונת 2012 ומובהק בעונת 2013. בציון היין הכללי, במבחן טעימות של פורום ייננים ביקב המחקרי באריאל, קיים הבדל לטובת היין שהוכן מטיפול המשקי על פני היין שהוכן מטיפול המודל בעונות 2011-2012 (3,1.8 נקודות, בהתאמה) אך ללא ניתוח סטטיסטי. בעונת 2013 הוכן יין לפי חזרות לכל טיפול (ארבע חזרות לטיפול) ופורום הייננים טעם כל חזרה בנפרד. בטעימה זו לא היה הבדל מובהק במדדי הטעם והריח של היין אולם במדדי הצבע קיים הבדל מובהק לטובת היין שהוכן מהטיפול המשקי והדבר בא לידי ביטוי בציון הכללי של היין.

**טבלה 9.** מדדי איכות בתירוש (מיד לאחר בציר) ומדדי איכות בין הצעיר בטיפולים השונים בזן שיראז, כרם מושב כרמל. בעונות 2011-2012 היין הוכן ביקב יתיר לכל טיפול בנפרד, בעונת 2013 הוכן יין לכל חזרה בנפרד ביקב המחקרי של מו"פ שומרון באריאל. ציון היין הכללי מורכב ממבחני טעימה שעשו 8 ייננים ליינות 2011-2012 **לכל טיפול** בנפרד ו-7 ייננים ליין 2013 **לכל חזרה** בנפרד. אותיות שונות באנגלית משמעותן כי הטיפולים נבדלים זה מזה באופן מובהק על פי מבחן Student's t ברמת מובהקות של  $p < 0.05$ .

שנה	טיפול	צבע בתירוש	צבע ביין				ציון יין כללי
			518 nm	280 nm	420 nm	520 nm	
2011	קברנה משקי	9.5	62.9	4.7	6.9	1.7	91.0
	קברנה מודל	7.5	54.1	4.3	6.2	1.4	89.2
	p value	N.S.	ללא חזרות				
2012	קברנה משקי	8.7	65.8	4.8	8.0	2.0	91.1
	קברנה מודל	6.7	55.6	4.0	6.2	1.5	88.1
	p value	N.S.	ללא חזרות				
2013	קברנה משקי	7.9	38.8 A	4.4 A	6.6 A	1.7 A	88.4 A
	קברנה מודל	7.5	33.3 B	3.2 B	4.7 B	1.2 B	86.5 B
	p value	N.S.	0.0083	0.0027	0.0051	0.0046	0.0035

#### גזם

**משקל גזם:** בכל עונות הניסוי התקבל במובהק משקל גזם רב יותר, בטיפול המודל מאשר בטיפול המשקי (טבלה 10). בעונת הגידול 2012 חלה עליה משמעותית במשקל הגזם בטיפול המשקי אך למרות זאת נשמר הפער ביחס לטיפול המודל. בשלושת העונות הפער במשקל הגזם בין הטיפולים היה למעלה מ-30%.

**מספר זמורות לגפן:** בעונת הגידול 2011 היה הפער המשמעותי ביותר במספר הזמורות לגפן בין טיפול המודל לטיפול המשקי (21%) (טבלה 10). בעונות העוקבות חלה עליה במספר הזמורות לגפן בשני הטיפולים והפער הצטמצם ל-13% ו-14% בעונות 2012 ו-2013 (בהתאמה) אך השונות בין הטיפולים נשארה מובהקת.

**משקל זמורה:** בשלושת עונות הניסוי משקל הזמורה בטיפול המודל היה גבוה בצורה מובהקת ממשקלה בטיפול המשקי (טבלה 10). בין עונות הניסוי חלו תמורות במשקל הזמורה, בשני הטיפולים. הפער במשקל הזמורה בין הטיפולים נשמר, בכל שלושת העונות, בצורה קרובה. 24%, 26% ו-22% בשנים 2011, 2012 ו-2013 (בהתאמה).

**טבלה 10.** מדדי ווגטציה - משקל גזם לגפן, מספר זמורות לגפן ומשקל זמורה, בטיפולי ההשקיה בזן קברנה סוביניון. המידע בטבלה מייצג מדידות שנערכו עבור 36 גפנים לטיפול, 72 גפנים בסה"כ. אותיות שונות באנגלית משמעותן כי הטיפולים נבדלים זה מזה באופן מובהק על פי מבחן Student's t ברמת מובהקות של  $p < 0.05$ . כרם מושב כרמל, 2011-2013.

שנה	טיפול	משקל גזם (ק"ג/גפן)	מספר זמורות לגפן	משקל זמורה (גר')
2011	קברנה משקי	0.6 B	23.8 B	24.4 B
	קברנה מודל	0.9 A	30.1 A	31.9 A
	p value	<0.0001	<0.0001	<0.0001
2012	קברנה משקי	0.9 B	29.3 B	30.3 B
	קברנה מודל	1.3 A	33.4 A	40.7 A
	p value	<0.0001	0.0004	<0.0001
2013	קברנה משקי	0.7 B	46.4 B	15.0 B
	קברנה מודל	1.0 A	53.4 A	19.2 A
	p value	<0.0001	0.0085	0.0076



## תוצאות – 'שיראז'

### פנולוגיה

**טבלה 11.** תאריכים קלנדרים ויוליאניים (DOY - Day Of Year) של מועדים פונולוגיים עיקריים בטיפול ההשקיה השונים (משקי ומודל) בזן שיראז כרם מושב כרמל, 2011-2013.

שנה	טיפול	לבלוב	אשכול צפוף	בוהל	בציר
2011	שיראז משקי	(94) 4/4/11	(166) 15/6/11	(190) 9/7/11	(234) 22/8/11
	שיראז מודל	(94) 4/4/11	(166) 15/6/11	(197) 16/7/11	(238) 26/8/11
2012	שיראז משקי	(92) 2/4/12	(156) 5/6/12	(195) 14/7/12	(232) 20/8/12
	שיראז מודל	(92) 2/4/12	(156) 5/6/12	(195) 14/7/12	(228) 16/8/12
2013	שיראז משקי	(84) 25/3/13	(148) 28/5/13	(193) 12/7/13	(227) 15/8/13
	שיראז מודל	(84) 25/3/13	(148) 28/5/13	(197) 16/7/13	(227) 15/8/13

בשלושת עונות המחקר (2011-2013) ההשקיה החלה עם לבלוב הגפן בתחילת אפריל (טבלה 11), בשל תנאי האקלים היבש באזור ומיעוט משקעי החורף. בבחינת שלושת מועדי הפנולוגיה של הגרגר לא נראו שינויים מהותיים בין שני הטיפולים במהלך שלושת העונות. בעונות 2011 ו-2012 היה הבדל קל במועד הבציר אך לא עקבי, למרות יכולת רב יותר בטיפול המודל. תוספת של 17%-34 בטיפול המודל ביחס למשקי בשלוש שנות המחקר (טבלה 13).

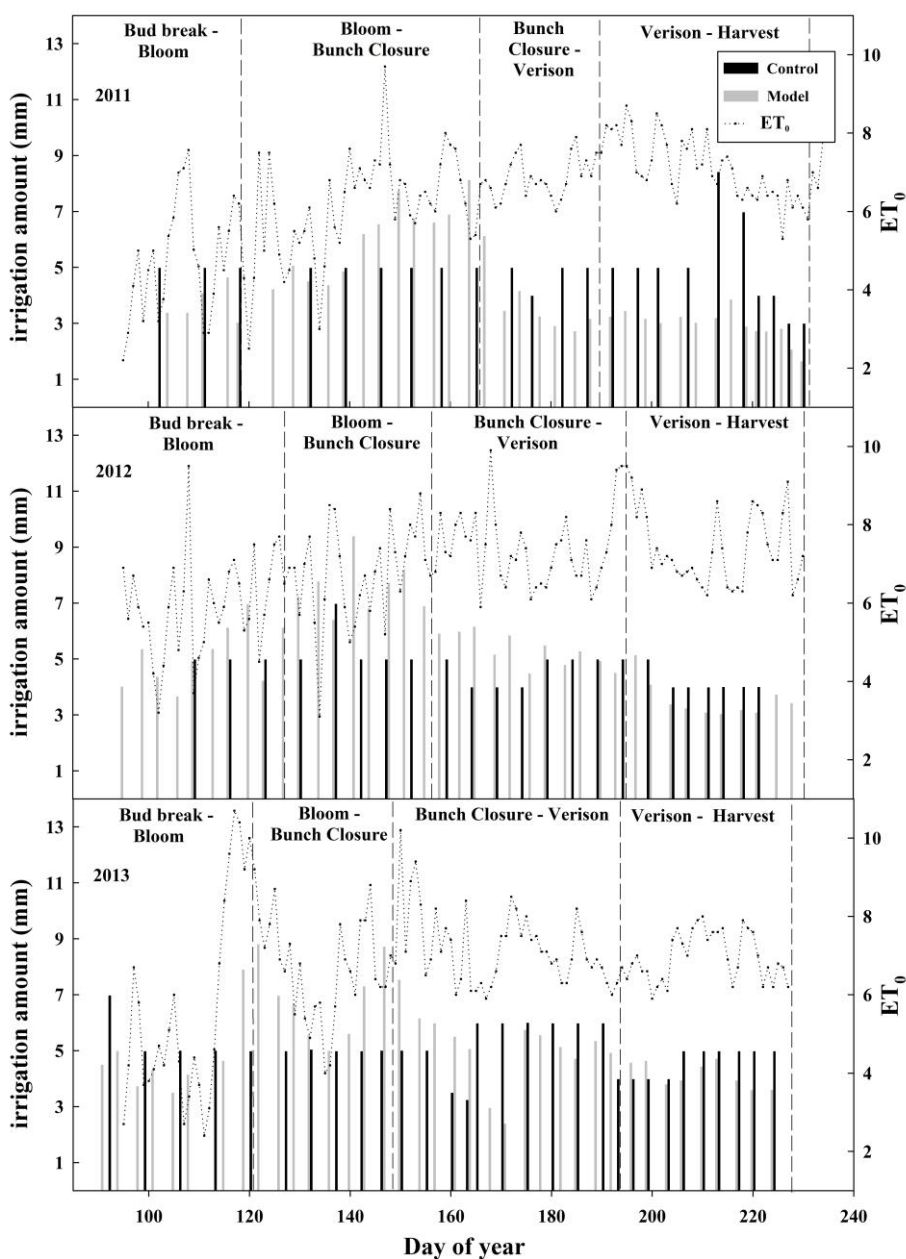
**טבלה 12.** מועד הבציר, מנות המים מתחילת העונה עד בציר בטיפולי ההשקיה השונים (משקי ומודל), התאדות עונתית על בסיס נוסחת פנמן-מוטית' ASCE (אפריל עד ספטמבר), אחוז ההשקיה מכלל ההתאדות בזן שיראז, כרם מושב כרמל, 2011-2013.

שנה	טיפול	תאריך בציר (DOY)	מנת מים עד בציר (mm)	התאדות (mm)	% מהתאדות
2011	שיראז משקי	234	113	884.2	12%
	שיראז מודל	238	160.5	911.7	18%
2012	שיראז משקי	232	108	952	12%
	שיראז מודל	228	205	918.4	22%
2013	שיראז משקי	227	150.4	915.3	16%
	שיראז מודל	227	196.5	915.3	21%

### יישום השקיה ומנות מים

הפער במנות המים בין טיפול המודל לטיפול המשקי שונה בין שנות המחקר. תוספת המים בטיפול המודל הייתה 42%, 90% ו- 31% בשנים 2011-2013 (בהתאמה). פער זה נובע מכך שההשקיה המשקית נקבעה ע"פ כללים קשיחים שהשתנו מעט מאד בשנים 2011-2012 (איור 11) כך שהפרשי מנות המים בטיפול זה בין שנה לשנה מזעריות. בשנת 2013 עונת הגשמים הסתיימה מוקדם מהרגיל (חודש מרץ היה ללא אירועי גשם משמעותיים) והאביב החל מוקדם. בעונה זו החלה השקיית הטיפול המשקי מוקדם יותר ובמנות מעט גדולות מהמקובל. לעומת זאת השקיית המודל התייחסה למשתנים אקלימיים וצמחיים אשר הכתיבו למעשה את מנת ההשקיה בפועל (טבלה 12) יחד עם תרומה של מקדמי ההשקיה תלויי פנולוגיה שהוגדרו עוד טרם החל הניסוי. עונת 2011 הייתה העונה הראשונה בה הופעל טיפול מודל

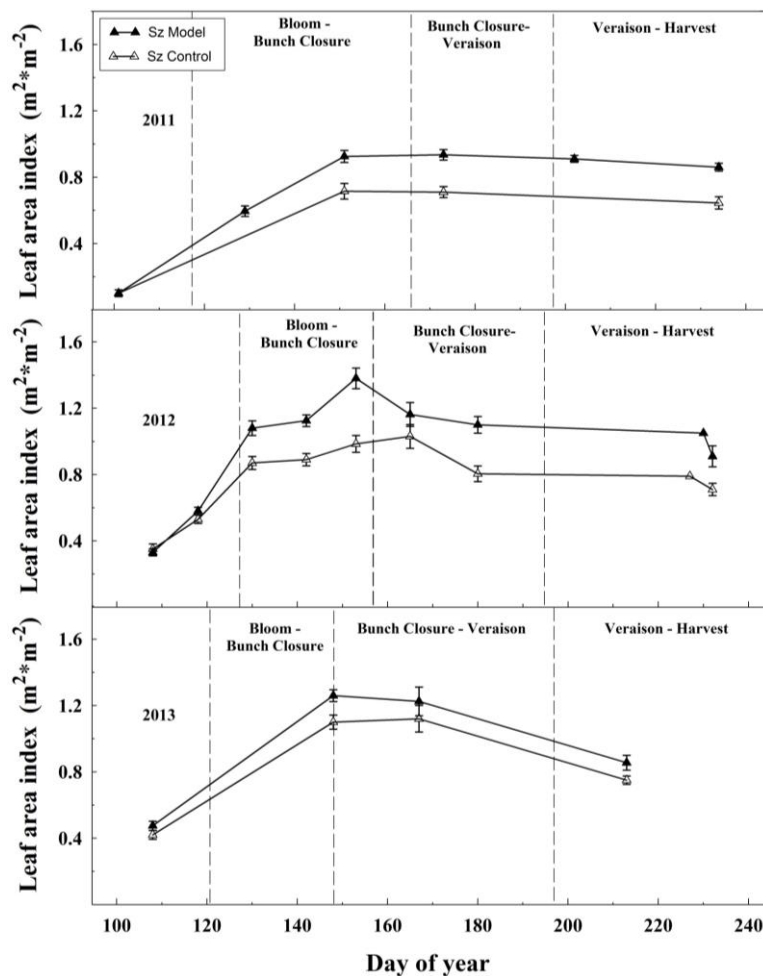
על זן שיראז. בשל כך נוסה מקדם  $0.2 K_s$  בשלב II. ניסיון זה הביא את פוטנציאל המים לערכי קיצון של כ-  $1.5\text{MPa}$  בסוף שלב II (איור 13) ועל כן בשנים העוקבות הוחלט להשקות במקדם  $0.3 K_s$  בשלב II. ניתן לראות כי בשנת 2012 בה ניתנה כמות המים הגדולה ביותר מבין שלושת עונות המחקר, היא שנה בה הייתה מנת ההתאיידות הגדולה ביותר וכן שטח העלווה המקסימאלי הגבוה ביותר. מפירוס ההשקיה לאורך עונת הגידול נראה כי במהלך שלב I של התפתחות הגרגר מנת המים הממוצעת בטיפול המודל עמדה על  $1.9$  מ"מ ליום ו- $0.8$  מ"מ ליום במשקי, בשלב II מנת המים הממוצעת במודל הייתה  $1.3$  מ"מ ליום ובמשקי  $1.0$  מ"מ ליום ובשלב III מנת המים הממוצעת במודל הייתה  $1.1$  מ"מ ליום ובמשקי  $1.0$  מ"מ ליום.



**איור 11.** מנות המים (מ"מ) בשני טיפולי ההשקיה, מודל ומשקי, בזן שיראז (כל עמודה במנות המים מייצגת השקיה אחת) והתאדות מחושבת ( $ET_0$ ) ע"פ נוסחת פנמן מונטני (קו רציף). הנתונים עבור התאדות המחושבת נלקחו מהתחנה המטאורולוגית בשני. כרם מושב כרמל 2013-2011.

## שטח עלווה

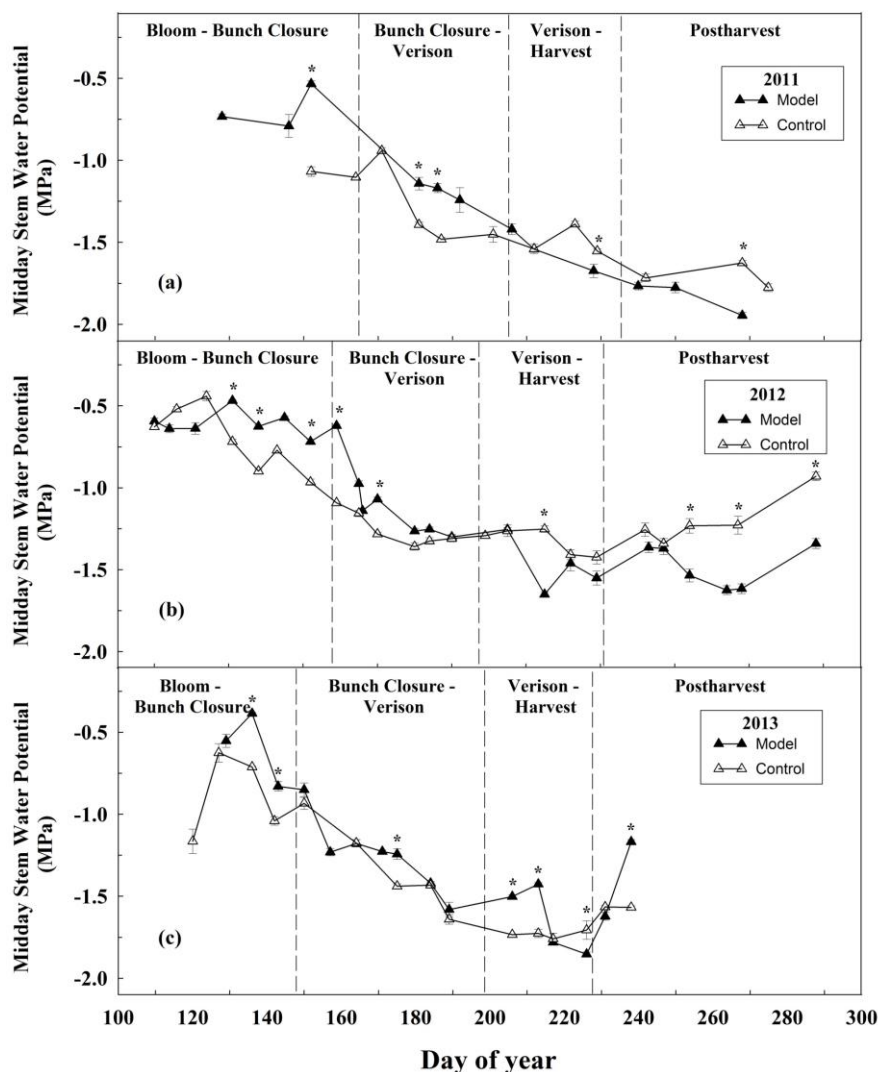
בעונות 2011-2012 התאפיין המהלך העונתי של אינדקס שטח העלווה (Leaf Area Index -LAI) במגמת עלייה רציפה עד לאמצע שלב I (אזור 12) ובעונת 2013 עד לסוף שלב I (יש לציין כי בעונה זו, שלב I היה קצר מעונות המחקר הקודמות). באמצע שלב I התרחשה ירידה חדה בערכי האינדקס מיד לאחר נקודת המקסימום בגרף (ניתן לראות בצורה ברורה במהלך העונתי של שנת 2012). מקורה של ירידה זו הוא בטיפול החקלאי האגרוטכני הכולל שילוב השריגים וציפופם בחוטי השילוב וקיטום שריגים ארוכים, בעונת 2012 ניתן לראות כי לטיפול המודל נעשה קיטום חזק יותר מאשר לטיפול המשקי בשל הצורך לסדר את קיר העלווה ולהאיר את האשכולות. בשלושת עונות המחקר אינדקס שטח העלווה של טיפול המודל היה גבוה יותר בהשוואה לטיפול המשקי. בעונת הגידול 2011 ערכי המקסימום של ה-LAI נעו בין 0.71 מ"ר/מ"ר בטיפול המשקי לבין 0.94 מ"ר/מ"ר בטיפול המודל. בעונת הגידול 2012 ערכי המקסימום של ה-LAI היו גבוהים יותר ונעו בין 1.03 מ"ר/מ"ר בטיפול המשקי לבין 1.38 מ"ר/מ"ר בטיפול המודל. בעונת הגידול 2013 קיימים מעט נתוני LAI בשל ריבוי בימי מדידה מעוננים הפוגעים באיכות המדידה ובשל כך הושמטו. בעונה זו ערכי המקסימום שנמדדו היו 1.12 מ"ר/מ"ר בטיפול המשקי ו-1.26 מ"ר/מ"ר בטיפול המודל, סביר להניח כי אלו ערכי המקסימום בקירוב על פי המגמות הנראות בתרשימים.



**איור 12.** מהלך עונתי של אינדקס שטח העלווה (מ"ר/מ"ר) בטיפול הניסוי בזן שיראז, כרם מושב כרמל-2013. כל נקודה מייצגת ממוצע של 10 גפנים, קווי השגיאה האנכיים מייצגים את שגיאת התקן (S.E.) של הממוצע (n=10).

### פוטנציאל מים בגזע בצהרי היום

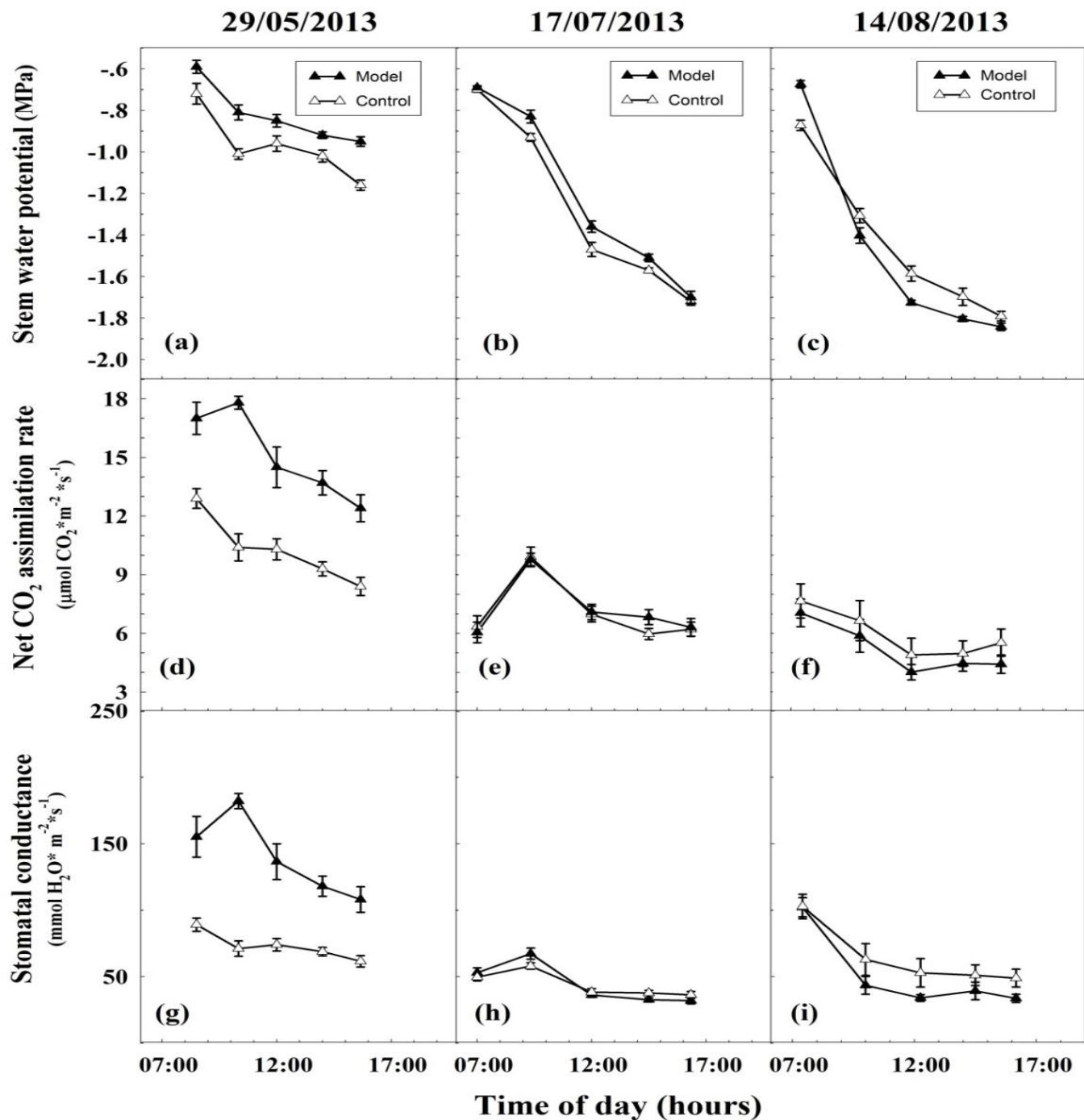
בתחילת עונת הגידול עם פתיחת ההשקיה, בשלוש עונות המחקר, נמדדו ערכי פוטנציאל מים גבוהים בשני הטיפולים אולם בטיפול המודל משק המים משופר (איור 13). עם התקדמות עונת הגידול נמדדה ירידה דרמטית בערכי פוטנציאל המים בגזע בצהרי היום עד לתחילת שלב III. בעונות 2012-2013, בשלב III התמתנה הירידה בערכי פוטנציאל המים וכן ניתן לראות שיפור בפוטנציאל המים בגזע לאחר הבציר. בשלוש העונות התקיים בטיפול המודל פוטנציאל מים בגזע משופר יותר מאשר בטיפול המשקי ברוב שלבי I ו-II (איור 13). לקראת הבציר, בשלב III חל היפוך במצב משק המים ובטיפול המודל קיימים ערכי פוטנציאל מים נמוכים מאלו שבטיפול המשקי. יצוין כי בעונות 2011 ו-2013 שני הטיפולים הגיעו לערכי פוטנציאל מים בגזע קיצוניים מאד לקראת בציר, קרי עקות יובש חריפות בעונת 2012 שמר הטיפול המשקי על עקה גבוהה אך לא קיצונית ואילו טיפול המודל הגיע לקראת בציר לעקה קיצונית.



**איור 13.** מהלך עונתי של פוטנציאל המים בגזע כפי שנמדד באמצע היום בטיפולי הניסוי בזן שיראז, כרם מושב כרמל בשנים 2011 (a), 2012 (b) ו-2013 (c). כל נקודה מייצגת ממוצע של 10 עלים. קווי השגיאה האנכיים מייצגים את שגיאת התקן (S.E.) של הממוצע ( $n=10$ ). כוכבית מציינת כי הטיפולים נבדלים זה מזה באופן מובהק, על פי מבחן Student's t מובהק של  $p < 0.05$ , המבחנים הסטטיסטיים נערכו אך ורק במדידות אשר בוצעו בשני הטיפולים באותו יום (ימי המדידה בשני הטיפולים לרוב לא היו זהים בשל אינטרוול השקיה שונה בכל אחד ממשקי ההשקיה).

### מהלכים פיזיולוגיים יומיים

המהלך העונתי התאפיין במגמת ירידה בכל המדדים הפיזיולוגיים שנבדקו : פוטנציאל מים בגזע, קצב קיבוע פחמן ומוליכות פיוניות (איור 14). במהלך היומי שנמדד בסוף שלב I, פוטנציאל המים בגזע בשני הטיפולים היה משופר לטובת טיפול המודל בפער של 0.1-0.2 MPa לעומת הטיפול המשקי. בקצב קיבוע הפחמן ובמוליכות הפיוניות קיים פער דרמטי בין שני הטיפולים המגיע לשיאו במהלך שעות הבוקר המאוחרות (10:00 בקירוב). בשעה זו ההפרש בקצב קיבוע הפחמן הוא כ-  $10 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  לטובת טיפול המודל וכ-  $60 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  במוליכות הפיוניות. בשלב II אין הבדל ניכר בין שני הטיפולים. בבוקר פוטנציאל המים בגזע נמצא במצב משופר (כ-0.7 MPa) בשני הטיפולים אך נמצא במגמת ירידה חדה (עם התמתנות קלה בשעות הצהריים) וללא שיפור עד סוף יום המדידה. קצב קיבוע הפחמן ומוליכות הפיוניות כמעט זהים בשני הטיפולים כאשר השיא נמדד בשעות הבוקר המאוחרות, אז חלה מגמת ירידה עד הצהריים והתייצבות בשעות הצהריים. בשלב III פוטנציאל המים בגזע בתחילת היום משופר בטיפול המודל על פני הטיפול המשקי אך כבר בשעות הבוקר קיימת ירידה חדה בערכי פוטנציאל המים בטיפול זה וירידה מתונה יותר בטיפול המשקי. משעות הצהריים המאוחרות ועד סוף יום המדידה ערכי פוטנציאל המים בטיפול המודל היו נמוכים מאלו של הטיפול המשקי וההפרש הגיע בשיאו לכ- 0.2 MPa. ערכי קצב קיבוע הפחמן ומוליכות הפיוניות בשלב זה היו נמוכים באופן מוחלט. גם במדדים אלו התקיימה תמונת היפוך ממדידות שלב I כאשר טיפול המודל נמצא בערכים נמוכים מהטיפול המשקי לאורך כל יום המדידה.



**איור 14.** מהלך יומי של פוטנציאל מים בגזע (MPa), קצב קיבוע פחמן ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) ומוליכות פיוניות (mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) אשר נמדדו בשלושה ימי מדידה מלאים בתום כל שלב פנולוגי של התפתחות הגרגר. קווי השגיאה האנכיים מציינים את שגיאת התקן (S.E.) של הממוצע ( $n=15$  בפוטנציאל המים;  $n=16$  בקצב קיבוע הפחמן ומוליכות הפיוניות). כרם מושב כרמל, שיראז 2013.

## מדדי יבול והבשלה

היבול בטיפול המודל בשלושת עונות הניסוי, היה גבוה משמעותית ובאופן מובהק מהיבול בטיפול המשקי (טבלה 13). תוספת היבול בעונת 2011-2012 הייתה 50%, ובעונת 2013 תוספת יבול של 20%. בעונות 2012 ו-2013 חלה עליה ביבול הכללי בחלקה.

להבדיל מממצאי הניסוי בקברנה, בו עיקר ההשפעה על תוספת היבול בטיפול המודל נבעה מתוספת במספר האשכולות לגפן, בחלקת השיראז לא היה הבדל משמעותי במספר האשכולות לגפן בין שני הטיפולים (טבלה 13). עיקר תוספת היבול בזן זה נבעה ממספר הגרגרים בכל אשכול וממשקל הגרגרים. תוספת משקל האשכול בשנים 2011 ו-2012 הייתה 35% ו-36% (בהתאמה) וב2013 תוספת של 13% בטיפול המודל ביחס לטיפול המשקי. למרות השונות המובהקת במרכיבי היבול בין הטיפולים, נמדדה שונות מובהקת סטטיסטית בין מדדי ההבשלה והבציר בשני הטיפולים ברמת סוכר וב-pH רק בעונת 2011 בעונות 2012 ו-2013 לא נמצא הבדל סטטיסטי מובהק.

**טבלה 13.** היבול, מרכיביו ומדדי הבשלה, בטיפולי השקיה בחלקת שיראז. המידע בטבלה מייצג מדידות שנערכו עבור 45 גפנים לטיפול, 90 גפנים בסה"כ. אותיות שונות באנגלית משמעותן כי הטיפולים נבדלים זה מזה באופן מובהק על פי מבחן Student's t ברמת מובהקות של  $p < 0.05$ . כרם מושב כרמל, 2011-2013.

שנה	טיפול	מנת מים עד בציר (mm)	יבול (טון/דונם)	מספר אשכולות לגפן	משקל 100 גרגרים (גר')	משקל אשכול (גר')	TSS (°Brix)	pH
2011	שיראז משקי	123	0.54 B	30.4	88.3 B	79.3 B	24.6 A	3.8 A
	מודל שיראז	190.8	0.81 A	33.2	117.1 A	107.7 A	23.8 B	3.6 B
	p value		<0.0001	N.S.	<0.0001	<0.0001	0.0039	0.0015
2012	שיראז משקי	152.2	0.8 B	40.7	84.6 B	91.5 B	26	3.8
	מודל שיראז	234	1.2 A	43.4	113.4 A	124.9 A	25.3	3.9
	p value		<0.0001	N.S.	<0.0001	<0.0001	N.S.	N.S.
2013	שיראז משקי	163.4	1.0 B	44.6	99.3 B	105.9 B	24.9	3.7
	מודל שיראז	211.5	1.2 A	45.8	116 A	120.2 A	24.6	3.7
	p value		0.0034	N.S.	<0.0001	0.0009	N.S.	N.S.

## יחסי גומלין בין מרכיבי היבול

על מנת לבחון את הקשרים בין הגורמים המשפיעים על סך כל היבול ולבחון השפעות הדדיות בין מרכיבי היבול, חושבה קורלציה לינארית בין כלל מרכיבי היבול, כאשר כל חזרה בודדת מממוצע שלושת עונות המחקר היוותה נקודה בודדת בקורלציה (טבלה 14). מנתוני הקורלציה בזן שיראז, עולה כי הגורם המשפיע ביותר על כמות היבול הינו משקל האשכול ומשקל הגרגר. עיקר ההשפעה על משקל האשכול נובע ממשקל הגרגר כיוון שאין השפעה למספר הגרגרים באשכול. כמו כן, מספר האשכולות לא מהווה גורם משמעותי המשפיע על היבול.

**טבלה 14.** מקדם הרגרסיה ( $R^2$ ) ומובהקות הרגרסיה הליניארית ( $p$ ), בין מרכיבי היבול השונים, ( $n=30$ ), בזן שיראז כרם מושב כרמל, 2013-2011.

משקל גרגר	משקל אשכול	מס' אשכולות	יבול	2013-2011
			$R^2 = 0.32$	מס' אשכולות
		$R^2 = 0.03$	$R^2 = 0.82,$ $p = 0.0002$	משקל אשכול
	$R^2 = 0.77,$ $p = 0.0007$	$R^2 = 0.24$	$R^2 = 0.89,$ $p < 0.0001$	משקל גרגר
$R^2 = 0.008$	$R^2 = 0.29$	$R^2 = 0.25$	$R^2 = 0.05$	מס' גרגרים לאשכול

#### מדדי איכות בתירוש וביין

בעונות 2012-2011, מדדי התירוש בבליעה באורך גל של 518nm (מדד המציין את איכות הענבים על פי פרוטוקול יקבי כרמל) היו שונים בין הטיפולים אך לא באופן מובהק (טבלה 15). בעונת 2013 מדדי הצבע בתירוש היו הקרובים ביותר וההבדל היה מזערי. במדד ריכוז הפנולים **ביין** (בליעה ב-280 nm) נמצא הפרש ניכר בין הטיפולים בעונות 2011 ו-2012 אולם בעונות אלה לא נבחן התירוש של כל חזרה בנפרד. בעונת 2013 בוצעה אנליזה של כל חזרה בנפרד ולא נמצא הבדל סטטיסטי מובהק בין הטיפולים. בסכימת הבליעה באורכי גל של 620,520,420nm (sum בטבלה 15) היה פער בין הטיפולים בעונות 2011 ו-2012 וללא הבדל מובהק בעונת 2013. בציון היין הכללי בעונות 2011-2012 היו הבדלים מזעריים בין שני הטיפולים (0.3-0.6 נקודות, בהתאמה). בעונת 2013 הוכן יין ביקב המחקרי באריאל לפי חזרות לכל טיפול ובמבחן סטטיסטי של טעימות היין לא נמצאה מובהקות בכל מדדי הטעימה (צבע, ריח וטעם).

**טבלה 15.** מדדי איכות בתירוש (מיד לאחר בציר) ומדדי איכות ביין הצעיר בטיפולים השונים בזן שיראז, כרם מושב כרמל. בעונות 2012-2011 היין הוכן ביקב יתיר לכל טיפול בנפרד, בעונת 2013 הוכן יין לכל חזרה בנפרד ביקב המחקרי של מו"פ שומרון באריאל. ציון היין הכללי מורכב ממבחני טעימה שעשו 8 ייננים ליינות 2011-2012 **לכל טיפול** בנפרד ו-7 ייננים ליין 2013 **לכל חזרה** בנפרד. אותיות שונות באנגלית משמעותן כי הטיפולים נבדלים זה מזה באופן מובהק על פי מבחן Student's t ברמת מובהקות של  $p < 0.05$ .

שנה	טיפול	צבע בתירוש					ציון יין כללי
		518 nm	280 nm	420 nm	520 nm	620 nm	
2011	שיראז משקי	13.3	70.2	4.1	6.9	1.7	91.0
	מודל שיראז	12.1	57.4	3.4	5.6	1.4	89.4
	p value	N.S.				ללא חזרות	
2012	שיראז משקי	13.0	75.9	4.4	7.1	2.0	90.4
	מודל שיראז	11.6	65.8	3.7	5.8	1.6	90.1
	p value	N.S.				ללא חזרות	
2013	שיראז משקי	8.6	40.5	3.8	6.0	1.3	88.0
	מודל שיראז	8.5	40.8	3.7	5.9	1.3	87.3
	p value	N.S.				N.S.	N.S.



## גזם

**משקל גזם** : בכל עונות הניסוי התקבל במובהק משקל גזם רב יותר בטיפול המודל מאשר בטיפול המשקי ונשאר דומה בין הטיפולים לאורך שנות הניסוי (טבלה 16). בשלושת העונות הפער במשקל הגזם בין הטיפולים היה כ-30%.

**מספר זמורות לגפן** : בעונת הגידול 2011 ו-2012 נמדד פער מובהק (כ-11%) בין הטיפול המשקי לטיפול המודל במספר הזמורות לגפן (טבלה 16). בעונה 2013 מספר הזמורות לגפן היה דומה בין שני הטיפולים.

**משקל זמורה** : בשלושת עונות הניסוי משקל הזמורה בטיפול המודל היה גבוה בצורה מובהקת ממשקלה בטיפול המשקי (טבלה 16). בעונת 2012 חלה עליה במשקל הזמורה בשני הטיפולים והפער בין טיפול המודל לטיפול המשקי גדל. הפער במשקל הזמורה בין הטיפולים בעונות 2011 ו-2013 היה 35% ו-27% (בהתאמה) ובעונת 2012 היה 45%.

**טבלה 16.** מדדי ווגטציה - משקל גזם (ק"ג לגפן), מספר זמורות לגפן ומשקל זמורה (גר'), בטיפולי ההשקיה בזן שיראז. המידע בטבלה מייצג מדידות שנערכו עבור 45 גפנים לטיפול, 90 גפנים בסה"כ. כרם מושב כרמל, 2013-2011. אותיות שונות באנגלית משמעותן כי הטיפולים נבדלים זה מזה באופן מובהק על פי מבחן Student's t ברמת מובהקות של  $p < 0.05$ .

שנה	טיפול	משקל גזם (ק"ג/גפן)	מספר זמורות לגפן	משקל זמורה (גר')
2011	שיראז משקי	0.6 B	25.9 B	22.3 B
	שיראז מודל	0.9 A	29.0 A	30.2 A
	p value	<0.0001	0.0005	<0.0001
2012	שיראז משקי	0.7 B	26.6 B	27.9 B
	שיראז מודל	1.1 A	29.0 A	40.5 A
	p value	<0.0001	0.0016	<0.0001
2013	שיראז משקי	0.7 B	27.2	25.6 B
	שיראז מודל	0.9 A	27.8	32.6 A
	p value	<0.0001	N.S.	0.0002



## תוצאות- 'מרלו'

### פנולוגיה

טבלה 17. תאריכים קלנדרים ויוליאניים (DOY - Day Of Year) של מועדים פנולוגיים עיקריים בטיפולי ההשקיה השונים (משקי, מודל רגיל ומודל מרווח) בזן מרלו כרם מושב כרמל, 2011-2013.

שנה	טיפול	לבלוב (DOY)	אשכול צפוף (DOY)	בוחל (DOY)	בציר (DOY)
2011	מרלו משקי	(94) 4/4/11	(166) 15/6/11	(183) 2/7/11	(248) 5/9/11
	מרלו מודל רגיל	(94) 4/4/11	(166) 15/6/11	(183) 2/7/11	(248) 5/9/11
	מרלו מודל מרווח	(94) 4/4/11	(166) 15/6/11	(183) 2/7/11	(248) 5/9/11
2012	מרלו משקי	(92) 2/4/12	(161) 10/6/12	(216) 4/8/12	(236) 24/8/12
	מרלו מודל רגיל	(92) 2/4/12	(161) 10/6/12	(216) 4/8/12	(241) 29/8/12
	מרלו מודל מרווח	(92) 2/4/12	(161) 10/6/12	(216) 4/8/12	(236) 24/8/12
2013	מרלו משקי	(91) 1/4/13	(153) 2/6/13	(202) 21/7/13	(223) 11/8/13
	מרלו מודל רגיל	(91) 1/4/13	(153) 2/6/13	(202) 21/7/13	(231) 19/8/13
	מרלו מודל מרווח	(84) 25/3/13	(153) 2/6/13	(202) 21/7/13	(223) 11/8/13

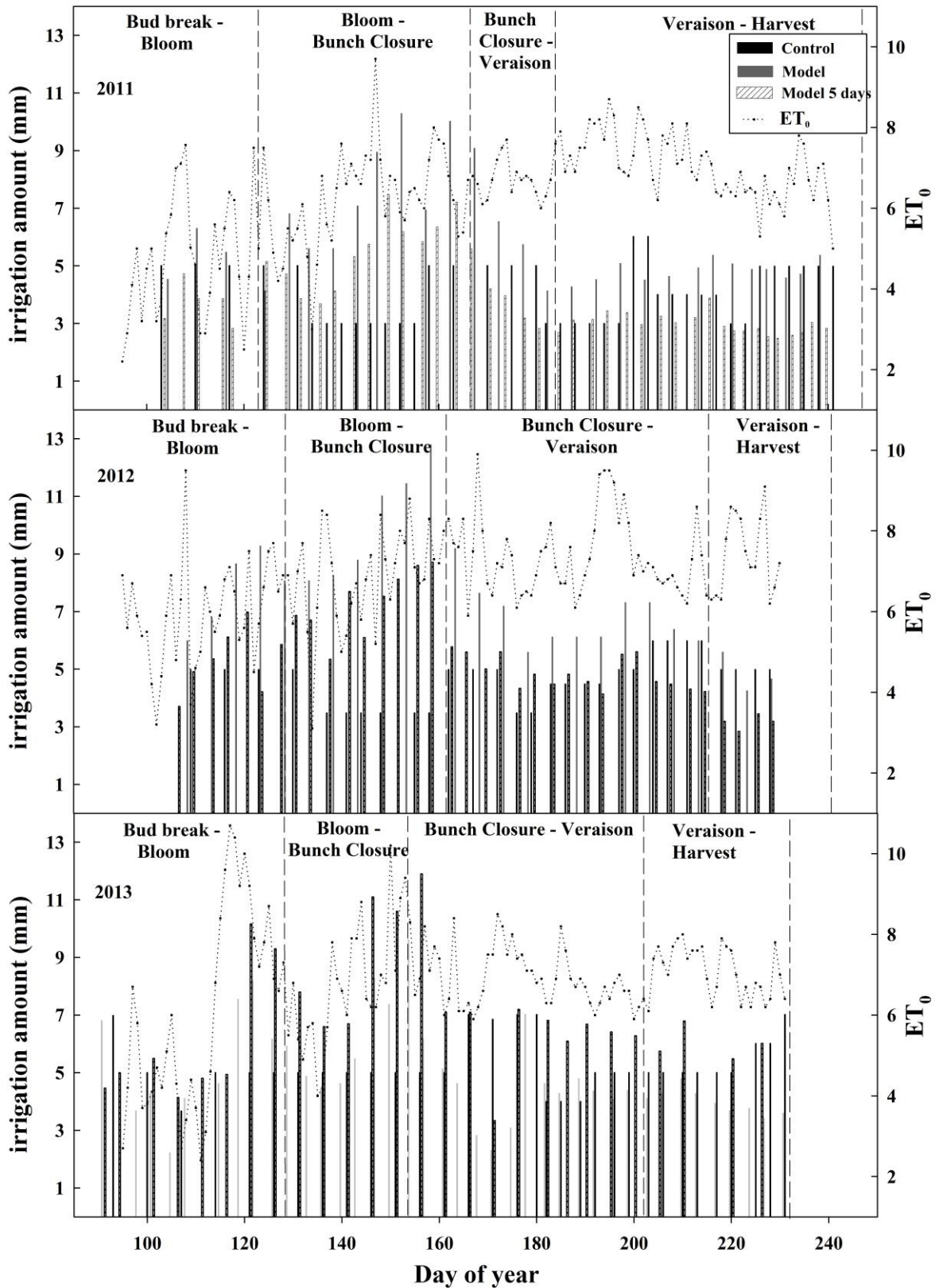
בשלושת עונות המחקר (2011-2013) לבלוב הגפן החל בתחילת אפריל (טבלה 17), ללא שונות בין הטיפולים השונים. בעונת 2013 הקדים מעט הבלבוב בטיפול המודל המרווח (אינטרוול השקיה של חמישה ימים) אולם פער זה לא ניכר בהמשך העונה. בבחינת שלושת מועדי הפנולוגיה של הפרי והאשכולות לא נראו שינויים מהותיים בין שלושת הטיפולים במהלך שלושת העונות. לעומת זאת אורך השלבים הפנולוגיים שונה בכל עונה ובמיוחד בולטת עונה 2011 משתי העונות העוקבות. בעונה 2011 שלב II היה כ-20 ימים לעומת כ-50 ימים בעונות 2012-2013 אך בעונה זו התעכבה צבירת הסוכר בשלב שבין בוחל לבציר ושלב זה נמשך כ-60 יום לעומת 25 ימים ו-29 ימים בעונות 2012-2013 (בהתאמה). בעונות 2012 ו-2013 מועדי הבציר בטיפול המודל המרווח והטיפול המשקי היו זהים למרות תוספת יבול בטיפול המודל המרווח בשנים אלו (28% ו-16% בהתאמה). טיפול המודל הרגיל פיגר בשבוע בהשוואה לשני הטיפולים האחרים.

טבלה 18. מנות המים מתחילת העונה עד בציר בטיפולי ההשקיה השונים (משקי, מודל ומודל מרווח) בזן מרלו, כרם מושב כרמל, 2011-2013.

שנה	טיפול	תאריך בציר (DOY)	מנת מים עד בציר (mm)	התאדות (mm)	% מהתאדות
2011	מרלו משקי	248	160.6	930.0	17
	מרלו מודל רגיל	248	163.5	930.0	18
	מרלו מודל מרווח	248	170.4	930.0	18
2012	מרלו משקי	236	140	886.8	16
	מרלו מודל רגיל	241	202.8	945.8	21
	מרלו מודל מרווח	236	193.4	886.8	22
2013	מרלו משקי	223	151.3	896.3	17
	מרלו מודל רגיל	231	191.4	949.8	20
	מרלו מודל מרווח	223	175.5	896.3	20

## יישום השקיה ומנות מים

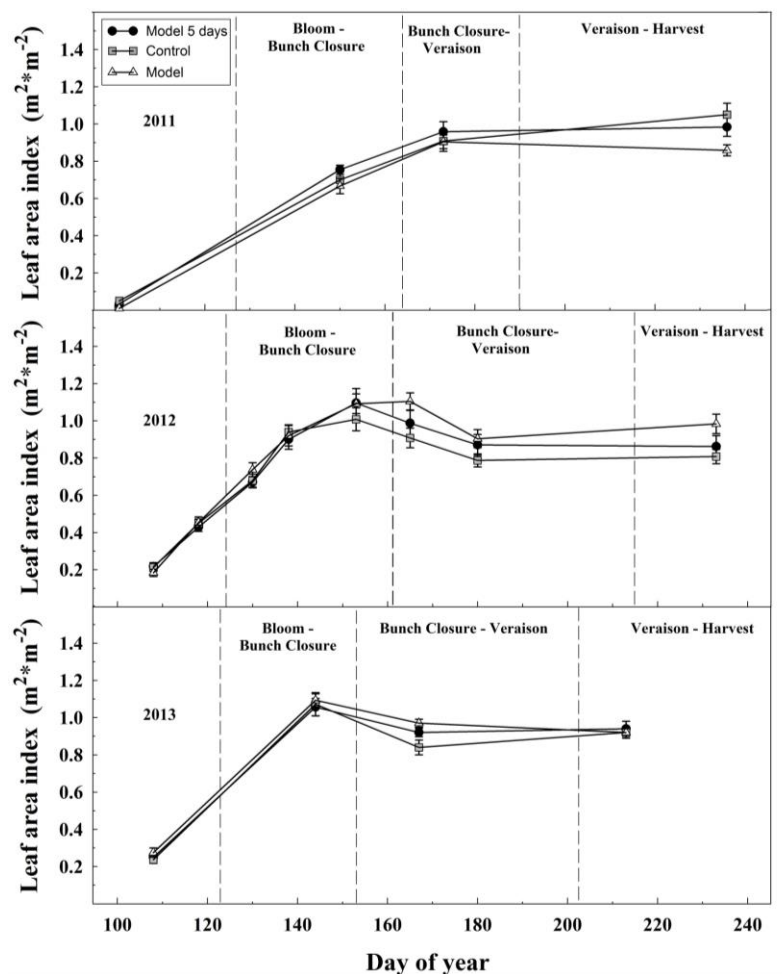
בפתח הדברים יש לציין כי משטר ההשקיה המשקית בזן זה שונה מהזנים האחרים הנבחנים בניסוי. בשל היותו זן חלש יחסית, מתקשה המרלו בצימוח וגטיבי באזורים יבשים וחמים ועל כן נמצא שהתאמתו במשטר עקה חריפה גורם להפחתת יבול ולאיכות נמוכה. בשל כך מתודת ההשקיה של הזן מרלו באזור יתיר היא משק מים משופר ביחס לזנים האחרים. בעונה הראשונה של הניסוי (2011) לא היו פערים משמעותיים בין מנות המים בטיפולי המודל לבין הטיפול המשקי (טבלה 18). בשנה זו יושם בטיפולי המודל מקדם עקה ( $K_s$ ) 0.2 בשלב II, דבר אשר יצר עקת יובש חריפה מעבר לערכי הסף שנקבעו בהגדרות יעדי הניסוי (איור 17). בשל כך הוחלט בעונות העוקבות להשקות במקדם  $K_s$  0.3 בשלב II. בעונת 2012 קיים הפער המשמעותי ביותר מבין שלושת עונות המחקר, בין טיפולי המודל לטיפול המשקי (כ-40% תוספת מים בטיפולי המודל). פער זה נובע בעיקר בשל צמצום כמות המים בטיפול המשקי הנובע מריבוי המשקעים במרץ 2012 (61.7 מ"מ גשם). למרות ריבוי המשקעים סמוך ללבוב, צמצום ההשקיה בשלב I יצר פער בשטח העלווה בין הטיפול המשקי לטיפולי המודל (איור 16). תוספת המים בעונת 2013 הייתה 26%-ו-15% בטיפול המודל הרגיל ובטיפול המודל המרווח (בהתאמה) לעומת הטיפול המשקי (ההפרש בין טיפולי המודל נובע ממועד בציר שונה). מפירוס ההשקיה לאורך עונת הגידול נראה כי במהלך שלב I של התפתחות הגרגר מנת המים הממוצעת בטיפולי המודל עמדה על 1.7 מ"מ ליום ו-0.9 מ"מ ליום במשקי, בשלב II מנת המים הממוצעת במודל הייתה כ-1.6 מ"מ ליום ובמשקי 1.5 מ"מ ליום ובשלב III 1.0 מ"מ יומי בטיפולי המודל ו-1.3 מ"מ יומי בטיפול המשקי.



**איור 15.** מנות המים (מ"מ) בשלושת טיפולי ההשקיה, משקי, מודל ומודל מרווח, בזן מרלו (כל עמודה במנות המים מייצגת השקיה אחת) והתאדות מחושבת ( $ET_0$ ) ע"פ נוסחת פנמן מונטית (קו רציף). הנתונים עבור התאדות היומית המחושבת נלקחו מהתחנה המטאורולוגית בשני. כרם מושב כרמל 2013-2011.

## שטח עלווה

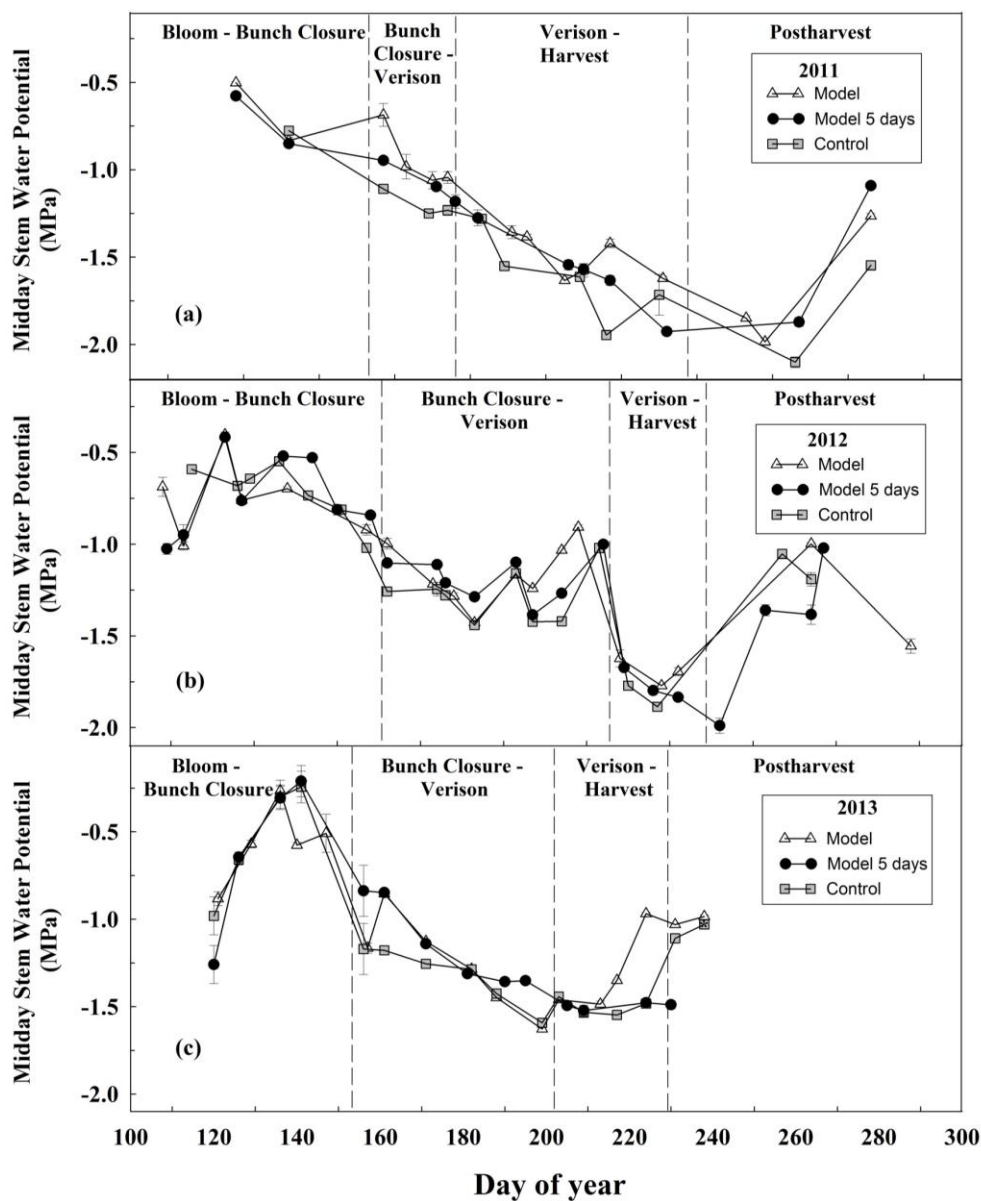
בשלושת עונות המחקר לא נמדדו שינויים גדולים בין שלושת הטיפולים בנתוני אינדקס שטח העלווה (Leaf Area Index -LAI) יחד עם זאת בהערכה סובייקטיבית מצב נראות העלווה בטיפולי המודל היה טוב יותר מאשר בטיפול המשקי. בעונת 2011 התאפיין המהלך העונתי של אינדקס שטח העלווה במגמת עלייה רציפה עד לאמצע שלב II בשלושת הטיפולים לאחר מכן התייצבות בטיפולי המודל והמשך עליה מתונה בטיפול המשקי (איור 16). בעונות 2012-2013 מגמת העלייה באינדקס שטח העלווה נמשכה עד אמצע שלב I, בשלב זה נפתח פער מסוים בין הטיפולים תוך ירידה מתונה והתייצבות ה-LAI מאמצע שלב II ואילך. ירידת ה-LAI באמצע שלב I נובעת בין השאר מהטיפול האגרוטכני הכולל שילוב השריגים וציפופם בחוטי השילוב וקיטום שריגים ארוכים, אולם יש לציין שבחלקת מרלו זו הטיפולים מצומצמים ביחס לחלקות אחרות בשל "קיר עלווה" דליל. כפי שניתן לראות בעונת הגידול 2011 ערכי המקסימום של ה-LAI הגיעו ל-1.05 מ"ר/מ"ר בטיפול המשקי ול-0.98 ו-0.9 מ"ר/מ"ר בטיפולי המודל והרגיל ובטיפול המודל המרווח (בהתאמה). בעונת הגידול 2012 ערכי המקסימום של ה-LAI בטיפול המשקי היו 1.01 מ"ר/מ"ר ו-1.1 מ"ר/מ"ר בשני טיפולי המודל ובעונת 2013 ערכי המקסימום שנמדדו היו 1.07 מ"ר/מ"ר בטיפול המשקי ו-1.06 ו-1.09 מ"ר/מ"ר בטיפולי המודל והרגיל ובטיפול המודל המרווח (בהתאמה). בעונה זו אינדקס שטח העלווה בכל הטיפולים היה זהה לקראת בציר.



איור 16. מהלך עונתי של אינדקס שטח העלווה (מ"ר/מ"ר) בטיפולי הניסוי בזן מרלו, כרם מושב כרמל 2011-2013. כל נקודה מייצגת ממוצע של 12 גפנים, קווי השגיאה האנכיים מייצגים את שגיאת התקן (S.E.) של הממוצע (n=12).

## פוטנציאל מים בגזע בצהרי היום

בשלושת שנות המחקר ערכי פוטנציאל המים בגזע בכל הטיפולים היו ללא הבדלים ניכרים ביניהם והמלך העונתי של שלושתם דומה (איור 17). בתחילת העונה, בשנים 2011-2012, נמדדו ערכי פוטנציאל מים גבוהים בשלושת הטיפולים. בעונת 2011 הייתה ירידה רציפה וחדה של פוטנציאל המים בגזע מתחילת העונה ועד בציר וערכי המינימום הצביעו על עקה חריפה (בין  $-1.93$  MPa לבין  $-2.1$  MPa). עם התקדמות עונת הגידול נמדדה ירידה בערכי פוטנציאל המים בגזע בצהרי היום עד לתחילת שלב III. בעונת 2011 הירידה בפוטנציאל המים קרובה לליניארית בשלושת הטיפולים ורק לקראת הבציר חלה התמתנות קלה במגמת הירידה. בעונות 2012-2013, התמתנה הירידה בערכי פוטנציאל המים כבר בשלב II. בעונת 2012 הייתה נוספת לקראת הציר ונמדדה עקה חריפה בצמח, אולם לפרק זמן קצר יחסית.



**איור 17.** מהלך עונתי של פוטנציאל המים בגזע כפי שנמדד באמצע היום בטיפולי הניסוי בזן מרלו, כרם מושב כרמל בשנים 2011 (a), 2012 (b) ו-2013 (c). כל נקודה מייצגת ממוצע של 12 עלים. קווי השגיאה האנכיים מייצגים את שגיאת התקן של הממוצע ( $n=12$ ). (S.E.)

## מדדי יבול והבשלה

בשנה הראשונה של הניסוי (2011) לא היה הבדל במשקל היבול בטיפולי המודל ביחס לטיפול המשקי. בעונת 2012 היבול היה גבוה באופן מובהק בטיפולי המודל מאשר בטיפול המשקי (תוספת של כ-30%). בעונת 2013 היבול הטיפולי המודל הרגיל נבדל סטטיסטית משני הטיפולים האחרים עם תוספת יבול של 25% לעומת הטיפול המשקי. גם בטיפול המודל המרווח הייתה תוספת יבול אך ללא מובהקות (תוספת 17% מהיבול המשקי). היבול בטיפול המשקי היה ללא שינוי משמעותי בשלושת עונות המחקר (טבלה 19).

עיקר תוספת היבול בשנים 2012-2013 נבעה מתוספת של אשכולות לגפן, כ-30% תוספת אשכולות בטיפולי המודל בעונת 2012 ו-25% תוספת בטיפול מודל רגיל ו-18% בטיפול מודל מרווח בשנת 2013. התוספת במשקל האשכול לא הייתה משמעותית ורק בעונת 2012 נבדל סטטיסטית טיפולי המודל הרגיל מהטיפול המשקי (תוספת של 14%). למרות השונות המובהקת ביבול בין הטיפולים, בעונות 2012-2013, לא נמדדה שונות בין מדדי ההבשלה והבציר בכל הטיפולים, ברמת הסוכר, ה-pH ואיכות הצבע בתירוש (טבלה 19).

**טבלה 19.** היבול, מרכיביו ומדדי הבשלה, בטיפולי השקיה חלקת מרלו. המידע בטבלה מייצג מדידות שנערכו עבור 36 גפנים לטיפול, 108 גפנים בסה"כ, כרם מושב כרמל, 2011-2013.

שנה	טיפול	מנת מים עד בציר (mm)	יבול (טון/דונם)	מספר אשכולות לגפן	משקל 100 גרמים (גר')	משקל אשכול (גר')	TSS (Brix)	pH	צבע בתירוש 518nm
2011	מרלו משקי	160.6	1.06	33.2	105.6 A	146.2	23.4	3.55	8.6
	מרלו מודל רגיל	163.5	1.03	33	93.4 B	142.6	23.2	3.56	8.3
	מרלו מודל מרווח	170.4	1.09	33	88.9 B	148.9	22.2	3.77	7.9
	p value		N.S.	N.S.	0.0005	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
2012	מרלו משקי	140	0.92 B	35.9 B	79.6 B	118.2 B	27	3.84	8.0
	מרלו מודל רגיל	202.8	1.2 A	41.0 A	87.8 A	135.1 A	26.1	3.84	8.1
	מרלו מודל מרווח	193.4	1.22 A	43.9 A	89.0 A	124.3 AB	26.4	3.76	7.1
	p value		<0.0001	0.0019	0.0004	0.0182	N.S.	N.S.	N.S.
2013	מרלו משקי	151.3	0.96 B	32.6 B	97.3 B	132.2	27.7	3.7	8.1
	מרלו מודל רגיל	191.4	1.2 A	39.2 A	112.0 A	138.9	28.2	3.7	7.2
	מרלו מודל מרווח	175.5	1.13B	36.5 A	107.0 A	139	27.5	3.6	8.1
	p value		0.0023	0.0023	<0.0001	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.



### יחסי גומלין בין מרכיבי היבול

על מנת לבחון את הקשרים בין הגורמים המשפיעים על סך כל היבול ולבחון השפעות הדדיות בין מרכיבי היבול, חושבה קורלציה לינארית בין כלל מרכיבי היבול, כאשר כל חזרה בודדת ממוצע שלושת השנים היוותה נקודה בודדת בקורלציה (טבלה 20). מנתוני הקורלציה בזן מרלו, עולה כי הגורמים המשפיעים ביותר על כמות היבול הינם מספר האשכולות לגפן ומשקל האשכול. ישנה השפעה של משקל הגרגר על משקל האשכול. השפעת מספר הגרגרים על משקל האשכול קטנה.

טבלה 20 : מקדם הרגרסיה ( $R^2$ ) ומובהקות הרגרסיה הלינארית (p), בין מרכיבי היבול השונים, ( $n = 36$ ), בזן מרלו כרם מושב כרמל, 2011-2013.

משקל גרגר	משקל אשכול	מס' אשכולות	משקל גפן	2013-2011
			$R^2 = 0.6,$ $p = 0.0029$	מס' אשכולות
		$R^2 = 0.04$	$R^2 = 0.59,$ $p = 0.0035$	משקל אשכול
	$R^2 = 0.36$	$R^2 = 0.06$	$R^2 = 0.31$	משקל גרגר
$R^2 = 0.06$	$R^2 = 0.28$	$R^2 = 0.002$	$R^2 = 0.1$	מס' גרגרים לאשכול

### גזם

**משקל גזם** : בשלושת עונות הניסוי לא היה פער משמעותי במשקל הגזם בין הטיפולים השונים (טבלה 21). בעונת 2012 נבדל סטטיסטית טיפול המודל הרגיל משני הטיפולים האחרים בתוספת משקל של 25% על משקל הגזם בטיפול המשקי. בעונת 2012 משקל הגזם בטיפול המודל המרווח היה נמוך משני הטיפולים האחרים אך ללא מובהקות סטטיסטית.

**מספר זמורות לגפן** : בשלושת עונות המחקר מספר הזמורות לגפן בטיפול המודל הרגיל היה הגבוה ביותר, אולם רק בעונת 2012 הייתה לכך מובהקות סטטיסטית. לא הייתה מגמה אחידה במספר הזמורות בטיפול המודל המרווח. בעונות 2011-2012 היה מספר הזמורות בטיפול זה גבוה מהטיפול המשקי ובעונת 2013 היה מספר הזמורות הנמוך מבין הטיפולים (טבלה 21). בכל השנים לא נבדל סטטיסטית מהטיפולים האחרים.

**משקל זמורה** : בעונות 2011 ו-2013 לא ניכר הבדל במשקל הזמורה בין טיפול המודל הרגיל לטיפול המשקי. בעונת 2012 משקל הזמורה היה נמוך מבין שלושת עונות המחקר אך בטיפול המודל היה גבוה באופן מובהק מבין שני הטיפולים האחרים עם תוספת משקל של 15%. משקל הזמורה בטיפול המודל המרווח היה נמוך מבין הטיפולים בכל שנות המחקר (טבלה 21).

**טבלה 21.** מדדי ווגטציה - משקל גזם (ק"ג לגפן), מספר זמורות לגפן ומשקל זמורה (גר'), בטיפולי ההשקיה בזן מרלו. המידע בטבלה מייצג מדידות שנערכו עבור 48 גפנים לטיפול, 144 גפנים בסה"כ. כרם מושב כרמל, 2013-2011. אותיות שונות באנגלית משמעותן כי הטיפולים נבדלים זה מזה באופן מובהק על פי מבחן Tukey-Kramer ברמת מובהקות של  $p < 0.05$ .

שנה	טיפול	משקל גזם (ק"ג/גפן)	מספר זמורות לגפן	משקל זמורה (גר')
2011	מרלו משקי	0.38	19.9	19.3
	מודל מרלו	0.4	21.6	19.2
	מודל מרווח מרלו	0.36	21.5	17.4
	p value	N.S.	N.S.	N.S.
2012	מרלו משקי	0.32 B	22.3 B	15.0 B
	מודל מרלו	0.4 A	25.4 A	17.3 A
	מודל מרווח מרלו	0.35 B	23.8 AB	15.0 B
	p value	0.0008	0.0167	0.0494
2013	מרלו משקי	0.49	24.7	20.6
	מודל מרלו	0.53	24.6	21.6
	מודל מרווח מרלו	0.43	23.7	18.8
	p value	N.S.	N.S.	N.S.

## בציר ניסוי ידני ובציר מכאני מסחרי

במהלך שלוש שנות הניסוי נבצרו העצים הנמדדים בכל חלקה לפי החזרות והטיפולים השונים. כל עץ נשקל בנפרד ונספרו מספר האשכולות שבו. יכול כל חזרה חושב כממוצע הסטטיסטי של משקל העץ במכפלת העצים הנטועים בדונם (222 עצים). מכיוון שהניסוי נעשה בחלקה מסחרית, נבצרה החלקה כולה, כל טיפול בנפרד, בבציר מכאני לאחר הבציר הידני. יכול הבציר המכאני נשקל במשקל גשר בשער היקב. למרות המגמות הדומות בהפרש שבין יכול הטיפול המשקי לבין יכול טיפול המודל, קיימת שונות בין משקל היבול בבציר הידני לבין משקל יכול כלל החלקה בבציר המכאני (טבלה 22). הרציונל מאחורי הצגת תוצאות אלו היא לנסות לבחון מה המקור לשוני בין נתונים "מחקריים" לנתונים מסחריים.

בחלקות הניסוי בזן קברנה, ההפרש המשמעותי יותר בין יכול הבציר המכאני שהתקבל ביקב לבין היבול שנשקל בבציר הידני הינו בטיפול המודל. בטיפול זה היבול שנשקל ביקב היה נמוך מהמשקל שהתקבל בבציר הידני ב-15%-39. ביבול הטיפול המשקי היה הפרש זניח בעונות 2011-2012 (משקל נמוך ב-2%-4 בבציר המכאני) ורק בבציר 2013 היה הפרש ניכר של 23% פחות יכול בבציר המכאני בהשוואה למשקל הבציר הידני. הפרש זה, בין יכול הבציר הידני למכאני, צמצם את הפער במשקל היבול בין הטיפולים והעמידו על כ-30% תוספת בטיפול המודל, בכל שנה (במקום כ-47%-56 במשקל הבציר הידני).

בזן שיראז נצפה הבדל ניכר בשני הטיפולים בהשוואת היבול בבציר הידני לזה שהתקבל בבציר המכאני. בשנים 2011 ו-2013 ההפרש היה גדול יותר בטיפול המודל (פחת של 16% ו-29% בהתאמה) לעומת הטיפול המשקי (פחת של 11% ו-17% בהתאמה) ואילו בשנת 2012 ההפרש הגדול היה בטיפול המשקי (פחת של 28%) ומעט פחות בטיפול המודל (פחת של 23%). בהתייחס ליבול הבציר הידני, קיים הבדל בפער שבין הטיפולים במשקל הבציר הידני. בעונות 2011-2012 היה פער גבוה בין הטיפולים גם בבציר המכאני (תוספת בטיפול המודל של 43% ו-56% בהתאמה) שאינו רחוק מהפער בין הטיפולים בבציר הידני (תוספת בטיפול המודל של 50% בשנתי העונות). בעונת 2013 הצטמצם הפער בין הטיפולים בבציר המכאני והתוספת בטיפול המודל עמדה רק על 8% לעומת 20% במשקל היבול בבציר הידני.

בזן מרלו, בעונת 2011, ההפרש בין משקל היבול שהתקבל בבציר המכאני לבין היבול שהתקבל בבציר הידני היה זניח. בטיפול המשקי לא היה כל הפרש ביבול הבציר המכאני, בטיפול המודל הרגיל הייתה תוספת של 2% ובטיפול המודל המרווח הייתה תוספת של 4%. תופעה זו של מגמות הפוכות בין הטיפולים, חזרה גם בעונת 2012. בעונה זו בטיפול המשקי הייתה תוספת זהה לעונה הקודמת ביבול הבציר המכאני (3%) ואילו בטיפולי המודל היה פחת של 10% בכל אחד מהם. בעונת 2013 היה פחת בכל שלושת הטיפולים בהשוואת היבול בבציר המכאני לזה של הבציר הידני אולם גם הוא היה נמוך וכמעט שלא משמעותי (6%-8%). הפער בין יכול הטיפולים בעונת 2011 (אשר היה ללא מובהקות סטטיסטית) הושפע במידה מועטה בשקילת הבציר המכאני. בבציר 2012 הפער בין משקל הטיפולים בבציר המכאני נמוך מהפער בין הטיפולים בבציר הידני והתוספת בטיפולי המודל היא 17% לעומת תוספת של כ-30% בטיפולי המודל במשקל הבציר הידני. בעונת 2013, לא היה הבדל באחוז תוספת היבול בטיפולי המודל בין המשקל שהתקבל בבציר המכאני לזה שהתקבל בבציר הידני.

**טבלה 22.** היבול שנשקל בבציר ידני במהלך הניסוי ויבול כלל החלקה שנבצרה בבציר מכאני ונשקל בשער היקב. הזנים קברנה סוביניון, שיראז ומרלו. כרם מושב כרמל 2011-2013.

שנה	טיפול	יבול שקילה ידנית (טון/דונם)	יבול קבלה ביקב (טון/דונם)	הפרש %
2011	קברנה משקי	0.59 B	0.58	-2%
	קברנה מודל	0.87 A	0.76	-15%
	p value	<0.0001	ללא חזרות	
2012	קברנה משקי	0.68 B	0.66	-4%
	קברנה מודל	1.06 A	0.86	-23%
	p value	<0.0001	ללא חזרות	
2013	קברנה משקי	1.01B	0.82	-23%
	קברנה מודל	1.49A	1.07	-39%
	p value	<0.0001	ללא חזרות	
2011	שיראז משקי	0.54 B	0.49	-11%
	מודל שיראז	0.81 A	0.70	-16%
	p value	<0.0001	ללא חזרות	
2012	שיראז משקי	0.8 B	0.63	-28%
	מודל שיראז	1.2 A	0.97	-23%
	p value	<0.0001	ללא חזרות	
2013	שיראז משקי	1 B	0.86	-17%
	מודל שיראז	1.2 A	0.93	-29%
	p value	0.0034	ללא חזרות	
2011	מרלו משקי	1.06	1.06	-
	מודל רגיל מרלו	1.03	1.05	2%
	מודל מרווח מרלו	1.09	1.14	4%
	p value	N.S.	ללא חזרות	
2012	מרלו משקי	0.92 B	0.95	3%
	מודל רגיל מרלו	1.2 A	1.08	-10%
	מודל מרווח מרלו	1.22 A	1.11	-10%
	p value	0.0001>	ללא חזרות	
2013	מרלו משקי	0.96 B	0.91	-6%
	מודל רגיל מרלו	1.2 A	1.11	-8%
	מודל מרווח מרלו	1.13 B	1.05	-7%
	p value	0.0023	ללא חזרות	

## דיון ומסקנות

מטרת עבודה מחקרית זו היתה בחינת שיטות ההשקיה המקובלות אל מול שיטת השקיה חדשנית המבוססת אקלים ונוף, אשר דוגלת בהשקיה מיטבית בתחילת העונה (לקבלת צימוח וגטטיבי ויבול תקין) ועקה בסוף העונה (לקבלת איכות הפרי). היתרון שנמצא בהשקיית המודל ענה על דרישות המדדים הגטטיביים החשובים לבריאות הכרם ואורך חייו וכן על דרישות יבול מסחריות-כלכליות יחד עם פגיעה מינורית עד כדי זניחה באיכות הפרי והיין. יחד עם זאת, לאור הממצאים יש מקום להמשיך ולבחון תיקונים במקדמי העקה ( $K_s$ ) התואמים את השונות הקיימת בין הזנים השונים. מטרתם של תיקונים אלו תהיה להשאיר את איכות הפרי כפי שמתקבלת בטיפול המשקי ויתכן אף להעלותה יחד עם מדדים וגטטיביים תקינים ויבול כלכלי, בד בבד עם שימור אורך חיי הכרם ושיפור הקיימות של ענף כרם היין באזור.

### מנות מים

הניסוי בחן את שיטת ההשקיה במודל המשקלל את נתוני האקלים והעלווה מול ההשקיה המשקית המקובלת באזור יתיר ובכרמי איכות אחרים בארץ. באזורי גידול איכותיים (הרי הגולן והגליל, הרי ירושלים ועוד) אשר כמות המשקעים בהם רבה יותר ותנאי האקלים בתחילת העונה נוחים, מתעכבת פתיחת ההשקיה עד לשלב הפריחה ולעיתים אף יותר. בשל תנאי האקלים הייחודיים ביתיר, מקובל להתחיל ולהשקות כבר מלבוב (תחילת אפריל) ובשנים שחונות או ללא משקעים בסוף החורף, אף 2-3 מנות מים גדולות (כ-7-10 מ"מ כל אחת) לפני ההתעוררות כ"הרוויות חתך". שיטת ההשקיה המשקית משקה מנות בינוניות (5 מ"מ) ברווחים (אינטרוול) גדולים בתחילת העונה (7-10 ימים בין השקיה) והולכת ומעלה את המנה (7 מ"מ) ומצמצמת את המרווחים (כל 5 ימים) עם התקדמות העונה. העיקרון המנחה שיטה זו הוא שבתחילת העונה קיימת לחות בקרקע ממשקעי החורף ולצמח שטח עלווה נמוך כך שאינו נדרש לכמות מים גדולה בהשקיה. בנוסף, קיים חשש כי ריבוי ההשקיה יגרור צימוח וגטטיבי נמרץ ללא יכולת עצירה בהמשך העונה. צימוח זה עלול לשבש את איזון היבול וכן ליצור הצללה על האשכולות אשר תגרום להפחתה בצבירת פיגמנטים ופוליפנולים וירידה באיכות הפרי (Dokoozlian and Kliewer 1996; Bureau et al. 2000). בטיפול המשקי, בזנים קברנה ושיראז מנת המים הממוצעת בהשקיה עד סוף שלב I הייתה כ-0.8 מ"מ ליום, בשלב II עלתה מנת ההשקיה לכדי 1 מ"מ ליום ובשלב III בזן קברנה עלתה המנה לכ-1.3 מ"מ ליום בממוצע. בזן שיראז לעומת זאת נשארה המנה גם בשלב III קרובה ל-1 מ"מ וזאת בשל החשש מצימוח שריגים לטרליים ("בני שריגים") והתנפחות הגרגר, הגדול יחסית בזן זה. לעומתם הזן מרלו בעל צימוח וגטטיבי חלש יותר ויכולת הסתגלות נמוכה יותר לתנאי עקה. התנהגות זו הביאה את הפרקטיקה המשקית להשקותו מעט יותר מהזנים האחרים. בטיפול המשקי קיבל המרלו מנת השקיה של כ-0.9 מ"מ יומי בשלב I, כ-1.5 מ"מ יומי בשלב II וכ-1.35 מ"מ יומי בשלב III. שיטת ההשקיה המשקית אינה מתייחסת ישירות לתנאי האקלים המשתנים בין השנים ועובדת על פי כללים קשיחים, על כן קיימת הדירות קרובה במנות המים העונתיות בין השנים (טבלאות 6, 12, 18). מרווח ההשקיה בטיפול המודל נקבע מראש על בסיס ניסויים קודמים כהשקיה פעמיים בשבוע (לצורכי חישוב, השקיה כל 3.5 ימים) מלבד טיפול נוסף במרלו הבחן השקיה באינטרוול ארוך של פעם בחמישה ימים. נוסחת החישוב במודל ההשקיה, המורכבת ממשתני האקלים (התאדות מחושבת על פי נוסחת פנמן-מונטית') ושטח העלווה (LAI), מחשבת את מנת הצריכה של

הגפן לכל יום. מנת ההשקיה נקבעת על ידי מקדם העקה ( $K_s$ ) המנחית את מנת הצריכה המחושבת של הגפן. על בסיס מחקרים קודמים, הוחלט ליישם את המודל עם מקדמי עקה המשיבים לצמח אחוז גבוה יותר של צריכת המים בתחילת העונה ופוחתים בשלבים II ו-III. בשל כך השקיית המודל מציבה תמונה הפוכה במנות המים בכל שלב בעונה להשקיה המשקית. כך בשלב I מנת ההשקיה הממוצעת הייתה 2, 1.87 ו-1.7 מ"מ יומי בקברנה, שיראז ומרלו (בהתאמה), בשלב II 0.9, 1.0 ו-1.6 מ"מ יומי ובשלב III 1.3 מ"מ יומי בקברנה, 1.07 מ"מ יומי בשיראז וכמ"מ יומי אחד במרלו. מכיוון שתנאי האקלים זהים בכל שלושת חלקות הניסוי (באותו אתר בכרם מושב כרמל) וכן מקדמי העקה שיושמו בכל שלב היו זהים לשלושת הזנים, הרי שההבדלים במנת ההשקיה הממוצעת נובעים בעיקר בשל השונות בשטח העלווה לכל זן וכן בשל ההבדלים בפרק הזמן של כל שלב פנולוגי. בשל השונות העונתית בתנאי האקלים וכן בשל התפתחות שטח עלווה שונה במקצת בכל שנה לכל זן, כמות המים העונתית שיושמה בטיפול המודל שונה בין שנה לשנה.

### השפעת ההשקיה על הצימוח הוגטטיבי

#### שטח עלווה

מרבית צימוח שטח העלווה מתרחש עד לאמצע-סוף שלב I (טבלאות 9,12,16). לזמינות המים בשלב זה השפעה ישירה על ערכי השיא של שטח העלווה. ערכי שטח העלווה הגבוהים ביותר נמדדו בעונת 2012 (1.4-1.7 מ"ר/מ"ר בחלקות הטיפול המשקי ו-1.1-2 מ"ר/מ"ר בחלקות טיפול המודל). בשנה זו ירדה כמות המשקעים הגבוהה ביותר בשנות הניסוי (320 מ"מ גשם) ובחודש מרץ של אותה שנה ירדו 61.7 מ"מ גשם (לעומת כ-30 מ"מ לחודש מרץ בממוצע רב שנתי) וזמינות המים לצמח בשלב הלבול והצמיחה הייתה גבוהה ביחס לשנים 2011 ו-2013. בשל ההשקיה המיטבית של טיפול המודל בתחילת העונה, בלטו טיפולי המודל בשטח עלווה גדול יותר מזה של הטיפול המשקי. להשקיה הגבוהה יותר המיושמת בטיפול המשקי בשלב III לא הייתה השפעה כלל על תוספת שטח עלווה. בזן קברנה בשנים 2011-2012 הייתה ירידה מסוימת בשטח העלווה של טיפול המודל משלב II ואילך, שלא הייתה בטיפול המשקי אך הפער בין שני הטיפולים נשמר עד סוף העונה. לעומת זאת בשיראז נשמרו המגמות בערכי שטח העלווה לאורך כל העונה. מאמצע שלב I ועד אמצע שלב II נעשות פעולות אגרוטכניות המנמיכות את שטח העלווה (הרמת חוטים, שילוב שריגים וקיטום) פעולות אלו משפיעות יותר על טיפול המודל, בעל שטח עלווה הגבוה, בשל הצורך בסידור "קיר העלווה" וחשיפת הפרי לקרינה. אולם למרות צמצום הפער בין הטיפולים בתקופה זו, המשיך טיפול המודל להיות עם ערכי שטח עלווה גבוהים מזה של הטיפול המשקי. בזן מרלו לא נמדדו הבדלים משמעותיים בין הטיפולים השונים. כפי שצוין, בזן זה מיישמים השקיה משופרת בתחילת העונה גם בטיפול המשקי. ערכי שטח העלווה (LAI) שנמדדו בניסוי דומים לערכים הנמוכים שנמדדו בניסויים בבקעת ערד (Cohen et al. 2000) וברמת נגב (Ben-Asher et al. 2006) ונמוכים מערכים שנמדדו באזורים יובשניים אחרים בעולם, בניסויי השקיה בכרמי ענבי יין המודלים על מערכת VSP בצפיפות נטיעה דומה (Prieto et al. 2012; Carrasco-Benavides et al. 2013; Herrero-langreo et al. 2012). ערכי שטח עלווה אלו אופייניים לרוב חלקות הכרמים באזור יתיר. הזן קברנה הגיע לערכי שטח העלווה הגבוהים ביותר מבין שלושת הזנים ובשנים 2011-2012 הגיע לערכי מקסימום גבוהים ביחס לזנים האחרים (כ-30%-40%) גם בשטח העלווה של הטיפול המשקי. הזן

שיראז, למרות שהינו בעל צימוח נמרץ בתחילת העונה, בשל קוטר טרכאות גדול יחסית הן בגזע והן בזמורות (Hayat et al. 2015), היה בעל ערכי שטח עלווה נמוכים משל הקברנה בשנים 2011-2012 (נמוך בכ-30%-40% בהתאמה) הן בטיפול המשקי והן בטיפול המודל. בעונת 2013 ערכי שטח העלווה של שני הזנים היו דומים בתחילת העונה אולם בשל טיפול אגרוטכני חריף בקברנה נוצר פער קטן בערכי המקסימום העונתי לטובת חלקות השיראז (תוספת של כ-25% בטיפול המשקי וכ-15% בטיפול המודל). חוסר המתאם בין הצימוח הנמרץ בזן שיראז, הנראה לכורם כזן בעל צימוח פראי, לבין שטח העלווה הנמוך יחסית לזן כגון קברנה, מקורו בפרקים הארוכים יחסית האופייניים לזן זה. אורך הפרקים הוא הקובע את כמות העלים שתצמח על כל אורך זמורה. בעוד בזנים קברנה ומרלו יש פרקים קצרים וממילא כמות רבה יחסית של עלים על כל אורך זמורה נתון, הרי שבזן שיראז, בעל הפרקים הארוכים, כמות העלים על אותו אורך זמורה תהיה קטנה במידה ניכרת. הזן מרלו, החלש מבין שלושת הזנים שנחקרו בניסוי זה, היה בעל ערכי מקסימום של שטח העלווה העונתיים הנמוכים ביותר לאורך שלושת עונות הניסוי. גם בין הטיפולים עצמם לא נמדדו הפרשים ניכרים בערכי שטח העלווה לאורך העונה. אולם קצב הצימוח בעונות 2012-2013 היה מהיר יותר מאשר בעונת 2011. בעונה זו הגיע המרלו לערך מקסימום רק קרוב ל DOY-180 לעומת שתי העונות הבאות בהם הגיע לערך מקסימום עונתי כבר קרוב ל DOY-140. בשנים אלו היה הצימוח בריא יותר ובנה "קיר עלווה" אשר הצריך טיפולים אגרוטכניים של שילוב שריגים ואף קיטום עדין. טיפולים אלו צמצמו את מעט הפער שנפתח בסוף שלב I בין טיפולי המודל לטיפול המשקי ופער זה לא ניכר בהמשך העונה.

## גזם

משקל הגזם, בחורף העוקב אחר עונת הגידול, מהווה מדד לכושר הצימוח הוגטטיבי של הכרם (Williams et al. 2003; Romero and Martinez-Cutillas 2012). בהתאם לתיאור המרלו כזן החלש מבין שלושת זני המחקר, משקל הגזם שלו היה נמוך בצורה ניכרת בכל עונות הניסוי משל שני הזנים האחרים (פער של כ-60% בין טיפולי המודל וכ-55% בין הטיפולים המשקיים). גם בין הטיפולים עצמם בזן מרלו לא נמדדו הבדלים בשלוש שנות המחקר (טבלה 21). בממוצע השנים עמד משקל הגזם הממוצע בזן מרלו על כ-0.4 ק"ג לגפן. לעומתו, בזנים קברנה ושיראז היה הבדל מובהק בכל שנות המחקר בין שני הטיפולים והפער ביניהם עמד על כ-30% בממוצע. למרות ההבדל המשמעותי בערכי המקסימום של שטח העלווה בין שני הזנים לאורך שנות המחקר (פער של כ-30%-40% לטובת הזן קברנה), הרי שבמשקל הגזם כמעט ולא קיים הבדל בין הזנים בכל טיפול בנפרד. בשנים 2011 ו-2013 היה משקל הגזם בזנים קברנה ושיראז קרוב לזהה (0.6-0.7 ק"ג לגפן ממוצעת בטיפול המשקי ו-0.9-1 ק"ג לגפן ממוצעת בטיפול המודל, בהתאמה). בעונה 2012 היה משקל הגזם בקברנה גבוה יותר מהשיראז בטיפול המשקי בכ-20% ובטיפול המודל בכ-15%. בשנה זו התוספת בקברנה לערך המקסימום של שטח העלווה, הייתה כ-40% בהשוואת שני הטיפולים (טבלאות 10 ו-16). הפרש זה בין השוואות ערכי שטח העלווה ולבין השוואות משקל הגזם בזנים השונים, מקורו בין השאר במאפיין אורך הפרקים שנדון בפסקה הקודמת. ניתן להסיק מכך כי משקל הגזם מהווה מדד טוב לעוצמת הצימוח הוגטטיבי אך לא בהכרח לגודל הנוף, המשפיע על צריכת המים של הגפן. משקל הגזם מושפע ממספר הזמורות וממשקלן. בעוד שבמשקל הגזם ההבדל בין הזנים קברנה ושיראז היה זניח, הרי שבשני מדדים אלו קיים הבדל ניכר. בקברנה הייתה תוספת של כ-25% במספר הזמורות לגפן בטיפולים המשקיים וכ-36% תוספת בטיפול המודל, בממוצע שלושת העונות. לעומת זאת, משקל הזמורה בממוצע שלוש שנות המחקר,

בטיפול המשקי בקברנה הייתה 23.2 גר' ובשיראז בטיפול זה 25.3 גר' (תוספת של 9% במשקל זמורת השיראז) ובטיפול המודל משקל 30 גר' לזמורה בקברנה ו-34 גר' בשיראז (תוספת של 13% לשיראז). השפעת השקיית המודל על תוספת במספר הזמורות שונה בין הזנים. בעוד שבמרלו כמעט ולא ניכרת השפעה של השקיית המודל על תוספת הזמורות לגפן ומלבד עונת 2012 (תוספת של כ-6% בטיפול המודל הרגיל) לא קיים הבדל מובהק סטטיסטי בין הטיפולים (יש לציין כי בטיפול המודל המרווח נספרו בכל שנות הניסוי מספר זמורות נמוך יותר אף מהטיפול המשקי). כמו כן בשיראז, תוספת הזמורות בטיפול המודל נמוכה ועומדת על כ-8% בממוצע שלושת העונות (בעונה 2013 לא היה הבדל כלל בין הטיפולים במדד זה). לעומתם בזן קברנה הייתה תוספת משמעותית במספר הזמורות בכל עונות הניסוי. בעונה 2011 הייתה התוספת המשמעותית ביותר, כ-26% ובשתי העונות העוקבות עמדה התוספת במספר הזמורות בטיפול המודל על כ-15% בכל שנה. משקל הזמורה היה מאופיין במגמה דומה בזנים קברנה ושיראז ובשניהם התוספת בטיפול המודל כ-35% בקירוב בממוצע שלושת העונות.

### השפעת ההשקיה על מדדים פיזיולוגיים

#### פוטנציאל מים

במהלך שנות הניסוי, לאורך כל העונה, התקיים מעקב רציף אחר פוטנציאל המים של הצמח בכל הזנים ובכל הטיפולים בניסוי. מעקב זה בוצע באמצעות מדידת פוטנציאל המים בגזע בצהרי היום אשר מקובל כדרך המדויקת ביותר להערכת פוטנציאל המים בצמח (Naor 2000; Williams and Araujo 2002; Patakas et al. 2005). כל המדידות התבצעו בצהרי היום שלפני פתיחת ההשקיה, מועד המבטא ככל הנראה את הערך המינימאלי של פוטנציאל המים בצמח בין שתי השקיות סמוכות. המגמה בערכי פוטנציאל המים דומה בכל טיפולי הניסוי. בגרף מגמה זה מתואר במצב משק מים משופר יחסית (כ-0.5 MPa עד -1.0 MPa) עם פתיחת ההשקיה בתחילת העונה ולאחר מכן מגמת ירידה לאורך העונה עד לערכי פוטנציאל מים הנחשבים כעקת יובש חריפה מאוד (מתחת ל -1.6 MPa) (Romero et al. 2010). לקראת בציר (איורים 13,16,17). קצב מגמת הירידה היה שונה בין הטיפולים השונים ולאורך השנים. לאורך שנות הניסוי בזן מרלו ערכי פוטנציאל המים היו ללא הבדלים ניכרים בין הטיפולים השונים וקיים קושי להשוואתו לשני הזנים האחרים. למרות זאת, ניתן לראות כי בשנים 2012 ו-2013 מגמת הירידה בזן זה בשלב II הייתה מתונה יותר בהשוואה לזנים קברנה ומרלו ופוטנציאל המים הגיע לערכי קיצון רק סמוך לבציר. בשנים אלו יושם מקדם עקה של 0.3 בשלב II ולא 0.2 כפי שנעשה בשנת הניסוי הראשונה. כפי שנכתב, טיפול המודל מיישם השקיה משופרת בשלב I (מקדם עקה של 0.5), כתוצאה מכך מצב משק המים משופר לאורך שלב זה בכל הטיפולים ואינו יורד מתחת לערך של כ-0.7 MPa. עם הורדת ערך מקדם העקה בשלב II ישנה ירידה לערכי פוטנציאל מים של כ-1.3 MPa עד -1.5 MPa. בזן קברנה המעבר בין השלבים מתון והגרף המתאר את ירידת פוטנציאל המים הינו קרוב לליניארי. לעומתו בזן שיראז ניכר המעבר בין השלבים בירידה דרסטית של ערכי פוטנציאל המים מיד עם שינוי מקדם העקה וההפחתה בכמות מנת המים. תופעה זו ניתנת להסבר בהבדל בקוטר הטרקאות בין שני הזנים. בעוד שלזן קברנה קוטר טרכאות רחב יחסית בגזע וצר בזמורות, הרי שבזן שיראז קוטר הטרקאות נשאר רחב אף בזמורות (Hayat et al. 2015). מאפיין זה יוצר אצל השיראז צימוח נמרץ (פראי) במשק מים משופר אולם כחרב פיפיות מכניס אותו לעקת יובש חריפה יותר (ולהתמוטטות) במצב של זמינות מים נמוכה. השקיה המשופרת בטיפול המודל בשלב I



יוצרת אפשרות לכניסה לעקת יובש חריפה יותר בשלב III, זאת בשל פיתוח נוף גדול יותר המעלה את צריכת המים של הצמח וטרכאות בעלות קוטר רחב יותר. בספרות מתואר כי ככל שהטרכאות בעלות קוטר רחב יותר כך הן חשופות יותר לקוויטציות (Lo Gullo and Salleo 1991; Chouzouri and Schultz 2005). כמו כן, הובא בספרות, כי קיימים הבדלים בין זני גפן שונים במאפייני רקמת העצה בגזע (Wheeler and LaPasha 1994; Chouzouri and Schultz 2005; Chatelet et al. 2011) ונמצא כי למשטר ההשקיה השפעה על קוטר הטרכאות ברקמת העצה בזמורות הגפן (Lovisololo and Schubert 1998).

### מהלכים יומיים

משק המים בצמח מושפע מלחות הקרקע וממדדים אקלימיים. מלבד מהלך פוטנציאל המים העונתי, פוטנציאל המים בצמח משתנה במהלך היום. ניתן לתאר יום קיץ ממוצע באופן הבא: טרם זריחת השמש ערכי פוטנציאל המים הם המיטיביים ביותר באותה יממה, עם התקדמות היום הקרינה והטמפרטורות עולות והלחות היחסית יורדת, בעקבות כך קצב ההתאדות מוגבר וערכי פוטנציאל המים בצמח יורדים בצורה חדה (Larry E. Williams 2012). מצהרי היום ואילך קרינת השמש הולכת ונחלשת ובהליך מתון יותר יורדות הטמפרטורות, בשלב זה ערכי פוטנציאל המים בצמח מתייצבים. לפנות ערב כאשר מתח המים האטמוספרי נחלש וקצב ההתאדות נמוך, משתפר פוטנציאל המים בצמח. גם לסגירת הפיוניות של הצמח יש השפעה על מצב פוטנציאל המים ובקצב התאדות גבוה, סוגר הצמח את הפיוניות ומאט את הירידה בערכי פוטנציאל המים, יחד עם זאת פעילות זו מוגבלת בשל הצורך של הצמח בקירור העלים וכן איבוד מים שלא דרך הפיוניות (Allen et al. 2006).

בכל עונה נערכו מועדים מרוכזים למדידות פיזיולוגיות לאורך שעות היום בסוף כל שלב פנולוגי (איור 14). המהלך היומי של פוטנציאל המים היה דומה ואופייני למהלך שתואר לעיל. יחד עם זאת בכל ימי המדידה לא היה ניכר מהלך ההשתפרות של פוטנציאל המים לקראת סוף היום. בכל חלקות המחקר של קבוצת המחקר שלנו (חולדה, דולב, מבוא חורון) נמדדה שיפור במדד זה בשעות אחר הצהריים. יתכן שבאזור זה בו קצב ההתאדות גבוה מאד, בעיקר בשל לחות יחסית נמוכה, קרינה חזקה ורוחות אחר הצהריים, "תיקון" ערכי פוטנציאל המים קורה רק בשלב מאוחר מאד של היום ויתכן שרק במהלך הלילה. בשלושת ימי המדידות שנערכו בזן שיראז בעונת 2013 ניתן לראות בצורה ברורה את השפעת ההשקיה על המדדים הפיזיולוגיים בשני הטיפולים לאורך שלושת השלבים הפנולוגיים (טבלה 14).

ראשית, ניתן לראות כי עם שחר ערכי פוטנציאל המים בטיפול המודל גבוהים או שווים לאלו של הטיפול המשקי. דבר זה אינו מפתיע בשלב I, אז משק המים של טיפול המודל משופר, אך בשלב III בו ערכי פוטנציאל המים העונתיים של טיפול המודל היו נמוכים מזה של טיפול המשקי, היינו מצפים לראות כי גם ערך זה של תחילת היום יהיה נמוך בטיפול המודל. אפשר שתופעה זו מעידה כי כושר התיקון של מערכות ההובלה במהלך הלילה טובה יותר בעצים שבטיפול המודל. יתכן כי הדבר מעיד על בניית מערכת שורשים משופרת בטיפול המודל, אם ביכולת קליטת מים ואם בנפח בית שורשים מותאם יותר (מערכות השורשים לא נחנו במסגרת ניסוי זה). יום המדידה הראשון (29/05/2013), אשר התקיים בסוף שלב I, פוטנציאל המים בטיפול המודל משופר יחסית לפוטנציאל המים בטיפול המשקי אולם ההפרש ביניהם אינו גדול (כ- 10%-20%). לעומת זאת ההפרש בקצב קיבוע הפחמן משמעותי יותר. בשעות הבוקר ההפרש בקצב קיבוע הפחמן בטיפול המודל גבוה בכ-32%, אך הפרש זה הולך וגדל ומגיע בשיאו

בשעות הבוקר המאוחרות) לתוספת של כ-71% בקצב קיבוע הפחמן בטיפול המודל ביחס לטיפול המשקי. בשעות הצהריים קטן במעט הפער ועומד על כ-45%. ביום המדידות השני (17/07/2013) ערכי פוטנציאל המים בשני הטיפולים ירדו במהירות משעות הבוקר עד לשעות הצהריים לערכי קיצון (כ- -1.7 MPa עד 1.6 MPa) למרות זאת ישנה פעילות פוטוסינתטית מוגבלת בשעות הבוקר ונמדד קצב קיבוע פחמן כמעט זהה בשני הטיפולים. לקראת בציר, בסוף שלב III, נערך יום המדידות השלישי (14/08/2013). ביום זה החל טיפול המודל בפוטנציאל מים משופר יחסית לטיפול המשקי, אך כבר בשעות הבוקר חל היפוך מגמה וערכי פוטנציאל המים בטיפול המודל היו נמוכים מזה של הטיפול המשקי בצורה מובהקת ברוב שעות היום. יחד עם זאת קצב קיבוע הפחמן אמנם היה נמוך יותר בטיפול המודל אך לא בצורה ניכרת וללא מובהקות סטטיסטית. יצוין כי בשני הטיפולים ערכי קצב קיבוע הפחמן היו נמוכים ביותר במדידות אלו ביחס למדידות דומות במחקרי השקיה גרעונית שנערכו בכרמים מסחריים באזורים יובשניים ( Larry E. Romero et al. 2010; Padgett-Johnson et al. 2003; Williams 2012). בערכי קצב מוליכות הפיוניות נרשמו מגמות דומות לזה של קצב קיבוע הפחמן. כאשר מעלים מבט לעבר הצמח השלם יש לקחת בחשבון כי לעצים בטיפול המודל היה שטח עלווה גדול יותר מאשר לטיפול המשקי (כ-15% תוספת) ועל כן היכולת לייצר מוטמעים לפרי גם בשלב עקת היובש החריפה, גדולה יותר. בנוסף לכך, ייתכן כי לפני טיפול המודל צברו מאגר רחב יותר של עמילנים בגזע ובזמורות, שיכול להוות מקור לסוכרים במהלך ההבשלה (Pratt 1974). במבחן התוצאה, בזן זה נבצרו שני הטיפולים באותו יום ובאותו ריכוז סוכר בתוספת של 20% יבול בטיפול המודל (טבלה 13).

## השפעת ההשקיה על הפרי

### יבול

בשני טיפולי המודל (למעט בזן מרלו בעונת 2011) התקבלו יבולים גבוהים באופן משמעותי ביחס לטיפול המשקי. בזנים קברנה סובניון ושיראז תוספות היבול עמדו על כ-50% בכל שנה (טבלאות 13,7). בעונת 2013 הצטמצם הפער בטיפולי הזן שיראז והתוספת הייתה רק 20% בטיפול המודל. בזן מרלו בעונת 2011 לא היה הבדל ניכר בין שלושת הטיפולים בכמות היבול, אולם בעונות 2012 ו-2013 הייתה עליה ביבול טיפולי המודל והתוספת הייתה כ-30% בעונת 2012 וכ-20% בעונת 2013 (היבול הטיפול המודל המרווח היה מעט נמוך יותר ובעונת 2013 לא נבדל סטטיסטית מהטיפול המשקי) (טבלה 19). למרות העלייה בכל טיפולי המודל במשקל היבול, קיים הבדל בין הזנים השונים בגורמים לתוספת היבול. בעוד שבזן קברנה הגורם העיקרי המשפיע על היבול הינו מספר האשכולות (טבלה 8) ודבר זה בא לידי ביטוי גם בתוספת משמעותי של זמורות בטיפול המודל, הרי שבזן שיראז הגורמים המשפיעים ביותר הם משקל האשכול ומשקל הגרגר (טבלה 14). לעומתם בזן מרלו קיים משקל שווה להשפעת מספר האשכולות ומשקל האשכול על משקל היבול (טבלה 20). במרלו לא קיימת תוספת במספר הזמורות בטיפול המודל לעומת הטיפול המשקי בעונות 2011 ו-2013 והתוספת בעונת 2012 נמוכה וכמעט זניחה, כך שהעלייה במספר האשכולות במרלו נבעה מפוריות משופרת של הזמורות בטיפול המודל (יותר אשכולות לזמורה). בשיראז היו מעט פריצות חדשות על הבדים ותוספת זמורות נמוכה (כ-10%) ובעונת 2013 לא היו כלל זמורות נוספות, גם מספר האשכולות ללא תוספת מובהקת באף אחת מהשנים. על כן תוספת היבול מקורה במשקל האשכול. התוספת במשקל האשכול בשיראז נובעת כמעט אך ורק בשל תוספת במשקל גרגר (גרגר גדול יותר) ולא באשכול בעל מספר גרגרים רב יותר. בקברנה טיפול המודל הביא לפריצת ניצנים רדומים נוספים על הבדים ולצמיחה של יותר זמורות נושאות פרי. כך התקבלה

תוספת משמעותית של אשכולות לעץ ועליה ביבול. גם בזן זה לא הייתה תוספת משמעותית ועקבית במספר הגרגרים באשכול ומשקל הגרגר היה גבוה יותר בטיפול המודל (כ- 30% יותר בעונת 2011 וכ- 15% יותר בעונות 2012 ו-2013), אולם למדד זה השפעה נמוכה יחסית על התוספת ביבול (טבלה 8). למרות תוספות היבול, מדדי ההבשלה (ריכוז סוכר ו-pH) בכל טיפולי המודל היו זהים למדדים אלו בטיפול המשקי (למעט שיראז בעונת 2011 שנבצר מעט מוקדם בשל טעות טכנית). קיים קושי בדיוק הבציר למדדי ההבשלה האופטימליים כיוון שתכנון זה מבוסס על מדגמים סטטיסטיים שלא תמיד תואמים את כלל החלקה הנבצרת. תכנון הבציר לוקח בחשבון את ערך צבירת הסוכר ( $^{\circ}\text{Brix}$ ) ומתייחס ל-pH רק כערך סף עליון שמעליו ייפגם היין. אולם למרות זאת נבצר טיפול המודל בערכים דומים לטיפול המשקי הן בצבירת הסוכר והן בערכי ה-pH (לא בהכרח באותו מועד בציר). בציר עונת 2011 היה מאוחר ביחס למועדי הבציר בעונות 2012 ו-2013 בשל תנאי אקלים המשפיעים על קצב צבירת הסוכר. תנאי אקלים אלו התרחשו בעיקר בחודש אוגוסט ועל כן עיקר השפעתם הייתה על בציר הקברנה (כחודש מאוחר יותר ממועדי הבציר ב-2012 ו-2013) שהינו זן אפיל (טבלה 5). בעונה זו לא הצליח הקברנה להגיע לערכי ריכוז סוכר אופטימליים (טבלה 7). מועד הבציר בשיראז, שהינו זן מקדים, לא הושפע מתנאי אקלים אלו אולם נבצר מוקדם מידי ביחס למדדי ההבשלה המתוכננים (טבלה 13). בזן מרלו התעכב הבציר כשבועיים בשנה זו ביחס למועדי הבציר בשנתיים שלאחר מכן (טבלה 17) וגם הוא נבצר בערכי הבשלה נמוכים מהמתוכנן (טבלה 19). בעונת 2013 נבצר הזן קברנה מוקדם מידי ביחס למדדי ההבשלה המתוכננים בשל חוסר אפשרות לוגיסטית לקליטתו במהלך חגי תשרי ביקב המחקרי באריאל. הבציר המסחרי בחלקה זו באותה שנה התבצע שבוע לאחר הבציר הידני ובערכי סוכר גבוהים יותר (כ- $26^{\circ}\text{Brix}$  בשני הטיפולים).

מכיוון שמחקר שטח זה נערך בחלקות מסחריות והטיפולים השונים יושמו על כלל החלקה, קיימת אפשרות ייחודית להשוואה בין מדדי היבול וההבשלה הסטטיסטיים הנלקחים לפי חזרות על קבוצת מדגם של עצים (בבציר ידני) לבין מדדים אלו המתקבלים מהחלקה כולה (כל טיפול בנפרד) בבציר מסחרי המתבצע באמצעות בוצרת מכאנית (טבלה 22). יש לציין כי עצי המדגם עליהם בוצעו מבחנים סטטיסטיים הינם עצים בריאים המייצגים את רוב החלקה. אולם כבכל שטח חקלאי מסחרי, קיימים בחלקות אלו גם עצים חלשים יותר ותאי שטח בעייתיים אשר מפחיתים את ערך החלקה כולה. הבציר המכאני (בוצרת) מתבצע בעזרת מערכת מוטות גמישים המנערת את העצים באמפליטודה אחידה ויוצרת תנע באשכול ובגרגרים, הוויברציה מנתקת את בפרי מהעץ. הפרי נופל לתוך מסוע המעלה את הפרי לסל קליטה. לאחר מילוי הסל נשפכת תכולתו למיכל על משאית וזו מובילה את היבול לקבלה בבור הקליטה ביקב. אחד ההבדלים הבולטים בהשוואת הבציר הידני לבציר המכאני הוא טוטאליות הבציר. בעוד שבבציר הידני מוסרים כל האשכולות מהעץ ובכל אשכול כלל מרכיביו (השזרה וכל הגרגרים) הרי שלבציר המכאני יש פחת הנובע מטיב הדלית הגפן, מהפרעות טופוגרפיות לאורך השורה, משלב הבשלות של הפרי ומקשיחות הגרגר. בהתייחס למרכיב הפרי בבעיות אלו, יש לציין כי הגפן אינה מייצרת שכבת ניתוק קלאסית בחיבור האשכול לזמורה (Pratt 1971), ועל כן בחלק מהזנים ייפול האשכול בשלמותו לתוך הבוצרת ובחלק אחר יפלו רק גרגרי הענבים. כמו כן פרי שאינו בשל דיו יתקשה להתנתק מהעץ ולא יבצר בבציר המכאני. מן הצד השני, גרגרים מצומקים (דבלנים) אשר משקלם נמוך לא יפתחו תנע מספק לנפילה וישארו גם הם על העץ. כאשר הגרגר גדול יותר ומלא יותר בנוזל יתכן וחלק מהמיץ יישפך בעליה במסוע, בשפיכה למשאית או בנסיעת המשאית עצמה. כל אלו גורמים

המשפעים על ההפרש שבין משקל היבול בבציר הידני לבין משקלו בבציר המכאני. אין בכך כדי לומר כי שיטה זו מפחיתה בהכרח את איכות הבציר. טענה הפוכה גורסת כי מלבד יתרונות הבציר המכאני, ביכולת הלוגיסטית לבצור בפרק זמן מהיר ובהתראה קצרה חלקה שלמה ובחיסכון בכוח אדם ועלויות, קיים יתרון בפחת של גרגרי פרי שאינו בשל או שהצטמק וכן בניקיון הפרי (בחלק מהזנים) מהשזרה כבר במהלך הבציר. בזן קברנה ניכר כי הפחת מהבציר המכאני גדול יותר באופן משמעותי ביבול טיפול המודל והוא הולך וגובר ככל שמשקל היבול עולה. יתכן שבשל משקל הגרגר הגדול יותר בטיפול המודל מתנתקים בעיקר הגרגרים מן האשכול במהלך הבציר ופחת המשקל מקורו בהפחתת משקל השזרה. בעונת 2013 מועד הבציר המסחרי היה שבוע לאחר הבציר הידני ובערכי סוכר גבוהים יותר, יתכן וזו הסיבה לפער הגדול הקיים בשנה זו בין שני סוגי הבציר (23%-1-39%) (טבלה 22). בזן שיראז קיים פחת משמעותי בבציר המכאני בשני הטיפולים (11%-29%). בזן שיראז לא ניתן למצוא קשר בין גודל הפחת למשקל היבול (היבול בטיפול המשקי בעונת 2012 היה דומה ליבול בטיפול המודל בעונת 2011 אך הפחת בטיפול המשקי בעונת 2012 כמעט כפול מזה של טיפול המודל ב-2011). על אף היותו זן בעל גרגר גדול יחסית, השיראז אינו "מיצוי" במיוחד, והוא נוטה בשלבי ההבשלה המתקדמים להצטמקות גרגרים משמעותית, במיוחד בעקות יובש חריפות. יתכן שבשל כך הפחת קטן יחסית בבציר 2011 אשר נבצר בערכי סוכר נמוכים. בזן מרלו היו סטיות נמוכות במשקל היבול בבציר המכאני בהשוואה למשקל שהתקבל בבציר הידני. כל הפרשי המשקל במרלו, נמצאים בתוך תחום שגיאת התקן הסטטיסטית של משקל החזרות השונות בשלושת הטיפולים. בעונת 2011 הסטייה הנמוכה ביותר (0-4%) ויתכן שהיא קשורה לכך ששלושת הטיפולים נבצרו בערכי סוכר נמוכים. עוד גורם שיתכן ויש לו השפעה על אחידות התוצאות היא העובדה שזן זה בעל אשכולות קטנים יחסית אשר נבצרים יחד עם השזרה אף בבציר המכאני.

## איכות

כל חלקות הניסוי משתייכות לאזור כרמים איכותי המשווק את הפרי לעשיית יין ביקב יתיר. בעונות 2011 ו-2012 לא הוכן יין ביקב מחקרי לפי חזרות אלא רק יין מסחרי לכל טיפול בנפרד. בעונת 2013 הוכן יין ביקב המחקרי באריאל לכל חזרה בנפרד מהזנים קברנה ושיראז. בכל השנים ובכל הטיפולים, סמוך לבציר, נבחן מדד איכות צבע הענבים (צבע בתירוש) לפי חזרות סטטיסטיות. בכל עונות המחקר לא נבדלו הטיפולים השונים, לכל זן בנפרד, במדד איכות צבע התירוש. יחד עם זאת, ניתן לראות כי ההפרש הקיים במדד זה בין הטיפולים דומה ועקבי להפרש המתקבל במדדי צבע היין (טבלאות 9, 15). יתר המדדים המוצגים בטבלאות 9 ו-15 בעונות 2011-2012 נלקחו מהיין שהוכן מכל הטיפול וללא אפשרות לבחינה סטטיסטית. בשל העובדה שיש 2013 הוכן על פי פרוטוקול היקב המחקרי ואילו יונת 2011 ו-2012 הוכנו ביקב מסחרי, קיים קושי להשוואה בין שנים אלו. בספרות קיימות דעות סותרות לגבי מועד השריית עקת היובש המשפיע על איכות היין (Matthews and Anderson 1988; Smithyman and Wample 2001; Castellarin et al. 2007; Girona et al. 2009). הצבע ומרבית חומרי הטעם והארומה נמצאים בקליפת הגרגר על כן רווחת הדעה בקרב הייננים כי ככל שגרגר הענבים קטן יותר, בעל יחס קליפה/ציפה (skin/pulp ratio) גדול יותר, יתקבל יין איכותי יותר (Bravdo et al. 1985; Kennedy 2002). גודל הגרגר מושפע מכלל עקות היובש המושרות בתקופת התפתחותו. לאור זאת בולטים תוצאות איכות היין בזן שיראז. כפי שתואר לעיל בזן זה עיקר תוספת היבול נבעה מגודל הגרגר גדול יותר בטיפול המודל מאשר בטיפול המשקי (כ-33% במשקל הגרגר בעונות 2011-2012 ו-17%

בעונת 2013) (טבלה 13), הרי שאיכות היין מטיפול המודל הייתה קרובה ביותר ולעיתים אף זהה לזה שהוכן מהטיפול המשקי. אף במבחן הטעימות שנערך להכנת היין לפי חזרות לא נבדלו הטיפולים (טבלה 15). בזן קברנה התקבלה איכות יין נמוכה יותר בטיפול המודל מהיין בטיפול המשקי בכל שנות הניסוי (טבלה 9). אמנם בזן קברנה סובניון עיקר עליית היבול נובעת מעליה במספר האשכולות אולם ככל הנראה קיים בקברנה מתאם טוב בין גודל הגרגר למדד צבע היין בתירוש. כאמור, בשלב III נוצרים עיקר חומרי הצבע והארומה בענבים (Coombe and McCarthy 2000; Kennedy 2002) בשל כך לעקת יובש המושרית בשלב זה ישנה השפעה רבה על איכות היין. נקודה זו באה לידי ביטוי באופן משמעותי בהשפעות השקית המודל בזן שיראז. טיפול המודל, אמנם היה בערכי פוטנציאל מים גבוהים יותר בשלבים הראשונים ובעקבות כך התפתח בו גרגר גדול יותר, אולם עם שינוי מקדם העקה הגיב השיראז במהירות וירד לערכי פוטנציאל מים קיצוניים בשלב III אשר השפיעו על יצירה מוגברת של חומרי צבע וארומה. לעומתו הזן קברנה מגיב במתינות יחסית להקטנת מנות המים ועל אף שאף הוא הגיע לערכי פוטנציאל מים נמוכים, לא הגיע לרמת הצבע ואיכות היין כבטיפול המשקי. מהזן מרלו הוכן יין רק ביקב המסחרי. מדד איכות צבע התירוש לא נבדל בין הטיפולים השונים ולא התאפיינה מגמה ברורה לאורך השנים. בעונות 2011-2012 נכנס רק הטיפול המשקי לסדרת האיכות (פרימיום) "יתיר" בהכנת היין ביקב ואילו שני הטיפולים לא הגיעו לרמה זו. בעונת 2013 כל טיפולי הזן מרלו לא הגיעו לרמת איכות מספקת עבור יקב יתיר. למרות זאת, ברמת היינן בלט לטובה דווקא טיפול המודל המרווח. יצוין כי בהכנת היין ביקב המסחרי הגיעו כל הטיפולים הן בזן שיראז והן בזן קברנה לסדרת האיכות "יתיר" מלבד עונת 2013, בה הטיפול המשקי בקברנה הגיע לסדרת האיכות הגבוהה (סופר-פרימיום) "יער יתיר" אך טיפול המודל בזן זה לא הגיע לרמת איכות מספקת עבור יקב יתיר. בשנה זו הבציר המחקרי לא תאם את הבציר המסחרי והקדים אותו בשבוע בשל קושי לוגיסטי בקבלת הענבים ביקב המחקרי באריאל.

### תחשיב כלכלי

אמנם מקובל כי עומסי יבול גבוהים מפחיתים את איכות היין (Bravdo et al. 1985; Chalmers et al. 2008) אך עלות הפרי הינה אחת מההוצאות המשמעותיות בתעשיית היין. שיטת התמחור המקובלת בכרמי יין איכותיים היא תשלום היקב לפי שטח הגידול ולא לפי משקל היבול. בצורה זו יכול לדרוש היקב מהכורם לקבל יבולים נמוכים (ואם צריך לבצע דילולי פרי), אם הוא סובר כי אלו יהיו איכותיים יותר ורווחיות החקלאי לא מושפעת מכך. שאלת המחקר העומדת בבסיסו של ניסוי זה מקורה בהיבט החקלאי. כורמי מושב כרמל (אשר בשטחם נערך הניסוי) פנו וביקשו כי המחקר האקדמי ימצא שיטת השקיה בה יתקבלו איכויות פרי ויין שאינן נופלות מהאיכות הקיימת היום ביקב יתיר ויחד עם זאת צימוח וגטטיבי בריא השומר על אורך חיי הכרם וכדאיות כלכלית. לצורך חישוב הכדאיות הכלכלית של הטיפולים נציב מספר משתנים (נניח כי עלויות הייצור שוות בשני הטיפולים). מקובל להעריך כי מק"ג אחד של ענבי יין אדומים ניתן לייצר בקבוק יין בודד (750 מ"ל). גובה תשלום היקב על יחידת שטח (דונם) שווה בשני הטיפולים. נגדיר כל ירידה בנקודה בציון הכללי של היין (טבלאות 9, 15) כהפחתת מחיר בקבוק היין ב-15%, עד לסף ציון המוריד אותו לסדרת יין נמוכה יותר (מחיר היין מושפע ממשתנים רבים הכוללים בין השאר את תדמית היקב, כוחות השוק וזכייה בפרסים, כך שהערכה זו היא לצורך התרגיל בלבד). לפי זה נגדיר את מחיר בקבוק יין מהזן קברנה כ- $X$  ואת מחיר יין בעל ניקוד נמוך נגדיר: (הפרש ניקוד  $* 0.15 - X$ ).

להשוואת הכדאיות הכלכלית של שני הטיפולים נכפיל את מחיר הבקבוק בכל טיפול בכמות הבקבוקים הפוטנציאלית לייצור מדונם של טיפול זה. נשווה את הרווח הפוטנציאלי בכל טיפול. נעשה את החישוב על ממוצע שלוש עונות המחקר בציון היין ובמשקל לדונם בכל טיפול, על פי השקילה המחקרית.

בזן קברנה ממוצע היבול בטיפול המשקי היה 763 ק"ג לדונם (763 בקבוקי יין פוטנציאליים) ובטיפול המודל 1144 ק"ג לדונם (1144 בקבוקי יין פוטנציאליים). ממוצע הפרש הניקוד בציון היין הכללי היה 2.2 נקודות. לפי נתונים אלו הרווח על מכירת כל הבקבוקים מדונם בטיפול משקי יהיה:

$$(X - X(0.15 * 0)) * 763 = 763X$$

$$(X - X(0.15 * 2.2)) * 1144 = 766.5X$$

ובטיפול המודל יהיה:  $766.5X$ . נראה כי בזן זה הגדלת היבול וגודל הגרגר באה על חשבון ירידה מסוימת באיכות הפרי על גבול הכדאיות ביחס ליבול הגבוה שהתקבל.

בזן שיראז נגדיר את מחיר היין ב-Y ויין בניקוד נמוך יחושב:  $Y - Y(0.15 * 0)$  (הפרש ניקוד \* 0.15)

ממוצע היבול בטיפול המשקי היה 806 ק"ג (806 בקבוקי יין פוטנציאליים) לדונם ובטיפול המודל 1068 ק"ג לדונם (1068 בקבוקי יין פוטנציאליים). הפרש בציון היין הכללי היה קטן בזן זה (ולא נבדל בין הטיפולים) ובממוצע שלוש השנים היה 0.8 נקודות.

$$(Y - Y(0.15 * 0)) * 806 = 806Y$$

$$(Y - Y(0.15 * 0.8)) * 1068 = 939.8Y$$

והרווח שיתקבל מדונם בטיפול המודל יהיה:  $939.8Y$ . בחישוב זה מתקבל כי הכדאיות הכלכלית בטיפול המודל גבוהה בכ-17% יותר מאשר בטיפול המשקי על אף הירידה באיכות היין.

כמובן שחישוב זה אינו לוקח בחשבון את הכדאיות הכללית בתרומת טיפול המודל לבריאות הצמח ואורך חיי הכרם מחד ומאידך את היתכנות נזק כלכלי בפגיעה בשם היקב בגין הורדת איכות היין. יחד עם זאת התובנות הללו מאפשרות ליקב וליינן גמישות גדולה יותר בתכנון ודירוג חלקות האיכות.

## סיכום

באזור יתיר מיושם כיום טיפול המודל כפרקטיקה חקלאית בכ-50% מכרמי היין. המחקר המדעי אשר צמח מהשטח שב אליו עם פתרון מעשי כשיטה מובנת. המחקר הביא אל השטח את נוסחת החישוב של מנות ההשקיה המתבססת על נתוני האקלים והנוף וזו יתרה את השימוש במנות הנקבעות בכללי אצבע קשיחים. המחקר הראה כי אין הכרח בדיכוי הצימוח והיבול בכדי לקבל איכות פרי גבוהה אלא ניתן להשקות בצורה משופרת בשלב הראשון ליצירת צימוח וגטטיבי תקין ויבול רווחי יחד עם השריית עקה בשלבים המתקדמים היוצרת איכות גבוהה. במובנים אלו השיג המחקר את מטרתו ותרום להמשך פיתוח ושיפור הרווחיות של החקלאות הישראלית. יחד עם זאת יש מקום לבחון תיקונים במקדמי העקה ( $K_s$ ) בשלבים השונים והתאמתם טוב יותר לכל זן ולייעוד החלקה. כמו כן יש למצוא כלי חקלאי להחלפת המכשיר המדעי למדידת שטח העלווה (SunScan Canopy Analysis System) שיאפשר לכורם להזין נתונים אלו לנוסחת חישוב מנת ההשקיה. יצוין כי כבר קיימות אפליקציות סלולריות להערכת שטח העלווה וכן אופציות להעריך את העלווה על בסיס תצלומי לוויין. סביר להניח שפתרונות אלו ישלימו את הפער הטכני החסר ביישום מושכל של המודל ויהפכו אותו לפרקטיקה עיקרית בהשקיית כרמי היין בארץ ובעולם.

## רשימת ספרות

- Allen RG, Pereira L, Raes D. 2006.** Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. *FAO Irrigation and Drainage Paper*. ROME, 300.
- Allen R, Pereira L, Raes D, Smith M. 1998.** *Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. FAO irrigation and drainage paper no. 56.*
- Amar Z. 2000.** *Grapevine. In: The Agricultural Produce in the Land of Israel in the Middle Ages.* Jerusalem: Yad Izack Ben-Zvi.
- Ben-Asher J, Tsuyuki I, Bravdo B-A, Sagih M. 2006.** Irrigation of grapevines with saline water. *Agricultural Water Management* **83**: 13–21.
- Ben-Gal A, Dag A, Basheer L, Yermiyahu U, Zipori I, Kerem Z. 2011.** The influence of bearing cycles on olive oil quality response to irrigation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **59**: 11667–11675.
- Berenguer MJ, Grattan SR, Connell JH, Polito VS, Vossen PM. 2004.** Irrigation management to optimize olive growth, production and sensorial oil quality. *Acta Horticulturae* **664**: 79–85.
- 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 CR, McElrone AJ, 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**: 1088–95.
- Bureau SM, Baumes RL, Razungles AJ. 2000.** Effects of vine or bunch shading on the glycosylated flavor precursors in grapes of *Vitis vinifera* L. Cv. Syrah. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **48**: 1290–1297.
- 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.
- Castellarin SD, Matthews M a, Di Gaspero G, Gambetta G a. 2007.** Water deficits accelerate ripening and induce changes in gene expression regulating flavonoid biosynthesis in grape berries. *Planta* **227**: 101–12.
- Castellarin S, Pfeiffer A, Sivilotti P, Degan M, Peterlunger E, Di Gaspero G. 2007.** Transcriptional regulation of anthocyanin biosynthesis in ripening fruits of grapevine under seasonal water deficit. *Plant, Cell and Environment* **30**: 1381–1399.
- Chalmers YM, Downey MO, Krstic MP, Loveys BR, Dry PR. 2010.** Influence of sustained deficit irrigation on colour parameters of Cabernet Sauvignon and Shiraz microscale wine fermentations. *Australian Journal of Grape and Wine Research* **16**: 301–313.
- Chalmers YM, Krstic MP, Downey MO, Dry PR, Loveys BR. 2007.** Physiological mechanisms used by grapevine varieties to cope with water deficit. *Acta Hort (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 Hort (ISHS)* **792**: 163–170.
- Chatelet DS, Wistrom CM, Purcell AH, Rost TL, 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.

**Chouzouri A, Schultz H. 2005.** Hydraulic anatomy, cavitation susceptibility and gas-exchange of several grapevine cultivars of different geographic origin. *Acta Hort* **689**: 325–332.

**Cohen S, Striem MJ, Bruner M, Klein I. 2000.** GRAPEVINE LEAF AREA INDEX EVALUATION BY GAP FRACTION INVERSION S. *Acta Hort (ISHS)*: 87–94.

**Coombe B. 1976.** The development of fleshy fruits. *Annual review of plant physiology* **27**: 207 – 227.

**Coombe BG, McCarthy MG. 2000.** Dynamics of grape berry growth and physiology of ripening. *Australian Journal of Grape and Wine Research* **6**: 131–135.

**Dokoozlian N, Kliewer W. 1996.** Influence of light on grape berry growth and composition varies during fruit development. *Journal of the American society* **121**: 869–874.

**El-Ansary DO, Nakayama S, Hikano K, Okamoto G. 2005.** Response of Muscat of Alexandria table grapes to post-veraison regulated deficit irrigation in Japan. *Vitis* **44**: 5–9.

**Erez A, Fishman S. 1998.** The dynamic model for chilling evaluation in peach buds. *Acta Horticulturae* **465**: 507–510.

**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.

**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.

**Harris J, Kriedemann P, Possingham J. 1968.** Anatomical aspects of grape berry development. *Vitis* **7**: 106–1119.

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

**Hellman E. 2003.** Grapevine Structure and Function. *Oregon Viticulture* 2003:5–19.

**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 ( $\delta^{13}C$ ) as Ancillary Data. *American Journal of Enology and Viticulture* **64**: 307–315.

**Hochberg U, Degu A, Fait A, Rachmilevitch S. 2013.** Near isohydric grapevine cultivar displays higher photosynthetic efficiency and photorespiration rates under drought stress as compared with near anisohydric grapevine. *Physiologia plantarum* **147**: 443–452.

**Keller M, Smithyman R, Mills L. 2008.** Interactive effects of deficit irrigation and crop load on Cabernet Sauvignon in an arid climate. *American Journal of Enology and Viticulture* **59**: 221–234.

**Kennedy J. 2002.** Understanding grape berry development. *Practical Winery & Vineyard*.

**Lo Gullo M., Salleo S. 1991.** Three different methods for measuring xylem cavitation and embolism: a comparison. *Annals of Botany* **67**: 417–424.

**Lovisolo 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.



- Matthews M. 1987.** Phenologic and growth responses to early and late season water deficits in Cabernet franc. *Vitis*.
- Matthews M, Anderson M. 1988.** Fruit Ripening in *Vitis vinifera* L.: Responses to Seasonal Water Deficits. *American Journal of Enology and Viticulture* **39**: 313–320.
- Monteith JL. 1965.** Evaporation and environment. *Symposia of the Society for Experimental Biology* **19**: 205–234.
- 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.
- Naor A. 2000.** Midday stem water potential as a plant water stress indicator for irrigation scheduling in fruit trees. *Acta Hort (ISHS)* **537**: 447–454.
- 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 Samaria 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 Hort (ISHS)* **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.
- Padgett-Johnson M, Williams L., Walker M. 2003.** Vine water relations, gas exchange, and vegetative growth of seventeen *Vitis* species grown under irrigated and nonirrigated conditions in California. *Journal of the American society* **128**: 269–276.
- Patakas a., Noitsakis B, Chouzouri a. 2005.** Optimization of irrigation water use in grapevines using the relationship between transpiration and plant water status. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **106**: 253–259.
- Pratt C. 1971.** Reproductive anatomy in cultivated grapes—a review. *American Journal of Enology and Viticulture* **22**: 92–106.
- Pratt C. 1974.** Vegetative anatomy of cultivated grapes—a review. *American Journal of Enology and Viticulture* **25**: 131–150.
- Prieto J a, Louarn G, Perez Peña J, Ojeda H, Simonneau T, Lebon E. 2012.** A leaf gas exchange model that accounts for intra-canopy variability by considering leaf nitrogen content and local acclimation to radiation in grapevine (*Vitis vinifera* L.). *Plant, cell & environment*: 1313–1328.
- Roby G, Matthews MA. 2004.** Relative proportions of seed, skin and flesh, in ripe berries from Cabernet Sauvignon grapevines grown in a vineyard. *Australian Journal of Grape and Wine Research* **10**: 74–82.
- Rogiers SY, Greer DH, Hutton RJ, Landsberg JJ. 2009.** Does night-time transpiration contribute to anisohydric behaviour in a *Vitis vinifera* cultivar? *Journal of experimental botany* **60**: 3751–63.
- Romero P, Fernández-fernández JI, Fernandez-Fernandez J, Martínez-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, Martínez-Cutillas A. 2012.** The effects of partial root-zone irrigation and regulated deficit irrigation on the vegetative and reproductive development of field-grown Monastrell grapevines. *Irrigation Science* **30**: 377–396.
- Santesteban LG, Miranda C, Royo JB. 2009.** Effect of water deficit and rewatering on leaf gas exchange and transpiration decline of excised leaves of four grapevine (*Vitis vinifera* L.) cultivars. *Scientia Horticulturae* **121**: 434–439.
- 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.
- Shellie KC. 2006.** Vine and Berry Response of Merlot (*Vitis vinifera* L.) to Differential Water Stress. **4**: 514–518.
- Shellie K. 2006.** Vine and berry response of Merlot (*Vitis vinifera* L.) to differential water stress. *American Journal of Enology and Viticulture* **57**: 514–518.
- Shellie KC, Bowen P. 2014.** Isohydrodynamic behavior in deficit-irrigated Cabernet Sauvignon and Malbec and its relationship between yield and berry composition. *Irrigation Science* **32**: 87–97.
- Smithyman R, Wample R. 2001.** Water deficit and crop level influences on photosynthetic strain and blackleaf symptom development in Concord grapevines. *American Journal of Enology and Viticulture* **4**: 364–375.
- Sperry JS, Holbrook NM, Zimmermann MH, Tyree MT. 1987.** Spring filling of xylem vessels in wild grapevine. *Plant physiology* **83**: 414–417.
- Tyree M, Ewers F. 1991.** The hydraulic architecture of trees and other woody plants. *New Phytologist* **119**: 345–360.
- Wheeler EA, LaPasha CA. 1994.** Woods of the Vitaceae—fossil and modern. *Review of Palaeobotany and Palynology* **80**: 175–207.
- Williams LE. 2012.** Effects of applied water amounts at various fractions of evapotranspiration (ETc) on leaf gas exchange of Thompson Seedless grapevines. *Australian Journal of Grape and Wine Research* **18**: 100–108.
- 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 L, Araujo F. 2002.** Correlations among predawn leaf, midday leaf, and midday stem water potential and their correlations with other measures of soil and plant water status in *Vitis vinifera*. *Journal of the American society* **127**: 448–454.
- 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.
- Williams LE, Grimes DW, Phene CJ. 2009.** The effects of applied water at various fractions of measured evapotranspiration on reproductive growth and water productivity of Thompson Seedless grapevines. *Irrigation Science* **28**: 233–243.
- Williams L, Phene C, Grimes D, Trout T. 2003.** Water use of mature Thompson Seedless grapevines in California. *Irrigation Science* **22**: 11–18.

The changes of the intervals and the water amounts are determined by visual estimation of the canopy status and by the development of the drought stress (the decrease in soil water and increase of temperature). The model treatments are based on environmental data from a near-by meteorological station (calculated with the Penman-Monteith equation) and leaf area index (LAI) data.

The stress factors changed throughout the growing season. During Stage 1 high stress factor was applied and during Stages 2 and 3 reduced stress was applied (50->20->20%  $ET_c$ ). The water amounts were applied twice a week in the same day of the week. Another “long interval” model treatment was applied in the Merlot cultivars. In this treatment the calculation of water amount was similar to the model, but the irrigation interval was applied every 5 days. Physiologic parameters were examined throughout all experiments in order to study the effect of different water regimes. The parameters examined were: mid-day stem water potential, LAI, stomatal conductance and photosynthesis rate.

At the end of each growing season, each vine was harvested separately and the yield components and quality were measured. Wine was made from each treatment separately and tasted by a professional wine maker panel to estimate the wine quality. The results show that the vines that were irrigated according to the model (50->20->20%  $ET_c$ ) during Stage 1 (intensive cambial activity and differentiation of the next season clusters) had extensive vegetative growth and improved stem water potential compared to the common irrigation practice.

However, low irrigation during Stages 2 and 3 led to the most significant water stress (even compared to the vines irrigated in the common irrigation practice).

Except for the Merlot cultivars in 2011, the total yield of the model treatments was significantly higher over the entire study period compared to the common irrigation practice treatments. In some of the years and in some of the cultivars, the wine quality resulting from the model treatments was lower than the common irrigation practice treatments, but even in these cases the wine was sufficient to be defined as high-quality wines (premium). In the Shiraz there was no difference between the two treatments in the wine quality.

## Summary

Grape wine growth is expanding worldwide in general and in Israel as well, particularly during the last decade. Today, there are 5,500 hectares of planted wine vineyards in Israel. In red wine cultivars, inducing drought stress at a particular stage of growth for increasing aroma, colors and compounds in the berry skin is required to improve wine quality. However, continued stress may damage the vineyards and reduce yields in the long term. The purpose of the research was to examine new irrigation methods for grapevines by using a model based on annual climate data and canopy size measurements .

The growth season was divided into three different periods in accordance with the berry phenological stage: Stage 1- from fruit set to bunch closure (the berries in the cluster are touching each other). Stage 2 - from bunch closure to veraison (berry soften and color change from green to red); and Stage 3 - from veraison to harvest (25.2 °Brix). The research was conducted in a 7-hectare commercial vineyard located in an open space in the middle of the Yatir forest. The crops of the vineyard were transmitted to the Yatir winery of the Carmel winery group.

The study was conducted on three main red wine cultivars: Cabernet Sauvignon, Merlot and Shiraz.

During the years 2011, 2012, and 2013, two main irrigation treatments were examined: a “common irrigation practice” and a new irrigation “model.” The common irrigation practice is based on the assumption that at the beginning of the growing season the soil is highly saturated and therefore long irrigation intervals are required. Later in the growing season when the soil becomes dry, irrigation intervals become shorter. During the growing season, evaporation demand increases, therefore shorter intervals do not reduce the grapevines’ stress level. The common practice recommended by the Agriculture Ministry suggests that it is required to initiate irrigation during the bloom period of the growing season. However, due to the low precipitation average in the Yatir region, it is common to initiate irrigation during the bud break period of the growing season. The water amounts of irrigation starts with 5 mm once a week and is raised to 7 mm once every 5 days.



# **Implementing optimal irrigation of wine-grape varieties in arid regions**

**M.Sc. Thesis**

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

**By**

**Dror Dotan**

**Rehovot**

**December 2015**