

שם ההצעה: פיתוח כלים להקטנת התבטאות וירוס קיפול העלים לצמצום הפגיעה ביבול ובאיכות היין.

השותפים למחקר:

חוקר ראשי: עומר קראין, מו"פ צפון.

חוקרת משנית: ד"ר תרצה זהבי, שה"מ

חוקר משני: יוני גל, שה"מ.

פרטי החוקר הראשי: ד"ר עומר קראין, מו"פ צפון. שטח פעולה: חוקר גפן, שימוש בכלים מולקולאריים

למדידת ביטוי וירוס וגנים בגפן. omer.crane@mail.huji.ac.il, omercr@migal.org.il. מושב רמות

רמת הגולן. טלפון: 0546405587

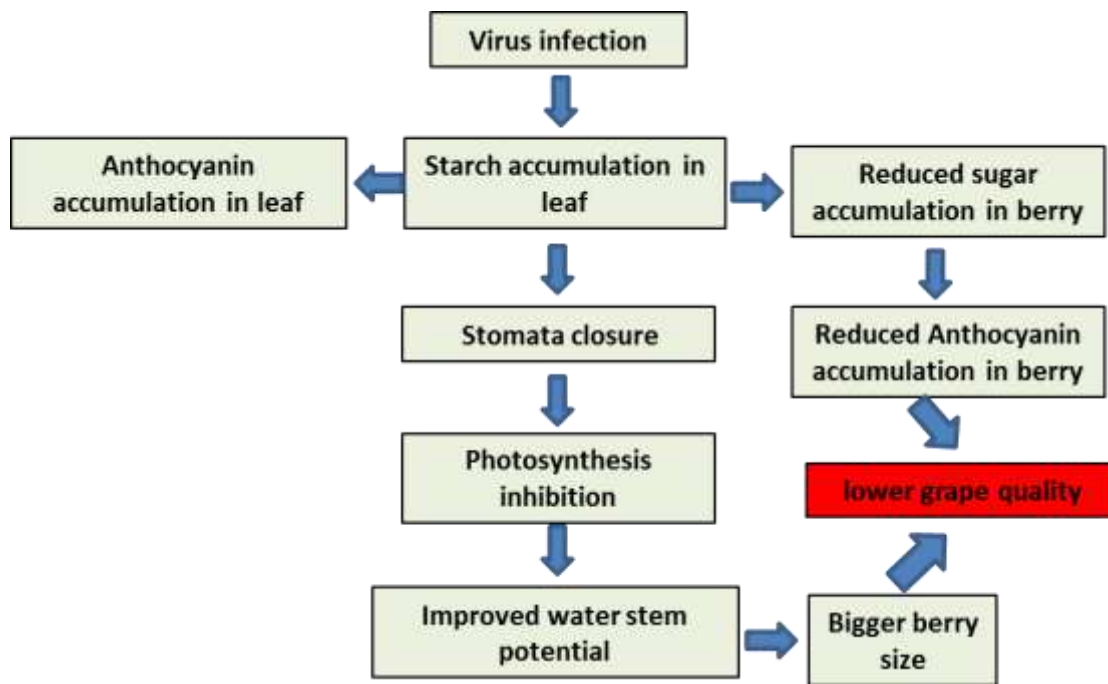
מבוא ותיאור הבעיה:

הכדאיות הכלכלית של הכרמים המשמשים לתעשיית היין נמדדת במדדי רווח, המושפעים הן מכמות היבול השנתי והן מאיכות הענבים, המשפיעה על איכות היין המיוצר מענבים אלו (אתר המועצה לגפן היין בישראל <http://www.wineboard.co.il>). אחד הגורמים המשפיעים לרעה על איכות וכמות היבול בכרם הוא נגיעות בוורוסים, כאשר הווירוס Grapevine leaf-roll-associated virus-3 (GLRaV-3) הגורם למחלת קיפול העלים בגפן (Leaf-roll) הוא וירוס הגפן הנפוץ ביותר במזרח התיכון (להלן הווירוס). בשנים האחרונות עלתה במידה ניכרת מידת הנגיעות במחלת קיפול העלים בכרמי יין בישראל. נזקי המחלה הם בפחיתה של עד כ-15% ביבול וירידה משמעותית באיכות הפרי, המתבטאת בירידה של 20-50% במחיר שהמגדל מקבל מהיקב. היקבים נאלצים להעביר את הענבים ליצירת יינות נחותים, דבר הפוגע הן במוניטין והן בהכנסות הישירות של היקבים. הנזק המצטבר נאמד בכ-8 מלש"ח בשנה ברמה הארצית.

במחקרים שנעשו במסגרת "מיזם הווירוס" שהסתיים, התקבלו מספר ממצאים משמעותיים:

1. חומרת התסמינים משתנה, הן בין השנים והן בין הגפנים בחלקה; 2. ככל שהתבטאות התסמינים מתחילה מוקדם יותר בעונה, חומרת התסמינים בבציר גבוהה יותר; 3. התסמינים מהווים מדד טוב לחומרת הפגיעה בגפן. בגפנים בחומרת מחלה גבוהה חלה ירידה משמעותית ברמת הסוכר והצבע ביחס לגפנים שהראו תסמינים קלים בלבד, וביחס לגפנים ללא תסמינים כלל; 4. שעור ניכר מהגפנים שלא ביטאו תסמיני וירוס - נמצאו נגועות בבדיקה מולקולרית; 5. ההבשלה בגפנים נגועות אך לא סימפטומטיות לא נבדלה ברמת הסוכר וברמת הצבע מההבשלה בגפנים שאינן נגועות בוורוס. יחד עם זאת, לא ברור האם יש קשר בין רמת ביטוי הווירוס לבין עוצמת ביטוי התסמינים.

ניתוח תוצאות אלו וממצאים נוספים הובילו לבנית מודל המתאר את מנגנון הפגיעה של הווירוס (איור 1). על פי מודל זה, מניעה של הצטברות עמילן בעלים, בתקופה שבין חנטה לבוחל, תוביל להפחתה בעוצמת הנזק. בכך משתלבות תוצאות ניסוי השקיה שביצענו, ובו מצאנו שמועד התבטאות התסמינים וחומרתם בבציר מושפע ממצב של עקת מים בצמח. השקיה גבוהה גורמת ליותר תסמינים בהשוואה להשקיה בחוסר, והמועד העיקרי המשפיע על התבטאות זו הוא התקופה מחנטה עד בוחל. כלומר, עיכוב בצבירת עמילן בעלים יוביל הן להפחתה בתסמיני הווירוס בבציר והן להקטנת הפגיעה באיכות הפרי. המשמעות היא, שיש בידנו כלי אגרוטכני לצמצום נזקי הווירוס. אי לכך, נערך מחקר שעסק באופטימיזציה של ההשקיה בתקופה זו בהקשר של יבול, איכות תירוש והתבטאות סימני המחלה, במקביל לבחינה של השפעת משטרי השקיה שונים בתקופה זו על יבול גפנים שאינן מראות תסמינים.



איור 1: מודל השפעת וירוס קיפול העלים על איכות היבול

על פי המודל המוצע, נוכחות וירוס תוביל לעליה בהצטברות עמילן בעלים, במנגנון שאינו ברור. הצטברות זו תוביל לעליה בייצור אנטוציאן בעלים, לירידה במעבר סוכרים לפרי ולסגירת פיוניות. סגירה זו של פיוניות תוביל לעיכוב פוטוסינתזה ולעליה בפוטנציאל המים בגזע. עיכוב פוטוסינתזה יוביל לירידה נוספת ברמת הסוכרים בפרי ועליה בפוטנציאל המים בגזע תוביל לעליה בנפח הגרגר, המשפיע גם הוא על רמת הסוכר והצבע בגרגר כתוצאה ממיחול. ירידה ברמת הסוכר בפרי בזמן הבוחל תוביל לירידה ברמת האנטוציאן בקליפה, מאחר והצטברות הפיגמנט מושפעת מרמת הסוכר, המשמש כטריגר לשפעול המנגנון הביוכימי המבקר יצירת אנטוציאן בפרי. אי לכך, נגיעות בוירוס קיפול העלים ורמה גבוהה של וירוס זה לפני שלב הבוחל תוביל לירידה ברמת הסוכר, הצבע וההבשלה הפנולית של פרי.

מטרות העבודה הנוכחית: בעבודה הנוכחית בחנו בזנים מרלו וקברנה סובניון את ממצאי מיזם הווירוס בהקשר של רמות השקיה שונות בתקופה שבין חנטה לבוחל, במטרה להפחית את ביטוי תסמיני הווירוס ולגבש המלצות השקיה מעשיות למגדלים.

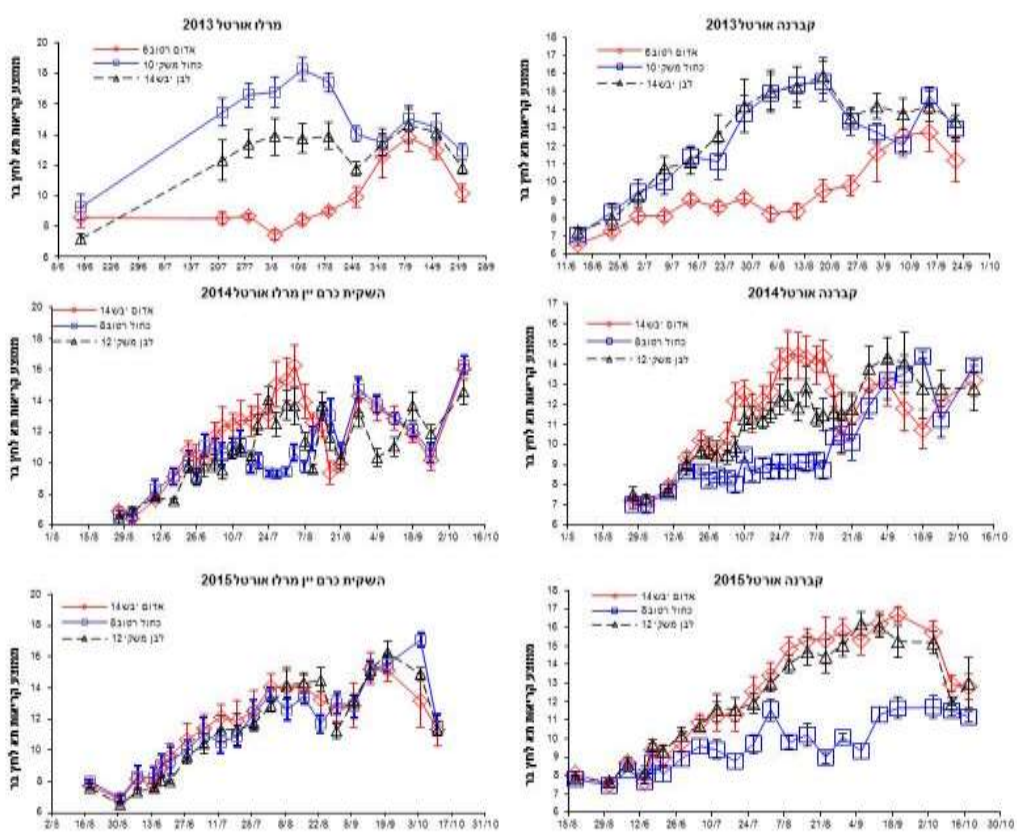
מהלך המחקר:

במהלך המחקר נבחן ממשק השקיה מיטבי בתקופה שבין חנטה לבוחל, תקופה בה נמצאה השפעה לרעה לעודף השקיה;

הניסוי נערך בכרם עם רמת נגיעות בינונית (אורטל). נבחנו שלושה טיפולי השקיה בתקופה שבין חנטה לבוחל, המיצגים טווח רחב של פוטנציאל מים בגזע בצהרים (-0.8, -1.2, -1.4 MPa). הניסוי נערך בשני זנים במקביל: הזן קברנה סובניון והזן מרלו (שני זנים אדומים). במהלך הניסוי נבחנו משטרי ההשקיה השונים, בחמש חזרות בבולקים באקראי, 12 גפנים לחזרה ו-5 גפני מדידה, עם שורות גבול בין החזרות. אחת לשבוע נעשתה בדיקת תא לחץ בכל חזרה, ורמת ההשקיה הותאמה לממצאי הבדיקה. לאחר סיום הבוחל נעשתה השוואה בפוטנציאל המים בגזע בין החלקות השונות, ולאחר מכן הושקו החלקות באופן זהה עד לבציר. בשנת הניסוי השלישית הרחבנו את תקופת ההשקיה הדיפרנציאלית עד לשלבי הבשלה מתקדמים, כאשר אחוז הסוכר בגרגר עמד על 22 בריקס.

תוצאות:

תא לחץ: על פי ממצאי תא לחץ (איור 2), ניתן לראות כי קיימת שונות בין השנים, כאשר מלבד חלקת המרלו ב- 2013 לא הצלחנו ליצור שונות בין הטיפול המשקי לטיפול היבש. יש לציין כי ב- 2014 הוחלפו הטיפולים, כך שבשתי השנים 2014 ו- 2015 הטיפול האדום היה יבש ואילו הטיפול הכחול רטוב. החלפה זו נעשתה על מנת לבחון השפעת משטר השקיה שנתית על הגפנים, כפי שיפורט בהמשך. בנוסף, ניתן לראות כי השונות בין החזרות בכל טיפול הייתה גבוהה. ניתוח ממצאי תא לחץ בכל טיפול הראו כי ישנה שונות גבוהה בין החזרות, שאינה נובעת ממשטר ההשקיה, בעיקר בטיפולים היבשים (משקי ונמוך), ומקורה כנראה במבנה הקרקע בשטח (טבלה 1). אי לכך, ניתוח ממצאי המחקר נעשה על ידי מציאת מתאמים, כאשר ממוצע קריאות תא לחץ בתקופת ההשקיה הדיפרנציאלית חושב בנפרד עבור כל חזרה.



איור 2: קריאות תא לחץ 2013-2015.

בדיקת תא לחץ לבחינת פוטנציאל מים בגזע נעשתה אחת לשבוע במשך כל תקופת הניסוי. ממוצע 5 חזרות ושגיאות תקן מוצגים בגרף. בשנת 2014 הוחלפו הטיפולים, כך שבשתי השנים 2014 ו- 2015 הטיפול הכחול היה הרטוב והאדום היבש, וזאת בניגוד לסימון ב- 2013.

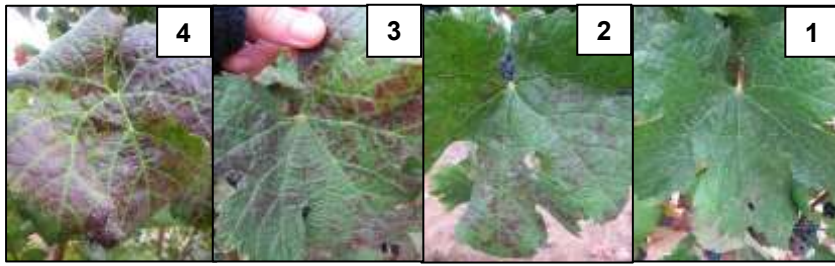
26/07	19/07	12/07	05/07	חלקה	טיפול
10.3	9.0	9.8	8.8	1	אדום
9.3	9.3	9.8	9.3	2	
14.8	13.0	13.0	14.8	3	
17.0	14.5	14.0	14.0	4	
12.3	10.3	9.0	9.0	5	
13.0	14.3	14.5	12.5	6	כחול
12.5	13.3	12.3	11.0	7	
12.8	12.3	12.0	12.3	8	
9.8	7.8	10.0	9.0	9	
9.0	8.8	9.3	9.5	10	
10.5	8.5	9.0	8.8	11	לבן
13.3	14.8	12.8	12.3	12	
13.0	10.3	9.5	10.0	13	
12.5	11.8	11.3	11.0	14	
13.5	13.3	14.0	12.5	15	

טבלה 1: תוצאות תא לחץ בחלקת המרלו ב 2015.

תוצאות תא לחץ שהתקבלו בחלקת המרלו ב 2015 במספר תאריכים שונים. ניתן להבחין בשונות הרבה בין חזרות. לדוגמא: ב-26.7. בטיפול היבש נמדדו ערכי תא לחץ של 9.3 בחלקה 2, ובחלקה 4 - 17.

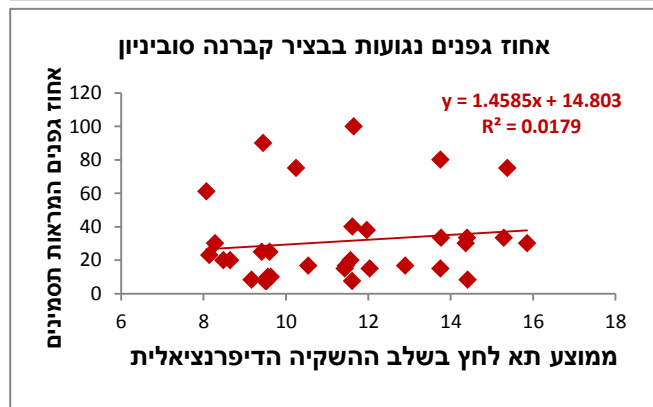
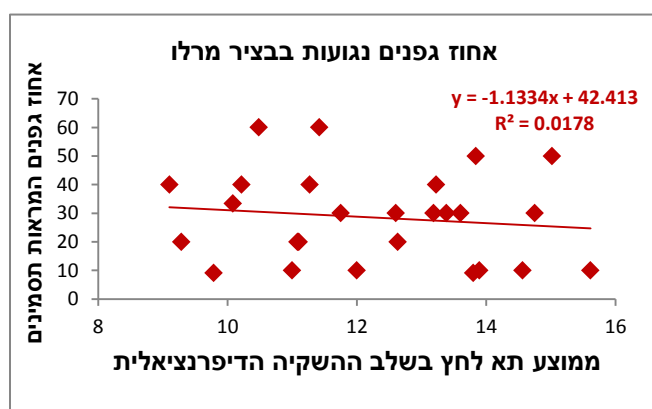
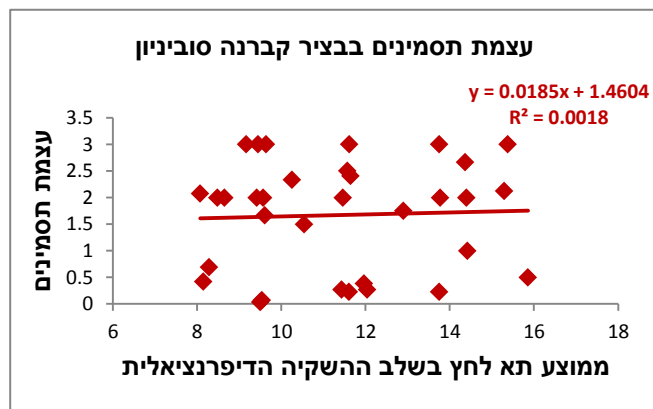
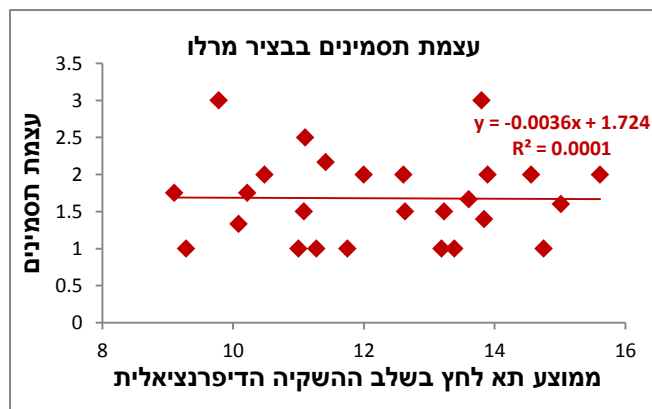
עצמת תסמינים בבציר:

עצמת תסמינים בבציר דורגה בסולם של 0 – 3, על פי מספר העלים הנגועים ומידת האדמת העלה בכל גפן (תמונה 1). דירוג הגפנים נעשה ערב בציר, בהערכה על ידי שני מעריכים קבועים. ניתוח רב שנתי (איור 3) הראה, כי לא נמצא מתאם ($R^2 < 0.5$) בין משטר ההשקיה הדיפרנציאלי ונתוני תא הלחץ לבין עצמת הנגיעות בבציר, גם בחלקת המרלו וגם בחלקת הקברנה סוביניון. כלומר, השקיה בחוסר במועד שבין חנטה לבוחל לא הובילה לירידה בעצמת התסמינים, וזאת בניגוד לנתונים שהתקבלו בניסויים קודמים במסגרת מיזם הווירוס. בחלוקה לפי שנים בקברנה סוביניון נמצא, כי בעוד שב- 2013 ו- 2015 נראית ירידה בעוצמת התסמינים בערכי תא לחץ גבוהים, ב- 2014 מתקבלת תוצאה הפוכה. יחד עם זאת, מגמות אלו אינן מובהקות וערכי R^2 קטנים מ-0.5. במרלו לא נמצאו מתאמים כלל, גם בהפרדה לשנים. בנוסף, גם בבחינה של שיעור הגפנים בעלות תסמיני וירוס, לא נמצא מתאם בין משטר ההשקיה לבין מספר הגפנים שהראו תסמינים בבציר.



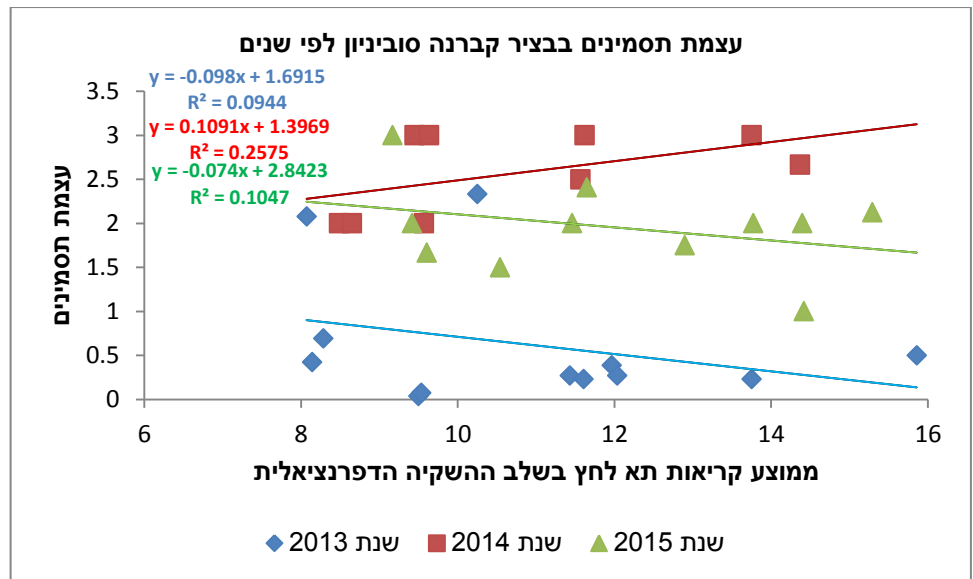
תמונה 1: עצמת נגיעות הגפנים בבציר.

1 – גפנים נקיות עצמת תסמינים 0. 2 – גפנים בעצמת תסמינים 1. 3 – גפנים בעצמת תסמינים 2. 4 – גפנים בעצמת תסמינים 3.



איור 4. עצמת תסמינים ואחוז גפנים נגיעות ביחס לערכי תא לחץ בשלב ההשקיה הדיפרנציאלית.

עצמת תסמינים ואחוז גפנים נגיעות חושבו עבור כל חלקה בנפרד בזמן הבציר. מתאם חושב ביחס לממוצע ערכי תא לחץ בתקופת ההשקיה הדיפרנציאלית. מתאם חיובי מתקבל כאשר ערך R^2 גבוה מ-0.5. נתונים מייצגים תוצאות עבור כל חלקה בכל שנת ניסוי בנפרד.



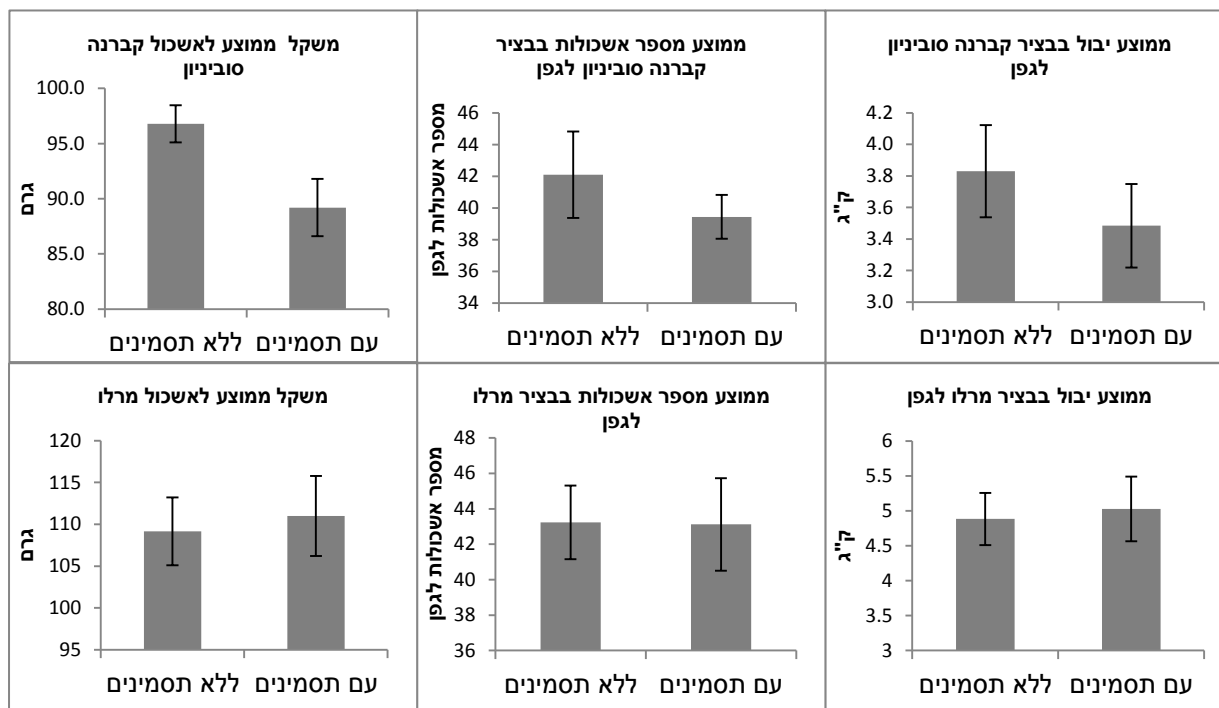
איור 5. עצמת תסמינים ואחוז גפנים נגועות ביחס לערכי תא לחץ בשלב ההשקיה הדיפרנציאלית בכל שנה בנפרד.

עצמת תסמינים ואחוז גפנים נגועות חושבו עבור כל חלקה וכל שנה בנפרד בזמן הבציר. מתאם חושב ביחס לממוצע ערכי תא לחץ בתקופת ההשקיה הדיפרנציאלית. מתאם חיובי מתקבל כאשר ערך R^2 גבוה מ-0.5. נתונים מייצגים תוצאות עבור כל חלקה בכל שנת ניסוי בנפרד.

נתוני בציר:

בהשוואה רב שנתית של נתוני הבציר הכוללים משקל יבול (ק"ג), מספר אשכולות לגפן ומשקל אשכול (איור 4), נמצא כי בכל הפרמטרים שנבחנו עבור הקברנה סוביניון, ערכים שהתקבלו בגפנים ללא תסמינים היו גבוהים מערכים שהתקבלו בגפנים המראות תסמינים. יש לציין כי הן ממוצע היבול והן ממוצע מספר האשכולות לא נבדלו באופן מובהק בין הגפנים. יחד עם זאת, הבדל מובהק התקבל במשקל האשכול הממוצע, שעמד על 97 גרם בגפנים ללא תסמינים ו-89 גרם בגפנים המראות תסמינים. ממוצע זה חושב עבור 2014 ו-2015 בלבד, כי ב-2013 לא דולל הכרם. בנוסף, לא נעשתה הפרדה בין גפנים ברמות נגיעות שונות, וממוצע חושב מכלל הגפנים המראות תסמינים.

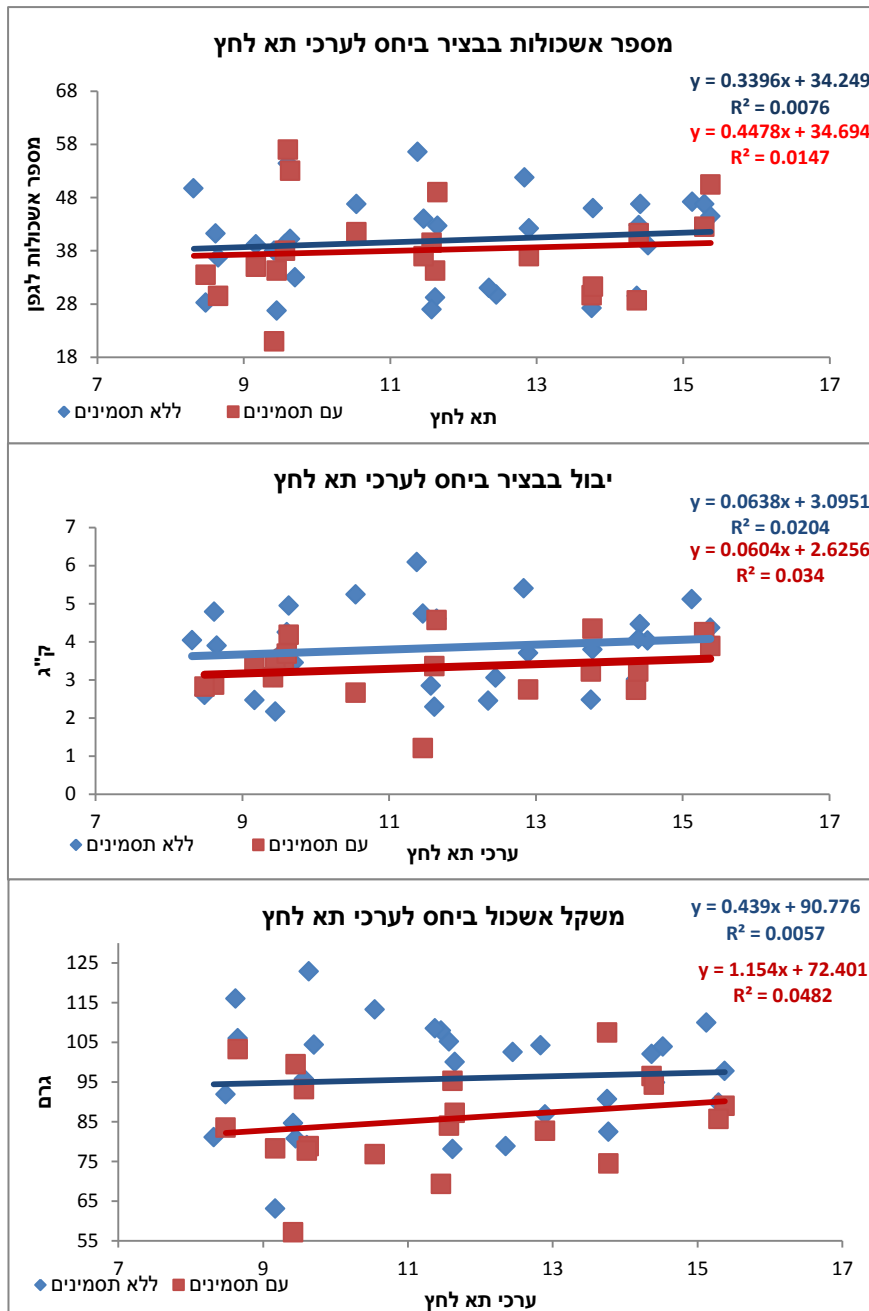
מאידך, במרלו לא נמצאו הבדלים בין הגפנים ללא התסמינים לבין הגפנים עם התסמינים, בכל הפרמטרים הנבחנים.



איור 4: נתוני בציר מרלו וקברנה.

נתוני בציר ממוצעים לגפני ללא תסמינים וגפנים המראות תסמינים בקברנה סוביניון ומרלו. ממוצעים חושבו עבור כל החלקות כאשר לא נעשתה הבדלה בין דרגות הנגיעות השונות בגפנים המראות תסמינים. ממוצעים חושבו עבור השנים 2014 ו 2015 בלבד מאחר ובשנת 2013 לא נעשה דילול בכרם. שגיאת תקן חושבה גם כן עבור כל הגפנים בשתי שנות הניסוי.

בבחינה של מתאם בין ערכי תא לחץ ממוצעים בתקופת ההשקיה הדיפרנציאלית לבין יבול, מספר אשכולות ומשקל אשכול בבציר קברנה סוביניון (איור 5), לא נמצא מתאם בין הערכים הנבחנים. כלומר, משטרי ההשקיה השונים לא השפיעו על מספר האשכולות לגפן, על היבול ועל משקל האשכול, הן בגפנים ללא תסמינים והן בגפנים המראות תסמינים. נתונים דומים התקבלו גם במרלו (נתונים לא מוצגים).



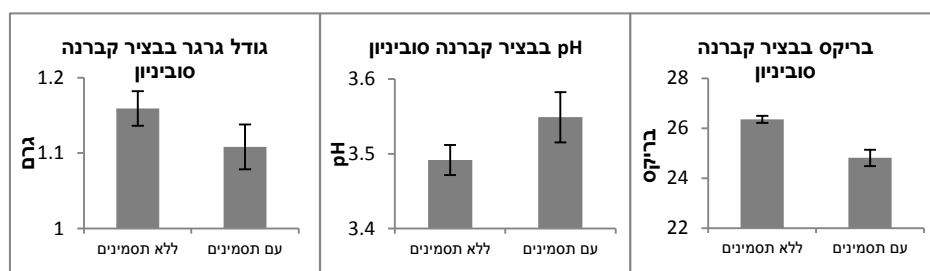
איור 6. נתוני בציר ביחס לערכי תא לחץ בשלב ההשקיה הדיפרנציאלית.

מספר אשכולות ממוצע לגפן, יבול בק"ג ומשקל אשכול בגרם חושבו עבור גפנים המראות תסמינים (אדום) ועבור גפנים שאינם מראות תסמינים (כחול). כל נקודה בגרף מייצגת נתוני חלקה בשנת מבחן אחת. נתונים מוצגים עבור 2014 ו 2015 בלבד. מתאם חושב ביחס לממוצע ערכי תא לחץ בתקופת ההשקיה הדיפרנציאלית. מתאם חיובי מתקבל כאשר ערך R^2 גבוה מ 0.5 (משוואות עבור הקו הישר וערכי R^2 מצוינות בגרף. כחול – ללא תסמינים, אדום – עם תסמינים).

נתוני הבשלה – קברנה סוביניון:

ממדידת נתוני הבשלה בקברנה סוביניון הכוללים בריקס, pH, גודל גרגר וצבע בבציר (איור 6), נמצא כי חלה ירידה מובהקת בבריקס גפנים המראות תסמינים ביחס לגפנים ללא תסמינים. ממוצע רב שנתי של גפנים ללא תסמינים עמד על 26.3 יחידות בריקס ומאידך ממוצע רב שנתי של גפנים המראות תסמינים עמד על 24.8 יחידות בריקס.

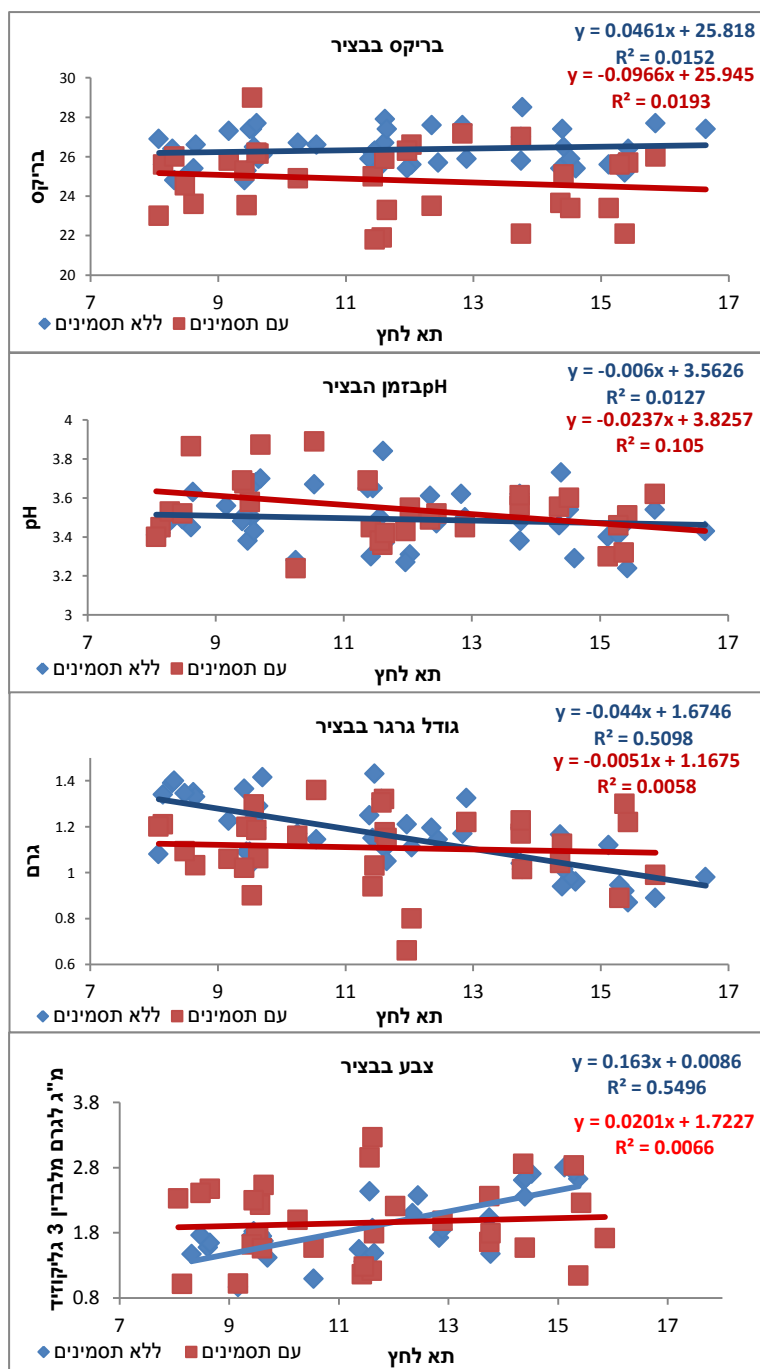
ממצאים אלו זהים לממצאים שנמצאו בעבר. הבדלים ברמת pH היו נמוכים ועמדו על פחות מ 0.05 יחידת pH, כך שניתן לומר כי אין הבדלים ברמת ה-pH בין הגפנים. הבדלים קטנים ולא מובהקים נמצאו גם ביחס לגודל גרגר - גודל גרגר הגפנים שאינן מראות תסמינים היה גבוה במקצת מגודל גרגר בגפנים המראות תסמינים. ממצאים אלו עומדים בניגוד לממצאי העבר, כאשר במספר מחקרים נמצא כי גודל גרגר גבוה יותר באופן מובהק דווקא בגפנים המראות תסמינים.



איור 7. נתוני הבשלה קברנה סוביינין.

ממוצע רב שנתי בבציר ושגיאת תקן עבור גפנים ללא תסמינים וגפנים המראות תסמינים. ממוצעים חושבו עבור כל החזרות בכל השנים הנבחנו (2013, 2014, 2015). ממוצע גפנים המראות תסמינים חושב עבור כל הגפנים בכל רמות הנגיעות.

כאמור, ירידה בבריקס ובצבע כתוצאה מנגיעות וביטוי תסמיני וירוס קיפול העלים, דווחו בעבר על ידינו ובמחקרים רבים אחרים. בניית מתאמים בין ערכי תא לחץ בזמן ההשקיה הדיפרנציאלית לבין נתוני ההבשלה (איור 7) נמצא, כי ערכי בריקס ו pH אינם מושפעים ממשטר ההשקיה בין חנטה לבוחל, הן בגפנים ללא תסמינים והן בגפנים המראות תסמינים. מאידך, בערכי גודל גרגר וצבע קיים מתאם מובהק ($R^2 > 0.5$) בין ערכי תא לחץ בתקופה זו לבין ערכים בבציר. **כאשר פוטנציאל המים בגזע גבוה ורמת העקה של הגפן נמוכה הגרגרים יהיו גדולים יותר בבציר גם כאשר פוטנציאל המים בבציר זהה בין כל הגפנים בשטח.** מאידך, רמת הצבע בגרגרים תהיה נמוכה יותר בגרגרי הגפנים תחת משטר ההשקיה הרטוב. יחד עם זאת, מתאם זה אינו מתקיים בגפנים המראות תסמינים - לא נמצא מתאם כלל בין גודל וצבע הגרגר לבין משטר ההשקיה.

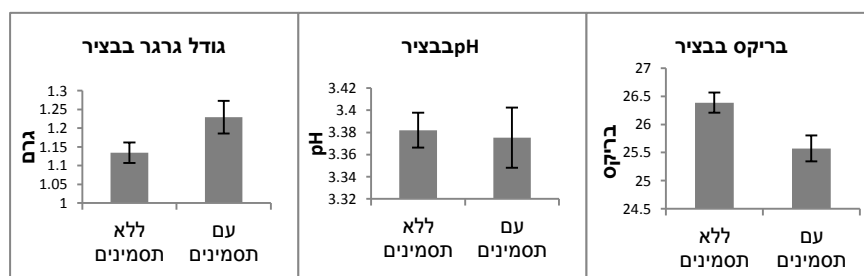


איור 8. נתוני הבשלה ביחס לערכי תא לחץ בשלב ההשקיה הדיפרנציאלית בקברנה סוביניון.

בריקס, ממוצע לגרגר, pH, משקל בגרם וצבע (מ"ג מלבדין 3 גליקוזיד לגרם) חושבו עבור גפנים המראות תסמינים (אדום) ועבור גפנים שאינן מראות תסמינים (כחול). כל נקודה בגרף מייצגת נתוני חלקה בשנת מבחן אחת. נתונים מוצגים עבור כל שנות המחקר (2013, 2014, 2015). מתאם חושב ביחס לממוצע ערכי תא לחץ בתקופת ההשקיה הדיפרנציאלית. מתאם חיובי מתקבל כאשר ערך R^2 גבוה מ-0.5 (משוואות עבור הקו הישר וערכי R^2 מצוינות בגרף. כחול – ללא תסמינים, אדום – עם תסמינים).

מעקבי הבשלה מרלו:

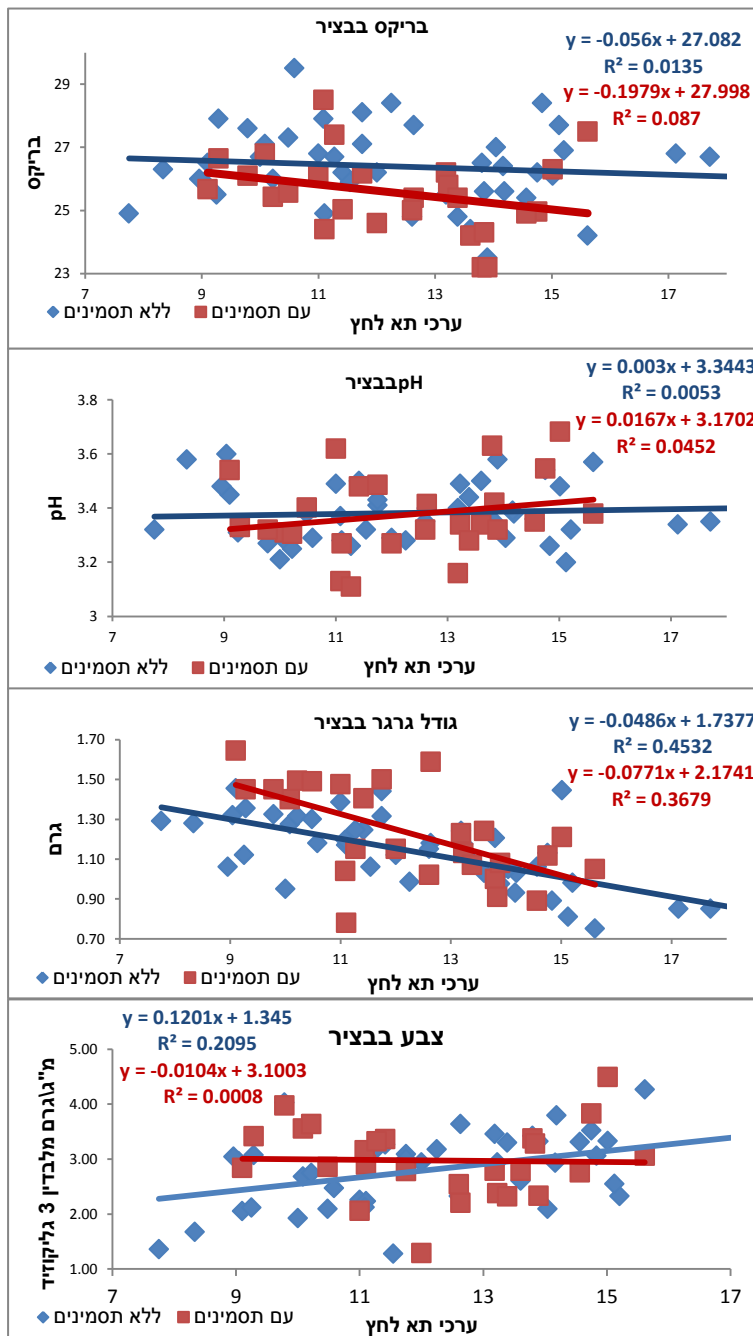
בבחינה של נתוני הבשלה במרלו נמצאו הבדלים מובהקים בבדיקות ובגודל גרגר (איור 8). בדומה לממצאי הקברנה, גם במרלו בדיקות בגפנים המראות תסמינים היה נמוך ביחס לגפנים ללא תסמינים בזמן הבציר (26.4 בגפנים ללא תסמינים ו-25.5 בגפנים המראות תסמינים), **ועמד על 1.1 יחידות בדיקות**. מאידך, בשונה מממצאי הקברנה, גודל גרגר בגפנים המראות תסמינים במרלו היה גדול מגודל גרגר הגפנים ללא תסמינים (1.3 גרם בגפנים המראות תסמינים ו-1.1 בגפנים ללא תסמינים) וזאת בדומה לממצאים קודמים. לא נמצאו הבדלים מובהקים בערכי ה-pH והצבע. יש לציין כי ב-2013 נשרו העלים עקב ייבוש הטיפול הרטוב, ואי לכך לא נבדקו גפנים המראות תסמינים בבציר.



איור 9. נתוני הבשלה במרלו.

ממוצע רב שנתי בבציר ושגיאת תקן עבור גפנים ללא תסמינים וגפנים המראות תסמינים. ממוצעים חושבו עבור כל החזרות בכל השנים הנבחנו (2013, 2014, 2015). ממוצע גפנים המראות תסמינים חושב עבור כל הגפנים בכל רמות הנגיעות.

בבחינת מתאמים בין ערכי תא לחץ לבין נתוני הבשלה (איור 9) נמצא, כי בדומה לקברנה סוביניון, גם במרלו לא היה מתאם בין משטר ההשקיה בין חנטה לבוחל לבין ערכי הבריסקט וה-pH בבציר, גם בגפנים ללא תסמינים וגם בגפנים המראות תסמינים. מאידך, מתאם חיובי אם כי לא מובהק ($R^2=0.45$) התקבל עבור גודל גרגר, וזאת בדומה לקברנה. ככל שמשטר ההשקיה רטוב יותר בין חנטה לבוחל, כך גודל הגרגר גבוה יותר בבציר. יחד עם זאת, מתאם חיובי התקבל גם עבור גפנים המראות תסמינים, אם כי ברמת מובהקות נמוכה יותר ($R^2=0.36$) וזאת בניגוד לממצאים שהתקבלו בקברנה סוביניון. מתאם חיובי, אם כי לא מובהק, התקבל עבור צבע הגרגר בגפנים שאינן מראות תסמינים. ככל שעקת המים גבוהה בבוחל, כך עולים ערכי הצבע בבציר. זאת בדומה לתוצאות הקברנה. מאידך, בגפנים המראות תסמינים לא התקבל מתאם כלל בין נתוני תא לחץ בבוחל לבין צבע בבציר, וגם זאת בדומה לתוצאות שהתקבלו בקברנה סוביניון.



איור 10. נתוני הבשלה ביחס לערכי תא לחץ בשלב ההשקיה הדיפרנציאלית במרלו.

בריקס, ממוצע לגרר, pH, משקל בגרם וצבע (מ"ג מלבדין 3 גליקוזיד לגרם) חושבו עבור גפנים המראות תסמינים (אדום) ועבור גפנים שאינן מראות תסמינים (כחול). כל נקודה בגרף מייצגת נתוני חלקה בשנת מבחן אחת. נתונים מוצגים עבור כל שנות המחקר (2013, 2014, 2015). מתאם חושב ביחס לממוצע ערכי תא לחץ בתקופת ההשקיה הדיפרנציאלית. מתאם חיובי מתקבל כאשר ערך R^2 גבוה מ-0.5 (משוואות עבור הקו הישר וערכי R^2 מצוינות בגרף. כחול – ללא תסמינים, אדום – עם תסמינים).

דיון:

כאמור, ממצאי מיזם הווירוס וממצאים שפורסמו בספרות, הובילו אותנו להצעת מודל המסביר את מנגנון הפגיעה של וירוס קיפול העלים באיכות הענבים. על פי מודל זה, עיכוב בצבירת עמילן בעלים בזמן שבין חנטה לבוחל יוביל לירידה בעצמת התסמינים הנמצאים בקורלציה לאיכות.

אי לכך, השריית עקה בזמן זה תוביל לירידה בפוטוסינתזה ולעיכוב בצבירת העמילן בעלים. חיזוק למנגנון זה התקבל בניסוי שעל, בו נמצא שהשקיה בחוסר בתקופה זו הובילה לירידה בעצמת התסמינים בבציר. בניסוי הנוכחי רצינו לבסס השערה זו, ובמקביל לבחון השפעה של משטרי השקיה שונים על איכות הענבים בגפנים ללא תסמינים. זאת, במטרה לגבש המלצות אופרטיביות לחקלאים. אי לכך, הניסוי נעשה בכרם אורטל, בו נמצאות שתי חלקות סמוכות של קברנה סוביניון ומרלו, וניתן היה לבחון את השערת המודל בשני זנים שונים. למרות שבחירת השורות נעשתה על סמך תצלומי NDVI ובחרו אזורים בהם השונות נמוכה, נמצאה שונות רבה בין החלקות השונות בערכי תא לחץ לאורך כל 3 שנות המחקר. בהתאם, ניתוח התוצאות נעשה על פי מתאמים (קורלציות) ולא על פי השוואת ממוצעים רב שנתיים. מניתוח התוצאות שהתקבלו, לא נמצאו קורלציות בין ערכי תא הלחץ בתקופה שבין חנטה לבוחל לבין עצמת התסמינים ושיעור הגפנים הנגועות.

יש לציין, כי הגפנים הנגועות היו במקבצים ולא בפיזור אחיד בחלקה (כצפוי על פי ממצאי מיזם הווירוס). בהתאם, הוחלפו, הטיפול ההשקיה בין שנת הניסוי הראשונה לבין שנת הניסוי השנייה והשלישית. זאת במטרה לבחון השפעה שנתית ודו-שנתית על הגפנים המראות תסמינים. בשנת הניסוי הראשונה, עיקר הגפנים המראות תסמינים נמצאו בטיפול ההשקיה הרטובים, ובשנות הניסוי הנוספות עיקר גפנים אלו נמצאו בטיפול ההשקיה היבשים. לפי כך, ניתן היה לצפות לירידה בעצמת התסמינים ו/או מספר הגפנים המראות תסמינים בין שנת הניסוי הראשונה לשנתיים הבאות. בפועל, לא נמצאו הבדלים, וכאמור לא נמצאו מתאמים בין משטרי ההשקיה לבין עצמת התסמינים. בהתאם, לא נמצאו מתאמים בין משטרי ההשקיה לבין מדדי הבשלה ובציר בגפנים המראות תסמינים, גם בקברנה סוביניון וגם במרלו. מניתוח ממוצעים של נתוני הבשלה וצבע נמצא, כאמור, כי בגפנים שהראו תסמינים חלה ירידה הן ברמת הבריקס והן ברמת הצבע בבציר, כפי שנמצא בניסויים קודמים. מאחר ולא נמצא הבדל ברמת ה-pH, לא ניתן ליחס ערכים אלו להבשלה מאוחרת. אי לכך, נראה כי טיפולי ההשקיה לא הצליחו למנוע את מופע התסמינים ואת נזקי וירוס קיפול העלים, הן בזן קברנה סוביניון והן בזן מרלו. זאת בניגוד לצפוי, ובניגוד לתוצאות ניסויים קודמים ודיווחי כורמים.

אי לכך, לא הצלחנו בניסוי הנוכחי לגבש המלצות השקיה לחלקות נגועות בוורוס. את ממצאי מחקר זה ניתן לפרש בשני אופנים: 1 – המנגנון המוצע, המסביר את אופן הפגיעה של הווירוס באיכות הענבים אינו מדויק, ואי לכך הטיפול המוצע אינו יעיל. 2 – לא הצלחנו לייצר עקה גדולה מספיק, ולעכב את קצב הצטברות העמילן בעלים בתקופה שלפני הבוחל והופעת התסמינים. ממצאי מחקרים קודמים, ממצאים מהספרות והעובדה כי בקברנה סוביניון גודל הגרגר לא הושפע ממצב המים בגפנים המראות תסמינים, תומכים בהשערה השנייה. על פי השערה זו, הייתה סגירת פיוניות מוקדמת בגפנים המראות תסמינים בהתאם למודל, ולא הצלחנו לייצר עקה מספיק חזקה. גם מהתרשמות בכרם נראה היה כי למרות ערכי תא הלחץ הקיצוניים, הגפנים בחלקן לא נמצאות בעקה, ועיכוב הצימוח לא היה בולט. במידה וזו הסיבה לכישלון הניסוי, נראה כי שימוש בערכי תא לחץ אינו מספק מידע מהימן על המצב הפיזיולוגי של הגפן. נראה, כי ערכי תא לחץ באזור גידול אחד אינם משקפים את מצב הגפן באזור אחר, ובהתאם לא ניתן לבנות משטר השקיה המבוסס על ערכים אלו. בשל כך, נראה כי יש לחפש כלי מדידה נוספים העשויים להגדיר טוב יותר את המצב הפיזיולוגי של הגפן, גם באזורי גידול משתנים.

ממצאים מעניינים התקבלו עבור הגפנים שאינן מראות תסמינים. בעוד שנמצא כי למשטר ההשקיה בשלב שבין חנטה לבוחל לא הייתה השפעה על הבשלת הענבים כפי שהתקבלה מנתוני היבול, הבריקס וה-pH כפי שהתקבלה מנתוני הבציר, נמצא מתאם בין ערכי תא הלחץ לבין גודל הגרגר והצבע, הן בקברנה והן במרלו. מהמתאם החיובי שהתקבל מערכי תא לחץ לגודל גרגר ניתן להסיק, כי השקיה מרובה בשלבים מוקדמים תוביל לעליה בגודל הגרגר

בבציר. יחד עם זאת, עליה זו לא באה לידי ביטוי במשקל האשכולות ובמשקל היבול. יש לציין, כי בבחינה של מועד הבוחל נמצא, כי השקיה מרובה הובילה לאיחור במועד הבוחל בקברנה סוביניון, אבל לא במרלו (נתונים לא מוצגים). מתאם הפוך התקבל בין ערכי תא הלחץ לבין הצבע, כאשר משטר השקיה גבוה הוביל לירידה בצבע הענבים בבציר. תופעה זו נמצאה גם בקברנה וגם במרלו, אם כי במרלו לא במובהק. ניתן להניח, כי ירידה בצבע מקורה בגרגרים גדולים יותר ובירידה באחוז הסוכר בגרגר בשלב הבוחל, עקב תחרות עם צימוח מוגבר שנראה בגפנים אלו. אי לכך, ניתן לומר כי השקיה בעודף בשלב התפתחות זה תוביל לירידה באיכות הגרגר בבציר, ויש לשמור על עקת מים בשלבי הבשלה אלו. יש לציין, כי בגפנים המראות תסמינים לא נמצא מתאם בין גודל גרגר וצבע בבציר לבין משטר ההשקיה, ותוצאה זו מרמזת כי בדומה למודל המוצע, השפעת הוורוס אכן מתרחשת בזמן שבין חנטה לבוחל. תוצאות אלו מחזקות את ההשערה, כי בניסוי לא הצלחנו לייצר עקה חריפה מספיק על מנת למנוע את השפעות הוורוס על איכות הענבים.