

מניעת ריקבון דלעת באחסון ובחינת מעורבות וירוסים ברגישות הפרי לפטריות

גורמות ריקבון לאחר קטיף

ד"ר כרמית זין, גינת רפאל, עמית רז-מגיד - המחלקה לחקר תוצרת חקלאית, מינהל המחקר החקלאי.
ד"ר אביב דומברובסקי, ד"ר דיאנה ליבמן - המחלקה לפתולוגיה של צמחים וחקר עשבים, מינהל המחקר החקלאי
ד"ר נועה סלע - המחלקה לביואינפורמטיקה, מינהל המחקר החקלאי,
זיוה גלעד, אחיעם מאיר - מו"פ בקעת הירדן.
נביל עמרי - שירות ההדרכה והמקצוע, משרד החקלאות.

תקציר

בשנים האחרונות מצטבר מידע המצביע על נגיעות בוירוסים כגורם המשנה את רגישות הצמח לפתוגנים פטרייתים במהלך הגידול. אולם עד כה לא נעשתה עבודה מסודרת בהקשר להשפעה סינרגיסטית של וירוסים על רגישות לפתוגנים גורמי מחלות באחסון ועל איכות תזונתית וסנסורית של ירקות פרי. במחקר הנוכחי ערכנו בחינה של השפעת נגיעות פירות דלעת טריפולי בוירוסים מועברי כנימות עש טבק על עלייה ברגישותם לפתוגנים גורמי ריקבון באחסון. מצאנו כי נגיעות בשילוב וירוסים SLCV, CCYV, CYSDV הביאה לרגישות מוגברת של הפרי לפטריות מסוג פוזריום הגורמות לריקבון עוקץ וריקבון צד בפרי המאוחסן. לשם כך גידלנו צמחי דלעת בית רשת המכוסה 50 מש, כאשר צד אחד שלו סגור לחלוטין לחדירת כנימות בעוד הצד השני כלל קיר פתוח שאפשר כניסת מזיקים והדבקת הצמחים בוירוסים. מדגם מהפירות שנאספו משני צידי בית הרשת, וכן מחלקת דלעות סמוכה בשטח פתוח, נבדקו לנוכחות וירוסים בפרי באמצעות אנליזת PCR, וכן ע"י ריצוף עמוק של RNA לקבלת פרופיל וירוסים מלא בפירות (וירוס). תוצאות הבדיקה הדגימו פרופיל וירוסים דומה בבית רשת פתוח ובשטח פתוח, שהציג נגיעות של 95% מהפירות בשלושת הוירוסים. מאידך רוב הפירות מבית הרשת הסגור היו שליליים לוירוסים או נגיעים בוירוס אחד בלבד. מעניין לציין כי בריצוף הוירוס נמצאו וירוסים נוספים בפירות הדלעת אשר לא היו ידועים בעבר בדלועיים בארץ (CABYV, CpCDV), אולם נדרשת עבודה נוספת כדי לאמת תוצאות אלו ולבחון את מעורבותם בפתולוגיה של הפרי.

פירות מהטיפולים השונים אוחסנו למשך שבעה חודשים (אחסון לא מבוקר) ובוצע מעקב אחר התפתחות הריקבונות. נמצא כי דלעות מבית רשת / שטח פתוח היו רגישים ביותר להתפתחות ריקבון פרי ורק 20% מהדלעות היו ראויות לשיווק בתום האחסון. לעומת זאת דלעות מבית רשת סגור הראו עמידות לריקבונות פרי וכ-70% מהדלעות היו ראויות לשיווק בתום האחסון. עמידות הפירות מבית רשת סגור ל-11 תבדידי פוזריום פתוגנים לדלעת נבחנה בהדבקה מכוונת של הפרי ותאמה את ממצאי האחסון, בעוד פירות מבית רשת / שדה פתוח הראו רגישות רבה לפתוגנים אלו.

יש לציין כי על אף שנוכחות וירוסים בפרי הייתה סינרגיסטית לפוזריום והגבירה את רגישות הפרי לריקבון באחסון, השפעת הוירוסים על איכות הפרי הסנסורית והתזונתית הייתה מועטה והתבטאה בעיקר בתכולת סוכרים ועמילן נמוכה יותר בקטיף ואיבוד משקל גבוה יותר באחסון בהשוואה לפירות ללא וירוס. במקביל לבחינת מעורבות וירוסים ברגישות פרי דלעת לריקבון באחסון, המשכנו לבחון טיפולים לפני הקטיף לצמצום הפחת ביבול המאוחסן, על מנת לפתח פרוטוקול גידול לצמצום תופעת הריקבון לטובת הנחיות לחקלאים. מצאנו כי שילוב חיטוי זרעים באמצעות עיטוי בסלסט טופ עם הגמעות בסיגנום במהלך העונה הקטין את שיעור ריקבון העוקץ בפרי המאוחסן ללא פגיעה משמעותית ביבול, אולם לא פתר את בעיית ריקבון הצד המתפתח בשלבים מתקדמים באחסון. בעונה זו בחנו לראשונה טיפול משולב של עיטוי זרעים בסלסט טופ עם הגמעות

במירביס, אשר נמצא יעיל בהקטנת ריקבון הפרי באחסון. טיפול זה ייבחן שוב בעונה הבאה על מנת לשלבו בממשק ההדברה שיומלץ לחקלאים.

שילוב מחקר בסיסי לבחינת השפעת נגיעות פירות בוירוסים על עלייה ברגישותם לפתוגנים גורמי ריקבון באחסון, עם מחקר יישומי לפיתוח פרוטוקול גידול לצמצום תופעת הריקבון, צפוי לפתוח כיווני פעולה חדשים להתמודדות עם הסינרגיזם בין וירוסים לפתוגניים פטריתיים בפרי הקטוף, אשר יאפשרו דיוק ושיפור טיפולים לצמצום תופעת ריקבון הפרי באחסון ולצמצום הפחת, לטובת החקלאים.

מבוא

גידול הדלועיים בארץ הוא מפותח מאוד וכולל מגוון רחב של גידולים כגון מלפפונים, קישואים, מלונים, אבטיחים ודלעות. גידולים אלו בעלי חשיבות כלכלית ותזונתית רבה לחקלאות ולתושבי ישראל (טופורוב et al., 2019). גידול הדלועיים בארץ הוא לרוב בשטח פתוח או בבתי צמיחה. בשנים האחרונות גוברת בעיית הנגיעות בוירוסים בדלועיים, בעיקר וירוסים המועברים ע"י כנימות עש הטבק (כע"ט). הדבר בא לידי ביטוי בהתמוטטות פירות האבטיח ולפגיעה קשה בגידולי קישואים, מלפפונים ומלונים (Reingold et al., 2016b). למרות הידע שהצטבר על מחלות וירליות בדלועיים, חסר עדיין ידע רב לגבי מחלות וירליות בדלעת.

דלעות גדולות מזן טריפולי ונאפולי הינן גידול רווחי מאוד בישראל ואכן בשנים האחרונות היקף שטחי גידול הדלעת בארץ בעליה. בשנת 2023 גידלו בארץ כ-7,000 דונם דלעות, שהתפרשו בכל אזורי הארץ החל מהערבה עד לגליל עליון. קטיף הדלעות מתחיל באפריל באזורים החמים (ערבה ובקעה) ונמשך עד אוקטובר בצפון הארץ. על מנת לשמור על המחיר ובכדי לאפשר הספקה שוטפת לאורך כל השנה ושיווק הדרגתי לשוק המקומי, ובמיוחד לאפשר שיווק בתקופת הביקוש – בחורף כאשר אין קטיף דלעות, נדרש אחסון ארוך טווח של הדלעות (6-10 חודשים). אחסון הדלעות מתבצע אצל החקלאים בתנאים לא מבוקרים: בסככות, מנהרות עבירות או לולים ישנים.

בשנים האחרונות מגדלי הדלעת מדווחים על עלייה משמעותית באובדן היבול במהלך האחסון, עד כדי 50% פחת.

במחקר שבצענו בשנים 2018-2022 מצאנו כי פטריות השייכות לסוג *Fusarium* גורמות למחלת ריקבון העוקץ של דלעת טריפולי, השכיחה באחסון והגורמת לפחת גדול בפרי (זיו, טרם פורסם). במטרה לאתר טיפולים אשר יצמצמו את ריקבון הדלעות הגדולות באחסון, ערכנו ניסוי תלת שנתי (2019-2022) במימון מועצת הצמחים וקרן התמיכות במו"פים, שכלל טיפולים שונים הן במהלך הגידול והן בזמן האחסון. במסגרת מחקר זה מצאנו כי חיטוי זרעים (סלסט-טופ) וכן יישום פונגיצידיים (סיגנום) במהלך העונה, כל טיפול בנפרד, צמצמו את ריקבון הדלעות באחסון ב-30% (רפאל et al., 2021). במקביל בדקנו השפעה של תנאי אחסון ומצאנו כי אחסון מבוקר טמפרטורה ולחות (20 מ"צ ולחות יחסית של 65-70%) אפשר אחסון ממושך יותר של הפירות ועיכב את התפתחות הריקבון (רפאל et al., 2021). משך אחסון ממוצע של דלעת בתנאים אלו היה ארוך ב-50% לעומת אחסון לא מבוקר במו"פ. חשוב לציין כי **בכל הפירות הרקובים שנדגמו, נמצאה נגיעות בוירוס אחד או יותר**, למרות שבשטח לא תמיד נצפו סימפטומים המעידים על נגיעות הצמחים בוירוסים הללו. מבין כלל הווירוסים שנמצאו בדלעת, וירוסי ההצהבה CCYV, CYSDV, CVYV נמצאו גם בפירות אבטיח ופגמו קשות באיכות הפרי מבחינת טעם ומירקם (Luria et al., 2019). מאידך הווירוסים CGMMV ו-CMV לא נמצאו בדלעת. הדבר עשוי להצביע על מעבר וירוסים בין מיקשות אבטיחים לשטחי דלעת באמצעות וקטורים כמו כע"ט, ומעלה את השאלה **האם נגיעות בוירוסים עשויה להשפיע על איכות וחיי המדף של הדלעת**. כמו כן נמצאו בדלעות וירוסים מקבוצת ה-Poty שמועברים ע"י כנימות עלה ואשר תרומתן למערכת כלל אינה ברורה. על כן נדרשת בחינה יותר מפורטת של השפעת האילוח הצולב של וירוסים מקבוצות שונות על תגובת הפרי לאחסון ארוך טווח.

מטרת המחקר וחשיבתו

מטרת עבודה זו היא בחינה כוללת ומקיפה של מעורבות וירוסים בפגיעה בכושר האחסון של דלעות ובהגברת רגישותם לפתוגנים פטרייתיים באחסון ומציאת דרכים ישימות לצמצום התופעה של ריקבון פרי באחסון. בבסיס המחקר עומדת ההשערה כי עלייה בנגיעות פירות הדלעת בוירוסים הביאה להגברת רגישות של הדלעות לפתוגנים פטרייתיים הגורמים לריקבונות של דלעות לאחר קטיף. נתונים ראשוניים מעידים כי קיימת קורלציה בזמן ובמרחב בין הופעת וירוסים חדשים הפוגעים באבטיחים ובין עלייה משמעותית בנגיעות דלעות בוירוסים ועלייה בשיעור הריקבונות באחסון. על כן מטרת המחקר היא לקבוע האם נגיעות בוירוסים מהווה זרז / גורם סינרגיסטי בהתגברות שיעור הריקבונות באחסון דלעות בפרט, ודלועיים בכלל.

מטרות המחקר:

- פיתוח ממשק הדברה לצמצום ריקבון פרי דלעת באחסון.
- אפיון פרופיל הוירוסים של הדלעת וזיהוי מעורבותם בקביעת חיי המדף של פרי הדלעת ורגישותו לריקבונות לאחר הקטיף / באחסון.
- הקמת בסיס ידע להבנת האינטראקציה ברמה התאית בין הוירוס לפרי, שתאפשר הערכה יותר מושכלת של פוטנציאל הנזק לאיכות וחיי המדף של הפרי, ותפתח אפיקי התמודדות חדשים עם הבעיה.

פירוט עיקרי הניסויים ותוצאות המחקר

1. ניסוי שדה לבחינת ממשק הדברה לפני קטיף להתמודדות עם ריקבון פרי באחסון

מטרת הניסוי הייתה לבחון שילוב טיפולים לפני קטיף (חיטוי זרעים והדברה כימית בשדה) לצמצום ריקבון פרי דלעת באחסון, ללא פגיעה ביבול. במסגרת מחקר קודם בחנו שלוש שיטות לחיטוי זרעי דלעת: טבילה ב-TSP, עיטוי זרעים בסלסט-טופ וחיטוי אולטרסוני, ומצאנו כי עיטוי זרעים בסלסט טופ היה היעיל מבין שלוש השיטות (רפאל et al., 2021), לכן בחרנו להמשיך עם טיפול זה. זרעי דלעת טריפולי (לא מטופלים) התקבלו מחברת גדות-אגרו (ייצור עצמי, מכסה 1007/19). חצי מהזרעים טופלו אצלנו במעבדה בסלסט טופ (עיטוי זרעים בתכשיר אנטיפונגלי, תרחיף זרם, גדות אגרו, לפי הוראות היצרן). טיפול עיטוי הזרעים בוצע ב-10/12/2022. כחודש לאחר מכן הזרעים הועברו למשתלת חישתיל, להנבטה. שתילה במו"פ בקעת הירדן בשטח פתוח בוצעה בתאריך 12/2/23. ביום השתילה השתילים כוסו במנהרות פלסטיק נמוכות. בתאריך 27/2/23 נפתחו חלונות במנהרות, וב-26/3/23 הוסר הפלסטיק מהמנהרות הנמוכות.

הניסוי כלל 5 טיפולים (טבלה 1). טיפול 1 – ביקורת, ללא חיטוי זרעים וללא הגמעות לאורך העונה מעבר לטיפול המישקי. טיפול 2 כלל רק חיטוי זרעים, ללא הגמעות. טיפולים 3 ו-4 כללו הגמעות 10 שבועות של התכשיר סיגנום כאשר הזרעים בטיפול 3 לא חוטאו, ואילו בטיפול 4 חוטאו בסלסט טופ. טיפול 5 כלל חיטוי זרעים עם הגמעות בחומר שנבדק לראשונה בעונה זו – מירביס. התחלת הגמעות: תחילת אפריל 2023. מינונים: סיגנום 150 ג'ד' (5 יישומים). מירביס 150 מ"ל/ד' (3 יישומים).

כל טיפול נשתל בשתי שורות נפרדות לאפשר מתן פונגיצידיים בהגמעה. אורך כל שורה 50 מ'. עומד שתילה – כל 1.5 מ' (200 שתילים לדונם). בכל ערוגה נשתלו 32 שתילים. סה"כ 64 שתילים לטיפול. עקב אופי הגידול המשתרע היה צורך בהפרדה פיזית בין הטיפולים ע"י הצבת רשתות אנכיות שחודרות לקרקע ועל כן לא התאפשר ביצוע חזרות לטיפולים השונים במהלך הגידול. דישון והשקיה - לפי הנחיות מדריכי שה"מ. במהלך הגידול בוצע טיפול משקי להדברת קימחון, כשותית ומזיקים (כנימות עש טבק וכנימות עלה) בכל חלקת הניסוי (טיפולים 1-5), ע"י יישום תכשירים בהגמעה או ריסוס עלוטי כנגד מחלות ומזיקים אלו על פי המלצת מדריכי שה"מ.

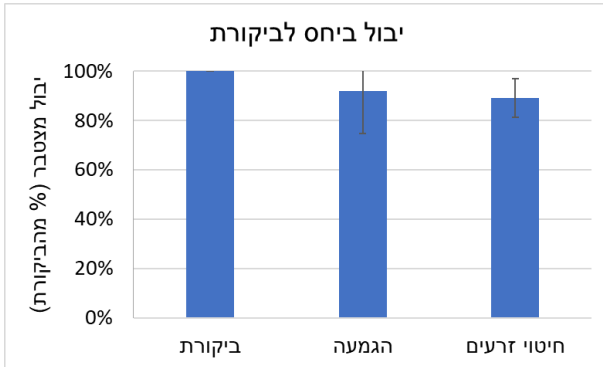
קטיף החלקה בוצע ב-21/6/23. מכל טיפול נאספו כלל הפירות, נספרו ונשקלו (כל דלעת באופן פרטני) לקביעת משקל כללי להערכת יבול (טבלה 1). מדגם מהפירות שנקטפו (30 פירות לטיפול) אוחסנו במו"פ והתבצע מעקב שבועי לקביעת שיעור ריקבונות באחסון. הטמפרטורה והלחות בגובה 1.5 מ' מעל הפירות נטרה במהלך תקופת הניסוי. טמפרטורת האחסון נעה בין 10.5 ל- 43.7 מ"צ (ממוצע 28.35 מ"צ) והלחות נעה בין 18.4% ל- 98.2% (ממוצע 56.8%).

בטיפול הביקורת (ללא חיטוי זרעים וללא הגמעות בשדה) היבול עמד על 4.4 טון לדונם (טבלה 1). יבול דומה התקבל בטיפול חיטוי הזרעים ללא הגמעות בסיגנום. היבול הגבוה ביותר התקבל בטיפול ההגמעה בסיגנום וללא חיטוי זרעים (5.6 טון לדונם), ואילו היבול הנמוך ביותר התקבל בטיפול במירביס עם חיטוי זרעים (3.4 טון לדונם). משקל הפרי הממוצע בעונה 2023 של הטיפולים השונים לא נבדל באופן מובהק מטיפול הביקורת (טיפול 1). מעניין לציין כי טיפול חיטוי זרעים משולב עם הגמעות בסיגנום הביא לפרי גדול יחסית, אך במספר נמוך יותר ביחס לשאר הטיפולים, ואילו טיפול הגמעות בסיגנום ללא חיטוי זרעים ייצר את כמות הפרי הרבה יותר (כ-25% יותר מאשר בביקורת). הפרי שנקטף מטיפול הגמעות במירביס בשילוב חיטוי זרעים היה קטן ומועט יחסית לשאר הטיפולים, ועל כן היבול הכללי בטיפול זה היה הנמוך ביותר (20-25% פחות ביחס לביקורת).

טבלה 1: פירוט הטיפולים בשדה לצמצום ריקבון דלעת באחסון, ונתוני היבול

שם הטיפול	חיטוי זרעים	טיפולי הגמעה	מועדי הגמעה	תיאור הטיפול במהלך הגידול	יבול כללי (טון לדונם)	מס' פירות לטיפול	משקל פרי (ממוצע ק"ג)	
1	ללא	ללא	ללא	מישקי	4.41	77	18.3 ± 1.0 ab	
2	סלסט טופ	ללא	ללא	מישקי	4.26	75	18.2 ± 1.0 ab	
3	ללא	סיגנום	25/4/23, 9/4/23, 22/5/23, 7/5/23, 5/6/23	הגמעות בסיגנום (150 ג"ד')	5.59	98	18.3 ± 0.9 ab	
4	סלסט טופ	סיגנום	25/4/23, 9/4/23, 22/5/23, 7/5/23, 5/6/23	הגמעות בסיגנום (150 ג"ד')	3.83	60	20.4 ± 1.1 a	
5	סלסט טופ	מירביס	7/5/23, 9/4/23, 5/6/23	הגמעות במירביס (150 מ"ל/ד')	3.44	63	17.5 ± 1.1 b	

על מנת לבחון את מובהקות השפעת הטיפולים על היבול, בצענו בחינה של נתוני היבול מטיפולי הביקורת, חיטוי הזרעים בסלסט טופ וטיפולי הגמעות בשדה במשך ארבעה שנות המחקר (2020-2023). כיוון שבשנת 2022 הייתה בעיית חנטה והיבול היה נמוך ביותר – לא כללנו את נתוני השנה הזו בניתוח. על אף שיבול הפרי מטיפול חיטוי הזרעים היה מעט נמוך מטיפול הביקורת (בשיעור ממוצע של כ-10%), במבחן tTest של תצפיות צמודות ההבדל בין הטיפולים לא היה מובהק (איור 1 וטבלה 2).



טבלה 2: השפעת חיטוי זרעים והגמעות על יבול – תלת שנותי

יבול לטיפול (טון לדונם)			
טיפול בשדה הגמעות [§]	חיטוי זרעים סלסט טופ	ביקורת	עונת הגידול
3.6 (78%)	4.2 (90%) [‡]	4.6	2020
2.7 (71%)	3.1 (81%)	3.8	2021
12 (5.6%)	84.3 (9%)	4.4	2023
4.0±0.9 (93%)	3.8±0.4 (90%)	4.3±0.3	ממוצע רב שנתי

איור 1: יבול פרי בטיפול חיטוי זרעים ע"י סלסט-טופ או טיפול בשדה ע"י הגמעות בהשוואה לביקורת הלא מטופלת. הנתונים המוצגים הם ממוצע של שלוש עונות המחקר (טבלה 2). הניתוח בוצע באמצעות מבחן multiple tTest עבור תצפיות צמודות (לפי שנים). לא נמצא הבדל בין הטיפולים בדרגת מובהקות $\alpha \leq 0.05$.

[‡] אחוז היבול מחושב אל מול היבול של הביקורת. [§] בשנים 21 נוספים. בשנת 2023 הטיפול היה רק סיגנום.

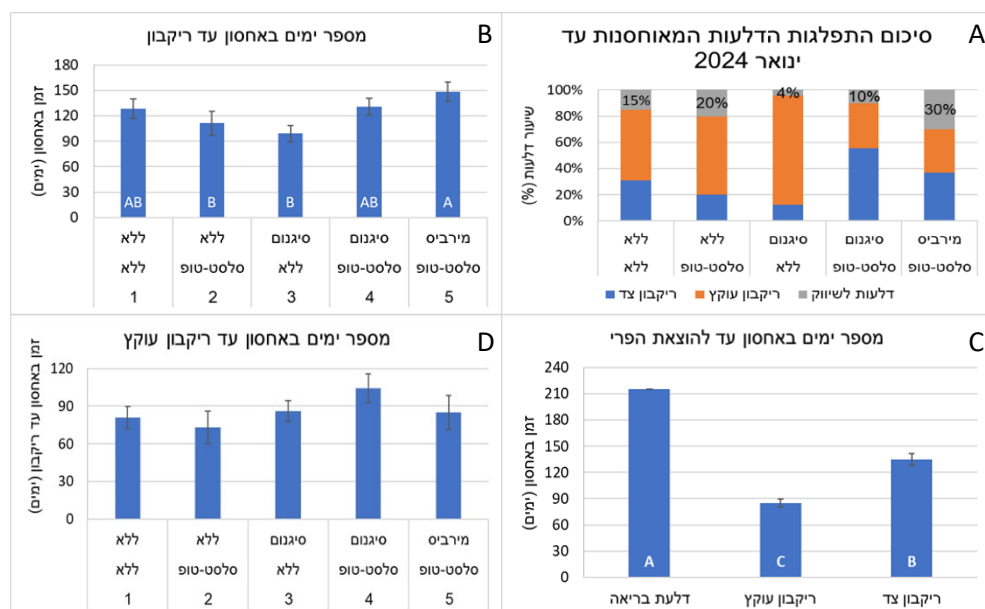
טיפול ההגמעות הראה שונות רבה בנתוני היבול בין השנים. ב-2023 הטיפול היה הגמעות בסיגנום (boscalid+pyraclostrobin), אולם בשנתיים הראש בעוד ב-2023 הטיפול היה הגמעות בסיגנום בלבד. בשנת 2022

ומצאנו כי לונה טרנקיליטי (Pyrimethanil+Fluopyram) ומיראזי (Prochloraz) הביאו לירידה מובהקת ביבול בעוד סיגנום לבד לא השפיע על היבול כלל לביקורת. במסגרת המחקר הנוכחי (עונות 22 ו-23) בדקנו שילוב של סיגנום עם חיטוי זרעים ומצאנו כי היה הבדל קטן בלבד (3%±92%) בין היבול של טיפול בסיגנום ברקע של חיטוי זרעים לעומת חיטוי זרעים בלבד, בעוד סיגנום ללא חיטוי זרעים לא התבטא בפחיתה ביבול ביחס לביקורת הלא מטופלת.

מבין כלל הפירות הבריאים שנקטפו בכל טיפול, כ-30 פירות אקראיים לטיפול הוכנסו לאחסון בסככה במו"פ בקעת הירדן. הפירות אוחסנו במו"פ במשך שבעה חודשים, עד ינואר 2024. במהלך האחסון, הפירות נבדקו מידי שבוע לתיעוד התפתחות הריקבון בפרי. הפירות הרקובים הוצאו מהאחסון. בתום 7 חודשי אחסון, רק 16% מכלל הדלעות שאוחסנו (מכל הטיפולים) היו עדיין בריאות וראויות לשיווק. אופי הריקבון הוגדר על פי מיקום תחילת הנגע בפרי: ריקבון עוקץ או ריקבון צד. בדומה לשנים קודמות, ריקבון עוקץ שנגרם מפטריית הפוזריום (מינים שונים) היה הריקבון העיקרי שנמצא, אשר היווה 50% מכלל הריקבונות של הפירות באחסון. שיעור ריקבון הצד גם כן היה משמעותי (36% מכלל הפירות שנקטפו), ואופיין ע"י נגעים מהם בודדו פטריות מסוג פוזריום ואלטרנריה. בבדיקת שיעור הדלעות שנקטפו באחסון לכל טיפול בנפרד (איור 2A), ניתן לראות שבתום שבעת חודשי האחסון, שילוב הטיפולים של חיטוי זרעים בסלסט טופ עם הגמעות פונגיצידי (טיפול 4 – סיגנום וטיפול 5- מיראביס) היו יעילים ביותר בצמצום ריקבון עוקץ בפרי הדלעת. בטיפולים אלו שיעור ריקבון העוקץ היה רק 30% ו-34% בהתאמה בהשוואה ל-55% בממוצע בשאר הטיפולים. מעניין לציין שבטיפול חיטוי זרעים בשילוב עם הגמעות במירביס, נשארו הכי הרבה דלעות ראויות לשיווק בתום תקופת האחסון (30% בטיפול זה בהשוואה עם 15% בטיפול הביקורת ו 10% בטיפול חיטוי זרעים בשילוב הגמעות עם סיגנום). לפי תוצאות האחסון השנה ניתן לראות כי רק שילוב בין חיטוי זרעים לטיפול הגמעות הצליח לצמצם את תופעת ריקבון העוקץ בפרי, ואילו כל אחד מהטיפולים בנפרד (חיטוי זרעים או הגמעות) לא היה יעיל בהתמודדות עם התופעה.

בחינה כללית של משך הזמן שניתן היה לאחסן את הדלעות לפני התפתחות ריקבון בפרי (ממוצע כל הפירות לטיפול) לא הציגה הבדל מובהק של אף אחד מהטיפולים אל מול הביקורת. משך האחסון עד ריקבון הפרי בטיפול המשולב חיטוי זרעים בסלסט טופ והגמעות במירביס (טיפול 5) היה הארוך ביותר - 148 יום, לעומת 128 יום בממוצע עבור הביקורת (איור B2). טיפול משולב חיטוי זרעים והגמעות בסיגנום (טיפול 4) היה דומה לביקורת (130 יום בממוצע), בעוד חיטוי זרעים כטיפול יחיד או הגמעות בסיגנום כטיפול יחיד היו פחות טובים (110 ו-90 יום בהתאמה ממוצע באחסון).

בבחינת משך האחסון עד ריקבון פרי לפי מיקום הריקבון ניכר כי ריקבון עוקץ הוא הריקבון שמתפתח מהר יותר לעומת ריקבון צד אשר התפתח רק בשלבים מאוחרים יותר של האחסון (איור 2C). על כן נבחנה השפעת הטיפול השונים על קצב התפתחות ריקבון עוקץ. לא נמצא הבדל מובהק בין הטיפולים השונים לביקורת במשך האחסון עד התפתחות ריקבון עוקץ. על אף זאת נראה כי הגמעה בסיגנון בשילוב חיטוי זרעים עם סלסט טופ שיפרה את משך האחסון של הפירות לשאר הטיפולים, והאריכה אותו בכ-30% ביחס לביקורת (איור 2D).



איור 2: השפעת הטיפולים בשדה על כושר אחסון הדלעות לאחר קטיף. A - התפלגות פירות דלעת אשר אוחסנו במו"פ בקעת הירדן בעונת 2023, לפי סוג הריקבון לכל טיפול או פירות אשר היו ראויים לשיווק בתום האחסון (ינואר 2024). B-D ממוצע ימים באחסון עד התחלת ריקבון פרי באחסון לא מבוקר במו"פ בקעת הירדן. B - מספר ימים מקטיף ועד הוצאת הפרי מהאחסון עקב ריקבון, בחלוקה לפי טיפולים (חושב עבור כ-30 פירות מכל טיפול). C - מספר ימים מקטיף ועד הוצאת הפרי מהאחסון עקב סיום הניסוי (דלעות בריאות) או עקב ריקבון, כתלות לפי מיקום הריקבון, עבור כל הדלעות שאוחסנו בניסוי (מכל הטיפולים). D - ממוצע ימים באחסון עד התחלת ריקבון עוקץ בפירות באחסון לא מבוקר במו"פ בקעת הירדן, בחלוקה לפי טיפולים. עמודות המסומנות באות זהה אינן נבדלות ברמת מובהקות $p < 0.05$ במבחן תחום מרובה (Tukey). כאשר אין ציון אותיות, לא נמצא הבדל מובהק בין הטיפולים.

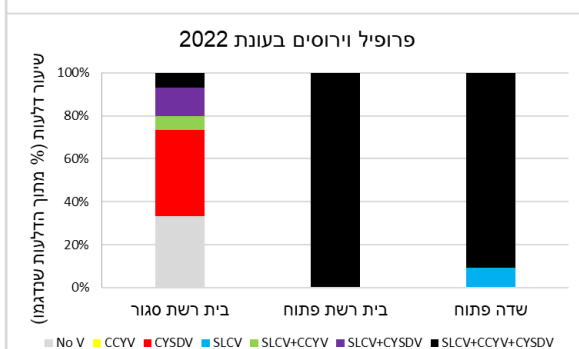
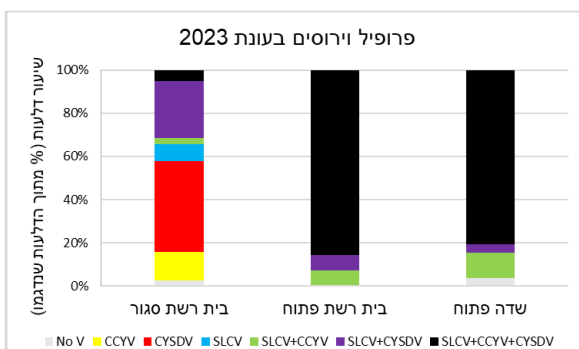
2. ניסוי שדה לבחינת השפעת הנגיעות בוירוסים על יבול ואיכות פרי בקטיף.

במטרה לבדוק את השפעת הנגיעות בוירוסים על היבול ואיכות הפרי בצענו ניסוי שדה במו"פ בקעת הירדן. צמחי דלעת מזן טריפולי (זרעים עם עיטוי סלסט טופ) נשתלו בבית רשת 50 מש מחולק לשניים. צד אחד היה סגור לחלוטין למניעת כניסת מזיקים (וקטורים להפצת וירוסים) וצד שני פתוח. בשני צידי בית הרשת הוצב מד טמפרטורה/לחות/קרינה (GrowFit) אשר ניטר את התנאים לאורך הגידול. לא נמצאו הבדלים בין הצד הפתוח לצד הסגור באף אחד מהמדדים. הצד הסגור רוסס באופן קבוע בקוטלי חרקים למניעת הפצת הוירוסים אל ומתוך המבנה (Reingold et al., 2016b) וכן נשתלו בהיקף צמחי ברקולי למשיכת כע"ט ולמניעת הפצת וירוסים לצמחי הדלעת. צד שני של בית הרשת הושאר פתוח לכניסת כע"ט מהסביבה ע"י השארת קיר אחד פתוח. כל חלקות הניסוי טופלו בהדברה משקית כנגד פגעים המועברים בקרקע וכנגד קמחון. האבקה בוצעה ע"י הצבת כוורת בומבוס נפרדת לכל אחד מצידי המבנה. קטיף בוצע לאחר הגעה לגודל מסחרי במקביל לגידול שבוצע בשטח הפתוח הסמוך לבית הרשת (משימה 1). מערך זה בוצע בעונה 2022 ונמצא יעיל לצמצום משמעותי של נוכחות וירוסים בפירות הדלעת. במהלך הגידול בוצע ניטור וירוסים בעלים, קמחון וכנימות בצמחים. כמו כן בוצע ניטור וירוסים מהפירות הנקטפים ע"י דיגום העוקץ (בעבודה הקדמית מצאנו מתאם בין פרופיל הוירוסים בעוקץ לזה שבציפת הפרי), וכן בוצע דיגום לוירוסים מציפת הפרי במועד הדיגום לאיכות ובהוצאת פירות עקב ריקבון פרי. זיהוי הוירוסים בוצע ע"י הפקת RNA/DNA ויראלי של חברת BioNeer וראקציית PCR לוירוס DNA או ריאקציית RT-PCR לוירוס RNA ופריימרים ספציפיים לכל וירוס (Luria et al., 2019). על בסיס עבודה הקדמית הפירות נדגמו לנוכחות הנגיפים SLCV, CCYV, CYSDV.

מתוצאות הבדיקה נמצא כי גידול דלעת בבית רשת סגור לכע"ט צמצם באופן משמעותי את הידבקות הצמחים בנגיפים דבר שהוביל לקבלת פירות עם נגיעות פחותה בנגיפים, בהשוואה לפירות מהשדה הפתוח ומבית הרשת

הפתוח (איור 3). בעונה 2022 בדלעות שגדלו בשטח הפתוח או בבית הרשת הפתוח, נמצאו בכל הדלעות (פרט לדלעת אחת) כל הנגיפים שנבדקו. בדלעות שגודלו בבית רשת סגור נצפתה ירידה משמעותית בנגיעות בנגיפים בהשוואה לשתי החלקות האחרות. 5 דלעות זוהו שליליות לכל הנגיפים שנבדקו, 6 דלעות זוהו חיוביות רק לנגיעות ב-CYSDV, ו-4 דלעות נמצאו חיוביות ל-2 או 3 נגיפים בלבד. בעונה 2023 התקבלה תמונה דומה של פרופיל הוירוסים, על אף שכנראה בעונה זו, הגידול בבית הרשת הסגור לא היה יעיל באותה מידה במניעת חדירת כע"ט, דבר שהתבטא בנוכחות גבוהה יותר של וירוסים בדלעות מטיפול זה. בעונת 2023 רק דלעת אחת נמצאה חופשיה לגמרי משלושת הוירוסים שנבדקו, רוב הדלעות (24) היו נגועות בוירוס יחיד, 11 דלעות נמצאו חיוביות ל-SLCV בשילוב עוד וירוס ו-2 דלעות היו חיוביות לשלושת הוירוסים.

בתום הגידול נקבע היבול (מספר ומשקל פירות) בכל צד של בית רשת – צד פתוח וצד סגור, ונערכה השוואה לטיפול ביקורת – גידול בשדה הפתוח (טיפול 2 ממשימה 1). היבול בבית הרשת היה נמוך ביחס ליבול בשדה הפתוח, בשתי העונות של הניסוי (1.6 טון לדונם בצד הפתוח, ו-2.1 טון לדונם בצד הסגור לעומת 3.1 טון לדונם בשדה הפתוח), אולם



איור 3: פרופיל וירוסים בפירות דלעת אשר נקטפו מהגידול בשטח הפתוח, בבית הרשת הפתוח או בבית הרשת הסגור. הנתונים מוצגים לכל עונה בנפרד (2022 ו-2023). נוכחות הוירוסים נבדקה בציפת הפרי באמצעות PCR או RT-PCR עם פריימרים ספציפיים ל"כ"א מהוירוסים (Luria et al., 2019).

הפחיתה ביבול הייתה פחות ניכרת בבית הרשת הסגור (טבלה 3). בחינה סטטיסטית של השינוי ביבול תבוצע בתום העונה הבאה (לאחר שלוש עונות).

טבלה 3: השפעת אופן הגידול על יבול – דו שנתי

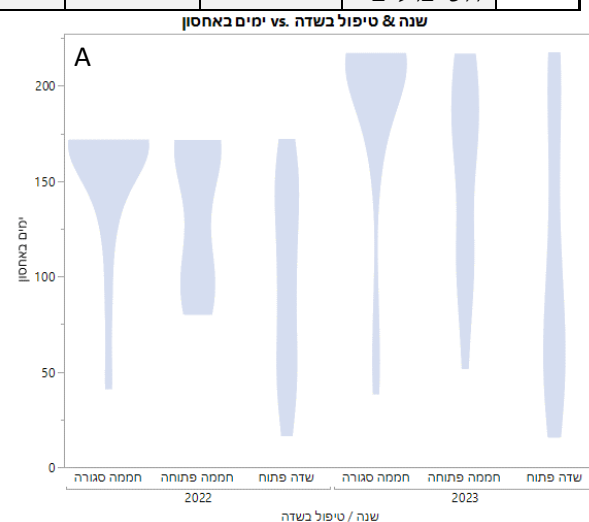
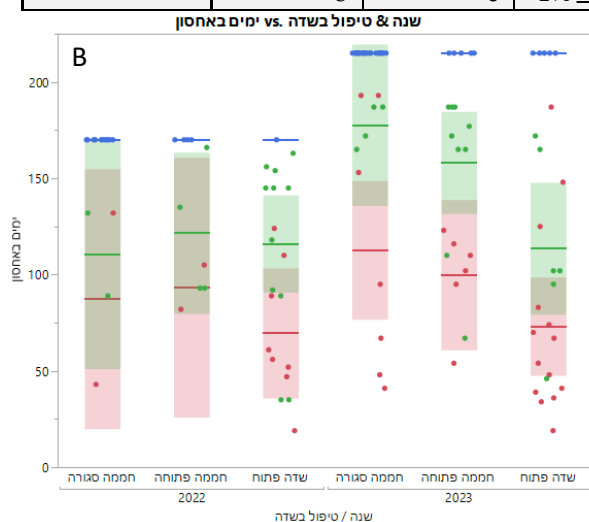
שנת הניסוי	שם הטיפול	מספר שתילים לטיפול	מספר פירות לטיפול	יבול כללי (טון לדונם)	שיעור היבול ביחס לשדה פתוח	גודל פרי (ק"ג)	שיעור דלעות בריאות בתום אחסון	מסקל פרי ראוי לשיווק בתום אחסון (ק"ג לדונם)
2022	שדה פתוח	64	38	1.9		16.0 ± 1.2 b	5%	95
2022	בית רשת פתוח	52	17	0.6	30%	20.7 ± 2.3 ab	40%	226
2022	בית רשת סגור	52	34	1.0	54%	18.9 ± 1.3 b	75%	776
2023	שדה פתוח	64	75	4.3		18.2 ± 0.8 b	20%	851
2023	בית רשת פתוח	52	83	2.6	60%	19.1 ± 1.0 b	24%	608
2023	בית רשת סגור	52	84	3.1	73%	23.0 ± 1.1 a	66%	2,047
השפעת עונת הגידול								
2022				1.2		18.0 ± 0.9 a		
2023				3.3		20.2 ± 0.6 a		
השפעת הטיפול								
2	שדה פתוח			3.1		17.5 ± 0.7 b	13%	403
6	בית רשת פתוח			1.6	51%	19.4 ± 1.0 ab	32%	512
7	בית רשת סגור			2.1	67%	21.8 ± 0.9 a	70%	1,470

3. ניסוי אחסון לבחינת יעילות הטיפולים שבוצעו ונגיעות הפרי בוירוסים על כושר אחסון הפרי לאחר קטיף.

במטרה לבדוק את השפעת הנגיעות בוירוסים (משימה 2) על רגישות הפירות לריקבונות באחסון, הפירות שנקטפו מבית הרשת אוחסנו במו"פ בקעת הירדן, בסככה מוצלת וסגורה במקביל לפירות שנקטפו מהשטח הפתוח (משימה 1). הדלעות שגדלו בבית רשת סגור, ונמצאו שליליות למרבית הנגיפים שנבדקו, נרקבו פחות באופן משמעותי ביחס לדלעות שגודלו בחשיפה לחרקים מעבירי נגיפים (טבלה 4). בתום האחסון מעל לשני שלישים מהפירות שנקטפו מבית רשת סגור היו בריאים וראויים לשיווק (66% ב-2023 ו-75% ב-2022). משך הזמן באחסון (מנורמל לאורך האחסון שבוצע – 7 חודשים ב-2023 ו-6 חודשים ב-2022) הציג עליה מובהקת בדלעות מבית רשת סגור (0.88 בהשוואה ל-0.75 בבית רשת פתוח ו-0.55 בשטח הפתוח), דבר המצביע על התפתחות ריקבון פרי בשלב מתקדם יותר באחסון (טבלה 4 ואיור 4). ריקבון פרי הופיע כבר בחודש הראשון של אחסון הפרי שנקטף בשדה הפתוח, בעוד פרי שנקטף מבית הרשת החל לפתח ריקבונות רק לאחר 2-3 חודשי אחסון (איור 4A). בכל הטיפולים, ריקבונות העוקץ היו שכיחים בתחילת האחסון בעוד ריקבונות הצד הופיעו מאוחר יותר לקראת סוף תקופת האחסון (איור 4B).

טבלה 4: השפעת אופן הגידול על התפתחות ריקבון דלעת באחסון – סיכום דו שנתי

שנה	טיפול בשדה	התפלגות הדלעות בסיום האחסון			ימים באחסון (מנורמל) לפי סיבת ההוצאה			ימים באחסון (מנורמל)
		דלעת בריאה	ריקבון עוקץ	ריקבון צד	דלעת בריאה	ריקבון עוקץ	ריקבון צד	
2022	בית רשת סגור	75%	13%	13%	1	0.51	0.65	0.90±0.05 a
	בית רשת פתוח	40%	20%	40%	1	0.55	0.72	0.80±0.07 ab
	שדה פתוח	5%	40%	55%	1	0.41	0.68	0.59±0.06 cd
2023	בית רשת סגור	66%	22%	13%	1	0.52	0.83	0.87±0.04 a
	בית רשת פתוח	24%	29%	48%	1	0.47	0.74	0.72±0.05 bc
	שדה פתוח	20%	56%	24%	1	0.34	0.53	0.52±0.06 d
השפעת הטיפול								
22-23 ממוצע	בית רשת סגור				1	0.52	0.77	0.88±0.03 a
	בית רשת פתוח				1	0.49	0.73	0.75±0.04 b
	שדה פתוח				1	0.37	0.63	0.55±0.05 c
	כל הטיפולים				1.0±0.0 a	0.43±0.04 c	0.69±0.04 b	



איור 4: השפעת אופן הגידול על כושר אחסון הדלעות לאחר קטיף בשתי עונות הגידול. A - התפלגות מועדי הוצאת הפירות מאחסון בכל אחד מהטיפולים. פירות דלעת אוחסנו במו"פ בקעת הירדן בעונות 2022-2023. רוחב העמודה בכל טיפול מייצג את מספר הדלעות שהוצאו בכל נקודת זמן. הקו העליון מייצג את הדלעות הבריאות בתום האחסון. B - מועדי הוצאת הפירות מאחסון בכל אחד מהטיפולים, לפי סוג הריקבון או פירות אשר היו ראויים לשיווק בתום האחסון.

4. אפיון השינויים הפיזיולוגיים החלים בפרי הדלעת כתוצאה מהנגיעות בוירוס.

על מנת לבחון את השפעת נגיעות הפירות בוירוסים על איכות הפרי, פירות מניסוי השדה (משימה 2) נדגמו בקטיף ובתום 7 חודשי אחסון (מניימום 5 פירות לטיפול בכל מועד דיגום). הפירות נבדקו למספר מדדי איכות פרי המקובלים בדלעות (טבלה 5). פרופיל הוירוסים של הדלעות שנדגמו הציג הבדל ברור בשכיחות CCYV ו-SLCV בפרי אשר היה נמוך באופן מובהק בטיפול בית רשת סגור בהשוואה עם שני הטיפולים האחרים. מכאן שאופן הדיגום נמצא במתאם לרמת הנגיעות של הפרי בוירוסים שנבדקו.

מדדי האיכות מוצקות ציפה וקליפה נקבעו באמצעות מד מוצקות חודר – שטילון, צבע ציפה נקבע באמצעות כרוממוטר מינולטה. במדדים אלו לא נמצא הבדל בין הטיפולים השונים (שדה פתוח, בית רשת פתוח ובית רשת סגור). תכולת מוצקים מומסים (TSS), כמדד לסוכר בדלעת, נקבעה ע"י סחיטת ציפת הפרי וקריאה

ברפרקטומטר. משקל יבש של ציפה הפרי נמצא במתאם עם תכולת עמילן איכותית שבוצעה ע"י צביעת יוד. הערכים שהתקבלו לכלל הדלעות בקטיף תואמות למצופה מדלעת טרייה (6.5% פחמימות ו-2.76% סוכר לפי נתוני USDA). דלעות שנקטפו מבית רשת סגור היו בעלי תכולת סוכרים (TSS) ועמילן (DW) גבוהה יותר בהשוואה לפרי שנקטף מהשדה הפתוח (טבלה 5). מעניין לראות כי על אף שנדגמו פירות בעלי גודל דומה משלושת הטיפולים, הפרי שנקטף מבית רשת סגור איבד פחות ממשקלו במהלך האחסון (7.5% בהשוואה ל 11.6% לפרי משדה פתוח, טבלה 6) דבר המצביע על הבדל אפשרי בתכונות פיזיולוגיות של הפרי (למשל קצב נשימה נמוך יותר או הבדל בהרכב הקוטיקולה והדופן של הקליפה). כמו כן בולט בשלושת הטיפולים כי במהלך האחסון תכולת הסוכרים והעמילן (DW, TSS) יורדת עקב נשימת הפרי ו/או עקב סינטזת קרטנואידיים בציפה אשר עולה במהלך האחסון.

בנוסף נדגמו מספר מדדי איכות תזונתית של ציפת הפירות בתום האחסון. תכולת אנטיאוקסידנטים נקבעה באמצעות מבחן ביוכימי ABTS. תכולת ויטמין C (אסקורבט) נקבעה באמצעות קיט מסחרי. תכולת פנולים כללית נקבעה בשיטת Folin-Ciocalteu (Pu et al., 2013) ותכולת קרטנואידיים נקבעה ע"י מיצוי ואנליזה ספקטרומטרית (Bergantin et al., 2018). באף אחד מהמדדים הללו כולל בצבע הציפה והקליפה לא נמצאו הבדלים מובהקים בין הטיפולים (טבלה 6), והערכים שהתקבלו היו בסדר גודל המקובל לדלעת (לפני נתוני USDA עבור דלעת raw).

טבלה 5 : השפעת אופן הגידול על איכות הפרי בקטיף ובתום 7 חודשי אחסון

CYSD V	CCYV	SLCV	צבע ציפה b*	צבע ציפה a*	DW(%)	(%) TSS	מוצקות ציפה (N)	מוצקות קליפה (N)	שם הטיפו ל	מועד הדיגום	
1.0 ± 0.0	1.0 ± 0.0 a	1.0 ± 0.0 a	43.6 ± 0.9 b	11.1 ± 3.3 b	4.8% ± 0.4% bc	3.9% ± 0.2% b	36.7 ± 2.6	82.5 ± 6.8	שדה פתוח	בקטיף	2
0.8 ± 0.3	0.8 ± 0.3 a	1.0 ± 0.0 a	40.2 ± 0.9 bc	16.6 ± 1.7 ab	5.7% ± 0.3% ab	5.4% ± 0.4% a	42.2 ± 5.6	94.6 ± 13.6	בית רשת פתוח	בקטיף	6
1.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0 b	0.3 ± 0.3 b	37.9 ± 2.7 c	12.3 ± 5.0 ab	7.1% ± 0.5% a	6.1% ± 0.2% a	42.9 ± 5.9	97.1 ± 19.8	בית רשת סגור	בקטיף	7
1.0 ± 0.0	1.0 ± 0.0 a	1.0 ± 0.0 a	48.2 ± 1.0 a	19.8 ± 2.2 a	4.0% ± 0.2% c	3.6% ± 0.1% b	33.9 ± 1.6	100.5 ± 11.0	שדה פתוח	בתום אחסון	2
1.0 ± 0.0	1.0 ± 0.0 a	1.0 ± 0.0 a	47.8 ± 1.1 a	17.7 ± 1.8 ab	3.7% ± 0.3% c	3.2% ± 0.2% b	32.9 ± 3.9	86.9 ± 13.8	בית רשת פתוח	בתום אחסון	6
0.8 ± 0.2	0.0 ± 0.0 b	0.6 ± 0.2 ab	48.9 ± 1.3 a	20.3 ± 1.6 a	4.0% ± 0.8% c	3.2% ± 0.6% b	35.2 ± 5.4	100.4 ± 17.3	בית רשת סגור	בתום אחסון	7
השפעת מועד הדיגום											
0.9 ± 0.1	0.6 ± 0.1 a	0.8 ± 0.1 a	40.6 ± 1.1 a	13.3 ± 2.0 b	5.9% ± 0.4% a	5.1% ± 0.3% a	40.6 ± 2.7	91.4 ± 7.8		בקטיף	
0.9 ± 0.1	0.7 ± 0.1 a	0.9 ± 0.1 a	48.3 ± 0.6 b	19.2 ± 1.1 a	3.9% ± 0.3% b	3.3% ± 0.2% b	34.0 ± 2.1	95.9 ± 7.8		בתום אחסון	
השפעת הטיפול											
1.0 ± 0.0	1.0 ± 0.0 a	1.0 ± 0.0 a	46.1 ± 1.0 a	15.9 ± 2.3 a	4.4% ± 0.2% b	3.7% ± 0.1% b	35.1 ± 1.5	92.5 ± 7.2	שדה פתוח		2
0.9 ± 0.1	0.9 ± 0.1 a	1.0 ± 0.0 a	44.4 ± 1.5 a	17.2 ± 1.2 a	4.6% ± 0.4% ab	4.2% ± 0.4% ab	37.0 ± 3.5	90.3 ± 9.3	בית רשת פתוח		6
0.9 ± 0.1	0.0 ± 0.0 b	0.4 ± 0.2 b	44.0 ± 2.3 a	16.8 ± 2.6 a	5.4% ± 0.7% a	4.4% ± 0.6% a	38.6 ± 3.9	98.9 ± 12.2	בית רשת סגור		7
טבלת מובהקות (F value)											
ns	***	***	ns	ns	ns	*	ns	ns		תנאי הגידול	
ns	ns	ns	***	*	***	***	ns	ns		מועד הדיגום	
ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns		אינטראקציה	

[§] הערכים המוצגים הם ממוצע ± שגיאת תקן. אותיות שונות מייצגות הבדל מובהק בין הממוצעים כפי שנבדק במבחן tTest בין הטיפולים ברמת מובהקות של $\alpha \leq 0.05$. במדדים בהם לא מצוינות אותיות – אין הבדל מובהק בין הטיפולים.

טבלה 6 : השפעת אופן הגידול על איכות תזונתית של הפרי בתום 7 חודשי אחסון

Total phenolic mg GAE/100g FW	Antioxidants TEAC(μM)	Ascorbate (Vit C) mg/100g FW	Total Carotenoids μg/g FW	Flesh a*	Peel h	איבוד משקל (%)	משקל פרי בקטיף	שם הטיפול	
133.0 ± 6.5	3.9 ± 0.2	7.2 ± 1.0	43.5 ± 6.9	19.8 ± 2.2	82.6 ± 1.0	11.6% ± 1.8% a	17.6 ± 0.8 ^s	שדה פתוח	2
131.0 ± 9.6	3.9 ± 0.2	7.1 ± 0.8	35.5 ± 6.3	17.7 ± 1.8	83.4 ± 2.4	10.1% ± 1.1% ab	20.5 ± 0.9	בית רשת פתוח	6
125.1 ± 6.9	3.6 ± 0.3	8.2 ± 0.9	44.5 ± 7.4	20.3 ± 1.6	85.0 ± 3.8	7.5% ± 0.5% b	20.4 ± 1.8	בית רשת סגור	7
		9.0	71.2					pumpkin raw USDA	
Ca (mg/kg DW)	Mg (mg/kg DW)	P (mg/kg DW)	Fe (mg/kg DW)	Mn (mg/kg DW)	Zn (mg/kg DW)	K (mg/kg DW)	Na (mg/kg DW)		
1899.1 ± 386.5	1765.1 ± 202.8	5583.2 ± 622.4	41.0 ± 3.7	7.7 ± 1.0	34.2 ± 4.4 ab	52850.3 ± 7722.4 a	642.8 ± 94.1 b	שדה פתוח	2
3304.6 ± 700.7	1792.4 ± 306.1	5647.8 ± 1234.5	44.8 ± 7.4	6.0 ± 1.5	38.8 ± 5.5 a	50221.3 ± 3712.9 ab	895.3 ± 44.4 a	בית רשת פתוח	6
2794.7 ± 535.1	1415.4 ± 282.1	4184.3 ± 523.6	30.7 ± 4.5	4.7 ± 0.6	22.7 ± 4.3 b	36054.2 ± 3075.9 b	883.7 ± 89.9 ab	בית רשת סגור	7
2100	1200	4400	80	12.5	32	34000	100	pumpkin raw USDA DW ~10%	

^s הערכים המוצגים הם ממוצע ± שגיאת תקן. אותיות שונות מייצגות הבדל מובהק בין הממוצעים כפי שנבדק במבחן tTest בין הטיפולים ברמת מובהקות של ≤ 0.05 . במדדים בהם לא מצוינות אותיות – אין הבדל מובהק בין הטיפולים.

תכולת המינרלים נקבעה מרקמת ציפה שיובשה בליופיליזר, עוכלה ונמדדה במכשיר ICP (בפקולטה לחקלאות). כל המינרלים שנבדקו (פרט לנתרן) היו ברמה מקובלת לפי נתוני ה-USDA ולא נבדלו בין הטיפולים, פרט לנתרן שהיה גבוה בדלעות שנקטפו מבית הרשת בעוד אשלגן ואבץ היו נמוכים במיוחד בדלעות מבית רשת סגור (טבלה 6).

5. בחינת השפעת אילוח צולב של וירוסים עם פתוגן פטרייתי (פוזריום) על רגישות פירות דלעת לריקבון עוקץ לאחר קטיף.

על מנת לבחון את השפעת הנגיעות בוירוסים של פירות דלעת על רגישותם לפטריית הפוזריום הגורמת לריקבון בפרי (ריקבון עוקץ וריקבון צד), פירות בריאים מכל טיפול הודבקו בתרחיף של פטריות פוזריום ע"י הזרקה מתחת לאזור העוקץ או ב"חלונות" בקליפת הפרי (איור 5). קצב התפתחות הריקבון ועוצמתו תועדו במשך שבועיים עד חודש מההדבקה.



איור 5: דלעות לאחר מבחן הדבקה בפטרייה *Fusarium* לאחר שבועיים באחסון מבוקר. (A) דלעת ללא נגיעות בנגיפים שנבדקו (B) דלעת נגועה בנגיפים שנבדקו. מספרים 7-11 מייצגים את התבדידים של הפטרייה שבהם בוצעה ההדבקה. DW הוא ביקורת אילוח במים. יש לציין התפתחות ריקבון עוקץ בדלעת B אך לא בדלעת A.

הניסוי בוצע ארבע פעמים במהלך האחסון (שלוש פעמים בעונת 2022 ופעם אחת בעונת 2023). בסך הכל נבחרו 7 דלעות נגועות בוירוסים (4 מטיפול שדה פתוח ו-3 מטיפול בית רשת פתוח, כולן נמצאו חיוביות לנגיפים SLCV, CYSDV, CVYV, CCYV) וכן 8 דלעות חופשיות מוירוסים אלו (מבית רשת סגור). כל דלעת הודבקה ב-11 תבדידים שונים של פוזריום אשר בודדו מעלים או פירות של צמחי דלעת (טבלה 7). כל תבדיד אולח בנפרד ב"חלון" על הפרי, ותערובת של התבדידים הוזרקו מתחת לעוקץ. כביקורת הוזרקו מים סטרילים (אשר לא גרמה לריקבון כלל). דרגת הריקבון נקבעה כעבור 7-14 יום ב-22 מ"צ ותועדה עבור כל תבדיד.

במבחן סטטיסטי לא נמצא הבדל מובהק בין תוצאות מבחני ההדבקה של 11 התבדידים השונים של תבדידי פטריית הפוזריום שנבדקו, אך נמצא הבדל מובהק בדרגת הריקבון בדלעות מהטיפולים שונים. ארבעת הניסויים הראו תוצאות דומות, שהדגימו רגישות מופחתת לריקבון הנגרם מפוזריום בדלעות שהיו שליליות לוירוסים, בעוד הדלעות שהיו נגועות בנגיפים נדבקו בפטרייה *Fusarium* (טבלה 7). דלעות משדה פתוח הראו את סימני ההדבקה החמורים ביותר, עם ציון ממוצע של 2.5. דלעות מבית רשת פתוח הראו סימני הדבקה מובהקים בפטרייה עם ציון ממוצע של 1.2. לעומת זאת דלעות ללא הנגיעות בנגיפים מבית רשת סגור לא נדבקו בפטרייה או שנדבקו בצורה לא משמעותית והפטרייה לא התפתחה בפרי (ציון ממוצע 0.4).

טבלה 7: תבדידי הפוזריום שנבדקו ועוצמת המחלה שהם גרמו בדלעות

מס' דלעות	דרגת ריקבון משוכל לת [‡]	<i>F. solani</i>	<i>F. solani</i>	<i>F. solani</i>	<i>F. equesti</i>	<i>F. solani</i>	<i>F. solani</i>	<i>F. solani</i>	<i>F. solani</i>	<i>Fox</i>	<i>F. solani</i>	<i>Fox</i>	תבדיד / טיפול
4	2.5 ± 0.2 A	2.3	3.0	3.0	3.0	2.0	2.0	2.3	1.7	2.7	3.0	§2.0	שדה פתוח
3	1.2 ± 0.1 B	1.3	1.0	0.3	2.0	1.0	0.7	0.7	1.0	1.0	1.7	2.0	בית רשת פתוח
8	0.4 ± 0.1 C	0.1	0.5	0.3	0.4	0.3	0.4	0.3	0.3	0.4	1.3	0.3	בית רשת סגור
		פרי	פרי	פרי	פרי	עלה	עלה	עלה	עלה	עלה	עלה	עלה	תבדיד בודד מ:

[§]מספרים מציינים את רמת ההדבקה של התבדיד בדלעת מ-0 עד 3 בתוצאות מבחן הדבקה, כאשר 0 הוא ללא הדבקה כלל ו-3 הוא הדבקה חמורה. מוצג ממוצע של 4 ניסויים בלתי תלויים. [‡]הבדלים מובהקים סטטיסטית לפי מבחן HSD Tukey במובהקות $P < 0.001$. *F. Oxysporum* - *Fox*.

6. אפיון הוירוס של פרי דלעת.

עד כה ביצענו בדיקות לוירוסים שזוהו בגידול דלועיים (אבטיח, מלפפון) בארץ בשנים האחרונות, על מנת לאסוף ידע תשתיתי על תמהיל הוירוסים העדכני שעשוי לפגוע בגידול הדלעת בוצע פרופיל ויראלי (וירוס) של דלעות. בשלב ראשון נדגמה רקמה (קליפה וציפה מאזור העוקץ של הפרי) של 11 פירות (מטיפולים 1, 2 ו-6) - שנדגמו בקטיף (משימה 2). דגימות אלו שימשו להפקת RNA ונשלחו לריצוף עמוק NGS במכון ויצמן INCPM (טבלה 8) לקביעת וירוס הדלעת, בדומה לאופן שבוצע באבטיח (Luria et al., 2019). ניתוח תוצאות הריצוף המתקדם הניב בממוצע 22 מיליון reads לדוגמה. עקב בעיות טכניות במכון ויצמן, הרצפים הגיעו רק לאחרונה (אפריל 2024) ולכן הספקנו לבצע אפיון ראשוני בלבד. בכל הדוגמאות זוהו הוירוסים שבדקנו באמצעות PCR ו-RT-PCR לאורך שתי העונות, וכן זוהו מספר וירוסים חדשים בארץ (CABYV, CpCDV) המעידים על מבנה וירוס מורכב יותר, אולם טרם בוצעה ולידציה של התוצאות. בימים אלו אנו מרכיבים את הגנומים של הוירוסים החדשים שנמצאו על מנת לתכנן פריימרים לדיאגנוסטיקה. לאחר מכן נבצע סריקה של כל דוגמאות ה RNA שהופקו מהדלעות בעונת 2023 לבחון את נוכחות הוירוסים הללו ולאמת את תוצאות הוירוס.

הנגיפים CYSDV, CVYV, CCYV, SLCV (טבלה 8) נבדקו בפירות דלעת בניסוי שבוצע במו"פ בקעת הירדן בשנים 2022-2023 באמצעות בדיקות PCR ו-RT-PCR (משימה 2, איור 3). נגיפים אלה נבחרו למעקב עקב הזיהוי העקבי שלהם לאורך השנים בחלקות דלעת שונות ברחבי הארץ. ניתן לראות שיש מתאם טוב (אך לא מושלם) בין בדיקות ה-PCR שבצענו ותוצאות הוירוס שהתקבל. מעניין לציין כי חלק מהנגיפים הנ"ל זוהו בגידולי אבטיח (CVYV, CYSDV, CCYV), אשר פגמו קשות באיכות הפרי האבטיח מבחינת טעם ומרקם (Luria et al. 2019), ועל בסיס זה השערת המחקר שלנו הייתה כי ישנו מעבר נגיפים בין מקשות אבטיחים לשטחי דלעת באמצעות וקטורים כמו כנימת עש הטבק. יש לציין כי לאורך השנים בדקנו נוכחות נגיפים נוספים בצמחי ופירות דלעת האופייניים לדלועיים בישראל: SqMV, CGMMV, WmCSV, אולם תמיד התקבלו תוצאות שליליות, כפי שניתן גם לראות מתוצאות הוירוס, דבר המצביע על פרופיל וירוסים ייחודי לדלעת שהוא דומה אך לא זהה לזה של האבטיח.

להפתעתנו, באנליזת הוירוס זוהו שני וירוסים נוספים בפירות הדלעת, אשר לא זוהו עד כה בישראל. הוירוסים Cucurbit aphid-borne yellows virus (CABYV) המועבר באמצעות ציקדה ו- Chickpea chlorotic dwarf virus (CpCDV) המועבר באמצעות כנימות עלה. שני הוירוסים הללו דווחו בעולם כפתוגניים לגידולים חקלאיים וזוהו בעבר בדלועיים שונים ברחבי העולם. CpCDV גורם להצהבה של העלים, סלסול של העלים וירידה ביבול. בספרד CABYV דווח באבטיחים וקישואים כגורם להצהבה של העלים ופגיעה בפירות (Rabadán et al., 2021). כמו כן נמצא כי הופעת ואריאנטים חדשים של CABYV גרמו לתסמיני הצהבה חמורים אשר בעלי פוטנציאל לגרימת נזק רב בגידולי דלועיים עקב התפרצות של מגפות. CpCDV דווח במינים רבים ממשפחות שונות של דו-פסיגיים, כולל בדלועיים. תפוצתו רחבה גאוגרפית (אסיה, אפריקה, אוסטרליה והמזרח התיכון) והוא דווח במדינות רבות כולל ספרד, טיוואן, תוניסיה, ברזיל, איטליה, אינדונזיה ופקיסטן וכן במדינות קרובות יותר לישראל מצרים סוריה סודן (Fahmy et al., 2015). וירוס זה נמצא לרוב בשילוב עם וירוסים ממשפחות אחרות בהדבקה צולבת (Kanakala & Kuria, 2019). כושרו הרב לרקומבינציה של הגנום שלו מהווה גורם משמעותי באבולוציה שלו ובהגדרת טווח הפונדקאים שלו.

טבלה 8 : פירוט פרופיל הוירוס של הדלעת שהתקבל בריצוף מתקדם NGS של דוגמאות מפירות דלעת

פרטי הוירוס				תיאור טיפול / מספר דלעת										
				1-שטח פתוח ללא חיטוי זרעים				2-שטח פתוח עם חיטוי זרעים				6-בית רשת פתוח עם חיטוי זרעים		
שם הוירוס	משפחה / מין	ווקטור	גנום	16	17	22	28	44	45	46	49	51	52	53
Chickpea chlorotic dwarf virus CpCDV	Geminiviridae Mastrevirus	Leafhopper ציקדה <i>O. albicinctus</i>	ssDNA					921	277	209	363	2702	921	2458
Cucumber vein yellowing virus CVYV	Closteroviridae Crinivirus	כנימות עש טבק Semi-persistent	ssRNA	- [§]	-	-	-	-	601	-	-	9753	9735	601
Cucurbit aphid-borne yellows virus CABYV	Luteoviridae Polerovirus	<i>Aphis gossypii</i> כנימת עלה הדלועיים <i>Myzus persicae</i> כנימת עלה האפרסק	ssRNA					4156	2632				4156	5640
Cucurbit chlorotic yellows virus CCYV	Potyviridae Ipomovirus	כנימות עש טבק Semi-persistent והעברה מכאנית	ssRNA	2532	-	953	2965	1850	3359	671	857	2965	1850	3359
Cucurbit yellow stunting disorder virus CYSDV	Closteroviridae Crinivirus	כנימות עש טבק Semi-persistent	ssRNA	2420	9002	7970	894943	943	1001	2793	1252	1122	943	1268
Squash leaf curl virus SLCV	Geminiviridae Begomovirus	כנימות עש טבק	ssDNA	242	+	996	341	+	247	2309	548	587	+	320

[¥]Numbers represent the length of the max read identified. [§]Marks of + or – indicate presence of absence of detected band by PCR. **Red marks** mean agreement with diagnostic PCR.

בשנים האחרונות חלה עליה משמעותית בהתפרצות מחלות ויראליות בגידולי דלועיים באזורינו (Lecoq & Desbiez, 2012). בעקבות כך הלחץ הפתולוגי על גידול הדלועיים (מלפפון, אבטיח, מלון וקישואים) גובר והחקלאים מתמודדים עם עליה משמעותית בנזק הנגרם לגידול מבחינת היבול המתקבל ואיכות הפרי המשווק. על מנת לצמצם את הפגיעה ביבול, החקלאים נוקטים פעולות רבות למנוע את ההדבקה של הצמחים בוירוסים ע"י מניעת חדירה של הווקטורים החרקיים באמצעות מחסומים פיזיים (רשתות 50 מש) או כימים כגון שימוש בתכשירי הדברה סיסטמיים. פעולות אלו אינן מונעות את ההדבקה בוירוס, אך מצליחות לצמצם / לדחות את ההדבקה לשלבים מאוחרים יותר בהתפתחות הצמחים, ובכך לצמצם את הפגיעה הכמותית ביבול. בפועל, תוצרת הדלועיים בישראל נגועה ברמה משתנה בוירוסים צמחיים, אשר נוכחותם בפרי משפיעה על המטבוליזם והפיזיולוגיה של הפרי קטוף. למרות שמצב זה ידוע לא מכבר, טרם נעשתה עבודה מסודרת לבדיקת השפעת הוירוסים על איכות הפרי לאחר קטיף ועל כושר אחסונו.

בעבר היה מקובל לחשוב שנגיעות בוירוסים, שאינה גורמת לסימטומים בפרי ופגיעה באיכות בעת הקטיף, אינה רלוונטית לפירות לאחר הקטיף. ניתן לראות שבגידולים יחסית עמידים כדלעות, למרות שלא ניכרת פגיעת הוירוסים במהלך הגידול, הפירות נמצאו נגועים בוירוסים, אך אין כלל מידע לגבי השפעת הנגיעות בוירוסים על איכות הפרי וכושר אחסונו. פירות שגדלו מצמחים נגועים בנגיף מכילים את הנגיף, לעיתים עוד מהשלבים הראשוניים של התפתחות הפרי בשל התנועה הסיסטמית (מערכתית) של הנגיף ברקמות הצמח דרך צינורות ההובלה המזינות את הפרי (Shargil et al., 2019, Heinlein, 2015). ישנם גידולים שבהם פירות נגועים בנגיף יראו תסמיני מחלה שונים העלולים להפוך אותם ללא ראויים לשיווק ובכך לגרום לפחת בתוצרת (Nicaise, 2014), למשל פירות אבטיח (Reingold et al., 2013) ומלון (Reingold et al., 2016a) הנגועים בנגיף CGMMV. יחד עם זאת, ישנם מקרים שבהם פרי גדל על צמח נגוע בנגיף והנגיף מתפתח בפרי אך לא גורם לתסמיני מחלה, לעיתים בשל מועד הדבקה מאוחר של הצמחים בנגיף ולעיתים בשל אי הרגישות של הצמח והפרי להדבקה בנגיף מסוים. פרי כזה ייקטף ויכנס לאחסון שבמהלכו יהיה חשוף לפתוגנים פטרייתיים שעשויים לגרום לריקבון פרי. במסגרת המחקר הנוכחי בדקנו מעורבות נגיעות בוירוסים בהגברת רגישות פרי דלעת לריקבון לאחר הקטיף. תוצאות שהתקבלו בשתי עונות (2022 ו-2023), הדגימו כי פירות נגועים בוירוסים הנם בעלי רגישות גבוהה יותר להדבקה מכוונת בפוזריום הגורם לריקבון בדלעת, בהשוואה לפירות שהיו חופשיים מוירוס (יצאו שליליים בבדיקה לוירוסים) שהראו עמידות טבעית להדבקה בפטריית הפוזריום (טבלה 7 ואיור 5). יודגש כי הפירות משתי הקבוצות (נגועים לעומת חופשיים מוירוס) מקורם בגידול של דלעות בתוך חממת רשת 50 מש במו"פ בקעת הירדן, כאשר צד אחד היה סגור לגמרי למנוע כניסת כע"ט ואילו הצד השני היה עם קיר אחד פתוח. פירות מניסוי זה שאוחסנו למשך 6-7 חודשים הדגימו הבדלים מובהקים בכושר אחסונם, בהתאמה מלאה עם מבחני ההדבקה בפוזריום, כך שפירות שגדלו בבית הרשת הסגור שצמצם את נוכחות הוירוסים בדלעות, נשארו בריאים באחסון למשך זמן ארוך יותר ומעל לשני שליש מהדלעות היו בריאות וראויות לשיווק בתום תקופת האחסון, בהשוואה לשליש בלבד מבין הדלעות שנקטפו בצד הפתוח של בית הרשת (טבלה 4, איור 3). יש לציין שעל אף שהגידול בבית הרשת הביא ליבול נמוך בכ-30% מהיבול בשטח הפתוח (טבלה 3), בשקלול הפחת באחסון (טבלה 4), גידול דלעת בבית רשת 50 מש הביא לפי 2.5 פרי משווק בתום האחסון (טבלה 3). בבדיקת איכות הפרי בקטיף ובתום האחסון לא נמצאו הבדלים מהותיים בפירות שנקטפו מבית הרשת אל מול השדה הפתוח (טבלאות 5-6). אך ראוי לציין כי פרי מבית רשת סגור (בעל נגיעות נמוכה בוירוסים, טבלה 5) התאפיין ברמות גבוהות יותר של סוכרים ועמילן ובאיבוד משקל מועט יותר ביחס לפרי משדה פתוח ובית רשת פתוח (שנמצאו חיוביים למגוון וירוסים). כמו כן

נמצאו הבדלים בתכולת הנתרן, אשלגן ואבץ – אשר לא ברור המקור להם וכן מהי חשיבותם, ועל כן הם ייבדקו שוב בעונה הבאה.

בעבר דווח כי נגיעות צמחי דלעת בוירוסים הגורמים להצהבה ומוזאיקה של העורקים בדלעת (PYVMD, Pumpkin yellow vein mosaic disease) השפיעה על הפיזיולוגיה של הפרי. השינויים שנצפו כללו ירידה משמעותית בתכולת האנטיאוקסידנטים ובתכולת ויטמין C, עליה משמעותית בתכולת פנולים בפרי ובפעילות מוגברת של אנזימים אנטיאוקסידנטים (SOD, Catalase, APX, GPX) (Jaiswal et al., 2013). בבדיקה שבצענו בפירות מהניסוי לא נמצא הבדל במדדים אלו בין פירות מבית רשת פתוח לעומת בית רשת סגור. אולם יש לציין כי בעונה הנוכחית רוב הפירות נמצאו חיוביים לוירוס אחד או יותר ועל כן ראוי לבחון זאת גם בעונה הבאה בפירות שאינם נגועים בוירוסים השונים.

על אף שתוצאות העונות 2022-2023 הדגימו קורלציה ברורה בין רמת נגיעות גבוהה של וירוסים בפרי, לכושר אחסון נמוך ורגישות מוגברת לפטריות פוזריות הגורמות לריקבון פרי, לא ניתן היה לקבוע מי מהוירוסים שזוהו בפירות הדלעת הוא המרכזי בקיצור חיי המדף של הפרי. על מנת לנסות ולאפיין בצורה טובה יותר את פרופיל הוירוסים בפרי הדלעת והשפעתו על הפיזיולוגיה של הפרי בצענו אפיון וירוס באמצעות NGS של טרנסקריפטום הדלעת, שאישר את נוכחות הוירוסים שבדקנו באמצעות PCR, והעלה אפשרות לנגיעות בשני וירוסים נוספים אשר לא היו ידועים בעבר בדלועיים בארץ (CABYV, CpCDV). על מנת להבין האם כושר האחסון של הפירות מושפע מנוכחות / העדר וירוסים אלו, ומיהם הוירוסים הפוגעים באיכות הפרי, בעונה 2024 בצענו הדבקה מכוונת של צמחי דלעת ב-SLCV וצמחים אחרים בוירוסי הצהבה (CVYV, CYSDV, CCYV). שתילים אלו נשתלו בבית רשת 50 מש סגור בצד אחד, ובצד השני נשתלו צמחים בריאים (שני צידי בית הרשת סגורים). בדיקת PCR של מדגמי עלים משלוש קבוצות שתילי הניסוי כחודשיים לאחר השתילה הדגימה פרופיל וירוסים התואם לצפוי לכל טיפול. אנו מקווים שמבנה זה של גידול יאפשר קבלת פירות דלעת עם פרופיל מוגדר של וירוסים שיאפשר בחינה יותר מעמיקה של השפעת הוירוסים על איכות וכושר אחסון הפרי. מעניין לציין כי בשתי העונות נמצאה שכחות גבוהה של פירות מבית הרשת הסגור שחיוביות ל-CYSDV (60%, ו-74% ב-2022 ו-2023, בהתאמה). ייתכן כי הדבר מצביע על הדבקות בוירוס הזה במשתלה. על אף העובדה שרוב הדלעות מבית רשת סגור נמצאו חיוביות לוירוס אחד לפחות, דלעות שהיו חיוביות לשלושה וירוסים או יותר משטח פתוח או מבית רשת פתוח היו הרבה יותר רגישות לריקבונות באחסון. התופעה ששילוב וירוסים בעל השפעה סינרגיסטית בהשוואה לכל אחד מהוירוסים בנפרד הודגמה בדלועיים אחרים. כך נמצא כי נוכחות נגיף בודד בפרי לא השפיעה ויזואלית על איכות מלונים שהיו נגועים ב-SLCV או במלפפונים הנגועים ב-SLCV, CYSDV ו-CCYV. במלון, בעוד שהנגיף SLCV לבדו לא גרם לסימפטומים בפרי, הנגיף WmCSV גרם לפגיעה ביצירת מרקם הרשת על המלון ולעיוות בצורה. הדבקה משולבת של שני הנגיפים גרמה לסימפטומים חמורים יותר של פגיעה במרקם הפרי ועיוות בצורה (Sufirin-Ringwald & Lapidot, 2011). מחקר נוסף הראה שבמלפפון, הדבקה משולבת של 3 נגיפים SLCV, CYSDV ו-CCYV הביאה לתסמיני מחלה מוגברים בפרי שהיו חמורים, בעוד שתסמיני המחלה של ההדבקות הבודדות או של הדבקה בזוגות של נגיפים בפרי לא הראתה סימפטומים (Abrahamian et al., 2015). על אף העובדה כי הנגיעות של פירות הדלעת בנגיפים לא גרמה להשפעה ברורה על איכות הפרי בקטיף, עבודה זו מדגימה כי נוכחות הנגיפים עשויה להיות קריטית ולהשפיע על תגובת הפרי לפתוגנים פטרייתיים לאחר קטיף. **למיטב ידיעתנו נושא זה לא נבחן מעולם ולא נבדקה השפעת נגיפים על כושר אחסון פירות, פרמטר שיכול להיות בעל חשיבות רבה להבנת תהליכי התכלות פרי לאחר קטיף.**

יש לציין כי בספרות ישנן עבודות המצביעות על נגיעות בוירוסים כגורם המשנה את רגישות הצמח לפתוגנים אחרים (פטרייתים) הגורמים לריקבון (Shapiro et al., 2013, Moore & Jaykus, 2018, Tollenaere et al., 2016, Philosoph et al., 2018). אולם עד כה לא נעשתה עבודה מסודרת בהקשר להשפעה סינרגיסטית של וירוסים ופתוגנים אחרים על איכות ובריאות הפרי לאחר הקטיפה. לאור התפשטות הנגיעות בוירוסים ממקשות האבטיחים לחלקות הדלעות, ישנה חשיבות רבה ביצירת תשתית ידע לגבי השפעת הנגיעות של פירות הדלעת בוירוסים על איכותם וחיי המדף כדי להתאים את ממשק ההדברה וההתנהלות בגידול.

פתוגנים שונים שחולקים את אותו המארח יכולים להשפיע אחד על השני בצורה ישירה או עקיפה. השפעה ישירה יכולה להיות כאשר פתוגן אחד או מולקולות שהוא מפריש פוגעות מחזקות את הפתוגן השני, והשפעה עקיפה יכולה להיות כאשר פתוגן אחד מפעיל או מחליש את מנגנוני ההגנה הצמחיים- דבר המשפיע על הפתוגן השני, או כאשר ישנה תחרות בין הפתוגנים על משאבי הצמח המארח (Moore & Jaykus, 2018, Tollenaere et al., 2016). האינטראקציה של צמח- פתוגן- נגיף היא מורכבת, ותלויה בהרבה משתנים. ההשפעה של ההדבקה המשולבת יכולה להיות שלילית עבור הנגיף, כמו בצמח אורז באפריקה, שבו הדבקה משולבת של נגיף עם חיידק הביאה לירידה בשכפול הנגיף בצמח (Tollenaere et al., 2017). מאידך, השפעה של הדבקה מוקדמת בנגיף יכולה גם להשרות עמידות בצמח ובכך להיות שלילית עבור פתוגנים אחרים, כמו למשל בהדבקה מוקדמת בנגיף ZYMV בצמחי דלעת (*C. pepo*), שגרמה לעליה בהורמון הצמחי salicylic acid (SA) ושפיעול תגובת הגנה צמחית systemic acquired resistance (SAR) בצמח מפני מחלה בקטריאלית הנגרמת ע"י *Erwinia tracheiphila* (Shapiro et al., 2013). יחד עם זאת השפעה של הדבקה מוקדמת בנגיף יכולה להיות סינרגיסטית עם הדבקה מאוחרת בפטרייה כמו במקרה של פטריית *Pythium* שמחוללת מחלה חמורה יותר על צמחי מלפפון בעלי נגיעות קודמת בנגיף CGMMV (Philosoph et al., 2018).

כאמור, גם בדלעת בדקנו את השפעת הנגיפים על רגישות הפרי לריקבנות פטרייתיים באחסון ומצאנו כי פירות ללא נגיעות בנגיפים היו בעלות כושר אחסון טוב יותר ונדבקו באופן מובהק פחות בפוזריום לעומת פירות עם נגיעות בנגיפים. הניסוי התבצע מספר פעמים לאורך האחסון, על מנת לבדוק את השפעת משך האחסון ותהליכי ההזדקנות הטבעית על הרגישות של הפרי לפטרייה. מצאנו שההשפעה המשמעותית ביותר על תוצאות הניסוי לא הייתה מין התבדיל של הפטרייה שהודבק או משך האחסון של הדלעת לפני הניסוי - אלא הנגיעות של הפרי בנגיפים. תוצאות אלה מצביעות על ההשפעה המשמעותית שיש לנגיפים על איכותם של פירות הדלעת לאחר הקטיפה.

במטרה לצמצם את תופעת ריקבון הפרי באחסון ועל מנת לפתח פרוטוקול מפורט ויעיל ליישום ע"י המגדלים שיאפשר את הארכת חיי המדף של פרי דלעת טריפולי אשר גדל בשדה הפתוח, בחנו יישום של חיטוי זרעים בסלסט טופ כטיפול עצמאי או בשילוב עם הגמעות בפונגיצידיים שונים (משימה 1). לאורך השנים שבהם הטיפול נבדק, נראה כי כטיפול יחיד, סלסט טופ אינו נותן מענה ראוי לבעיית ריקבון פרי הדלעת באחסון. מאידך שילוב עם הגמעות שיפר את יעילות הטיפול בפונגיצידיים לאורך העונה. היות וחיטוי זרעים לא פגע באופן מובהק ביבול וזהו טיפול קל וזול, עשויה להיות תועלת בביצוע טיפול זה באופן שיגרתי בזרעים. כמו כן נבחן ממשק הדברה ע"י הגמעת תכשירים שונים במהלך הגידול. נמצא כי הגמעות בסיגנום בשילוב עם חיטוי זרעים היה יעיל בצמצום תופעת ריקבון העוקף ללא פגיעה ביבול. מאידך שילוב של חיטוי זרעים עם הגמעות פונגיצידיים באלטרנציה או הגמעות במירביס היו יעילים יותר בצמצום כלל הריקבנות באחסון והיו טובים יותר מטיפול הסיגנום במדד מספר הדלעות הראויות לשיווק בתום האחסון. אולם על אף שטיפולים אלו הקטינו את ריקבון הפרי בשיעור של כ-30%, הם גם גרמו לירידה של כ-20% ביבול. לאור זאת ישנה חשיבות רבה בבחינת פרוטוקול יישום החומרים הללו

ומציאת הממשק הנכון של שילוב חיטוי הזרעים עם סיגנום ומירביס על מנת לאפשר פיתוח פרוטוקול הדברה משולבת שאינו מסכן את כלכליות הגידול.

בעונה 2024 נמשיך לבחון את יישום ממשק ההדברה בשדה מבוסס חיטוי זרעים והגמעות במטרה לפתח פרוטוקול ממשק הדברה לחקלאים להתמודדות עם תופעת ריקבון פרי הדלעת באחסון. במקביל נמשיך לבסס את הבנתנו לגבי השפעת נוכחות וירוסים בפרי הדלעת הקטוף, על איכותו וכושר אחסונו, ולהבין את התגובה השונה של פירות כמו דלעת ואבטיח לוירוסים. הבנה מעמיקה של המנגנונים המולקולריים באינטראקציה בין פירות הדלועיים השונים לאותם וירוסים יאפשרו בעתיד לזהות מקורות גנטיים לעמידות וכן לפתח גישות חדשניות להתמודד עם נוכחות הוירוסים בפרי, באמצעות טיפולים לפני ולאחר קטיף, על מנת שיאפשרו מחד, קטיף של דלעות חופשיות ממחוללי מחלה, ומאידך, יאפשרו את הארכת חיי המדף של הדלעת ע"י החקלאים ויביא לצמצום משמעותי של אובדן היבול עקב ריקבונות בדלעות מאוחסנות.

רשימת ספרות

- Abrahamian P, Sobh H, Seblani R, Abou-Jawdah Y, 2015. Co-infection of two criniviruses and a begomovirus enhances the disease severity in cucumber. *European Journal of Plant Pathology* **142**, 521-30.
- Bergantin C, Maietti A, Tedeschi P, Font G, Manyes L, Marchetti N, 2018. HPLC-UV/Vis-APCI-MS/MS Determination of Major Carotenoids and Their Bioaccessibility from "Delica" (*Cucurbita maxima*) and "Violina" (*Cucurbita moschata*) Pumpkins as Food Traceability Markers. *Molecules* **23**
- Fahmy IF, Taha O, El-Ashry AN, 2015. First genome analysis and molecular characterization of Chickpea chlorotic dwarf virus Egyptian isolate infecting squash. *VirusDisease* **26**, 33-41.
- Heinlein M, 2015. Plant virus replication and movement. *Virology* **479**, 657-71.
- Venkataramanappa V, Datta D, 2013. Phytochemicals and antioxidative enzymes defence mechanism on occurrence of yellow vein mosaic disease of pumpkin (*Cucurbita moschata*). *3 Biotech* **3**, 287-95.
- Kanakala S, Kuria P, 2019. Chickpea chlorotic dwarf virus: An Emerging Monopartite Dicot Infecting Mastrevirus. *Viruses* **11**, 5.
- Lecoq H, Desbiez C, 2012. Chapter 3 - Viruses of Cucurbit Crops in the Mediterranean Region: An Ever-Changing Picture. In: Loebenstein G, Lecoq H, eds. *Advances in Virus Research*. Academic Press, 67-126.
- Luria N, Smith E, Sela N, Koren A, Lachman O, Dombrovsky A, 2019. Insights Into a Watermelon Virome Contribute to Monitoring Distribution of Whitefly-Borne Viruses. *Phytobiomes Journal* **3**, 61-70.
- Moore MD, Jaykus LA, 2018. Virus-Bacteria Interactions: Implications and Potential for the Applied and Agricultural Sciences. *Viruses* **10**, 61.
- Nicaise V, 2014. Crop immunity against viruses: outcomes and future challenges. *Frontiers in plant science* **5**, 118474.
- Philosoph AM, Dombrovsky A, Elad Y *et al.*, 2018. Combined Infection with *Cucumber green mottle mosaic virus* and *Pythium* Species Causes Extensive Collapse in Cucumber Plants. *Plant Dis* **102**, 753-9.
- Pu F, Ren X-L, Zhang X-P, 2013. Phenolic compounds and antioxidant activity in fruits of six *Diospyros kaki* genotypes. *Eur Food Res Technol* **237**, 923-32.
- Rabadán MP, Juárez M, De Moya-Ruiz C, Gómez P, 2021. Aphid-borne viruses infecting cultivated watermelon and squash in Spain: Characterization of a variant of cucurbit aphid-borne yellows virus (CABYV). *Plant Pathology* **70**, 1476-85.

- Reingold V, Lachman O, Belausov E, Koren A, Mor N, Dombrovsky A, 2016a. Epidemiological study of Cucumber green mottle mosaic virus in greenhouses enables reduction of disease damage in cucurbit production. *Annals of Applied Biology* **168**, 29-40
- Reingold V, Lachman O, Koren A, Dombrovsky A, 2013. First report of Cucumber green mottle mosaic virus (CGMMV) symptoms in watermelon used for the discrimination of non-marketable fruits in Israeli commercial fields. *New Disease Reports* **28**, 11
- Reingold V, Lachman O, Sela N, Luria N, Dombrovsky A, 2016b. Watermelon Fruit Rot Disease in Israel is Caused by a Distinct *Squash vein yellowing virus* (SqVYV) Strain. *Plant Dis* **100**, 1176-83
- Shapiro LR, Salvaudon L, Mauck KE, et al., 2013. Disease interactions in a shared host plant: effects of pre-existing viral infection on cucurbit plant defense responses and resistance to bacterial wilt disease. *PLoS One* **8**, e77393
- Shargil D, Zemach H, Belausov E, et al., 2019. Insights into the maternal pathway for Cucumber green mottle mosaic virus infection of cucurbit seeds. *Protoplasma* **256**, 1109-18
- Sufrin-Ringwald T, Lapidot M, 2011. Characterization of a synergistic interaction between two cucurbit-infecting begomoviruses: Squash leaf curl virus and Watermelon chlorotic stunt virus. *Phytopathology* **101**, 281-9
- Tollenaere C, Lacombe S, Wonni I, et al., 2017. Virus-bacteria rice co-infection in Africa: Field estimation, reciprocal effects, molecular mechanisms, and evolutionary implications. *Frontiers in plant science* **8**, 645
- Tollenaere C, Susi H, Laine A-L, 2016. Evolutionary and Epidemiological Implications of Multiple Infection in Plants. *Trends Plant Sci* **21**, 80-90
- טופורוב ג, גרינהוט צ, לוינגרט ע, בזק ת, צוק-בר א, קחל י, 2019. תזונה מקיימת וביטחון תזונתי בחקלאות בישראל – נתונים כמותיים מגידולי הצומח. משרד החקלאות - דפון.
- רפאל ג, גלעד ז, מאיר א, et al., 2021. טיפולים לצמצום התמוטטותן של דלעות מזן טריפולי באחסון לפני ואחרי קטיף שדה וירק 337, 42-6.