



15/2/2017

מוגש למועצת גפן היין, דוח מסכם לשלוש שנים

איסוף נתונים על הופעת כשותית הגפן כתלות בתנאי מזג האוויר במטרה להפחית

ריסוסים

מרי דפני ילין, תרצה זהבי, שמוליק עובדיה, יהודית מוי, שלומית דור וקרן לוי

תוכן הענינים:

| | |
|----|--|
| 2 | 1. תקציר |
| 3 | 2. רקע ותאור הבעיה |
| 3 | 3. מטרת המחקר |
| 3 | 4. מהלך המחקר |
| | 4.1 בחינת מהלך ההתפתחות המחלה, בהתאם לתנאי מזג האוויר המקומיים |
| | 4.2 בחינת סבילות הגפן לכשותית בעקבות עקת יובש מכוונת |
| | 4.3 בחינת גופי פרי במחזור המחלה בישראל |
| | 4.4 בחינת מועד מיטבי ליישום תכשירי הדברה |
| 6 | 5. תוצאות |
| | 5.1 בחינת מהלך ההתפתחות המחלה, בהתאם לתנאי מזג האוויר המקומיים |
| | 5.2 בחינת סבילות הגפן לכשותית בעקבות עקת יובש מכוונת |
| | 5.3 בחינת גופי פרי במחזור המחלה בישראל |
| | 5.4 בחינת מועד מיטבי ליישום תכשירי הדברה |
| 11 | 6. סיכום והמלצות |

1. תקציר:

מחלת הכשותית בגפן הנגרמת על ידי *Plasmopara viticola*, תלויה ברטיבות ובהימצאות מים חופשיים לקיומם של שלבים חיוניים בהתפתחותה. הרטיבות במהלך עונת הגידול בישראל נגרמת בעקבות גשמי אביב או טללי קיץ ומעוכבת בעקבות אירועי שרב המאופיינים בטמפרטורות גבוהות ויובש. בעולם קימות מערכות תומכות החלטה שונות המסיעות בקבלת החלטות האם תנאי מזג האוויר מתאימים לנביטת אאוספורות (ריבוי מיני) ולהדבקה אביבית בכשותית. **מטרת המחקר הכללית:** לבחון האם ניתן להפחית כמות ריסוסים כנגד כשותית הגפן. **מטרות המחקר הספציפיות:** (i) בחינת מהלך ההתפתחות של מחלת הכשותית, בהתאם לתנאי מזג האוויר המקומיים, (ii) בחינת סבילות הגפן לכשותית בעקבות עקת יובש מכוונת. (iii) בחינת נוכחות גופי הפרי המיניים במחזור המחלה בישראל. (iv) בחינת מועד מיטבי ליישום קוטלי פטריות מורשים לשימוש כנגד מחלת הכשותית. **תוצאות:** מערכת תומכת החלטה *Vite-net*® של חברת Horta, חזתה נכון 91% מהארועים (להופעת כשותית או לאי הופעתה) ונתנה 6% התרעות שווא בלבד. "חיזוי המשוכלל" הבוחן אירוע "גשם משמעותי" ממושך וטמפרטורות גבוהות מ 8°C , חזה נכון 87% מאירועי הכשותית אך ב 13% מהמקרים נתן התרעות שווא. רגישות לכשותית מאירוע גשם חד יומי מעל 10 מ"מ לא פספס הופעת כשותית, אך התרעות שווא שלו היו הגבוהות ביותר עם 45%. מיד בתום השרב או בתנאי לחות גבוהים במעבדה העלים הנגיעים הנביגו במרבית מהמקרים. ולא מצאנו קשר משמעותי בין הופעת כשותית למספר שעות של 100% רטיבות עלה. עקת יובש מבוקרת הפחיתה את רגישות העלים להדבקה בכשותית באופן מובהק. בפעם הראשונה אותרו ותועדו אאוספורות של כשותית הגפן לאחר ששהו בקירור במשך מספר חודשים ואף נמצאו חיוניות כאשר שימשו להדבקה של עלים בריאים בכשותית הגפן. בקיץ ניתן לחכות להופעת כתם ראשון בחלקה, כפי שעושים החקלאים כיום, ולהתחיל לטפל בתכשירי הדברה רק אחרי הופעת כתם זה. באביב מערך השיקולים מורכב יותר ומושפע מרמת הסיכון לכרם והן מתנאי מזג האוויר. **לסיכום**, ממצאי דו"ח זה מראים כי ניתן להפחית שימוש בתכשירי הדברה באופן משמעותי על ידי שימוש במערכת תומכת החלטה *Vite-net*® של חברת Horta. שרב לא נמצא כמונע התפתחות הכשותית אך עשוי לעכב את ההנבגה. עקת יובש מבוקרת ויכולה להישקל כפרוצדורה להפחתת כשותית אם אינה פוגעת בביצועי הכרם.

2. רקע ותיאור הבעיה:

מחלת כשותית הגפן נגרמת על ידי *Plasmopara viticola* והתפתחותה תלויה לחלוטין ברטיבות ובהימצאות מים חופשיים. הרטיבות במהלך עונת הגידול בישראל נגרמת בעקבות גשמי אביב או טללי קיץ. בעולם קימות מערכות תומכות החלטה שונות המבוססות על מחקרם של Caffi & Rossi, 2010, כגון: המודל *Vite-net®* של חברת Horta, ו Rimprou המסיעות בקבלת החלטות האם תנאי מזג האוויר מתאימים להופעת כשותית. בישראל, מזג האוויר באביב מאופיין בגשמים מקומיים אך גם באירועי שרב. כיום מרססים החקלאים באביב לפני כל אירוע גשם המסכן בעיקר אשכולות צעירים. לאחרונה, מסתמן כי לעיתים החלקות בגולן ובגליל מרוססות שלא לצורך. ריבוי הכשותית במהלך העונה הוא אל-מיני ואילו לקראת הסתיו, כך מקובל בכל העולם, נוצרים גופי פרי מינים הקרויים אוספורות. גופי פרי אלו מסוגלים לשרוד את החורף על הקרקע בתקופה בה אין איברים ירוקים של הגפן, המצע היחיד עליו יכולה להתפתח הכשותית. גופי הפרי המיניים מהווים את מקור המדבק הראשוני באביב, עם זאת, נוכחותם באזורים השונים בארץ טרם נחקרה. התפתחות הכשותית מגופי הפרי המיניים גם היא תלויה אקלים, אולם התנאים הדרושים להתפתחות זו (משך זמן הרטבה וטמפרטורה) שונים מאלה הדרושים למחזור האל-מיני של הפטרייה. על אף שבוצעו ניסויי הדברה שונים, לא נבחן עדיין בארץ העיתוי האופטימלי לתזמון קוטלי הפטריות המורשים לשימוש כנגד המחלה. ניסוי מקדים שנערך באביב 2013 בו היו מספר אירועי גשם, הראה כי טיפולים במגוון תכשירים מורשים שניתנו לאחר הגשם הראשון הפחיתו כשותית במידה רבה יותר מאשר טיפולים שניתנו לפני גשם זה. ייתכן ועל ידי הגנה נוספת אשר מנעה הדבקה משנית במהלך הגשם השני. בקיץ 2013 ראינו כי 4 טיפולים על פי התרעות מזג אוויר ועליית הלחות הלילית נתנו תוצאות טובות יותר ביחס ל 3 טיפולים שניתנו לאחר הופעת כתם ראשון בחלקה.

3. מטרות:

מטרת המחקר הכללית: לבחון האם ניתן להפחית כמות ריסוסים כנגד כשותית.

מטרות המחקר הספציפיות:

- (i) בחינת מהלך ההתפתחות של מחלת הכשותית, בהתאם לתנאי מזג האוויר המקומיים.
- (ii) בחינת סבילות הגפן לכשותית בעקבות עקת יובש מכוונת.
- (iii) בחינת נוכחות גופי הפרי המיניים במחזור המחלה בישראל.
- (iv) בחינת מועד מיטבי ליישום קוטלי פטריות מורשים לשימוש כנגד מחלת הכשותית.

4. מהלך המחקר:

4.1 בחינת מהלך ההתפתחות של מחלת הכשותית בהתאם לתנאי מזג האוויר המקומיים: במשך ארבע שנים 2013-2016 עקבנו אחר הופעת והתפתחות מחלת הכשותית בחלקות שאינן מרוססות, חלקות שבהן הופיעה כשותית אביבית טופלו על מנת למנוע נזק לחקלאי. 25 חלקות נבחרו על פי קרבתן לתחנות מטאורולוגיות ועל פי רוב נבחרו חלקות בנות 3 שנים (לא מניבות) על מנת למנוע סכנה ליבול. הזנים שנבחנו: ברברה, גורצטרמינר, מוסקט קנלי, מרלו, סנגיוב'זה, פינו-נואר, קרימזון, קברנה סוביניון ואמרלד ריזלינג. נתוני התחנות השעתיים שנאספו: גשם, רטיבות עלה,

טמפרטורה, לחות יחסית, כיוון רוח, עוצמת רוח וקרינה. החלקות נוטרו 2-3 פעמים בשבוע במשך שבועיים להגדרת השלב הפנולוגי ולבחינת הופעת כתם ראשון. לבחינת הופעת הכשותית ולאפיון חומרת המחלה בשטח הגדרנו 6 מצבים: 0 - כרם בריא ללא תסמיני מחלה כלל, 1 - כאשר יש נוכחות בשריגים בודדים בחלק קטן מהגפנים (עד 5%), 2 - נגיעות נמוכה. נגיעות של שריגים בודדים בחלק מהגפנים (חמישה עד 25%) בשילוב עם גפנים בודדות (עד 5%) בהן כמה עשרות שריגים נגועים, 3 - נגיעות בינוניות, בגפנים רבות (25%-50%) יש נגיעות בשילוב עם גפנים בודדות (עד 5%) בהן יש נגיעות בכמה עשרות שריגים לגפן, 4 - נגיעות גבוהה, במרבית הגפנים (יותר מ 50%) יש נגיעות ובגפנים רבות (עד 25%) יש עשרות שריגים נגועים לגפן, 5 - נגיעות גבוה מאוד, במרבית הגפנים (יותר מ 50%) יש שריגים נגועים.

בחינת מערכת תומכת החלטה קיימת לחיזוי כשותית בישראל: נתוני מזג האוויר ומאפייני חלקה בשטח של מעל שני דונם (בין 100 ל 300 גפנים), בשנת 2013-2016 הועלו למערכת תומכת החלטה של *Vite.net* מנת לבחון אם התרעות של המערכת תואמות את מה שנראה בשטח בחלקות המעקב. נתונים שהועלו היו מיקום תחנה מטאורולוגית וחלקה, זן, גודל השטח שנוטר, גובה מעל פני הים, נוכחות מדרון, מפנה, כיוון שתילה, כיסוי חצץ על הקרקע, שיטת גידול ועיצוב, שיטת השקיה, מרחק בין שורות, מרחק בין גפנים, צפיפות נוף, גובה נוף, רוחב נוף, עשב בין שורות, עומק שורשים ותכולת מים בקרקע משוערים והיסטוריה של כשותית בחלקה.

4.1.1 השפעת שרב על הופעת הכשותית:

בחינת השפעת שרב על ההנבגה בשטח: באיסוף הנתונים לבחינת מהלך התפתחות הכשותית צוינו ימי השרב בהם מעל 30°C ו 0 שעות של 100% רטיבות עלה.

השפעת שרב על הנבגה, במהלך אירוע השרב או לאחריו: איסוף עלים עם כתמי כשותית במהלך שרב אביבי התבצע שנתיים בשתי חלקות: (i) באבני איתן 2015 בזן שיראז התבצע איסוף של 4-9 עלים במשך יומיים (20-21/5/14) בסופו של השרב. מכל עלה נחרצו 5 דסקיות בקוטר של 1 ס"מ בגבול הכתם, אשר הושמו לאינקובציה למשך יומיים שבתומם נבחנה הנבגה. (ii) ביונתן 2016 בזן מלבק התבצע איסוף של 7-10 עלים שלוש פעמים בהפרש של שלושה ימים (במהלך השרב, בסופו ולאחר השרב) העלים הוכנסו לאינקובציה בתא לח לבחינת הנבגה של הכשותית על גבי העלה.

4.2 בחינת סבילות הגפן לכשותית בעקבות עקת יובש מכוונת:

לצורך בחינה של ההשפעה של עקת יובש על רגישות עלים לכשותית, נאספו עלים בוגרים (הממוקמים 5-6 עלים מעל אשכולות) מגפנים שהושקו בחסר ביחס לגפנים שהושקו בעודף, עם פוטנציאל מים של הגזע (-0.8) ו (-1.6) Mpa, בהתאמה. כל עלה חולק ל 15 דסקיות בגודל שווה (קוטר של 1 ס"מ), כאשר כל דסקית קיבלה כ 350 מנבגים ($20\mu\text{l}$ של 1.0×10^4 תרחיף מנבגים למ"ל). שטח כיסוי העלה בנבגים נבחן 5 ימים לאחר האילוח. הניסוי נערך על 5 עלים מכל טיפול.

4.3 בחינת גופי פרי במחזור המחלה בישראל:

זיהוי אאוספורות: על מנת לבחון הופעה של גופי פרי מיניים סרקנו דוגמאות שונות לנוכחות אאוספורות. דסקיות עלים הוכנו מעלים נגועים אשר נאספו בסתיו 2014, והושמו במשך 3 חודשים בתא לח ב 25°C מעלות. הופעת אאוספורות נבחנה בעלים נגועים שנאספו מ 12 חלקות בארבעה אזורי אקלים: רמת הגולן, הגליל, אזור זכרון יעקוב, וחבל לכיש. מכל כרם נלקחו 12 עלים, 4 דסקיות פר עלה.

הדבקה על ידי אאוספורות במעבדה: מחצית מהדוגמאות שנאספו הוכנסו לקירור (4°C) והיתר נשאר בחדר גידול (25°C). לאחר שלושה חודשים, דסקיות העלים נכתשו ועורבבו עם פרלייט ומעט מים לשמירה על לחות, ופוזרו על קרקעית פלטת Nunc (משווק על ידי דניאל ביוטק). מעליהם הונחו עלי קברנה צעירים כשצידם האבקסיאל (התחתון) מופנה כלפי מטה. תפקיד הפרלייט להרחיק את העלים מהנוזל ושברי התאים ובכך למנוע את הרקבותם. העלים הוחזקו בתא גידול 20°C בלחות גבוהה. לביקורת שימשו עלים אשר היו על פרלייט ללא דסקיות כתושות. לאחר שבועיים נשטפו העלים מהפרלייט והונחו כשצידם האבקסיאלי מופנה כלפי מעלה בתא לח לשבועיים נוספים לבחינת הנבגה אופינית של הכשותית.

4.4 בחינת מועד מיטבי ליישום תכשירי הדברה:

4.4.1 על מנת לבדוק מועד מיטבי ליישום קוטלי פטריות, העמדנו ב 2014 שני ניסיונות, באביב ובקיץ בהתאם למועדי הופעת הכשותית. בנוסף, על מנת ללמוד על אופי התפשטות המחלה, סומנו 10 שריגים בהן נמצאה נגיעות ועקבנו אחר התפשטות המחלה בעלים של שריגים אלו. מעקב אחר התפתחות המחלה נעשה על מנת להחליט על המועדים לספירת הניסוי. הניסוי נערך בכרם מבוא חמה בזן קברנה מנטיעה 2012 בו נבחנו התכשירים: וולבון (ח"פ Benthialicarb-isopropyl 1.75%, Mancozeb 70%, 7.5% Sulphate 40%), קנון (ח"פ 35% Potassium Phosphite), ומילור (ח"פ 56% Mancozeb 7.5% Metalaxyl), מול ביקורת שאינה מטופלת. **באביב** התכשירים ניתנו 3 ימים לפני או יום לאחר אירוע גשם שהתרחש ב 7-8/5/14 (התרעות לגשם לאחר תאריך 20/4 לא התממשו) ואילו ביישום **הקיצי** הריסוס ניתן על פי הופעת כתם ראשון או לפי נתוני מזג האוויר לאחר 8 ימים ברצף בהם היו 7 שעות או יותר עם לפחות 90% רטיבות עלה (טבלה מס' 1). הניסוי הועמד במתכונת של בלוקים באקראי בחמש חזרות, כל חזרה שש גפנים. באביב נפח הריסוס 60 ליטר לדונם ובקיץ 80 ליטר לדונם עד לנגירה. המרסס ששימש לטיפולים הינו מרסס לחץ (ECHO (SPH-800). אקדח ריסוס טורבו (דגניה).

טבלה מס' 1 – מועדי הטיפולים בניסוי תכשירי הדברה באביב ובקיץ 2014, וסיבת היישום.

| מועדי ריסוסים בקיץ 2014 | מועדי ריסוסים באביב 2014 | ריכוז | טיפול ביקורת |
|-------------------------|--------------------------|-------|--------------|
| ללא ריסוס | ללא ריסוס | | |
| עלית לחות 22/7, 5/8 | לפני גשם 20/4, 5/5 | 0.02 | וולבון |
| כתם ראשון 5/8, 21/8 | אחרי גשם 9/5 | | |
| עלית לחות 22/7, 5/8 | לפני גשם 20/4, 5/5 | 0.15% | מרפאן 80 |
| כתם ראשון 5/8, 21/8 | אחרי גשם 9/5 | | |
| עלית לחות 22/7, 5/8 | לפני גשם 20/4, 5/5 | 0.25 | מרק בורדו |
| כתם ראשון 5/8, 21/8 | אחרי גשם 9/5 | | |
| עלית לחות 22/7, 5/8 | לפני גשם 20/4, 5/5 | 0.3 | קנון |
| כתם ראשון 5/8, 21/8 | אחרי גשם 9/5 | | |
| עלית לחות 22/7, 5/8 | לפני גשם 20/4, 5/5 | 0.25 | מילור |
| כתם ראשון 5/8, 21/8 | אחרי גשם 9/5 | | |

4.4.2 ב 2015 חזרנו על הניסוי עם תכשיר אחד מכל קבוצת פעילות. הניסוי התבצע בכרם אורטל בזן קברנה סוביניון מנטיעת 1997. **באביב 2015** חלק מהגפנים קיבלו את הטיפול יום לפני הגשם, וחלק שלושה ימים אחרי הגשם (כל חזרה 4 גפנים). **בקיץ** נבחן ההבדל בין 4 או 3 יישומים כאשר היישום הראשון ניתן לאחר ארבעה ימים ברצף בהם היו 100% לחות במשך יותר משלוש משעות בכל לילה, או לחילופין לאחר הופעת כתם ראשון בהתאמה (טבלה 2). הניסוי הועמד ב 6 חזרות, והביקורות נבדקו כל שבוע. התכשירים שניתנו: נחושתן של חברת אגן (ח"פ – Tribasic Copper Sulfate 35%), רדומיל גולד נחושת של חברת כצט (ח"פ 40% Copper Oxychloride Mefenoxam 2.5%), וקנון של חברת לוכסמבורג. ב **2016** חזרנו על הניסוי רק בתקופת האביב עם אותן הגדרות עיתוי בכרם יונתן זן מרלו שנת נטיעה 2000 (טבלה מס' 2).

טבלה מס' 2: מועדי הטיפולים וסיבת היישום בניסוי תכשירי הדברה. הניסוי נערך ב 2015 בשתי העונות וב 2016 רק באביב. הגשם ירד בתאריך 23/4/15.

| מועדי ריסוס באביב 2016 כרם יונתן | מועד ראשון לריסוס בקיץ כרם אלרום 2015 (בסוגריים מספר הריסוסים) | מועדי ריסוס באביב כרם אלרום 2015 | ריכוז | טיפול |
|-------------------------------------|---|-------------------------------------|-------|-------------------------|
| ללא | ללא | ללא | | ביקורת |
| לפני גשם 6/5, 10/4 | עלית לחות (4) 15/6 | לפני גשם 22/4 | 0.30% | נחושתן |
| אחרי גשם 15/4 | כתם ראשון (3) 2/7 | אחרי גשם 26/4 | | |
| לפני גשם 6/4, 10/4 | עלית לחות (4) 15/6 | לפני גשם 22/4 | 0.40% | רדומיל גולד נחושת |
| אחרי גשם 15/4 | כתם ראשון (3) 2/7 | אחרי גשם 26/4 | | |
| לפני גשם 6/5 10/4 | עלית לחות (4) 15/6 | לפני גשם 22/4 | 0.30% | קנון |
| אחרי גשם 15/4 | כתם ראשון (3) 2/7 | אחרי גשם 26/4 | | |

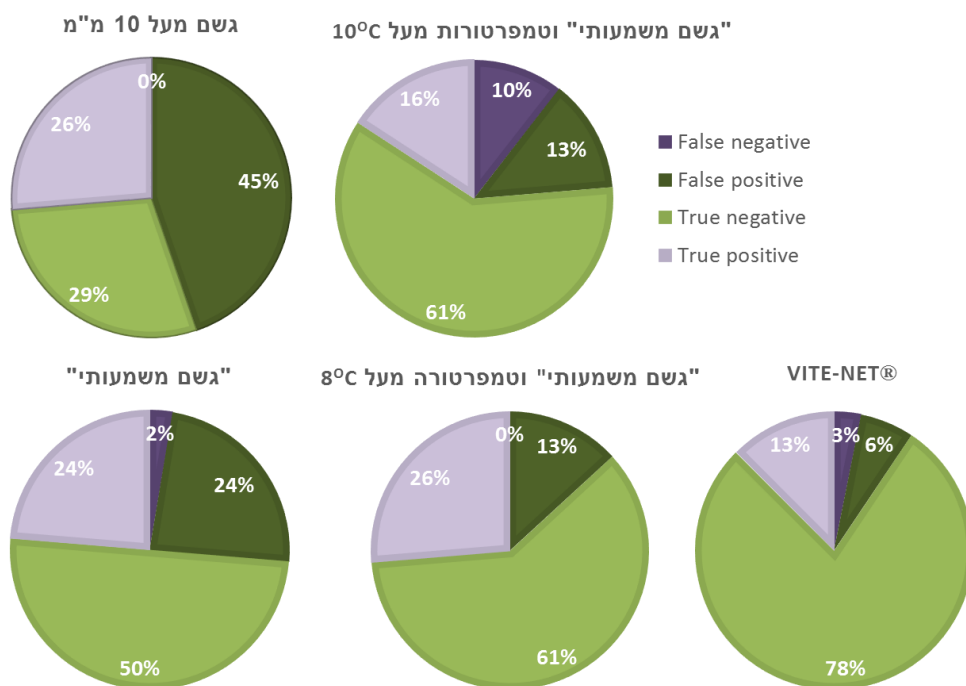
5. תוצאות:

5.1 בחינת מהלך ההתפתחות של מחלת הכשותית, בהתאם לתנאי מזג האוויר המקומיים: במעקב אחר מהלך התפתחות הכשותית האביבית בחנו 5 השערות שונות: (i) נגיעות מופיעה בעקבות אירוע גשם חד יומי מעל 10 מ"מ, (ii) נגיעות מופיעה רק בעקבות אירוע "גשם-משמעותי" כלומר אירוע גשם הנמשך מספר ימים הכולל אירוע גשם הדרוש ל"הקפצת" הנבגים (יותר מ 10 מ"מ) המגיע על רקע של קרקע רטובה. (iii) נגיעות מופיעה בעקבות אירוע "גשם-משמעותי" וטמפרטורות מעל 10°C. (v) נגיעות מופיעה בעקבות אירוע "גשם-משמעותי" וטמפ' מעל 8°C. (iv) התרעות ע"פ מודל vite-net® של חברת Horta יתריעו על הופעת כשותית גם בתנאי מזג האוויר של ארץ ישראל.

בשמונה מתוך 25 חלקות שנבחנו הופיעה כשותית, בכולן בעקבות "אירועי גשם-משמעותיים". נזק משמעותי שדרש טיפול נראה רק בשלוש חלקות: ב 2013 בנאות גולן וביונתן בזן קברנה סוביניון וב 2015 בגימזו בזן מוסקאט קנלי. בבחינת קורלציות בין הופעת כשותית (כן/לא) לטמפרטורת מינימום ביום ההדבקה נמצא מתאם מובהק במבחן לוגיסטי ($\text{Chi}^2=11.08867, P=0.0009$), כאשר ניתן לראות שהייתה הדבקה גם בחלקות בהם הייתה טמפרטורה מינימלית של 8.2°C. לא נמצא מתאם מובהק כאשר בחנו את הופעת הכשותית מול גשם חד יומי מעל 10 מ"מ ($\text{Chi}^2=0.781382, P=0.3767$), אך כן כאשר בחנו את הופעת הכשותית מול "גשם משמעותי" מתמשך במבחן

קטגוריאל (Chi²=9.13, P=0.0025). באופן מפתיע לא נמצאה קורלציה בין מספר שעות של 100% ביום ההדבקה והופעת כשותית (Chi²=0.011322, P=0.9153).

מתוך 37 אירועי גשם ב 24-26% מהחלקות הופיעה נגיעות הן בעקבות "גשם מעל 10 מ"מ" והן בעקבות אירועי "גשם משמעותי" (True positive). בשתי ההשערות נראה כי היו 0 או 2% אירועי גשם בהם לא נחזתה הופעת כשותית אך כן הופיעה נגיעות (False Negative). כאשר שיערנו ש"גשם משמעותי" בטמפרטורות גבוהות מעל 10°C הוא הגורם לכשותית רק 16% מאירועי הנגיעות נחזו, אך ירד שיעור התרעות השווא (False positive) ל 13%. בהשערה כי 10 מ"מ גשם ומעלה גורמים להופעת כשותית ובהשערה כי אירוע "גשם משמעותי" הוא הגורם להופעת כשותית, ב 29% וב 50%, בהתאמה, מהאירועים לא התפתחה נגיעות אך גם לא נחזתה נגיעות (True Negative) (תמונה מס' 1). כאשר שיערנו כי לצורך הופעת כשותית דרוש גם גשם משמעותי וגם טמפרטורות מעל 10°C, עלה שיעור ה True negative ל 61% וירד שיעור התרעות השווא ל 13%. על פי המודל של חברת Horta עלה עוד שיעור ה True negative ל 78%. ושיעור התרעות השווא ירד ל 13%. בהשערה כי כשותית מופיעה בעקבות "גשם משמעותי" וטמפרטורה מעל 10°C, שיעור החלקות בהם נראתה נגיעות למרות שלא התקיימו התנאים מתאימים עלה ל 13%, ואילו על פי המודל ירד ל 3% בלבד. חלקות הללו היו גשור 2013 ושלוש חלקות בגימזו ב 2015, בימים אלו אירועי הגשם היו משמעותיים עם 19.4-29 ו 8- מ"מ, טמפרטורות ביום ההדבקה היו 8.2-8.6°C, כאשר בגשור יום אחרי ההדבקה הטמפי' עלתה ל 9.6°C. תיקון ההשערה למינימום של 8°C כטמפרטורה הדרושה להדבקה על פי "החיזוי המשוכלל" העלה את שיעור התראות האמת להופעת כשותית ל 26% והוריד את שיעור התראות השווא ל 0%, את חלקות גימזו המודל לא בחן בשל חוסר נתונים מחישן רטיבות העלה (תמונה מס' 1).

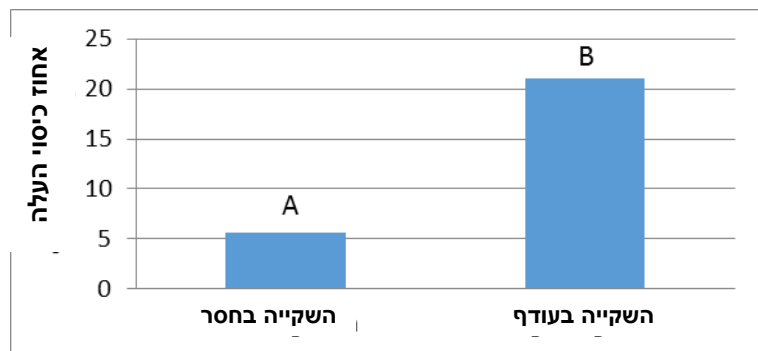


תמונה מס' 1: חלוקת הופעת כשותית כתלות באירועי הגשם ל False Negative, True Negative, True positive (i) כל גשם חד יומי מעל 10 מ"מ גורם לכשותית, (ii) הופעת כשותית רק בעקבות "גשם משמעותי" הנמשך מספר ימים, כאשר ביום אחד יותר מ 10 מ"מ יורדים על קרקע רטובה. (iii) נגיעות מופיעה בעקבות אירוע גשם משמעותי וטמפרטורות מעל 10°C, או (iv) מעל 8°C. (v) התרעות ע"פ מודל vite-net® של חברת Horta.

5.1.1. השפעת שרב על הופעת הכשותית: לאחר 8 מתוך 37 אירועי גשם שנבחנו נצפה אירוע שרב, אשר הוגדר כ 10-2 ימים אביביים בהם טמפרטורות מעל 30 מעלות בליווי יובש (0 שעות עם רטיבות עלה של 100%). נראה כי בארבע מקרים השרב מנע את התפתחות הכשותית ואילו במקרה אחד 10 ימי שרב מיד אחרי אירוע גשם משמעותי הפחיתו את הנגיעות באופן משמעותי אך הכשותית חזרה להופיע 10 ימים לאחר תום השרב. ייתכן שבשל עליית הלחות וגרימה להדבקות משניות. בכל מקרה, הנגיעות שנראתה בתקופה זו לא גרמה לנזק משמעותי. בשלוש חלקות, 4-7 ימי שרב לא מנעו את ההתפתחות של הכשותית: (i) ב 2015 במשגב עם בזן סנז'וב'זה הרגיש במיוחד לכשותית נראתה נגיעות גבוהה מאוד, כאשר בזן קברנה לא נראתה נגיעות כלל ייתכן בשל השרב. (iii) ב 2013 בחלקת יונתן בזן קברנה סוביניון בה נראתה נגיעות גבוהה מאוד לאחר גשם שנמשך 7 ימים כאשר ביומים מתוכם מעל 10 מ"מ גשם על רקע של קרקע רטובה. יתכן כי השרב מנע או/ו עיכב חלק מאירועי ההנבגה אך לא את כולם. בעלים שנאספו באבני איתן 2015, 100% מהדסקיות שהונחו באינקובציה הנביגו לאחר לילה ואילו ביונתן 2016, הנביגו 84% מהעלים שנאספו והוכנסו לאינקובציה לאחר לילה.

5.2 בחינת סבילות הגפן לכשותית בעקבות עקת יובש מכוונת: בגפנים שהושקו בחוסר (פוטנציאל מים בגזע של -1.6 Mpa), כיסוי העלים היה של 5% בממוצע, כאשר בעלים שהושקו בעודף (-0.8 Mpa) כיסוי העלים היה 20% בממוצע (תמונה מס' 2).

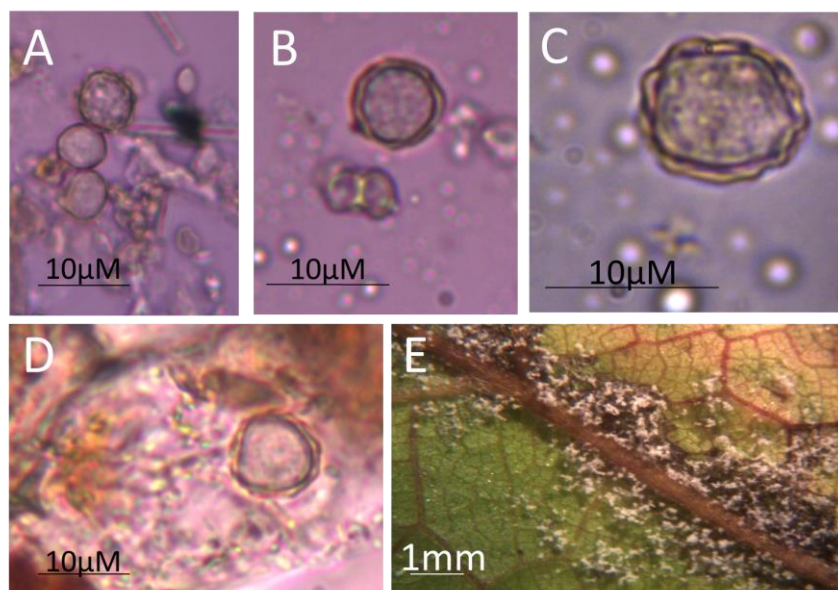
תמונה מס' 2: אחוז כיסוי שטח העלה לאחר הדבקה מבוקרת של כשותית הגפן בעקבות השקיה בחסר או השקיה בעודף. אותיות שונות מציינ הבדל מובהק בין הטיפולים (Tukey-Kramer) (HSD, p=0.05)



5.3 בחינת גופי פרי במחזור המחלה בישראל:

זיהוי אאוספורות: אאוספורות נצפו לאחר 3 חודשים בעלים נגועים שנאספו מ 12 חלקות בארבעה אזורי אקלים: רמת הגולן, הגליל, אזור זיכרון יעקוב, וחבל לכיש. האאוספורות שנראו היו בטווח שבין 8 ל 10 מיקרון (תמונה מס' 3A-D). **הדבקת עלים על ידי אאוספורות במעבדה:** שבועיים לאחר הדבקתם של עצים צעירים, הופיעה כשותית על 2 עלים (תמונה מס' 3E) שהודבקו באאוספורות שמקורן בדגימות מהגליל ואשר קיבלו טיפול קור. לא נצפתה כשותית על דגימות מהגליל אשר לא

הוחזקו בקירור וכן בדגימות הביקורת, בנוסף לא נצפתה כשותית על דגימות שהודבקו מאאוספורות שמקורן בזיכרון יעקב, חבל לכיש, הרי הגליל ושהו בחדר גידול או בקור.



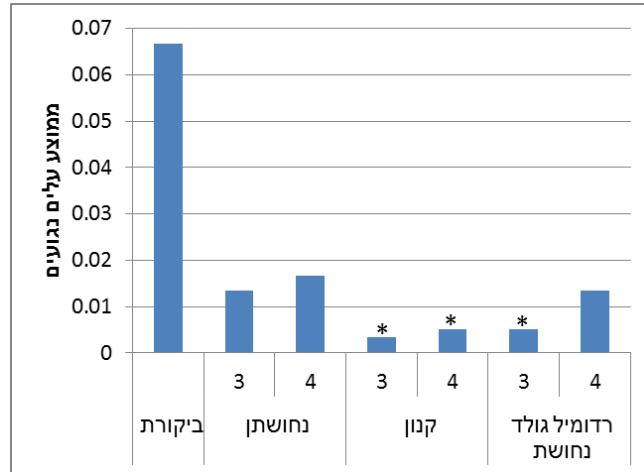
תמונה מס' 3: ניסוי הדבקת עלי גפן מהזן קברנה על ידי אאוספורות. A-C: אאוספורות מתבדיד DM031 שנאסף בנטועה צולם במקרוסקופ אור. D אאוספורות מתבדיד DM043 שמקורו בזיכרון יעקב. E- הנבגה של כשותית לאחר הדבקה מכוונת מאאוספורות במעבדה.

5.4 ניסוי תכשירי הדברה:

יישום אביבי 2014: באביב נערכו שלוש הערכות נגיעות בכרם מבוא חמה – אחת לפני הגשם ב 5/5/14, ושתי הערכות נוספות 10 ימים ו 18 ימים לאחר הגשם. באירוע "גשם משמעותי" זה ירדו 31.2 מ"מ במהלך יומיים (13.6 מ"מ ביום הראשון, ו 17.6 מ"מ ביום השני) וטמפרטורת מינימום 12.2°C. סה"כ נדגמו 30 גפנים, המפוזרות באופן של בלוקים באקראי בחלקת הניסוי. בסריקה זו נבחנו כל העלים בביקורת. באופן מפתיע, בניטור שערכנו לאחר הגשם לא נמצא אף כתם של כשותית בחלקות הביקורת שאינן מטופלות ולפיכך לא נבדקו הטיפולים. יש לציין כי שטח של 4 דונם בשורות סמוכות לניסוי נבחן גם הוא לצורך בחינת הופעת כשותית כתלות במזג אויר (סעיפים 4.2 ו 5.2) וגם בו כלל לא נמצאה נגיעות. **יישום קיצי 2014:** בכל חזרה נספרו 50 עלים (עלה שמיני מבסיס הזמורה) בשלוש גפנים מרכזיות. מתוך 250 העלים שנבדקו לא נמצא ולו עלה אחד נגוע. ניטור זה של הביקורת נעשה פעמים ב 21/8/14 לפני הבציר, וב 4/9/14 לאחר הבציר.

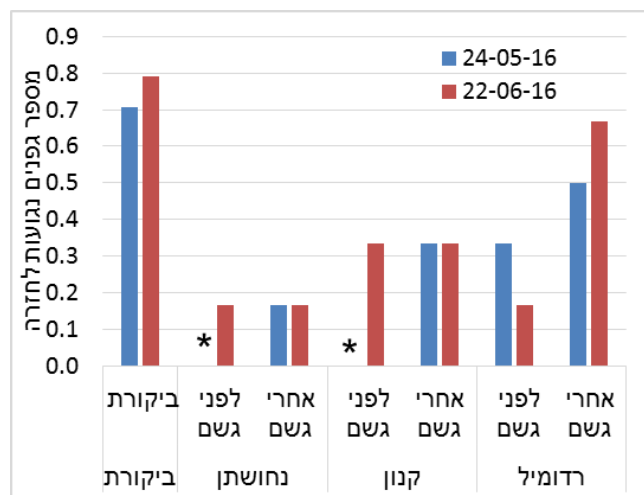
באביב 2015 לא נראתה כלל נגיעות כתוצאה מהגשם בכרם אורטל. ב 30/9/2015 נבדקו 100 עלים לכל חזרה. רמת הנגיעות הייתה נמוכה ביותר אך יחד עם זאת הנגיעות בביקורת הייתה גבוהה יותר באופן מובהק מיישום קנון או רדומיל גולד נחוש (תמונה מס' 4). לא נמצא הבדל מובהק בין אם הטיפול ניתן בשלושה (על פי הופעת כתם ראשון) או ארבעה יישומים (על פי עלית הלחות). לסיכום: נראה שניתן לחכות להופעת כתם ראשון בקיץ, יחד עם זאת רמת הנגיעות בחלקה זו הייתה נמוכה עם 0.07 ממוצע של עלים נגועים מתוך 100 עלים אקראיים שנבדקו בכל חזרה של טיפול הביקורת.

תמונה מס' 4: ממוצע עלים נגועים לחזרה ב 30/9/15. 3 יישומים – כאשר היישום הראשון ניתן על פי הופעת כתם ראשון. 4 יישומים – יישום ראשון על פי עליית הלחות של 3-10 שעות לחות חמישה לילות רצופים. * - קיים הבדל סטטיסטי (Student's t, LSD) בין הטיפולים המסומנים לביקורת לא מטופלת.



באביב 2016 חזרנו על ניסוי התכשירים בחלקת יונתן, בתמונה מס' 5 ניתן לראות כי כל התכשירים הפחיתו את רמת הנגיעות אבל, כאשר הטיפול לפני גשם בתכשיר נחשתן או קנון לפני גשם הראו הבדל מובהק מהביקורת הלא מטופלת. כאשר בוחנים את ההבדלים בין כל הטיפולים לפני או אחרי גשם נראה יתרון לטיפול לפני-גשם על פני הטיפול אחרי-גשם, כאשר טיפול בקנון או נחשתן לפני-גשם בלבד היה שונה באופן מובהק מטיפול הביקורת (Student's t, LSD, p=0.0186).

תמונה מס' 5: מספר גפנים נגועות לחזרה. נבחן בשני מועדי דיגום. * - קיים הבדל סטטיסטי (LSD) בין הטיפולים המסומנים לביקורת לא מטופלת.



6. סיכום ומסקנות

6.1 בחינת מהלך התפתחות מחלת הכשותית: בניסוי זה בחנו הופעת כשותית לאחר גשמים בתקופת האביב, מירב החלקות שנבדקו היו באזור הצפון ואילו הנגיעות נראתה בעלים הצעירים. המודל *Vite-net®* של חברת Horta, נתן תוצאות הכי טובות כאשר הוא צדק ב 91% מהאירועים (להופעת כשותית או לאי הופעתה) ונתן רק 6% התרעות שווא. כאשר בחנו את ההשערה כי כשותית נגרמת בעקבות אירוע "גשם משמעותי" ממושך וטמפרטורות גבוהות מ 8°C , נמצאה יעילות פחותה מהמודל, אך נמצא יעיל יותר מההשערות הנוספות עם 87% חיזוי נכון ו 13% התרעות שווא. רגישות לכשותית מאירוע גשם חד יומי מעל 10 מ"מ לא פספס הופעת כשותית, אך התרעות השווא שלו היו הגבוהות ביותר עם 45%. שרב באביב מאופיין בטמפרטורות גבוהות מעל 30°C וברטיבות עלה אפסית. מכיוון שעל פי המודל מספר שעות רטיבות עלה משמעותי ליצירת החיזוי, ההנחה הייתה כי שרב עשוי לעצור את התפתחות הנגיעות ואף ימנע את המשך התפשטות המחלה. בפועל, מיד בתום השרב או בתנאי לחות גבוהים במעבדה העלים הנגיעים הנביגו במרבית מהמקרים. ולא מצאנו קשר משמעותי בין הופעת כשותית למספר שעות של 100% רטיבות עלה. מכאן אנו מסיקים ששרב לא מונע את התפתחות הכשותית על העלים אך עשוי לעכב את ההנבגה. את התוצאות והמסקנות שראינו כאן יש לבחון גם בחלקות במרכז הארץ, שם רמת המדבק גבוהה יותר, וכן הסיכון לפגיעה ביבול גדול יותר.

6.2 בחינת סבילות הגפן לכשותית בעקבות עקת יובש מכוונת: עקת יובש מבוקרת מפחיתה את רגישות העלים להדבקה בכשותית באופן מובהק, ויכולה להישקל כפרוצדורה להפחתת כשותית אם אינה פוגעת בביצועי הכרם.

6.3 בחינת נוכחות גופי הפרי המיניים בישראל: בפעם הראשונה (כפי הידוע לנו) אותרו ותועדו אאוספורות של כשותית הגפן לאחר ששהו בקירור במשך מספר חודשים. עלים כתושים המכילים את האאוספורות הצליחו להדביק עלים בריאים בכשותית הגפן, מה שמוכיח כי אאוספורות אלו חיוניות, ובעלות תפקיד חיוני במחזור החיים של הכשותית בישראל.

6.4 בחינת מועד מיטבי ליישום תכשירי הדברה כנגד כשותית הגפן: ב 2013 ראינו כי טיפולים לאחר גשם נתנו תוצאות טובות יותר מאשר לפני גשם אם כי לא באופן מובהק. יתכן שהריסוס אחרי הגשם הראשון ולפני השני נתן הגנה לחלקות. בכשותית הקיצית: 4 ריסוסים על פי מזג האוויר (טמפרטורות גבוהות מ 10°C ושעה לפחות של רטיבות עלה שעתית של 100%) הפחיתו את הנגיעות בהשוואה לשלושה ריסוסים בהם תחילת הריסוס ניתנה מאוחר יותר על פי הופעת כתם ראשון. בקיץ 2015 נראה יתרון קל לשלושה יישומים אך ללא הבדל מובהק באם הטיפול ניתן בשלושה (על פי הופעת כתם ראשון) או ארבעה יישומים (על פי עלית הלחות). **מכאן ניתן להסיק כי** בקיץ ניתן לחכות להופעת כתם ראשון בחלקה, כפי שעושים החקלאים כיום, ולהתחיל לטפל רק אחרי הופעת כתם זה. באביב מערך השיקולים מורכב יותר ומושפע מרמת הסיכון לכרם והן מתנאי מזג האויר.

תודות חמות: לחקלאים ובעלי החלקות שהקפידו לא לרסס עבורינו כנגד כשותית את חלקות המבחן, לרז דפני ולסולימאן פארחת על ריסוסי נסיונות תכשירי הדברה, לסטודנטים מאוהלו שהיו שותפים למחקר – אשד גול, עשהאל ויסמן, אופיר זילברשטיין, סטנלי לוי, ורויטל פולק. לאבנר כץ על ניטור החלקות בצפון הארץ. למשה סגל, יורם ויסלברג ואהוד כנה מיקב כרמל מזרחי ולבני אשכנזי על ניטור החלקות במרכז הארץ.