

**שיפור איכות הפרי באבטיח מורכב:
בחינה הורטיקולטורית ופיטופתולוגית של קווי
אבטיח אקזוטיים כבסיס לטיפוח כנות**

עבודת-גמר מוגשת לפקולטה לחקלאות, מזון וסביבה
על שם רוברט ה. סמית של האוניברסיטה העברית בירושלים
לשם קבלת תואר "מוסמך למדעי החקלאות"

מאת
יוליה טיוטיוניק

עבודה זו נעשתה במרכז מחקר נווה יער ובמחלקה לחקר אחסון ואיכות תוצרת חקלאית ומזון, מינהל המחקר החקלאי, מרכז וולקני בית דגן.

בהדרכתם של:

דר' מנחם אדלשטיין, המחלקה לירקות, מינהל המחקר החקלאי, מרכז מחקר נווה יער.
פרופ' אלעזר פליק, המחלקה לחקר תוצרת חקלאית לאחר הקטיף, מינהל המחקר החקלאי,
מרכז וולקני.

דר' רוני כהן, המחלקה לפתולוגיה של צמחים, מינהל המחקר החקלאי, מרכז מחקר נווה יער.

עבודה זו מוקדשת לזכרו של אסף פורת ז"ל שנפטר ממחלת הסרטן במהלך המחקר הנוכחי.
בן 58 היה במוותו. אסף הכין את התשתית למחקר, זרע את החומר הגנטי בשדה,
גידל את הצמחים ודאג להגדלת כמות הזרעים שאפשרה את ביצוע המחקר.
יהי זכרו ברוך.

תודות

מנחם ורוני, תודה מכל הלב על התמיכה המוראלית והמקצועית לכל אורך הדרך, על ההשקעה
ועל הסבלנות האין סופית שגיליתם. למדתי מכם המון.

לאלי ולצוות המיומן של מעבדתנו, בעיקר לשרון וליעקב, שזכו לטעום מעשרות האבטיחים
שגידלנו במחקר זה, על התמיכה והליווי המקצועי והידע שחלקתם עמי.

לכל חברי למחלקת הדלועיים בנווה יער שהיו נכונים לעזור, ביחוד תודה ענקית לדניאל, עוזי,
פביאן, אביבה וגידי שעזרו ונתנו יד, סחבו, הרימו, השקו, ריססו, עישבו ובעיקר התלכלכו.

תודה מיוחדת לאיילה מאיר ולקובי תדמור שתמכו בעבודה עם החומר הגנטי עליו הם אמונים,
על הייעוץ וההדרכה המקצועית.

לפרופ' אברהם גמליאל (גמלי), לאברום גלבוט ולצוות חוות עדן, לד"ר יוג'י אוקה מחוות גילת,
לעמי מדואל ולצוות תחנת "זוהר" בעין תמר, לאמנון קורן מ"חישתיל", על הכנת השתילים
המורכבים, על העזרה ושיתופי הפעולה בבדיקות ובניסיונות השונים שנערכו במסגרת המחקר
ברחבי כל הארץ.

לאדי ולחני מהמיקרוסקופיה במכון וולקני על העזרה וההדרכה בעבודת המיקרוסקופ.
לחוקרים בנווה יער על הנכונות לשתף אותי בידע המקצועי ובניסיון שרכשו בתחומיהם.

להורי על התמיכה האינסופית ועל שהורישו לי את הסקרנות והרצון ללמוד דברים חדשים,
ולבן זוגי רונן על האהבה העצומה שהעניק לי ושעודד אותי במשך עבודה זו.

תקציר

השימוש בירקות מורכבים על כנות עמידות למחלות המועברות בקרקע מתרחב במדינות שונות בעולם, כחלופה לחיטוי קרקע במתיל ברומיד, שנאסר על שימוש. רוב האבטיחים הגדלים במזרח התיכון, כולל בישראל, מורכבים על כנות דלעת (הרכבה בין-מינית), המספקת עמידות רחבת טווח. במקרים מסוימים, הרכבה מסוג זה עלולה להשפיע לרעה על איכות הפירות. הרכבה של אבטיח על כנת דלעת גורמת לעתים קרובות להגדלה ועיוות של הפרי, התקשות ציפת הפרי, יצירת גידים לבנים בלב הפרי ופגיעה ברמת הסוכרים. ההשפעות השליליות בולטות יותר כאשר מדובר בהרכבה של אבטיחי מיני (אבטיח קטן במשקל 1.5-2 ק"ג). הרכבת אבטיח על כנות אבטיח עמידות למחלות (הרכבה תוך-מינית) יכולה למנוע את הבעייתיות הקשורה לאיכות הפרי.

בדיקות של היבול ומדדי איכות לאחר הקטיף נערכו באבטיחי מיני שהורכבו על כנות קווי אבטיח הבר, בהשוואה לאבטיחים שהורכבו על כנות דלעת, או על עצמם. נמצא שההרכבה על כנות הדלעת גרמה לעליה בגודל הפרי וביבול. היבול הגבוה ביותר בצמחים שהורכבו על קווי הבר התקבל בהרכבה על כנת האבטיח PI341. יחד עם זאת, עובי קליפת הפרי באבטיחי מיני שהורכבו על דלעת גדל בהשוואה ללא מורכבים. בנוסף, נצפו אזורים לבנים בפירות מיני ומידי שהורכבו על דלעת, והקשיות בציפת פירות מהצמחים המורכבים הייתה גבוהה יותר בהשוואה לפירות מהצמחים הלא מורכבים. השפעת ההרכבה על כנת דלעת על רמת הסוכר בפרי במחקר זה לא הייתה עקבית. אבטיחי מיני שהורכבו על כנת דלעת הניבו פירות עם תכולת סוכר נמוכה יותר ביחס לפירות הלא מורכבים שלהם, בעוד שאבטיחי מידי שהורכבו על אותן כנות דלעת הניבו פירות עם תכולת סוכר גבוהה, ביחס לפירות הלא מורכבים שלהם. נמצאו גם הבדלים בסוכר ובציון הכללי בין אבטיחים שהורכבו על כנות אבטיחי בר שונות. תכולת הסוכר בפרי באבטיחים שהורכבו על הכנות BDA ו-PI341 הייתה גבוהה, ביחס לאבטיחים שהורכבו על כנת PI609, שבהם הייתה הנמוכה ביותר. בבדיקה של כמה מקווי האבטיח המרים זוהו קוקורביטצינים על ידי אנליזה ב-HPLC בציפת הפרי בשניים מהקווים, PI916 ו-PI341. הקוקורביטצינים ידועים בתרומתם לטעם מר בפירות ממשפחת הדלועיים. מתוך הבדיקות עולה שאין חשש למעבר של התרכובות המרות מהכנות לפרי של הרכב. כמו כן, לא מצאנו שלהרכבה יש השפעה שלילית על רמת הליקופן בפרי, גם לא בהרכבה על כנת PI341 בעלת הפרי שצבע ציפתו לבן.

בנוסף לבדיקות היבול ומדדי איכות לאחר הקטיף, נערכה סקירה באבטיחים למציאת עמידות למחלות קרקע חשובות. הטיפול של כנת אבטיח העמידה למספר פגעים דורשת איתור עמידות שטרם נמצאו או שאינן מוכרות באבטיחים מסחריים ובחומר גנטי מהבר ניתן למצוא לעיתים עמידות למחלות ולפגעי קרקע. בעבודה זו סרקנו אוסף של עשרים ושתיים קווי אבטיחי בר שמקורם ממקומות שונים בעולם ובדקנו את תגובתם למחלות פוזריום הנבילה הנגרמת על ידי הפטרייה *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum* מגזע 2 ופוזריום ריקבון הכתר הנגרמת על ידי הפטרייה *F. oxysporum* f. sp. *radicis cucumerinum*. מצאנו שהקו PI341 הוא היחיד העמיד לחלוטין לפוזריום הנבילה ושיחד עם קווים נוספים (MAL, CON ו-PI075) הוא מראה גם רגישות נמוכה לפוזריום ריקבון הכתר. בנוסף בדקנו בניסויי שדה את תגובתם של קווי אבטיח הבר למחלות ההתמוטטות של הצמח הנגרמות על ידי *Macrophomina phaseolina* ו-*Monosporascus*

Meloidogyne incognita ו-*Meloidogyne javanica* הנמטודות על ידי הליצירת עפצים על ידי הנמטודות *cannonballus*, וליצירת עפצים על ידי הנמטודות *Meloidogyne incognita* ו-*Meloidogyne javanica*. בניסויי השדה שנערכו, כל קווי הבר שנבדקו הוגדרו כרגישים ל-*Monosporascus cannonballus*, אך בבדיקת התגובה ל-*Macrophomina phaseolina*, נמצאו קווי אבטיחים שלא נפגעו ואלו התפתחו באופן נורמלי (MAL, PI260, PI609 ו-PI916). דווקא הקו PI341, שביטא עמידות למחלות פוזריום הנבילה, הראה אחוזי נבילה גבוהים במיוחד והחמות בשורש. למיטב ידיעתנו, השונות בתגובות (כולל עמידות) של אבטיחים ל-*Macrophomina phaseolina*, המהווה פתוגן חשוב בגידול אבטיחים, לא דווחה בעבר. עוד מצאנו שקיימת עמידות לנמטודות בכמה מקווי האבטיח (PI916, PI609, PI750 ו-PI341), ממצא המהווה יתרון בטיפול כנות האבטיח על פני כנות דלעת, משום שכנות דלעת מסחריות רגישות יותר לנמטודות היוצרות עפצים בשורש ביחס לאבטיחים.

המחקר הנוכחי מציג את הזמינות של עמידות לפתוגנים חשובים המועברים בקרקע המאיימים על גידול אבטיחים בישראל ובאזורים דומים במזרח התיכון. הקווים שנסרקו ביטאו תגובות שונות למחלות שנבדקו. הקו PI916 ביטא עמידות לכל הפטריות שנבדקו ולשני מיני הנמטודות. הקו PI341 היה עמיד לפוזריום הנבילה, ובמידה מסוימת גם לפוזריום ריקבון הכתר, אך היה רגיש לפתוגנים אחרים. ההרכבה על כנת PI341 גם הניבה את היבול הגבוה ביותר. לסיכום, הממצאים שהתקבלו במחקר זה מאפשרים טיפוח כנות אבטיח עם רמת עמידות גבוהה לטווח רחב של מחלות המועברות בקרקע שלא ישפיעו באופן שלילי על איכות הפרי. כנות האבטיח העמידות יוכלו להחליף את כנות הדלעת הנמצאות בשימוש היום. בנוסף, הזמינות של אוסף גנטי כזה יוכל לשמש בעתיד ללימוד הגנטיקה של העמידות למחלות ומנגנוני העמידות הקשורים בהן.

תוכן עניינים

| | |
|----|--|
| 1 | תקציר |
| 5 | רשימת קיצורים |
| 6 | 1. מבוא |
| 7 | 2. סקירת ספרות |
| 7 | 2.1. תפוצה והיקף גידולי ירקות מורכבים בישראל ובעולם |
| 8 | 2.2. הרכבה תוך-מינית (Intra-specific) והרכבה בין-מינית (Inter-specific) |
| 9 | 2.3. השפעת הרכבה על יבול ואיכות פרי |
| 10 | 2.4. קוקורביטצינים באבטיחים |
| 10 | 2.5. קרוטנואידיים באבטיחים |
| 11 | 2.6. מחלות המועברות בקרקע הפוגעות בגידולי אבטיח |
| 11 | 2.6.1. מחלת המגלת והפטרייה <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>niveum</i> |
| 11 | 2.6.2. מחלת ריקבון הכתר במלפפון והפטרייה <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>radicis cucumerinum</i> |
| 12 | 2.6.3. הנמטודות <i>Meloidogyne javanica</i> ו- <i>Meloidogyne incognita</i> |
| 12 | 2.6.4. ההתמוטטות הפתאומית של מלונים ואבטיחים והפטרייה <i>Monosporascus cannonballus</i> |
| 13 | 2.6.5. מחלת ריקבון הפחם והפטרייה <i>Macrophomina phaseolina</i> |
| 14 | 3. שיטות וחומרים |
| 14 | 3.1. איכות הפרי באבטיחי מיני מורכבים על כנות דלעת |
| 14 | 3.1.1. אפיון מדדי איכות באבטיחי מיני ומידי מורכבים לעומת לא מורכבים |
| 14 | 3.1.2. בדיקה מיקרוסקופית של תאי הציפה באבטיחים מורכבים לעומת לא מורכבים |
| 15 | 3.2. אפיון הורטיקולטורי של אבטיחי בר |
| 15 | 3.2.1. חומר גנטי |
| 17 | 3.2.2. אפיון פנוטיפי של השונות באבטיחי הבר |
| 17 | 3.2.3. אפיון צימוח של אבטיחי בר לא מורכבים ומורכבים ככנות לאבטיחי מיני – ניסוי עציצים |
| 18 | 3.3. יבול ואיכות של פירות אבטיחי מיני מורכבים שגדלו בשדה חופשי ממחלות |
| 18 | 3.4. בדיקת רמת קוקורביטצינים בציפת הפרי |
| 19 | 3.4.1. אנליזה של תכולת קוקורביטצינים בעזרת HPLC |
| 19 | 3.5. בדיקת ריכוז ליקופן בציפת פירות מצמחים מורכבים לפני ואחרי אחסון |
| 20 | 3.5.1. אנליזה של ריכוז ליקופן באמצעות ספקטרופוטומטר |

| | |
|----|---|
| 20 | 3.6. אפיון תגובה של אבטיחי בר לאילוח בפתוגנים |
| 20 | 3.6.1. אילוח מלאכותי – מבחני עציצים בתאי צמיחה |
| 20 | 3.6.1.1. תגובה לאילוח בפוזריום הנבילה של אבטיח |
| 21 | 3.6.1.2. תגובה לאילוח בפוזריום ריקבון הכתר של מלפפון |
| 21 | 3.6.1.3. תגובה לאילוח בנמטודות יוצרות עפצים |
| 21 | 3.6.2. מבחני שדה |
| 21 | 3.6.2.1. תגובה ל - <i>Monosporascus cannonballus</i> |
| 22 | 3.6.2.2. תגובה ל - <i>Macrophomina phaseolina</i> |
| 23 | 3.7. ניתוח סטטיסטי של התוצאות |
| 24 | 4. תוצאות |
| 24 | 4.1. איכות הפרי באבטיחי מיני מורכבים על כנות דלעת |
| 24 | 4.1.1. אפיון מדדי איכות באבטיחי מיני ומידי מורכבים לעומת לא מורכבים |
| 26 | 4.1.2. בדיקה מיקרוסקופית של תאי הציפה באבטיחים מורכבים לעומת לא מורכבים |
| 26 | 4.1.3. אפיון פנוטיפי של השונות באבטיחי הבר |
| 27 | 4.1.4. אפיון צימוח של אבטיחי בר לא מורכבים ומורכבים ככנות לאבטיחי מיני – ניסוי עציצים |
| 28 | 4.2. יכול ואיכות של פירות אבטיחי מיני מורכבים שגדלו בשדה חופשי ממחלות |
| 36 | 4.3. רמת קוקורביטצינים בציפת הפרי |
| 37 | 4.4. השפעת הרכבה ותקופת אחסון על ריכוז ליקופן באבטיח |
| 37 | 4.5. תגובה של אבטיחי בר לאילוח בפתוגנים |
| 37 | 4.5.1. אילוח מלאכותי – מבחני עציצים בתאי צמיחה |
| 37 | 4.5.1.1. תגובה לאילוח בפוזריום הנבילה של אבטיח |
| 38 | 4.5.1.2. תגובה לאילוח בפוזריום ריקבון הכתר של מלפפון |
| 39 | 4.5.1.3. תגובה לאילוח בנמטודות יוצרות עפצים |
| 41 | 4.5.2. מבחני שדה |
| 41 | 4.5.2.1. תגובה ל - <i>Monosporascus canonballus</i> |
| 42 | 4.5.2.2. תגובה ל - <i>Macrophomina phaseolina</i> |
| 46 | 5. דיון ומסקנות |
| 46 | 5.1. שינוי באיכות פרי באבטיחים מורכבים |
| 49 | 5.2. אפיון תגובה של אבטיחי בר לאילוח בפתוגנים |
| 50 | 5.3. סיכום |
| 51 | 6. מקורות ספרות |

רשימת קיצורים

BHT - Butyl Hydroxy Toluene

ddH₂O - Double-distilled water

FAA - Formalin Acetic Alcohol

Fon - *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum*

Forc - *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis cucumerinum*

HPLC - High Performance Liquid Chromatography

OD - Optical Density

PDA - Potato Dextrose Agar

TBO - Toluidine Blue-O

$\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{sec}$ - Microeinsteins per Second per Square Meter

טמפי (temp) – טמפרטורה (Temperature)

כ.מ.מ. (TSS) – כלל מוצקים מומסים (Total Soluble Solids)

מ"ל (ml) – מיליליטר (Milliliter)

מ"מ (mm) – מילימטר (Millimeter)

מק"ל (μ) – מיקרוליטר (Microliter)

נ"מ (nm) – ננומטר (Nanometer)

סל"ד (rpm) – סיבובים לדקה (Revolutions Per Minute)

ס"מ (cm) – סנטימטר (Centimeter)

סמ"ק (cm³) – סנטימטר מעוקב (Cubic Centimeter)

1. מבוא

השימוש בירקות מורכבים על כנות עמידות למחלות המועברות בקרקע, מתרחב במדינות שונות בעולם, כחלופה לחיטוי קרקע במתיל ברומיד (Edelstein et al., 1999; Cohen et al., 2007; Ristaino and Thomas, 1997). בעבר נמנע הנזק על ידי חיטוי הקרקע לפני השתילה במתיל ברומיד, אך איסור השימוש בחומר בשל רעילותו לסביבה מעמיד בסכנה את המשך גידול הירקות השונים (Anonymous, 2010). גידול האבטיחים בישראל משתרע על שטח של כ-25 אלף דונם והצריכה של מוצר זה היא כ-180,000 טונות (אילוז וחוב', 2012). רוב האבטיחים הגדלים בישראל מורכבים על כנות דלעת (הרכבה בין-מינית). העמידות המוקנית לצמחים על ידי הרכבה היא רחבת טווח ומצליחה בד"כ להתמודד עם מחלות ופגעים המועברים בקרקע (Koren and Edelstein, 2004). אך במקרים מסוימים, ההרכבה משפיעה לרעה על איכות הפירות (Proietti et al., 2008). הירידה באיכות מתבטאת בהתקשות ציפת הפרי, הופעות חלילות או גידים לבנים בלב הפרי ופגיעה ברמת הסוכרים, טעם ומרקם הציפה. הרכבת אבטיח מסחרי על גבי כנות אבטיח עמיד למחלות (הרכבה תוך-מינית) יכולה לפתור בעיות הקשורות להתאם בין הכנה לרוכב ולבעיות איכות הפרי הנובעות מההרכבה על כנות דלעת. ההצלחה בגידול צמחים מורכבים תלויה בהתאמה הורטיקולטורית ופיטופתולוגית בין הכנה לרוכב, ובהתאמת הצמח המורכב לסביבה ולעונת הגידול (Bletsos, 2005). במחקרים שהשוו הרכבות בין מיניות להרכבות תוך מיניות, נמצא שצמחי מלון מורכבים על כנות מלון הניבו יבול רב ואיכותי יותר, בהשוואה למלונים שהורכבו על כנות דלעת (Cohen et al., 2002). גם איכות הפרי במלון שהורכב על כנות מלון, גבוהה מאלו שגדלו על מלונים שהורכבו על כנות דלעת. ההבדל התבטא במופע נאה יותר של הפרי ובטעם וארומה משופרים (פליק וחוב', 2001). לחומר גנטי מהבר שלא טופח לתכונות הורטיקולטוריות משובחות יש לעיתים עמידות למחלות ולפגעי קרקע. שימוש בכנות אבטיחי בר להקניית עמידות למחלות המועברות בקרקע נבדקה בקוריאה ובמקומות אחרים (Lee and Oda, 2002; Davis et al., 2008a). מבין עשרות הקווים שנבדקו, נמצא מגוון של תגובות בין רגישות לעמידות. אך מרבית מחלות אלו אינן רלוונטיות לתנאי האקלים בישראל. הממצאים שדווחו על ידי Lee and Oda (2002) מצביעים על הפוטנציאל של גילוי עמידויות נוספות ועל השימוש בשונות הגנטית הזאת ככנות לאבטיח. היבט נוסף של היתרון בהרכבה תוך-מינית מתייחס לעניין הלכתי הקשור לאיסור כלאיים של הרכבת אבטיח על כנות דלעת (הרכבה בין מינית). לדעת רוב הפוסקים היום, הקישואים והדלעות, המלונים והאבטיחים שונים זה מזה במידה ניכרת, ולכן ראוי להגדירם כמינים נפרדים ולאסור את ההרכבה ביניהם. במדינת ישראל ישנו ציבור גדול של שומרי מצוות, והרכבה תוך מינית (אבטיח על אבטיח) תפתור את נושא איסור הכלאיים. מטרת עבודה זו היא לסרוק ולאתר, מתוך האוסף הגנטי ביחידה לדלועיים בנווה יער, קווי אבטיח בר שיהיו עמידים למחלות חשובות הרלוונטיות למגדלי אבטיח בישראל ובאזורים אקלימיים דומים. למחקר שני תחומי התמקדות עיקריים, פיטופתולוגי והורטיקולטורי. נסקור תגובת קווי אבטיח למחלות חשובות בגידול אבטיחים בישראל הנגרמות על ידי הפטריות *Monosporascus cannonballus* ו-*Macrophomina phaseolionae* הגורמות לריקבונות בשורש ובצוואר השורש ומינים שונים של הפטרייה *Fusarium* הגורמים

למחלות נבילה וריקבון צוואר הגבעול. נלמד גם את התגובות של קווי האבטיח לנמטודות היוצרות עפצים בשורש, *Meloidogyne javanica* ו-*M. incognita*. כמו כן, נלמד את ההשפעות הפיזיולוגיות של הכנה על הרכב, עם דגש על הטעם והארומה של הפרי לאחר הקטיף ולאחר תקופת אחסנה לצורך שיווק. בנוסף, אפיון קווי אבטיחי הבר יאפשר יצירת אוכלוסיות גנטיות שישמשו כחומר מוצא לטיפוח לעמידות באבטיח, ככלי ללימוד הגנטיקה של הורשת עמידות למחלות, וכאמצעי לפיתוח סמנים מולקולריים לעמידות ככלי עזר בטיפוח.

2. סקירת ספרות

2.1. תפוצה והיקף גידולי ירקות מורכבים בישראל ובעולם

ההרכבה בגידולים חקלאיים ידועה בהיסטוריה כבר אלפי שנים. הרכבות תוארו בכתבים שעסקו בחקלאות ביוון העתיקה (אריסטו, 322-384 לפני הספירה; היפוקרטס, 424 לפני הספירה; תאופרסטוס, 287-371 לפני הספירה) ובתקופה הרומית (מרקוס פרוטאוס קטו, "De agri cultura", 148-234 לפני הספירה) (Lee and Mudge et al., 2009; Oda, 2002). בסין נמצא תיעוד להרכבות בספרו של Fan Sheng-Chih Shu (100 לפני הספירה) ובמשנה קיימת התייחסות מיוחדת לצירופי הרכבות בעצי פרי ובירקות (כלאיים א, ז). Mudge et al., 2009). שיטות מפורטות להרכבה בגידולי ירקות תועדו בדלועיים בספר שהתפרסם בקוריאה במאה ה-17 ובספר סיני עתיק שתוארך למאה החמישית (Lee and Oda, 2002). יחד עם זאת, השימוש המסחרי בהרכבות בירקות כפי שאנו מכירים אותו היום התפתח בקוריאה וביפן ב-1950-1960, ונפוץ בעולם המערבי ב-1990 (Lee et al., 2010). Lee and Oda (2002) דווחו שבשנת 2000 אחוז האבטיחים, המלפפונים והמלונים המורכבים ביפן היווה 93, 69 ו-23% מכלל שטחי הגידול של צמחים אלו, בהתאמה. עוד דווח שבקוריאה, אחוז האבטיחים, המלפפונים והמלונים המורכבים בשנת 2000 היווה 94, 83 ו-94% מכלל שטחי הגידול של צמחים אלו, בהתאמה. האיסור שהוטל על השימוש במתיל ברומיד לחיטוי קרקע באמנת מונטריאול (Anonymous, 2010) הוביל לאימוץ נרחב של טכניקת ההרכבה ברחבי מזרח התיכון ובאירופה (Lopez-Galarza et al., 2004; Miguel et al., 2004). הוא הוביל גם לעליה בשימוש בהרכבות בארה"ב ולמחזור גידול עונתי בהיקף של 40 מיליון שתילי עגבניות מורכבים בחממות בצפון אמריקה (Kubota et al., 2008). הדרישה לירקות מורכבים יכולה להשתנות ממדינה למדינה ותלויה בגורמים כגון מחיר הזרעים, מחיר הצמחים המורכבים וההכנסה של המגדל. במקומות כגון טקסס בארה"ב, שם ידוע על אילוח כבד בקרקעות וישנו פוטנציאל רב של נזק לגידולי הירקות, דווח שהמגדלים בוחרים להשתמש באבטיחים מורכבים בתחילת העונה (Cohen et al., 2007). בנוסף, כחלק מהמאמץ העולמי להפחית שימוש במתיל ברומיד, נבדקו מלונים מורכבים על כנות דלעת שונות בגוואטמלה ובהונדורס על ידי UNIDO (United Nations Industrial Development Organization). עקב כך, חלק מהמגדלים בהונדורס עברו לגדל מלונים מורכבים (Cohen et al., 2007).

השימוש בטכניקת ההרכבה בירקות בחקלאות הישראלית החלה רק בשנת 1995. עד אז נהגו להשתמש במתיל ברומיד למניעת מחלות המועברות בקרקע (Klein, 1996). השימוש בשתילי ירקות מורכבים בישראל נפוץ במהירות והוערך בעבר בכ-5 מיליון שתילים לשנה (Cohen et al., 2007). הרוב המוחלט של האבטיחים הגדלים בישראל מורכב על כנות דלעת (אמנון קורן, חישתיל, מידע בעל פה). כל האבטיחים הגדלים בעונה המוקדמת בערבה בדרום ישראל, הנשתלים באמצע החורף ונקטפים באפריל, הינם מורכבים. הרכבת מלונים ומלפפונים פחות נפוצה עקב מחירם הגבוה של השתילים המורכבים אך מציאות זו משתנה והיקפי מלונים ומלפפונים מורכבים גדלים בהתמדה. לאחרונה אף חלה בישראל ירידה דרמטית במחיר שתילי מלפפון מורכבים. שינוי זה נעשה עקב לחץ המגדלים על המשתלות שגרם לעליה דרמטית בשימוש במלפפוני חממה מורכבים על כנות דלעת (יגאל מירון, מדריך מחוזי לירקות, שה"ס, מידע בעל פה). בשנים האחרונות חלה עליה בשימוש בשתילים מורכבים גם בגידולי מלון, בעיקר בעונת הגידול המוקדמת, עונה בה מחירי הפרי גבוהים בשווקים המקומיים ובשווקי היצוא (Cohen et al., 2007). בשתילות של אבטיחים מורכבים, החקלאים נוהגים להקטין את מספר השתילים בשדה, עד כדי 50%. לאבטיחים המורכבים צימוח נמרץ כך שהקטנת עומד השתילה אינו פוגע ביצרנות השדה. שינוי אגרוטכני זה מאפשר רווחיות חרף מחיר השתיל הגבוה פי 5-7 ממחיר שתיל שאינו מורכב. יתר על כן, ההרכבה מגנה מפני הוירוס (Melon Necrotic) MNSV (Spotted Virus) הנישא בקרקע, שלא ניתן למנוע את פגיעתו בעזרת השימוש במתיל ברומיד (Cohen et al., 2007).

2.2. הרכבה תוך-מינית (Intra-specific) והרכבה בין-מינית (Inter-specific)

מניעת נזקי פתוגנים בקרקע יכולה להיות מושגת על ידי הרכבת רוכבים רגישים על גבי כנות עמידות מאותו המין בהרכבה תוך מינית (Intra-specific grafting), או על כנה של צמח מאותה משפחה בוטנית בהרכבה בין-מינית (Inter-specific grafting). הבחירה בכנה מאותו מין או בכנה אחרת מאותה משפחה בוטנית יכולה לנבוע מסיבות שונות. בעגבניות, למשל, ישנה זמינות של אוסף גדול של כנות. כנות אלו הכוללות גנים רבים לעמידויות לפתוגנים שונים; לכן הרכבה תוך-מינית בעגבניות מאד נפוצה (Friedmann et al., 1998; Paplomatas et al., 2000). במלונים ובאבטיחים, לעומת זאת, נהוג להשתמש בהרכבה בין-מינית (הרכבה על דלעת) בגלל היעדר עמידויות רלוונטיות בחומר גנטי מהבר. ההרכבות הראשונות נעשו במזרח אסיה בעיקר על מנת למנוע נבילה הנגרמת מפגיעת הפתוגן *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis*, מבלי לקחת בחשבון את השפעת ההרכבה על כמות או איכות הפירות (Cohen et al., 2002). כל אחת מסוגי הרכבות, תוך- ובין-מיניות, טומנות בחובן מאפיינים הורטיקולטוריים ופיטופתולוגיים חיוביים ושליליים (Cohen et al., 2002; Edelman et al., 1999). כנות דלעת (*Cucurbita*), למשל, מספקות טווח הגנה נגד קשת רחבה של פתוגנים בקרקע וכנגד מספר עקות א-ביוטיות, אבל כנות אלו עלולות להשפיע לרעה בחלק מן המקרים על איכות וגודל הפרי (Trionfetti et al., 2002). בנוסף, הרכבת מלון על מלון יכולה להיות יעילה ביותר נגד פוזריום הנבילה אבל רק במקרים בהם הוא הפתוגן העיקרי בקרקע (Cohen et al., 2007). מלונים רגישים

המורכבים על כנות מלון עמידות, מבטאים פחות בעיות הורטיקולטוריות הקשורות להתאמה בין רוכב-כנה, אבל העמידות לעתים קרובות מוגבלת רק לפתוגן יחיד, או לגזע פיזיולוגי אחד של הפתוגן.

2.3 השפעת הרכבה על יבול ואיכות פרי

יבול ואיכות פרי באבטיחים מושפעים רבות מההרכבה ומהבחירה בכנות שונות. ההשפעה על הפרי יכולה להתבטא דרך גורמים שונים כגון רמות pH, תכולת הסוכר, צבע, תכולת קרוטנואידים ומרקם הפרי (Davis et al., 2008b). יחד עם זאת, ישנם דיווחים רבים על השינויים באיכות הפירות עקב הרכבה אשר סותרים זה את זה. ההבדלים בדיווחים יכולים לנבוע מסביבות גידול שונות, סוג הכנה, אינטראקציות ספציפיות בין כנות לרוכב ומועד הקטיף. מאחר והרכבה יכולה להשפיע על מועד הפריחה והקטיף, ישנו קושי לקטוף פירות בשלים מצמחים מורכבים ומצמחי ביקורת שאינם מבשילים באותו זמן. בעיה זו יכולה להוביל לתוצאות לא עקביות. ההתאמה בין כנה לרוכב היא תהליך שמוסת הורמונלית (Aloni et al., 2010) ונקבע, בין היתר, על ידי המהירות והאיכות של יצירת הקשר ביניהם. מרבית המחקרים מצביעים על כך ששינויים ברוכב מווסתים על ידי הכנה דרך טרנסלוקציה, סינתזה וקליטה מבוקרת של הורמונים צמחיים, מינרלים ומים (Lee and Oda, 2002). הרכבה יכולה להשפיע על קליטה וטרנסלוקציה של זרחן, חנקן, מגנזיום וסידן (Ikeda et al., 2000; Hu, 1986; Kim and Lee, 1989; Ruiz et al., 1997; Pulgar et al., 2000). בקליטת הנוטריינטים משפר את הפוטוסינתזה, בעיקר בתנאים שבהם יש רמות קרינת אור ורמות CO₂ נמוכות, כגון אלו הקיימים בחממות סולריות במהלך חודשי החורף. בתנאים אלה הצמחים המורכבים יכולים להניב יבול גבוה יותר, לפעמים עם איכות פרי טובה יותר (Chuanqiang et al., 2005).

דיווחים על פגיעה באיכות הפרי בהרכבת צמחי אבטיחים כוללים ירידה בכלל מוצקים מומסים (כ.מ.מ.), עליה בכמות הסיבים בציפה, עיבוי הקליפה, שינוי בטעם ובמרקם הציפה (Lee and Oda, 2002; Yamasaki et al., 2007; Alexopoulos et al., 1994). יחד עם זאת, דיווחים רבים מראים השפעות חיוביות על האיכות בפירות של אבטיחים מורכבים, הכוללים עליה בסוכר ובתכולת הליקופן (Salam et al., 2002; Davis and Perkins-Veazie, 2005). דיווחו (Yetisir, 2003) וחובו (2003) דיווחו שהאיכות של האבטיח הושפעה רבות עקב ההרכבה אך הם ציינו שהתוצאות היו תלויות כנה. בעוד שבשימוש בכנות של *Cucurbita* נראתה השפעה שלילית על מדדי האיכות והיבול, השימוש בכנות *Lagenaria* הראה השפעה חיובית על היבול אך לא היה שונה בהשפעתו על מדדי האיכות ביחס לביקורת. במחקר אחר שנעשה, Miguel וחובו (2004), מצאו שאין הבדל בסוכר של אבטיחים שהורכבו על כנות הדלעת *Cucurbita maxima* x *C. moschata* ביחס לביקורות. קיימת הסכמה בקרב החוקרים על כך שכנות שונות יכולות להשפיע על הגידול והיבול של צמחי הרוכב ומחקרים רבים מצביעים על כך שהרכבה יכולה לגרום להגדלה של הפרי באבטיחים (Miguel et al., 2004; Alexopoulos et al., 2007; Salam et al., 2002; Davis and Perkins-Veazie, 2005; Colla et al., 2006). מחקרים נוספים מראים שההרכבה של אבטיחים על כנות דלעת, למשל, גורמת בדרך כלל להגדלת און הצימוח (vigor), הגדלת הפרי

והיבול (Alexopoulos et al., 2007; Davis and Perkins-Veazie, 2005; Cushman and Huan, 2006). התוצאות השונות מדגישות את החשיבות של לימוד צירופי הכנות עם רוכבים שונים תחת תנאים גאוגרפיים ואקלימיים מגוונים ככל האפשר.

2.4. קוקורביטצינים באבטיחים

הקוקורביטצינים הינם קבוצת חומרים שבודדו במקור מצמחים ממשפחת הדלועיים (*Cucurbitaceae*) ומכאן שמם. למרות שדווח שקוקורביטצינים נמצאו בפירות של אבטיח תרבותי ואבטיחי בר, מלונים, מלפפונים ומספר זני דלעת (Gry et al., 2006), נמצא שהם נוכחים גם בצמחים ממשפחות בוטניות רבות נוספות והם אף נמצאו ובודדו מפטריות ומרכיכות בים (Chen et al., 2005). הקוקורביטצינים מורכבים מקבוצה מגוונת של טריטרפנים הידועים בטעמם המר וברעילותם. הם מאופיינים במבנה בסיסי טטרקציקלי ויש להם יכולות חמצון שונות כתלות במיקום מולקולות החמצן. למולקולת הקוקורביטצין יכול להיות מחובר גם שייר סוכר (גליקוזיד). כיום ידועים קוקורביטצינים שונים שמרביתם מסווגים בקבוצות A-T, כאשר כל אחד מהחומרים מאופיין במבנה ובפעילות ביולוגית שונה (Rehm and Wessels, 1957). טעמם המר יכול להיות מזוהה על ידי אדם בריכוזים מאד נמוכים. לפי מאמרם של Gry וחובי (2006), אדם יכול לחוש את טעמו של קוקורביטצין E שאליו מחובר גליקוזיד כבר בריכוז של 2 ppm. הקוקורביטצינים התפרסמו בחשיבותם בעיקר עקב הציטוטוקסיות שלהם והם קיבלו חשיבות רבה במחקר רפואי לריפוי מחלות סרטן. אך השימוש בקוקורביטצינים ברפואה התגלה כבעייתי עקב חוסר הספציפיות של הרעילות, ולכן בפועל נעשה שימוש מועט מאד בחומרים אלו כתרופות (Chen et al., 2005). בנוסף לכך, מחקרים הראו שחשיפה לקוקורביטצינים במינונים נמוכים יחסית, עלולה לגרום לשלשול ואף לפגיעה בפוריות הכוללת הפלה בנשים הרות (Chen et al., 2005). חלק מקווי האבטיח ששימשו במחקר ככנות מניבים פרי בעל טעם מר וייתכן שמקורו בקוקורביטצינים. על פי הידוע בספרות, במיני האבטיחים של *Citrullus* נמצא בעיקר קוקורביטצין E (Rehm and Wessels, 1957) והוא יכול להימצא בשורשים (Gry et al., 2006; Enslin and Rehm, 1958), בעלים ובפרי (Gry et al., 2006). לכן במחקר זה נבדק האם ישנו מעבר שלו על ידי הרכבה, מהכנה אל הרוכב. ככל הידוע לנו, לא פורסמו מחקרים שבדקו הנחה זאת באבטיחים או בצמחים אחרים.

2.5. קרוטנואידים באבטיחים

קרוטנואידים הם פיגמנטים בלתי מסיסים במים, שכיחים מאד בפירות וירקות. הצטברות קרוטנואידים בפלסטידות של עלים, פרחים ופירות תורמים לרקמת הצמח גוונים של אדום, כתום וצהוב. במקרים רבים, הרכב הקרוטנואידים מעניק לפרי את צבעו האופייני. הצבע האדום של ציפת פרי העגבנייה והאבטיח נגרם על ידי הצטברות ליקופן בעוד שהצבע הכתום של הדלעת והגזר נגרם על ידי הצטברות של בטא-קרוטן ברקמת הפרי (Lewinsohn et al., 2005). הקרוטנואידים משמשים בין היתר כחומרי מוצא לויטמין A וכנוגדי חמצון ולכן תורמים לערך תזונתי גבוה וחשובים לתפקוד התקין של מערכות רבות בגוף האדם (de Pee and West,).

1996). בנוסף, לצבע הפרי חשיבות באפקט הפסיכולוגי המשפיע על בחירת המזון על ידי הצרכנים (Clydesdale, 1993; Koch and Koch, 2003). בניגוד לעגבניות, אשר לעתים קרובות מעובדות למוצרי מאכל העשירים בליקופן, מרבית האבטיחים נצרכים כפרי טרי (Perkins-Veazie et al., 2002), לכן באבטיח ישנה חשיבות לתכולת הליקופן בפרי הטרי. על פי הספרות, תכולת הליקופן באבטיח גבוהה יותר ביחס למרבית זני העגבניות (Holden et al., 1999) וזאת בהתבסס על דוגמאות מאבטיחים מסחריים שבהם נצפו רמות ליקופן של עד $48.7 \mu\text{g/g}$ משקל טרי (Perkins-Veazie et al., 2001, 2002). בבדיקת 11 זני אבטיחים שונים עם צבע ציפה אדום נמצאו רמות שונות של ליקופן, חלקן מעל $65.0 \mu\text{g/g}$ משקל טרי. באותו מחקר דווח גם על הבדלים בתכולת הליקופן באבטיחים בין עונות שונות (Perkins-Veazie et al., 2001). הדיווחים על השפעת ההרכבה על תכולת הליקופן בפרי בספרות אינם עקביים. הרכבה יכולה להעלות את תכולת הליקופן (Davis and Bruton, 2008; Perkins-Veazie, 2005), או לא להשפיע כלל על תכולת הליקופן (Bruton et al., 2009). במחקר זה נבדוק האם ישנה השפעה של ההרכבה ושל תקופת אחסנה של הפרי על תכולת הליקופן.

2.6. מחלות המועברות בקרקע הפוגעות בגידולי אבטיח

2.6.1. מחלת המגלת והפטרייה *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum*. מחלת פוזריום הנבילה (מגלת) של האבטיח נגרמת על ידי *F. oxysporum* f. sp. *niveum* (Fon). מדובר באחד מהפתוגנים המדווחים ביותר בספרות המקצועית הפוגעים בגידולי אבטיח ברחבי העולם, ושדרך ההתמודדות העיקרית עמו היא בשימוש בשתילים מורכבים (Lopez-Galarza et al., 2004; Miguel et al., 2004). המחלה תוארה לראשונה בארה"ב (Smith, 1894). בישראל, הפתוגן נפוץ בעיקר בשטחי קרקע בעמקי הצפון אך לא בקנה מידה המגביל את גידולי האבטיח (Cohen et al., 2007). ידועים ארבעה גזעים פיזיולוגיים של הפטרייה: 0, 1, 2 וגזע 3, החדש יחסית (Zhou et al., 2010). קיימים זני אבטיח העמידים חלקית לגזעים 0 ו-1 (Wechter et al., 2012), אך העמידות עלולה להישבר תחת רמות מידבק גבוהות (Martyn and Vakalounakis, 2012). כמו כן, לא ידוע על זנים מסחריים עמידים ל-*Fon* מגזע 2 הזמינים למגדלים.

2.6.2. מחלת ריקבון הכתר במלפפון והפטרייה *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis cucumerinum*. המחלה הנגרמת על ידי *F. oxysporum* f. sp. *radicis cucumerinum* (Forc), חדשה יחסית בישראל. היא נמצאה לראשונה בישראל בשנת 2000 (Cohen et al., 2007) ועד לאחרונה המחלה התגלתה ונחקרה בארץ רק במלפפונים (עומרי וחובי, 2009; מור וחובי, 2009; מירון ומור, 2009). בניגוד למחלות פוזריום הנבילה המוכרות של הדלועיים הספציפיות לסוג מסוים ואפילו לזנים שונים באותו הסוג, *Forc* אינו ספציפי למלפפון ויכול לפגוע גם בצמחי אבטיח (Karaca and Kahveci, 2010) ולעכב נביטה (Moreno et al., 2001). לאחרונה, נפוצה המחלה במלונים בערבה ובחבל לכיש. בחורף 2011 פגעה המחלה בקו טיפוח של מלון

בחממות נווה יער וגרמה לו לנזק רב. דיווחים על נזקי המחלה התקבלו כבר בשנים 1989 ביוון, ב-1994 בקנדה, ב-1998 בצרפת וב-1999 בספרד (Pavlou et al., 2002; Punja and Parker, 2000; Vakalounakis et al., 2005; Rose et al., 2003). ניסויים להדברת המחלה או להפחתת הנזקים נערכו במקומות בהם דווחה המחלה. האמצעים להפחתת נזקי המחלה כללו בין היתר הדברה ביולוגית בעזרת מיקרואורגניזמים אנטגוניסטיים (Rose et al., 2003) ותוספת של שאריות צמחים לקרקע (Pavlou and Vakalounakis, 2005), הדברה כימית על ידי יישום פונגיצידיים במהלך הגידול (מור וחובי, 2009) ושימוש בצמחים מורכבים (עומרי וחובי, 2009; Pavlou et al., 2002). כיום נראה שהדברה כימית על ידי תכשירי פרוכלוראז (מור וחובי, 2009) והשימוש בצמחים מורכבים (מירון ומור, 2009) הם היעילים ביותר בהתמודדות עם הפתוגן.

2.6.3. הנמטודות *Meloidogyne javanica* ו-*Meloidogyne incognita*. הנמטודות *M. incognita* ו-*M. javanica* ידועות כנמטודות היוצרות עפצים בשורש בטווח רחב של צמחי תרבות כולל אבטיח. כמו כן, ידוע שהן מעלות את הרגישות למחלת פוזריום הנבילה (Sumner and Johnson, 1973). טרם ידוע על עמידויות גנטיות לנמטודות אלו בדלועיים מסחריים. כנות מסחריות המשמשות היום להרכבה באבטיחים, כגון *Lagenaria siceraria* ו-*Cucurbita moschata* × *C. maxima*, ידועות כרגישות מאד לנמטודות אלו, ומיני צמחים אלו רגישים אף יותר מאשר אבטיחים לא מורכבים (Edelstein et al., 2010; Thies et al., 2010). במחקר שנערך בדרום קליפורניה על ידי Siguenza וחובי (2005) נמצא שמלונים רגישים שהורכבו על כנות מלון ודלעת היו בעלי שיעור נמוך יותר של עפצים ביחס למלונים הלא מורכבים, אבל בסיום הניסוי שיעור העפצים היה דומה במלונים המורכבים והלא מורכבים. נראה שההרכבה מנעה את הירידה בגידול ועצרה את גידול אוכלוסיית הפתוגן. משמע, ההרכבה הפכה את הצמחים לסבילים לנמטודות אך לא עמידים אליהם. ניסיונות שנעשו בחממות להעריך את התגובה של כנות דלעת לנמטודות *M. javanica* הראו הבדל ברגישות, ושני קווי דלעת מתוך 23 שנבדקו לא הראו עפצים כלל (Cohen et al., 2007). העפצים שנראו על שורשי כנות הדלעת האחרות היו קטנים ביחס לעפצים על שורשי המלון, האבטיח והמלפפון שנבדקו באותם ניסיונות. ככל הידוע לנו, לא ידוע על כנות דלעת עמידות לנמטודות יוצרות עפצים. אי זמינות תכונה זו עלולה לסכן צמחים מורכבים שישתלו בקרקע מאולחת בנמטודות. מספר ניסיונות נעשו על מנת למצוא מקור לעמידות (Edelstein et al., 2010; Thies et al., 2010; Thies and Levi, 2007) ועד כה נמצאו מספר קווים מאבטיחי הבר מהזן *citroides* כעמידים יחסית ל-*M. incognita* (Thies and Levi, 2007), היכולים לשמש ככנות לאבטיחים (Thies et al., 2010).

2.6.4. ההתמוטטות הפתאומית של מלונים ואבטיחים והפטרייה *Monosporascus cannonballus*. מבין מחלות הדלועיים המועברות בקרקע, המחלה העיקרית המסכנת גידולי אבטיח ובעיקר מלון במקומות בעלי אקלים יבש ומדברי, היא ההתמוטטות הפתאומית וריקבון השורש הנגרמים על ידי הפטרייה *M. cannonballus* (Martyn and Miller, 1996). מחלה זו נפוצה בישראל בעיקר בדרום הארץ, ברמת נגב

ובערבה (Cohen et al., 2005). התפתחות המחלה בשדה מתרחשת בטמפרטורות קרקע חמות (מעל 25°C) (Cohen et al., 2007). בעבר נמנעו נזקי המחלה על ידי חיטוי קרקע במתיל ברומיד שיושם טרום שתילה אך כעת חל איסור על השימוש בו (Edelstein et al., 1999). למרות שנמצאו פונגיצידיים המסוגלים להקטין את נזקי המחלה עדיין אין בנמצא חומר לחיטוי קרקע הדומה ביעילותו למתיל ברומיד להדברת המחלה. ממחקרם של Cohen וחובי (2007) עולה כי השילוב של הרכבה והשימוש בריכוזים נמוכים של מתיל ברומיד הוביל ל-75 עד 100% פחיתה בנבילה בצמחים המורכבים ביחס לחלקות הלא מורכבות. בשנים האחרונות, עקב מציאת צירופי כנה ורוכב יעילים עלתה יעילות השימוש בצמחים מורכבים לצורך התמודדות מול נזקי הפטרייה (Cohen et al., 2012).

2.6.5. מחלת ריקבון הפחם והפטרייה *Macrophomina phaseolina*. מחלת ההתמוטטות נוספת באבטיחים נגרמת על ידי הפטרייה *M. phaseolina*. מחלה זו נקראת גם מחלת ריקבון הפחם (charcoal rot) על שם קישיונות הפטרייה השחורים המכסים את אזור צוואר השורש הנרקב. הפטרייה שבעבר נקראה *Rhizoctonia bataticola* (Abawi and Corrales, 1990), יכולה לגרום להתמוטטות שדות בהיקף נרחב ולפגוע בכ-500 מיני צמחים שונים (Su et al., 2001). לפטרייה זו תפוצה גאוגרפית רחבה והיא נמצאת באפריקה, אסיה, אירופה וצפון ודרום אמריקה אך היא בעייתית ביותר באזורים טרופיים וסב-טרופיים עם אקלים יבש וחצי-יבש (Kaur et al., 2012). בשנות השבעים והשמונים של המאה שעברה גרמה לנזק רב בגידולי מלונים אשר הובילו לירידה דרמטית בגידול מלונים בצפון הנגב (Krikun et al., 1982; Reuveni et al., 1982). התפתחות הריקבון מזוהת בתנאי עקה כגון טמפרטורות גבוהות (28-35°C) ומחסור במים (Bressano et al., 2010). בנוסף, למרות שהפטרייה מסוגלת לאלח צמחים בכל שלב, האילוח הראשוני מתרחש לרוב בשלב הצעיר של הגידול אך הסימפטומים נראים רק בשלבים מאוחרים יותר של התפתחות הצמח, לאחר הפריחה (Gupta et al., 2012). הסימפטומים הכוללים התייבשות של הנוף ונבילה גורמים להפחתה ניכרת ביבול (Bressano et al., 2010). הפטרייה יכולה לשרוד בקרקע באמצעות יצירת קישיונות העמידים לתנאי סביבה קשים בעזרתם הם יכולים לשרוד בקרקע במשך עשרות שנים (Meyer et al., 1974). בשנים האחרונות, *M. phaseolina* מהווה את הפטרייה העיקרית המבודדת משורשי מלונים ואבטיחים שהתמוטטו במרבית שטחי הגידול בצפון ישראל, והשימוש בצמחים מורכבים בדלועיים מהווה כיום פתרון יעיל להתמודדות עם גורם המחלה (Cohen et al., 2012).

3. שיטות וחומרים

3.1. איכות הפרי באבטיחי מיני מורכבים על כנות דלעת

3.1.1. אפיון מדדי איכות באבטיחי מיני ומידי מורכבים לעומת לא מורכבים

אבטיחי מיני (אבטיח קטן במשקל 1.5-2 ק"ג) מהזן המסחרי Extazy (הזרע ג'ינטיקס, ישראל) ואבטיחי מידי (אבטיח בינוני במשקל 3 ק"ג). מהזן המסחרי Leopard (הזרע ג'ינטיקס, ישראל) הורכבו על כנת דלעת מהזן TZ-148 (*Cucurbita maxima* Duchesne × *Cucurbita moschata* Duchesne) (Tezier, צרפת) ונשתלו בשדה חופשי ממחלות בנווה יער באביב 2011. אותם אבטיחים נשתלו במקביל גם כלא מורכבים. ההרכבות נעשו על ידי חברת חישתיל, בטכניקת הרכבה הכוללת חיתוך אלכסוני של הצמח על ידי הסרת פסיג אחד והשאתר השני במקומו והצמדת הרוכב לכנה בעזרת אטב הרכבות (Sakata, יפן). בהרכבה עצמית הורכב אותו צמח על עצמו. כל טיפול נשתל בחלקה בודדת שבה 10 צמחים. במהלך תקופת הגידול היו שני מועדי קטיף (65 ו-72 ימים משתילה) שבהם נבדקו 3 אבטיחים מכל חלקה. הפירות נשקלו ומדדי איכות פרי תועדו: עובי הקליפה (מ"מ); אורך ורוחב הפרי (ס"מ); צבע ציפה (תואר במילים: אדום/ורוד/לבן); קושיות הציפה נבדקה בעזרת מד קושי חודר עם ראש 8 מ"מ (Silverado, ארה"ב) והתוצאות בוטאו בניוטון (N); כלל מוצקים מומסים (כ.מ.מ). נבדק על ידי סחיטת מיץ הציפה על גבי רפרקטומטר דיגיטאלי (Atago, יפן) כאשר התוצאות בוטאו כאחוז סוכר (Brix%).

3.1.2. בדיקה מיקרוסקופית של תאי הציפה באבטיחים מורכבים לעומת לא מורכבים

























פירות אבטיחי מיני מהזן Extazy, מצמחים מורכבים על כנת דלעת ולא מורכבים, נבדקו להבדלים בגודל וצורת תאי הציפה. הפירות נחתכו לרוחב במרכז למקטעים של כ-0.5 ס"מ. המקטעים קובעו בתמיסת FAA (Formalin-Acetic-Alcohol) (10% Formaldehyde, 5% Acetic Acid, 50% Ethanol) למשך 24 שעות ועברו סדרת דהידרציות על ידי השרייתם בריכוזים שונים של אתנול (Ethanol): טרט-בוטנול (Tert-butanol) (פינקלמן כימיקלים בע"מ) (75%:25%, 55%:45%, 35%:50%, 20%:50%, 10%:40% בהתאמה). לאחר ייבושן קובעו הדוגמאות בפארפין מומס ב-60°C (Paraplast plus), (Oxford Labware St. Louis U.S.A.). הכנת החתכים בוצעה על ידי חיתוך הדוגמאות במכשיר מיקרוטום מסוג Leica RM2245 (Leica) (Sigma-Aldrich, St) (Toluidine blue-O) TBO נבצעו ב-Microsystems, Wetzlar, Germany). החתכים נבצעו ב-Louis, MO) המשמש לצביעה דיפרנציאלית של דפנות תאים. כל החתכים שהוכנו צולמו במיקרוסקופ אור (DMLB 100S).

3.2. אפיון הורטיקולטורי של אבטיחי בר










3.2.1. חומר גנטי

הניסויים שיתוארו במחקר זה נערכו ב-22 קווי אבטיחי בר (*Citrullus lanatus* (Thumb.) Matsum. & Nakai) שנבחרו מאוסף גנטי הקיים ביחידה לדלועיים בנווה יער (טבלה 1). לבדיקת תגובות לפוזריום ריקבון הכתר של המלפפון ולנמטודות יוצרות עפצים השתמשנו כביקורת בצמחי מלפפון (*Cucumis sativus* L.) מהזן בית אלפא ובצמחי מלון (*Cucumis melo* L.) מהזן עין דור הרגישים לפתוגנים אלו.

טבלה 1. קווי אבטיחי בר ששימשו לניסויים במהלך עבודה זו.

| <u>Abbreviation</u> | <u>Accession</u> | <u>Country of Origin</u> | <u>Seeds</u> | <u>Fruit</u> | <u>Flesh</u> |
|---------------------|-----------------------|--------------------------|--|---|---|
| BDA | Black Diamond | USA |  |  |  |
| CON | Congo | Congo |  |  |  |
| COS | Cream of Saskatchewan | Russia |  |  |  |
| EMO | Early Moonbeam | USA |  |  |  |
| HUN | Hungarian | Hungary |  |  |  |
| KAQ | King and Queen | USA |  |  |  |
| MAL | Malali | Israel |  |  |  |
| NWAU | NWAU-8 58770 | China |  |  |  |

| <u>Abbreviation</u> | <u>Accession</u> | <u>Country of Origin</u> | <u>Seeds</u> | <u>Fruit</u> | <u>Flesh</u> |
|---------------------|-------------------|-----------------------------|--|---|---|
| RSC | Red Seeded Citron | Africa |  |  |  |
| WAN | Wanli | Philippines |  |  |  |
| WIS | WIS | No Data |  |  |  |
| PI549 | PI 270549 | Ghana |  |  |  |
| PI481 | PI 273481 | Ethiopia |  |  |  |
| PI341* | PI 296341 | Cape Province, South Africa |  |  |  |
| PI609 | PI 307609 | Nigeria |  |  |  |
| PI750 | PI 307750 | Philippines |  |  |  |
| PI515 | PI 326515 | Ghana |  |  |  |
| PI722 | PI 441722 | Brazil |  |  |  |
| PI916 | PI 457916 | Liberia |  |  |  |

| <u>Abbreviation</u> | <u>Accession</u> | <u>Country of Origin</u> | <u>Seeds</u> | <u>Fruit</u> | <u>Flesh</u> |
|---------------------|------------------|--------------------------|--|---|---|
| PI075 | PI 459075 | Botswana |  |  |  |
| PI260 | PI 482260 | Zimbabwe |  |  |  |
| PI318 | PI 482318 | Zimbabwe |  |  |  |

*כל הקווים הינם *Citrullus lanatus* var. *lanatus*, מלבד הקו PI341 שהינו *Citrullus lanatus* var. *citroides*.

3.2.2. אפיון פנוטיפי של השונות באבטיחי הבר

זרעי אבטיחים מקווי הבר נזרעו וגודלו בשדה בנווה יער באביב 2010. האפיון כלל תיעוד מדדים ע"פ המפורט בפרוטוקול ה-ECPGR (European Cooperative Programme for Plant Genetic Resources) (Díez et al., 2005): כ.מ.מ. (%Brix); אופי צימוח (1-שיחי, 2-שרוע); צורת עלה ורמת סיעוף שניוני (3-חלש, 5-ביניים, 7-חזק); צורת פרי (1-שטוח, 2-עגול, 3-אליפטי רחב, 4-אליפטי, 5-אגסי, 6-מוארך); צבע קליפה ראשי (1-ירוק בהיר, 2-ירוק ביניים, 3-ירוק כהה, 4-לבן, 5-צהוב, 6-חום); צבע קליפה משני (0-ללא, 1-אטום, 2-מפוספס, 3-מנוקד, 4-מעורב); צבע פסים בקליפה (1-ירוק בהיר, 2-ירוק ביניים, 3-ירוק כהה, 4-לבן, 5-צהוב, 6-חום); צבע ציפה (1-אדום, 2-ורוד, 3-צהוב קנרי, 4-צהוב סלמון, 5-לבן, 6-מעורב, 7-כתום, 8-ירוק); פיזור חריצים (0-ללא, 1-בחלק הבזאלי, 2-בחלק האפיקלי, 3-בכל הפרי); מרירות פרי (0-ללא, 1-מעט מר, 2-מר).

3.2.3. אפיון צימוח של אבטיחי בר לא מורכבים ומורכבים ככנות לאבטיחי מיני – ניסוי עציצים

שישה עשר קווי אבטיח בר מורכבים ולא מורכבים נשתלו בבית רשת בנווה יער בספטמבר 2010. כל טיפול נשתל ב-5 חזרות, בעציצים עם תערובת כבול (Plug mix, Klasmann, גרמניה): וורמקוליט (מסי 3, אגריקל תעשיות הבונים, ישראל) (ביחס נפחי של 1:3, בהתאמה). אבטיחי הבר שימשו ככנות שעליהם הורכב אבטיח מיני מסחרי מהזן מיניפול (חישתיל, ישראל). שיטת ההרכבה תוארה בסעיף 3.1.1. לאחר תקופת גידול של 32 ימים הצמחים נבדקו למדדים של אורך הגבעול ולמשקל הצמח כולו.

3.3. יבול ואיכות של פירות אבטיחי מיני מורכבים שגדלו בשדה חופשי ממחלות

באביב 2011 נשתלו בשדה בנווה יער שתילי אבטיח מהזן Extazy מורכבים על 21 קווי אבטיחי בר ששימשו ככנות. הקרקע באזור מאופיינת כקרקע כבדה. גודל חלקת הניסוי היה באורך 10 מטר וברוחב 1.92. השתילים נשתלו במרווחים של 1 מטר והניסוי הוצב בשיטת הבלוקים באקראי, ב-4 חזרות, כאשר בכל חזרה נשתלו 8 צמחים ועוד 2 שתילי מפרה להאבקה מהזן Crimson Sweet (הזרע, ישראל). אבטיחי מיני Extazy לא מורכבים, ומורכבים על עצמם (self-grafted) שימשו כביקורות. שיטת ההרכבה תוארה בסעיף 3.1.1. לאחר תקופת גדילה של 72 ימים האבטיחים נקטפו ונשקלו. שני טיפולי הביקורת ואבטיחים שהורכבו על 5 קווי אבטיחי בר (PI341 ו-PI609, MAL, CON, BDA) נבחרו לבדיקות מדדי איכות לפני ואחרי אחסון. קווי בר אלו נבחרו כי מצאנו בהם עמידויות למחלות שונות המועברות בקרקע. מכל טיפול הועברו 20 אבטיחים למחלקה לחקר אחסון ואיכות תוצרת חקלאית ומזון בבית דגן לצורך הדמיית אחסון לשוק המקומי בטמפ' של 20°C למשך 6 ימים בלחות של כ-70%, כאשר 8 אבטיחים נבדקו למדדי האיכות בהגיעם לאחסון ו-8 אבטיחים נוספים נבדקו בתום תקופת האחסנה. מדדי האיכות שנבדקו הם עובי הקליפה (מ"מ); מצב ציפה (בסולם של 1 עד 3, כאשר 1=ממוטט, 3=קריספי); צבע הציפה (בסולם של 1 עד 3, כאשר 1=ורוד, 3=אדום), כלל מוצקים מומסים (כ.מ.מ. (%Brix); קשיות הציפה נבדקה בעזרת מד קושי חודר עם ראש 6 מ"מ והתוצאות בוטאו בניוטון (N); טעם (בסולם של 1 עד 3, כאשר 1=גרוע, 3=מצוי); סיב מרכזי (בסולם של 0 עד 3, כאשר 0=ללא סיבים, 3=סיב עבה); זרעים (בסולם של 1 עד 3, כאשר 1=מעט לבנים, 3=הרבה ושחורים); ציון כללי (בסולם של 1 עד 5, כאשר 1=גרוע, 5=מצוי). הציון הכללי נקבע על ידי צוות של 3 טועמים, ומבוסס על תמהיל של הפרמטרים הבאים: צבע ציפה, קשיות, מצב ציפה, נוכחות גרעינים, סיבים, סוכר וטעם. חזרה על הניסוי התבצעה באביב 2012 עם אותם 5 קווי אבטיחי בר מורכבים ושני טיפולי ביקורת זהים. בנוסף לטיפולים הנ"ל נבדקו שתי כנות דלעת AQ (אוריגין, ישראל) ו-TZ-148 שעליהן הורכב אבטיחי מיני Extazy.

3.4. בדיקת רמת קוקורביטצינים בציפת הפרי

שלושה קווי אבטיח בר שנבדקו בקיץ 2010 ונמצאו במבחני טעימה כבעלי טעם מר, נבדקו בניסוי זה. רמת הקוקורביטצינים נבדקה בפרי של הקווים ששימשו ככנה ובפרי של הרוכב וזאת כדי לבדוק האם המרירות עוברת לפרי של הצמח המורכב. האבטיחים נשתלו באביב 2011 בשדה בנווה יער כלא מורכבים, וככנות שעליהן הורכב אבטיח מיני בעל טעם מתוק מהזן Extazy. זן זה שימש כביקורת ונשתל כלא מורכב. שיטת ההרכבה תוארה בסעיף 3.1.1. נשתלו 4 צמחים מכל קו. בהבשלה, הפירות נקטפו ועברו מבחן טעימה. לאחר מכן רקמת הציפה מכל פרי נטחנה בעזרת מטחנת IKA (דגם A11 basic, IKA, גרמניה) עם חנקן נוזלי. כל 3 אבטיחים עורבבו לדוגמא אחת. הדוגמאות נשמרו במבחנות של 50 מ"ל במקפא בטמפ' של -80°C עד למיצוי.

למבחנת זכוכית בנפח 16 מ"ל שהכילה 5 מ"ל מים מזוקקים הוסף 1 מ"ל רסק של ציפת האבטיח. הדוגמא עורבבה עם המים כדקה בוורטקס (M.R.C, VM-1000, ישראל). הדוגמאות הודגרו במטלטלת למשך לילה אחד (12 שעות). למבחנות עם הדוגמא הוספו 5 מ"ל הקסן (ביו-לב בע"מ, ישראל) והן טולטלו 5 דקות במטלטלת. לאחר מכן בוצע סרכוז בצנטריפוגה (M.R.C- Digisystem Laboratory Instruments, Inc, ישראל) במהירות מקסימלית (2000 סל"ד) להפרדת פאזות (הקסן/מים). הפאזה העליונה (הקסן) הושלכה ונוספו 5 מ"ל כלורופורם (ביו-לב בע"מ, ישראל) לפאזה המימית של הדוגמא. לאחר מכן הן טולטלו שוב כ-5 דקות במטלטלת בקצב מקסימאלי. בהמשך הן סרכוזו כדקה בצנטריפוגה במהירות מקסימאלית לצורך הפרדת פאזות (כלורופורם/מים). הפאזה של הכלורופורם הועברה למבחנה נקייה באמצעות פיפטת פסטור (ס.י.מדה בע"מ, ישראל). הכלורופורם נודף באמצעות צנטריפוגה בוואקום (SpeedVac). בהמשך המשקע שנותר מנידוף הכלורופורם הורחף ב-2-3 טיפות כלורופורם.

3.4.1. אנליזה של תכולת קוקורביטצינים בעזרת HPLC

דוגמאות שהוכנו נבדקו ב-HPLC. מכשיר ה-HPLC מדגם 2996 של חברת Waters (קנדה), הגלאי הוא TSKgel ODS-120T reverse phase C18 מסוג 996 והקולונה היא מסוג Potodiode Detector Array דגם 996 והקולונה היא מסוג TSKgel ODS-120T reverse phase C18 (4.6 x 250 mm, i.d. 5µ). רזולוציית הבדיקה הייתה 2.4 nm והסטנדרט של קוקורביטצין E (Extrasynthese SAS, צרפת) נקרא באורך גל של 230 nm (פיק ב-235.3 nm). נפח הזרקה היה 50 µl לכל דוגמה, טמפי הקולונה 40°C וטמפי הדוגמאות 30°C. מערכת ההרצה הייתה מורכבת משני ממסים: מים (בריכוז 33%) ומתנול (בריכוז 67%) (ביו-לב בע"מ, ישראל). כל דוגמה הורצה במשך 20 דקות במהירות זרימת בופר הרצה של 1 מ"ל/דקה. כימות של תכולת הקוקורביטצינים נעשה על ידי אינטגרציה של הפיקים מההרצה במכשיר ה-HPLC והשוואה לעקומות הסטנדרט, בעזרת שימוש בתוכנת המחשב Millennium chromatography (Waters, Milford, ארה"ב).

3.5. בדיקת ריכוז ליקופן בציפת פירות מצמחים מורכבים לפני ואחרי אחסון

באביב 2012 נשתלו בשדה נווה יער 5 קווי אבטיחי בר (PI341 ו-PI609, MAL, CON, BDA) כלא מורכבים וככנות לאבטיחי מיני Extazy. אבטיחי מיני Extazy לא מורכבים ומורכבים על עצמם (self-grafting) שימשו כביקורות. שיטת ההרכבה תוארה בסעיף 3.1.1. כל טיפול נשתל ב-4 חזרות כאשר כל חזרה כללה 8 צמחי אבטיח ו-2 צמחי אבטיח מפרה מהזן Crimson Sweet. לאחר תקופת גידול של 72 ימים נקטפו 20 פירות מכל טיפול והועברו למחלקה לחקר אחסון ואיכות תוצרת חקלאית ומזון בבית דגן, שם נעשתה הדמיית אחסון לשוק המקומי בטמפי של 20°C למשך 6 ימים. מכל טיפול נדגמו 9 פירות לרקמת פרי (0.5 גר') ו-9 פירות נוספים נדגמו לאחר תקופת האחסון. כל רקמת פרי הוקפאה בחנקן נוזלי, נטחנה ב-IKA ואוחסנה ב-20°C עד למיצוי. בנוסף, 20 פירות מכל טיפול של האבטיחים הלא מורכבים אוחסנו בתנאים דומים (6 ימים בטמפי של

20°C) בנווה יער. באופן דומה, נדגמו בנווה יער 9 פירות לרקמת פרי ביום הקטיף ו-9 פירות נוספים נדגמו לאחר תקופת האחסון. כל רקמת פרי הוקפאה, נטחנה ואוחסנה ב-20°C עד למיצוי.

3.5.1. אנליזה של ריכוז ליקופן בפרי באמצעות ספקטרופוטומטר

לצורך אנליזה של ריכוז הליקופן אוחדו דוגמאות מכל 3 פירות של אותו טיפול לדוגמא אחת כך שמכל טיפול היו 3 חזרות לאנליזה. הדוגמאות הועברו למבחנות זכוכית, אליהן הוספו 8 מ"ל תמיסת מיצוי hexane: acetone: ethanol ביחס של 50:25:25 ב-4 שלבים: פעמיים 800 מק"ל ופעמיים 3.2 מ"ל. לתמיסת המיצוי הוסף BHT (butyl-hydroxy-toluene) בריכוז של 0.1% טרי שהוכן ביום המיצוי וטולטל בוורטקס. הדוגמאות טולטלו במטלטלת במהירות של 750 rpm למשך 5 דקות לכל דוגמא הוסף 1 מ"ל של תמיסת NaCl (25%-ddH₂O), ואח"כ הוספו 8 מ"ל של ddH₂O בטמפרטורה של 4°C. הדוגמאות טולטלו בוורטקס והודגרו בטמפרטורת החדר למשך 5-10 דקות. מהפאזה העליונה (המכילה את שכבת ההקסן והליקופן) הועברו 2 מ"ל למבחנות זכוכית נקיות. לשארית המיצוי הוספו 2 מ"ל של הקסן. הדוגמאות טולטלו בוורטקס למשך 5 דקות והושארו להמשך מיצוי בטמפרטורת החדר למשך 5-10 דקות. לאחר מכן נלקחו 2 מ"ל נוספים מפאזה ההקסן והוספו אל 2 מ"ל שנאספו קודם.

הדוגמאות נסרקו בדופליקאט מכל חזרה בספקטרופוטומטר (VARIAN-CARY 50 BIO) באורך גל של 300-700nm. ערכי מקסימום הבליעה שימשו לקבוע את כמות כלל הקרוטנואידים לפי הנוסחה הבאה:

$$\text{Carotenoid Fresh Weight (ug/g)} = \frac{\text{OD} \times 10^4 \times (\text{Ext. Volume}=4) \times \text{fx} \times (\text{Ext. percentage}=4/3)}{([\text{Factor main carotenoid, Lycopene}=3470] \times \text{Weight})}$$

3.6. אפיון תגובה של אבטיחי בר לאילוח בפתוגנים

3.6.1. אילוח מלאכותי – מבחני עציצים בתאי צמיחה

3.6.1.1. תגובה לאילוח בפזריום הנבילה של אבטיח

נבדקה תגובה של 21 קווי בר של אבטיח לאילוח על ידי פטרייה הפתוגנית *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum* (Fon) מגזע 2. כל ניסוי בוצע פעמיים. גידול הפטריות לצורך הדבקת הצמחים נעשה על מצע PDA (Potato Dextrose Agar, Difco). תבדידי הפטריות חודשו מדי פעם על ידי בידוד חוזר מצמחים חולים ומשמשים באופן רוטיני במעבדה לצרכים נוספים. הניסויים נעשו בנווה יער בתאי גידול בטמפ' של 29°C, בעוצמת תאורה של 55-62 μE/m²/sec (12/12 שעות אור/חושך). כל הניסויים כללו 5 חזרות (עציצי פלסטיק בנפח 250 סמ"ק במצע חול מתוק). בכל עציץ נשתלו 7 נבטים בגיל של 2-3 עלים. בכל טיפול נכלל גם עציץ אחד ובו 7 צמחים לא מאולחים ששימשו כביקורת. האילוח בפטרייה נעשה בשיטת טבילת השורשים, כדלקמן: נבגי הפטרייה ששימשו להדבקת הצמחים הופקו על ידי ריסוק בבלנדר (Philips, הולנד) למשך דקה

של מצע מזון שעליו גדלה הפטרייה במשך שבוע ימים. לקבלת ריכוז נבגים מתאים להדבקה (2-1 מיליון נבגים/סמ"ק), רוסיק תוכן צלחת אחת עם 100 סמ"ק מים. תרחיף זה שימש לאילוח על ידי טבילת השורשים בתמיסה למשך 3 דקות ולאחר מכן שתילתם בעציץ פלסטיק בקרקע חול נקייה. צמחים שאולחו מתחילים לגלות סימני מחלה כשבוע לאחר ההדבקה לכן נעשה תיעוד נבילות צמחים לאחר 7 ימים מההדבקה ולמשך תקופה של שבועיים נוספים (עד 21 ימים מאילוח). התוצאות המוצגות מחושבות כאחוז הנבילה מתוך כלל הצמחים באותו טיפול.

3.6.1.2. תגובה לאילוח בפוזריום ריקבון הכתר של מלפפון

עמידות לפוזריום ריקבון הכתר של מלפפון נבדקה באופן דומה לזה שתואר עבור פוזריום הנבילה של אבטיח. תגובה של 21 קווי אבטיח נבדקה לפטרייה הפתוגנית *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis cucumerinum* (Forc). כביקורות נבדקו צמחי מלפפון מהזן בית אלפא וצמחי מלון מהזן עין דור הרגישים לפתוגן זה.

3.6.1.3. תגובה לאילוח בנמטודות יוצרות עפצים

תגובה של 20 קווי אבטיח נבדקה לאחר אילוח בשני מיני נמטודות יוצרות עפצים: *Meloidogyne incognita* ו-*M. javanica* מגזע 2. הניסוי בוצע פעמיים באביב 2011 בשני אתרי ניסוי במקביל, בנווה יער ובחוות גילת. כביקורת שימשו צמחי מלפפון מהזן בית אלפא וצמחי מלון מהזן עין דור הרגישים מאד לנמטודות אלו. בחוות גילת כל קו כלל 7 חזרות ובנווה יער 5 חזרות, כאשר בכל חזרה נזרעו 10 צמחים. כל זרע נזרע בעציץ נפרד בנפח 0.7 ליטר בחוות גילת ו-0.5 ליטר בנווה יער, בקרקע חולית. בחוות גילת העציצים נשמרו ב- $27 \pm 2^{\circ}\text{C}$, הושקו במי ברז ודושנו ב-50 מ"ל של 0.1% תמיסת דשן (N-P-K, 20-20-20) (דשנים, ישראל) פעם בשבוע. בנווה יער העציצים גודלו בבית רשת. הצמחים הושקו ודושנו פעמיים ביום על מנת לאפשר הוצאה של מלחים עודפים מהעציצים, מלבד ב-5 ימים לאחר האילוח במהלכם ההשקיה הייתה שלא בעודף. האילוח בוצע כשבועיים וחצי לאחר הזריעה בהופעת 2 עלים אמתיים. הצמחים אולחו על ידי הזרקת 5 מ"ל תרחיף של 1500 ביצי נמטודות לתוך 5 חורים בקרקע בעומק של 5 ס"מ. מקור ביצי *M. javanica* משורשי צמחי עגבנייה (*Solanum lycopersicum*, זן דניאלה, הזרע ג'נטיקס, ישראל) מאולחים ומקור ביצי *M. incognita* מצמחי פלפל (*Capsicum annuum*, זן הזרע 1195, הזרע ג'נטיקס, ישראל) מאולחים. רמת העפצים (Galling index) נבדקה 6 שבועות לאחר ההדבקה. רמת העפצים בשורשים נמדדה בדירוג של 0 עד 5: 0=ללא עפצים; 1 עד 20% עפצים; 2=21 עד 40% עפצים; 3=41 עד 60% עפצים; 4=61 עד 80% עפצים; 5=81 עד 100% עפצים.

3.6.2. מבחני שדה

3.6.2.1. תגובה ל- *Monosporascus cannonballus*

בסתיו 2010 נשתלו 19 קווי אבטיח לא מורכבים בחלקת שדה הידועה כמאולחת בפטרייה *M. cannonballus* בעין תמר, בקרקע חולית מליחה. גודל חלקת הניסוי היה באורך 2 מטר וברוחב 2 מטר. השתילים נשתלו

במרווחים של 0.4 מטר והניסוי הוצב בשיטת הבלוקים באקראי ב-4 חזרות, כאשר בכל חזרה נשתלו 5 צמחים. רמת און צימוח ונבילת צמחים תועדו שלוש פעמים במהלך עונת הגידול, לאחר חודש וחצי, חודשיים ושלושה חודשים משתילה. בסתיו 2011 בוצע ניסוי נוסף שבו נשתלו 8 קווי אבטיח לא מורכבים. כל קו כלל 24 צמחים אשר נשתלו בשיטת הבלוקים באקראי ב-4 חזרות. בכל חזרה נשתלו 6 צמחים. הצמחים נשתלו ללא מפרה וללא שימוש בחומרי הדברה. גודל חלקת הניסוי היה באורך 2.4 מטר וברוחב 2 מטר והמרווח בין השתילים היה זהה למתכונת הניסוי שתוארה לעיל. רמת און צימוח ורמת נבילת צמחים תועדו פעמיים במהלך הגידול. בסוף הניסוי השורשים נעקרו מהקרקע ונלקחו למעבדה, שם נבדקו לרמת החמות בשורשים.

3.6.2.2. תגובה ב - *Macrophomina phaseolina*

עמידות אבטיחי בר לא מורכבים

תשעה עשר קווי אבטיח ו-4 אבטיחים מסחריים: (SB) Sugar Baby, (FF) Family Fun, 239.4 ו-Smokey Lee (SL), נשתלו בינואר 2011 בחלקת שדה הידועה כמאולחת בפטרייה, בחוות עדן, עמק המעינות. הקרקע באזור בינונית כבדה מסוג רנדזינה אפורה. גודל חלקת הניסוי היה באורך 5 מטר וברוחב 1.92 מטר. השתילים נשתלו במרווחים של מטר והניסוי הוצב בשיטת הבלוקים באקראי ב-3 חזרות, כאשר בכל חזרה נשתלו 5 צמחים. כלומר, כל טיפול כלל 15 צמחים. במהלך הגידול נבדקו בשטח מדדים של און הצימוח (0-100%, =0 ללא צימוח, =100 צימוח חזק) ובריאות הצמחים (0-100%, =0 אינו בריא, =100 בריא). לאחר 117 ימים משתילה השורשים נעקרו והובאו לנווה יער שם הם תועדו לאחוז הנגיעות בשורשים (0-100%, =0 נקי, =100 נגוע). בודדנו פטריות מקטעי שורשים לבנים שנראו בריאים, קטעי שורש עם סימני פגיעה ראשוניים וקטעים עם פגיעה מתקדמת (חומים ורקובים). השורשים נשטפו היטב משאריות קרקע על ידי מי ברז זורמים, חוטאו בטבילה בתמיסת היפוכלורית (3%) למשך דקה ולאחר מכן נשטפו במים מעוקרים לדקה. המקטעים הונחו על צלחות PDA, הודגרו ב-25°C בחושך ונבדקו שלושה ימים לאחר מכן. חזרה שנייה על הניסוי נערכה בינואר 2012. החזרה כללה 5 קווי אבטיח, מתוכם 4 קווי בר שהראו עמידות בשנה הקודמת, אבטיח בר אחד שהראה רגישות. כל טיפול כלל 4 חזרות, כאשר בכל חזרה נשתלו 5 צמחים. השתילה התבצעה ברווחים של מטר בין צמח לצמח. גודל חלקת הניסוי והמרווח בין השתילים היה זהה למתכונת הניסוי שתוארה לעיל. לאחר תקופת גידול של 111 ימים נבדקו רמת הצימוח והנבילה. בנוסף נעקרו שורשים ונבדקו במעבדה להחמות שורשים באופן שתואר קודם לכן.

עמידות אבטיחי בר מורכבים

בינואר 2012 נשתלו שתילי אבטיח מהזן Extazy שהורכבו על 7 כנות קווי אבטיח בחלקת שדה הידועה כמאולחת בפטרייה, בחוות עדן, עמק המעינות. הקרקע באזור בינונית כבדה מסוג רנדזינה אפורה. שיטת ההרכבה תוארה בסעיף 3.1.1. בנוסף נשתלו שתילי Extazy לא מורכב ששימשו כביקורת. הכנות כללו 4 קווי בר שנמצאו עמידים בשנה הקודמת בשדה, קו אבטיח בר אחד שהיה רגיש למחלה, כנת דלעת AQ ואבטיח

מהזן Extazy שהורכב על עצמו. גודל חלקת הניסוי היה באורך 5 מטר וברוחב 1.92 מטר. השתילים נשתלו במרווחים של 1 מטר והניסוי הוצב בשיטת הבלוקים באקראי ב-4 חזרות, כאשר בכל חזרה נשתלו 5 צמחים. בכל חלקה נשתלו 2 מפריס מהזן Crimson Sweet, אחד בקצה ואחד במרכזה. לאחר תקופת גידול של 111 ימים נבדקו רמת בריאות הצמחים, יבול, מספר אבטיחים לחלקה, משקל פרי ממוצע ומדדי איכות (כ.מ.מ., סיביות וצבע). בסוף תקופת הגידול נעקרו השורשים ונבדקו במעבדה באופן זהה לזה שתואר באבטיחים הלא מורכבים.

3.7. ניתוח סטטיסטי של התוצאות

המבחנים הסטטיסטיים במחקר זה נערכו בתוכנה JMP ver. 7.0 (SAS Institute, Inc., Cary, NC, ארה"ב). התוצאות נותחו בניתוח שונות חד-כיווני (One-Way Anova) והפרדת הממוצעים על פי Tukey HSD ($P=0.05$) כאשר מספר החזרות היה שווה, או על פי Student's t-test ($P=0.05$) כאשר מספר החזרות לא היה שווה.

4. תוצאות

4.1. איכות הפרי באבטיחי מיני מורכבים על כנות דלעת

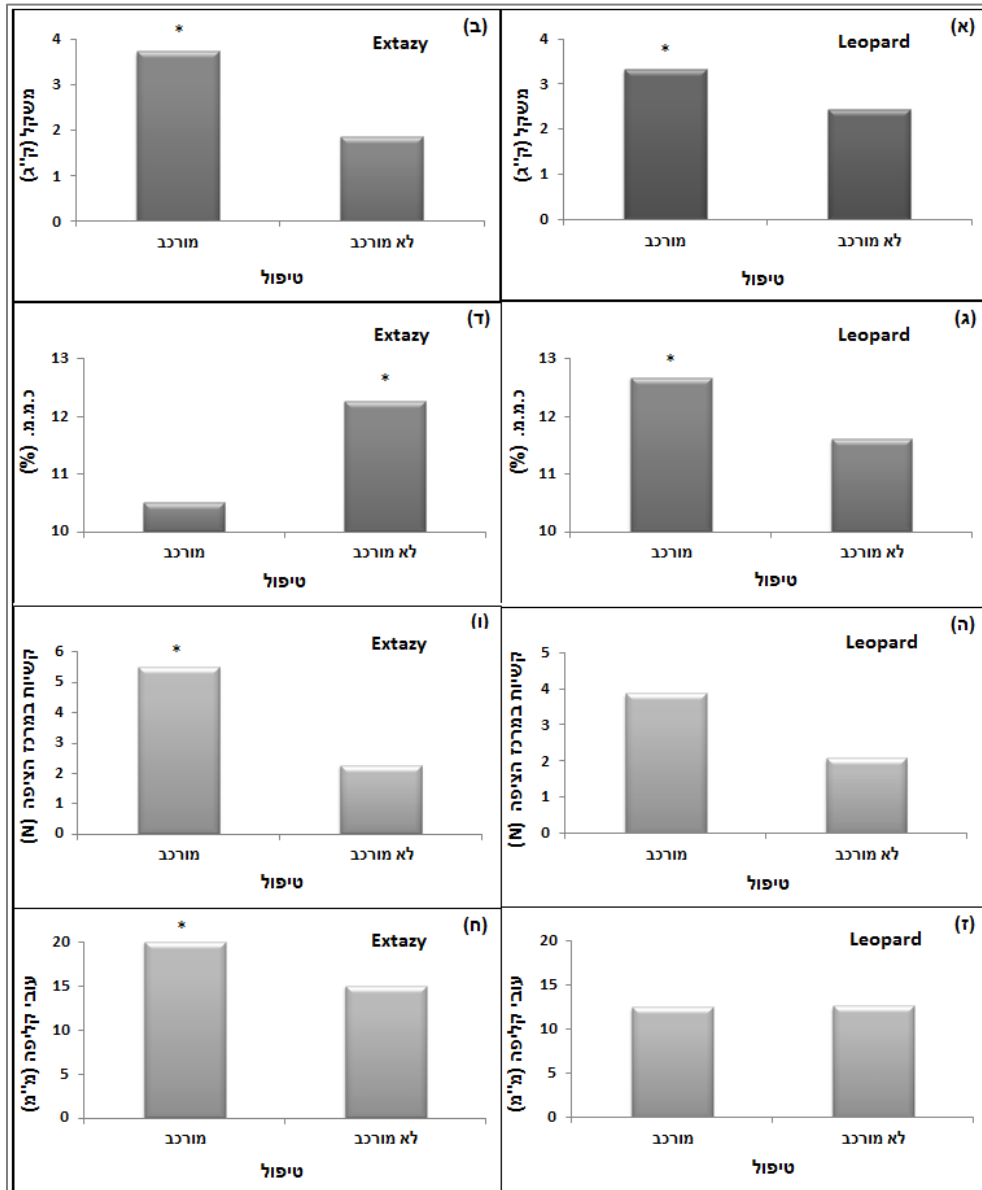
4.1.1. אפיון מדדי איכות באבטיחי מיני ומידי מורכבים לעומת לא מורכבים

הרכבת אבטיחים על כנות דלעת גורמת לעיתים לשינויים בצורת הפרי ובאיכותו. בבדיקה של מדדי איכות באבטיחי מיני (Extazy) ומידי (Leopard), שהורכבו על כנת דלעת, לעומת אותם אבטיחים שאינם מורכבים, נצפתה התקשות והופעת סיבים בציפת אבטיחי Extazy המורכבים (תמונה 1). הפרי המורכב על כנת הדלעת היה גדול מהפרי הלא מורכב בשני סוגי האבטיחים שנבדקו, אך גידול יתר ועיוותים בצורת הפרי היו מובהקים יותר באבטיחי המיני המורכבים. ההרכבה על כנות דלעת גרמה לעליה בגודל הפרי באבטיחי מידי ב-35% (איור 1-א') ובאבטיחי מיני ב-130% (איור 1-ב').



תמונה 1. (א) אבטיחי מידי מהזן Leopard במועד הקטיף האחרון. (ב) אבטיחי מיני מהזן Extazy במועד הקטיף האחרון. בכל תמונה הפרי הימני מורכב והפרי השמאלי אינו מורכב. קנה המידה מופיע בקצה התחתון השמאלי של כל תמונה.

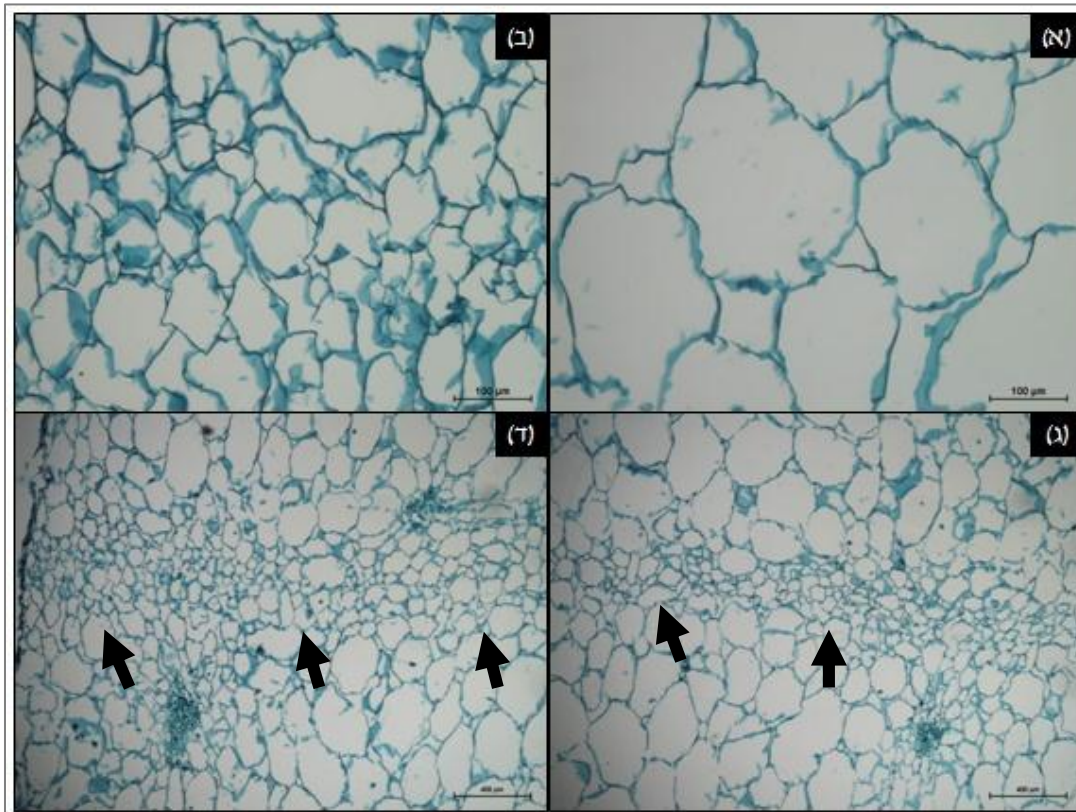
מבדיקות שנעשו בשני מועדי קטיף עולה כי לאבטיחי Extazy שהורכבו על כנת דלעת היה המשקל הגבוה ביותר (איור 1-ב') והם אף היו בעלי הקליפה העבה ביותר (איור 1-ח'). תכולת הסוכר באבטיחים אלו הייתה הנמוכה ביותר (איור 1-ד'). בנוסף, נמצא שמרכז ציפת הפרי באבטיחים המורכבים קשה פי שתיים ביחס למרכז ציפת האבטיחים הלא מורכבים (איור 1-ה', 1-ו'). ממצאים אלו הם עדות לנזק החמור באיכות של אבטיחי מיני מהזן Extazy בעקבות הרכבה על כנת דלעת. באבטיחי Leopard שהורכבו על כנת דלעת לא נמצאו הבדלים מובהקים בקשיות הציפה ובעובי הקליפה ביחס לאבטיחים הלא מורכבים (איור 1-ז', 1-ט').



איור 1. מדידי איכות באבטיחי מיני מהזן Extazy ואבטיחי מיני מהזן Leopard מורכבים על כנת דלעת ולא מורכבים (א-ב) משקל פרי ממוצע (ק"ג) במועד הקטיף האחרון. (ג-ד) כ.מ.מ. (Brix%) במועד הקטיף האחרון. (ה-ו) קשיות במרכז הציפה (N) במועד הקטיף הראשון. (ז-ח) ממוצע עובי הקליפה (מ"מ) של הפירות במועד הקטיף הראשון. ניתוח שונות חד כיווני נערך בין צמח מורכב לצמח שאינו מורכב. כוכביות מציינות הבדלים מובהקים בין הטיפולים.

4.1.2. בדיקה מיקרוסקופית של תאי הציפה באבטיחים מורכבים לעומת לא מורכבים

ציפת אבטיח מורכב על כנת דלעת ואבטיח לא מורכב נבדקה מיקרוסקופית על מנת לאפיין את ההבדלים ביניהם. בקיבוע רקמה של אבטיחי מיני מורכבים מהזן Extazy וצביעתם ב-TBO נמצא ריכוז גדול של תאים קטנים וצפופים באזור המחיצות של השחלות (תמונה 2-ב', 2-ג', 2-ד'). תופעה זו לא נצפתה באבטיחים הלא מורכבים, ובאבטיחי מידי מהזן Leopard (תמונה 2-א').



תמונה 2. חתכי אורך של רקמות מרכז ציפת אבטיח הצבועה ב-TBO (Toluidine blue-O) המשמש לצביעה דיפרנציאלית של דפנות תאים. (א) תאי רקמת ציפת אבטיח מידי מהזן Leopard שהורכב על כנת דלעת. (ב-ד) תאי רקמת ציפת אבטיח מיני מהזן Extazy שהורכב על כנת דלעת. קנה המידה מופיע בקצה התחתון הימני של כל תמונה.

4.1.3. אפיון פנוטיפי של השונות באבטיחי הבר

הקווים שנזרעו וגודלו בשדה בנווה יער באביב 2010 התאפיינו במגוון רחב של צבעים, גודל, עובי קליפה, צורה ואחוז הסוכר (טבלה 2). מבין כל הקווים נמצאו במבחני טעימה שני אבטיחי בר, PI341 ו-PI916, עם רמת מרירות גבוהה בפרי.

טבלה 2. אפיון פנוטיפי של קווי אבטיחי הבר

| קו | כ.מ.מ. (%Brix) | אופי צימוח ¹ (1-2) | צורת עלה ² (3/5/7) | משקל פרי (ק"ג) | צורת הפרי ³ (1-6) | צבע קליפה ראשי ⁴ (1-6) | צבע קליפה משני ⁵ (0-4) | צבע פסים בקליפה ⁶ (1-6) | צבע ציפה ⁷ (1-8) | עובי קליפה (ס"מ) | פיזור חריצים ⁸ (0-3) | מרירות פרי ⁹ (0-2) |
|-------|----------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------|------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| BDA | 10.3 | 2 | 7 | 8.6 | 3 | 3 | 0 | 0 | 1 | 1.5 | 0 | 0 |
| CON | 7.5 | 2 | 7 | 8.7 | 4 | 2 | 0 | 3 | 1 | 1.7 | 0 | 0 |
| COS | 10.6 | 2 | 7 | 5.3 | 3 | 1 | 0 | 3 | 5 | 1 | 0 | 0 |
| EMO | 9.4 | 2 | 7 | 4.1 | 2 | 1 | 0 | 3 | 3 | 1.7 | 0 | 0 |
| HUN | 9.2 | 2 | 7 | 3.7 | 1 | 2 | 0 | 1 | 7 | 0.7 | 0 | 0 |
| KAQ | 7.9 | 2 | 7 | 6.6 | 3 | 1 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 |
| MAL | 6 | 2 | 7 | 3.6 | 2/3 | 2 | 4 | 0 | 1 | 1.45 | 0 | 0 |
| NWAO | 11.6 | 2 | 7 | 4.9 | 3 | 1 | 0 | 3 | 1 | 0.8 | 0 | 0 |
| PI075 | 9.7 | 2 | 7 | 6.6 | 6 | 3 | 4 | 0 | 1 | 1.2 | 0 | 0 |
| PI260 | 5.7 | 2 | 7 | 3.1 | 3 | 2 | 4 | 0 | 2/5 | 1.75 | 0 | 1 |
| PI318 | 4.5 | 2 | 5 | 9.3 | 5 | 3 | 4 | 0 | 3 | 3.6 | 0 | 0 |
| PI341 | 2.5 | 2 | 7 | 2 | 2/3 | 2 | 4 | 1 | 5 | 1.35 | 0 | 2 |
| PI481 | 8.8 | 2 | 7 | 7.4 | 2 | 2 | 0 | 3 | 1 | 2.3 | 0 | 0 |
| PI515 | 10.2 | 2 | 7 | 8 | 6 | 1 | 4 | 0 | 1 | 1.4 | 0 | 0 |
| PI549 | 9.9 | 2 | 7 | 5.1 | 4 | 3 | 0 | 1 | 1 | 1.9 | 0 | 0 |
| PI609 | 5.9 | 2 | 7 | 3.6 | 3 | 2 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 |
| PI722 | 8.9 | 2 | 7 | 5.4 | 3 | 2 | 0 | 3 | 1 | 1.6 | 0 | 0 |
| PI750 | 7 | 2 | 7 | 2.5 | 2/3 | 1/2 | 0 | 3 | 1 | 0.9 | 0 | 0 |
| PI916 | 2.1 | 2 | 7 | 1.1 | 2 | 2 | 0 | 1 | 5 | 0.9 | 0 | 2 |
| RSC | 1.9 | 2 | 7 | 1.9 | 2 | 3 | 0 | 4 | 5 | 1.3 | 0 | 0 |
| WAN | 5.2 | 2 | No Data | 5.6 | 3 | 3 | 4 | 3 | 5 | 2 | 0 | 0 |
| WIS | 11.3 | 2 | 7 | 3.6 | 2 | 5 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |

1. אופי צימוח (1-2): 1-שיח, 2-רץ

2. צורת עלה ורמת סיעוף שניוני (3/5/7): 3 – חלש, 5 – ביניים, 7 – חזק

3. צורת פרי (1-6): 1 – שטוח, 2 – עגול, 3 – אליפטי רחב, 4 – אליפטי, 5 – אגסי, 6 – מוארך

4. צבע קליפה ראשי (1-6): 1 – ירוק בהיר, 2 – ירוק ביניים, 3 – ירוק כהה, 4 – לבן, 5 – צהוב, 6 – חום

5. צבע קליפה משני (0-4): 0 – ללא, 1 – אטום, 2 – מפוספס, 3 – מנוקד, 4 – מעורב

6. צבע פסים בקליפה (1-6): 1 – ירוק בהיר, 2 – ירוק ביניים, 3 – ירוק כהה, 4 – לבן, 5 – צהוב, 6 – חום

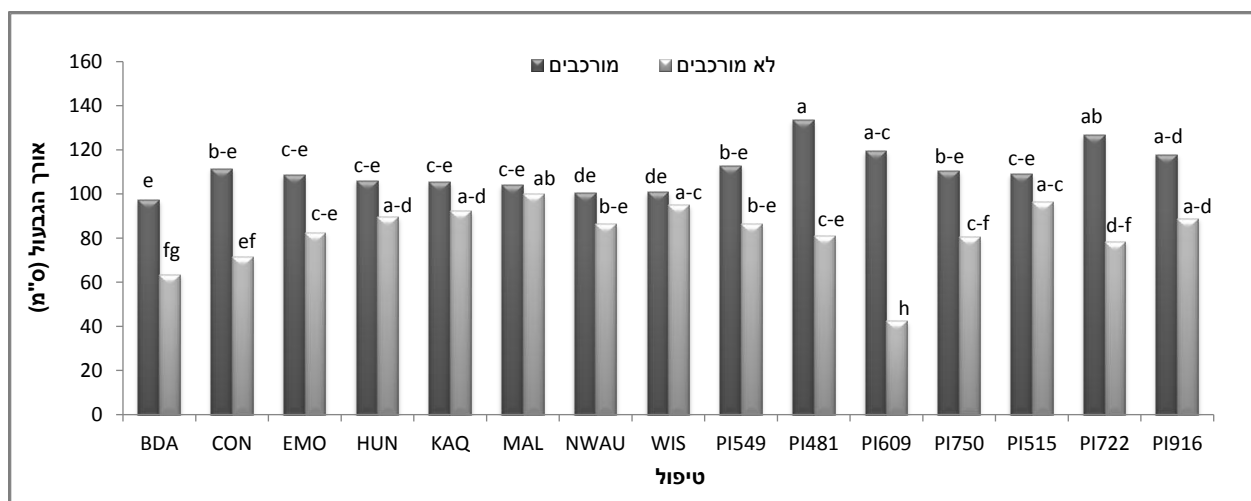
7. צבע ציפה (1-8): 1 – אדום, 2 – ורוד, 3 – צהוב קנרי, 4 – צהוב סלמון, 5 – לבן, 6 – מעורב, 7 – כתום, 8 – ירוק

8. פיזור חריצים (0-3): 0 – ללא, 1 – בחלק הבזאלי, 2 – בחלק האפיקלי, 3 – בכל הפרי

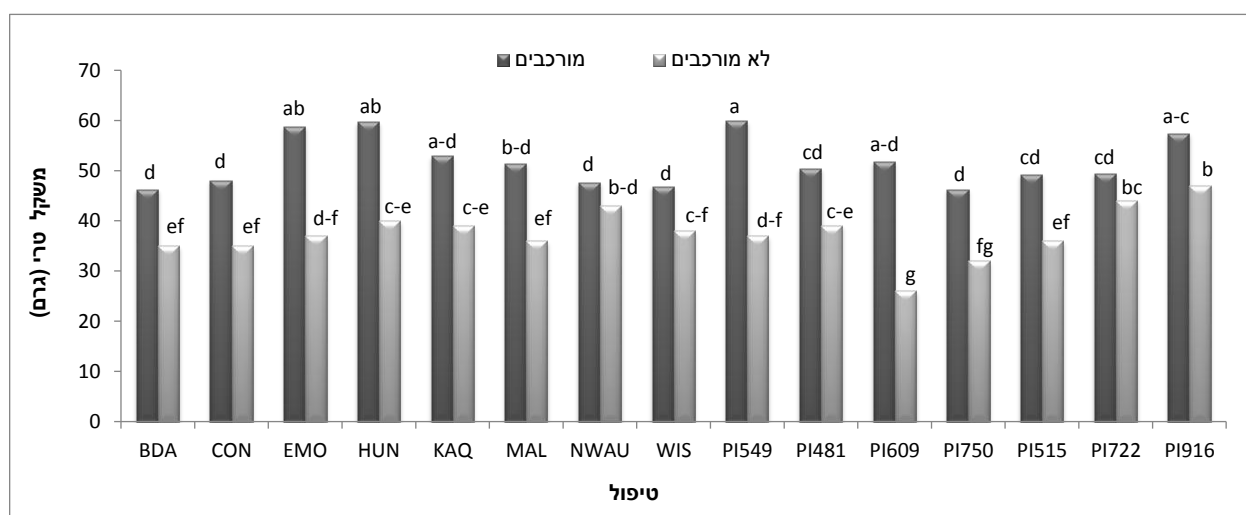
9. מרירות פרי (0-2): 0 – ללא, 1 – מעט מר, 2 – מר

4.1.4 אפיון צימוח של אבטיחי בר לא מורכבים ומורכבים ככנות לאבטיחי מיני – ניסוי עציצים

אבטיחים מהזן מיניפול הורכבו על חמישה עשר קווי אבטיחי בר. הצמחים המורכבים וצמחי הכנה הלא מורכבים נשתלו בבית רשת בנווה יער בספטמבר 2010. בהשוואה בין האבטיחים המורכבים למקביליהם הלא מורכבים, נמצא כי אורך הגבעול הראשי (איור 2) ומשקל הצמח (איור 3) בצמחים המורכבים על כנות אבטיחי בר הינו גבוה יותר. בחלק מהמקרים נמצאו הבדלים מובהקים בהשפעה שיש לכנות האבטיח על הצימוח כאשר משתמשים בהם להרכבה. ההרכבה על כנות האבטיח PI481 ו-PI609 למשל, גרמה לגדילה נמרצת יותר של הנוף ביחס להרכבה על כנת האבטיח BDA.



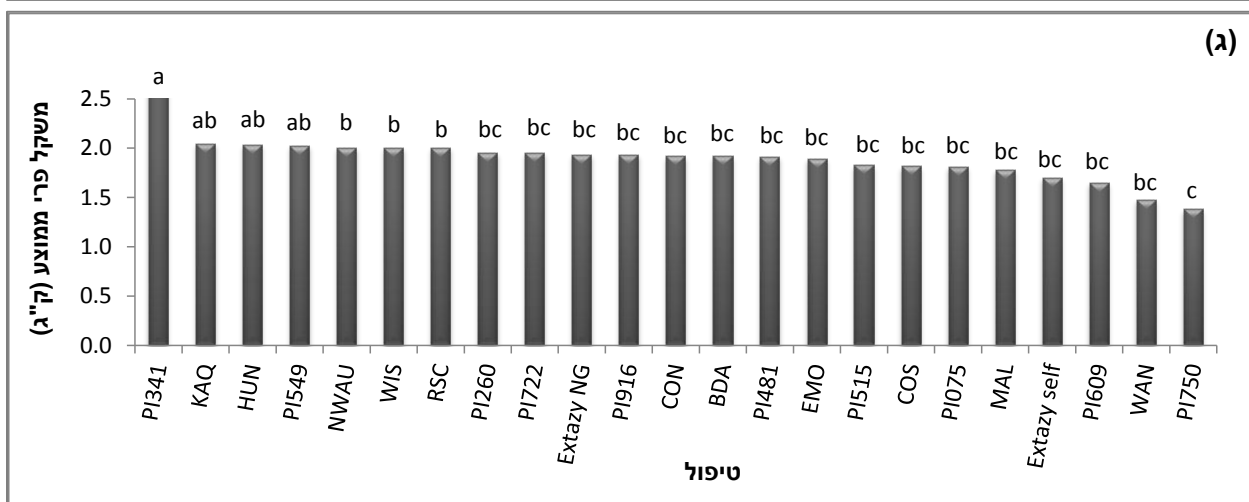
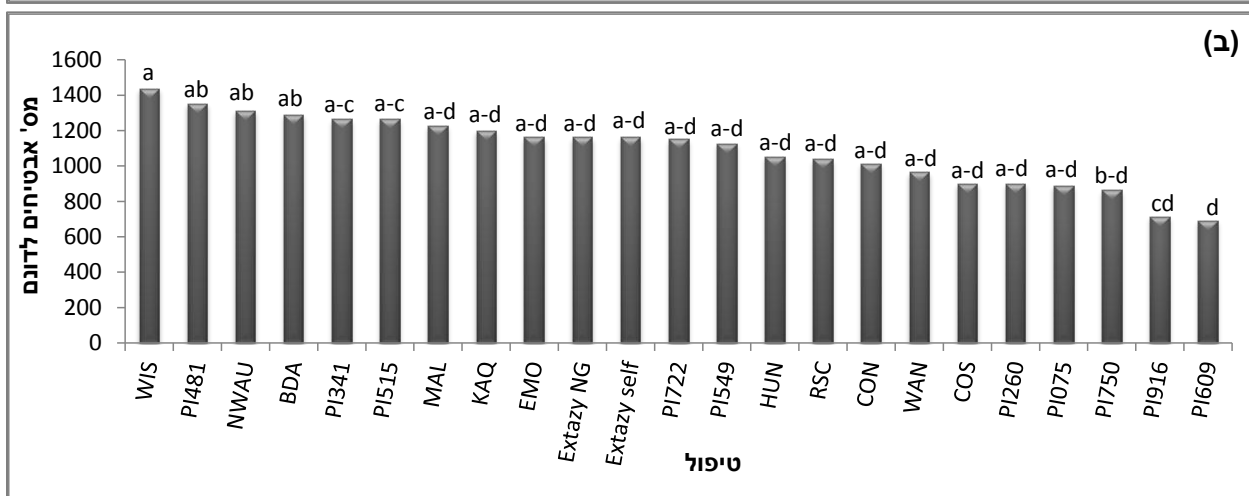
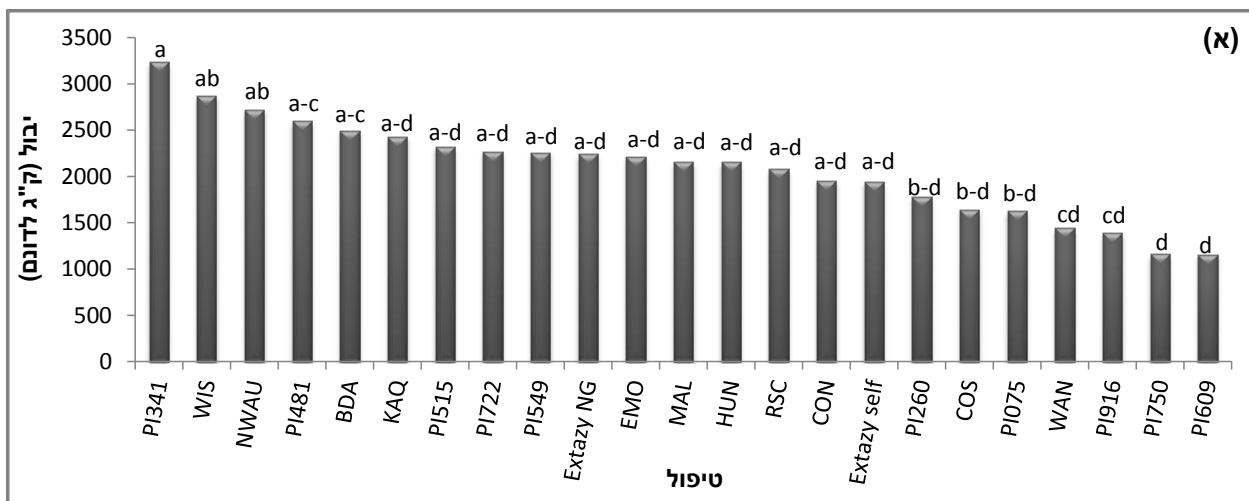
איור 2. אורך הגבעול הראשי בצמחי אבטיחים מהזן מיניפול המורכבים על 15 כנות אבטיח שונות בהשוואה לצמחים מאותן כנות אבטיח שאינם מורכבים (סתיו, 2010). אותיות שונות מציינות הבדלים מובהקים בין הטיפולים בתוך אותה קבוצה (מורכבים ולא מורכבים).



איור 3. משקל טרי של צמחי אבטיחים מהזן מיניפול המורכבים על 15 כנות אבטיח שונות בהשוואה לצמחים מאותן כנות אבטיח שאינם מורכבים (סתיו, 2010). אותיות שונות מציינות הבדלים מובהקים בין הטיפולים בתוך אותה קבוצה (מורכבים ולא מורכבים).

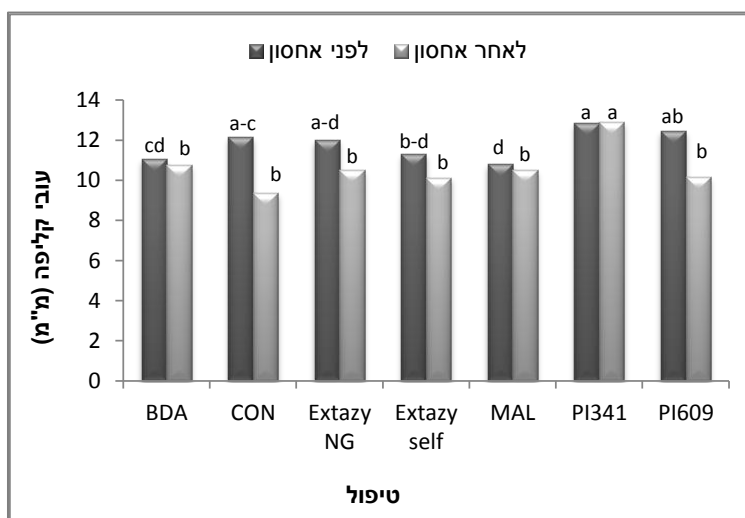
4.2. יבול ואיכות של פירות אבטיחי מיני מורכבים שגדלו בשדה חופשי ממחלות

בניסוי שנערך בקיץ 2011, היבול הגבוה ביותר התקבל בהרכבה על הכנה PI341 שגם הניבה פירות בעלי משקל ממוצע הגבוה ביותר (איור 4-א', ג-4). אבטיחי Extazy שאינם מורכבים והמורכבים על עצמם היו בעלי יבול ומשקל פרי בינוניים יחסית לאבטיחים המורכבים על כנות האבטיח השונות (איור 4-א', ג-4). גם מספר האבטיחים לדונם בהם היה בינוני ואינו שונה באופן מובהק משאר הצירופים שנבדקו (איור 4-ב'). מתוך ניסוי זה ניתן לראות שישנן כנות אבטיח המגדילות את היבול בעוד שאחרות מקטינות את היבול ביחס לאבטיחי Extazy הלא מורכבים והמורכבים על עצמם, אך ההבדל אינו מובהק סטטיסטית (איור 4-א').



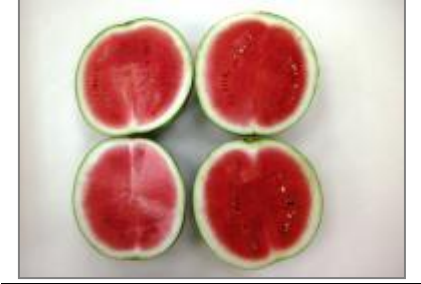


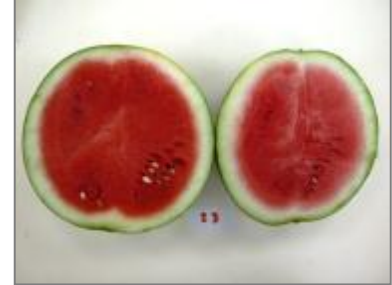


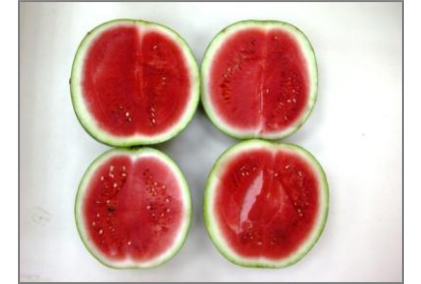
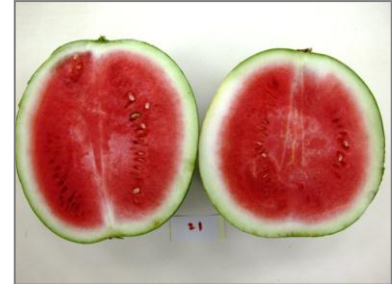


איור 4. מדדי יבול בפירות מהזן Extazy לא מורכב (NG=Non Grafted), מורכב על עצמו (self) ועל 21 כנות אבטיחי בר (2011). (א) יבול (ק"ג לדונם). (ב) מספר אבטיחים לדונם. (ג) משקל פרי ממוצע (ק"ג). אותיות שונות מציינות הבדלים מובהקים בין הטיפולים.

בבדיקות האיכות לפני ואחרי האחסון נמצא הבדל מובהק בין צירופי ההרכבות בעובי קליפת הפרי. האבטיחים שהורכבו על כנת PI341 היו בעלי הקליפה העבה ביותר (איור 5). נמצאו הבדלים מובהקים בין צירופי ההרכבות גם בצבע הציפה (טבלה 3) וברמת הסוכר בפרי (טבלה 4). באבטיחים שהורכבו על הכנות PI341 ו-BDA ובאבטיחי Extazy לא מורכבים צבע הציפה היה אדום חזק (טבלה 3) ורמת סוכר גבוהה (טבלה 4), בעוד שהאבטיחים שהורכבו על הכנה PI609 היו בעלי צבע בהיר יותר עם אזורים לבנים סיביים בציפת הפרי (טבלה 3), עם רמת סוכר נמוכה יותר (טבלה 4). האבטיחים שהורכבו על הכנות BDA ו-PI341 קיבלו את הציון הכללי הגבוה ביותר (טבלה 5).



איור 5. עובי קליפת פרי באבטיחים מהזן Extazy לא מורכב (NG=Non Grafted), מורכב על עצמו (self) ועל 5 כנות אבטיח שונות (קיץ 2011). אותיות שונות מציינות הבדלים מובהקים בין הטיפולים.

טבלה 3. פירות אבטיח מהזן Extazy לא מורכב (NG=Non Grafted), מורכב על עצמו (self) ועל 3 כנות אבטיח BDA, PI341 ו-PI609 לפני ואחרי תקופת אחסון (6 ימים) בקיץ 2011.

| <u>לאחר אחסון</u> | <u>לפני אחסון</u> | <u>טיפול</u> |
|---|--|------------------------------------|
|  |  | Extazy NG (לא מורכב) |
|  |  | Extazy self (מורכב על עצמו) |
|  |  | Extazy מורכב על כנת אבטיח BDA |
|  |  | Extazy מורכב על כנת אבטיח PI341 |
|  |  | Extazy מורכב על כנת אבטיח PI609 |

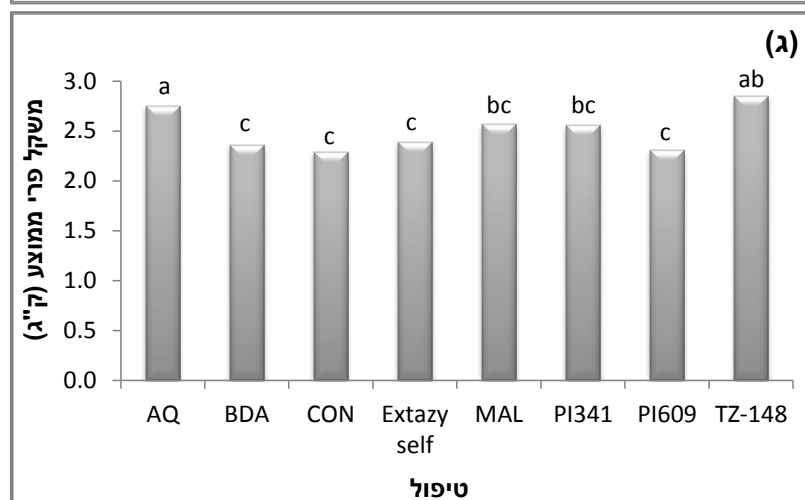
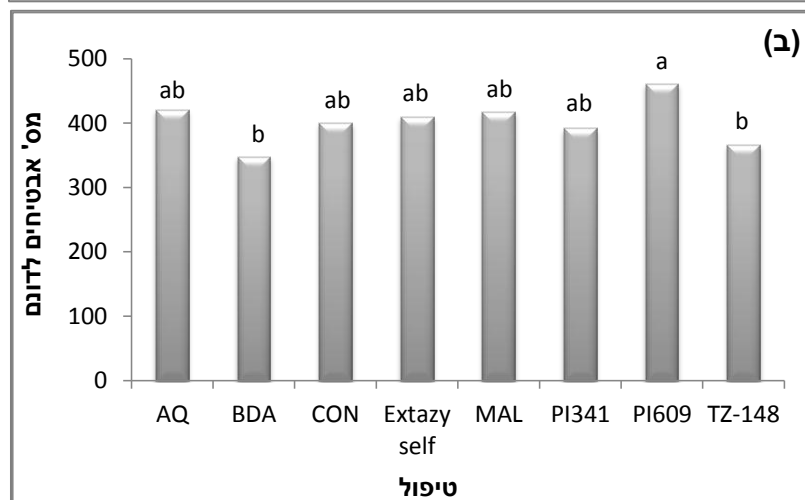
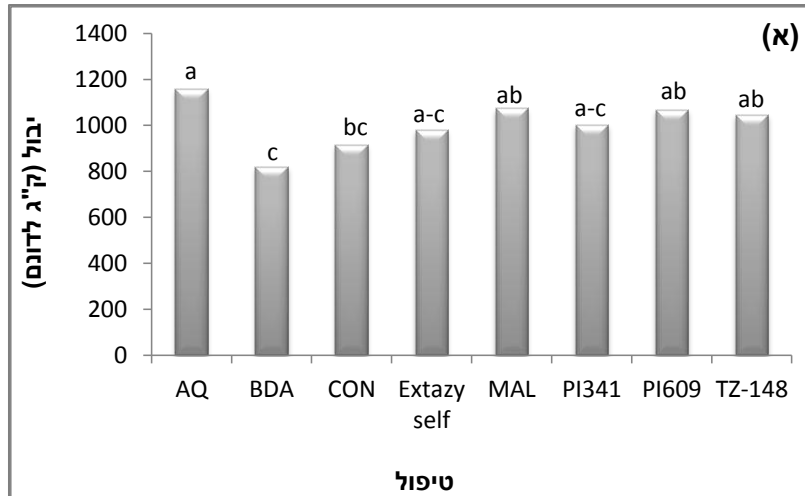
טבלה 4. ערכי כלל מוצקים מומסים (%Brix) בפירות מהזן Extazy לא מורכב (NG=Non Grafted), מורכב על עצמו (self) ועל 5 כנות אבטיח שונות, שהתקבלו לפני ואחרי אחסון (6 ימים ב-20°C) בקיץ 2011. אותיות שונות מציינות הבדלים בין הטיפולים לפני או אחרי האחסון.

| כלל מוצקים מומסים (Brix%) | | |
|---------------------------|------------|------------|
| שם הכנה | לפני אחסון | אחרי אחסון |
| Extazy NG | 12.5 (a) | 11.6 (a-c) |
| Extazy self | 12 (b) | 11.2 (bc) |
| BDA | 12.5 (a) | 12.3 (a) |
| CON | 12.2 (ab) | 11.5 (a-c) |
| MAL | 12.3 (ab) | 11.4 (a-c) |
| PI341 | 12.3 (ab) | 12.3 (ab) |
| PI609 | 11.4 (c) | 10.7 (c) |

טבלה 5. ציון כללי (בדירוג של 1 עד 5 : 1-גרוע, 5-מצוין) לפירות מהזן Extazy לא מורכב (NG=Non Grafted), מורכב על עצמו (self) ועל 5 כנות אבטיח שונות, שנבדקו לפני ואחרי אחסון (6 ימים ב-20°C) בקיץ 2011. אותיות שונות מציינות הבדלים בין הטיפולים לאחר האחסון.

| ציון כללי (1-5) | | |
|-----------------|------------|------------|
| שם הכנה | לפני אחסון | אחרי אחסון |
| Extazy NG | 2.58 | 2.69 (ab) |
| Extazy self | 2.42 | 2.41 (ab) |
| BDA | 2.42 | 2.78 (a) |
| CON | 2.08 | 2.25 (b) |
| MAL | 2.75 | 2.47 (ab) |
| PI341 | 2.42 | 2.75 (a) |
| PI609 | 1.63 | 2.21 (b) |





בניסוי שנערך בקיץ 2012, התקבל היבול הגבוה ביותר בהרכבה על כנת הדלעת AQ ועל כנות האבטיח PI609 ו-MAL, בהן גם נמדד משקל הפרי גבוה יחסית (איור 6-א, 6-ג). משקל הפרי באבטיחים שהורכבו על כנות הדלעת AQ ו-TZ-148 היה הגבוה ביותר ותרם להגדלת היבול (איור 6-ג). היבול באבטיחים שהורכבו על הכנות PI609, MAL ו-AQ לא נבדל באופן מובהק מיבול של אבטיחי Extazy שהורכב על עצמו, או מיבול אבטיחים שהורכבו על כנת הדלעת TZ-148, אך יבולם היה גבוה יותר ב-40 עד 100 ק"ג לדונם, בממוצע, ביחס ליבול של אבטיחים שהורכבו על כנת TZ-148 וגבוה יותר ב-90 עד 180 ק"ג לדונם בממוצע ביחס ליבול של אבטיחי Extazy שהורכבו על עצמם (self), בהתאמה. בנוסף, מספר הפירות הממוצע לדונם, שהניבה ההרכבה על כנת האבטיח PI609 הייתה הגבוהה ביותר (איור 6-ב). כלומר, ההרכבה על כנת האבטיח PI609 תרמה להגדלת מספר הפירות ומכאן להגדלת היבול.









איור 6. מדדי יבול בפירות מהזן Extazy מורכב על עצמו (self), מורכב על 2 כנות דלעת (AQ ו-TZ-148) ועל 5 כנות אבטיחי בר (2012). **(א)** יבול (ק"ג לדונם). **(ב)** מספר אבטיחים לדונם. **(ג)** משקל פרי ממוצע (ק"ג). אותיות שונות מציינות הבדלים מובהקים בין הטיפולים.

בבדיקות האיכות לפני האחסון שנערכו בשנת 2012, נמצאו הבדלים מובהקים בריכוז הסוכר בפרי, אשר הייתה גבוהה ב-10% באבטיחים שהורכבו על כנת הבר PI341 באופן מובהק, ביחס לאבטיחים שהורכבו על כנות הבר BDA ו-PI609 וכנת הדלעת AQ. כמו כן, טעם הפירות לפני האחסון דורג כטוב ביותר בפירות של אבטיחי Extazy לא מורכב, שהיה גבוה ב-30% מדירוג טעמים של אבטיחים שהורכבו על כנת הדלעת TZ-148 (תוצאות לא מוצגות). עובי הקליפה הממוצע באבטיחי המיני שהורכבו על כנת הבר PI609 לפני האחסון היה העבה ביותר (13.1 מ"מ בממוצע) ומצב הציפה לפני האחסון באותם אבטיחים היה ממוטט ביחס לאלו שהורכבו על כנת הדלעת TZ-148 (טבלה 6). רמת הסיביות באבטיחי המיני שהורכבו על כנת הדלעת TZ-148 ו-AQ הייתה הגבוהה ביותר מבין צירופי ההרכבות לפני ואחרי האחסון (טבלה 6). בנוסף, הציון הכללי הגבוה ביותר לפני האחסון ניתן לאבטיחי מיני Extazy לא מורכבים ושהורכבו על עצמם (self), בעוד שהנמוך ביותר ניתן לאבטיחים שהורכבו על כנת הבר PI609 וכנת הדלעת TZ-148. לאחר האחסון, הציון הכללי הגבוה ביותר ניתן לאבטיחי Extazy המורכבים על עצמם, אך לא היה שונה באופן מובהק מאבטיחים שהורכבו על כנות הבר PI341, BDA ו-MAL (טבלה 7).

טבלה 6. איכות ציפת פירות אבטיח מהזן Extazy לא מורכב (NG=Non Grafted), מורכב על 2 כנות האבטיח PI609 ו-PI341 ועל 2 כנות דלעת (TZ-148 ו-AQ) לפני ואחרי תקופת אחסון (6 ימים ב-20°C) בקיץ 2012.

| לאחר אחסון | לפני אחסון | טיפול |
|---|--|------------------------------------|
|  |  | Extazy NG (לא מורכב) |
|  |  | Extazy מורכב על כנת אבטיח PI609 |

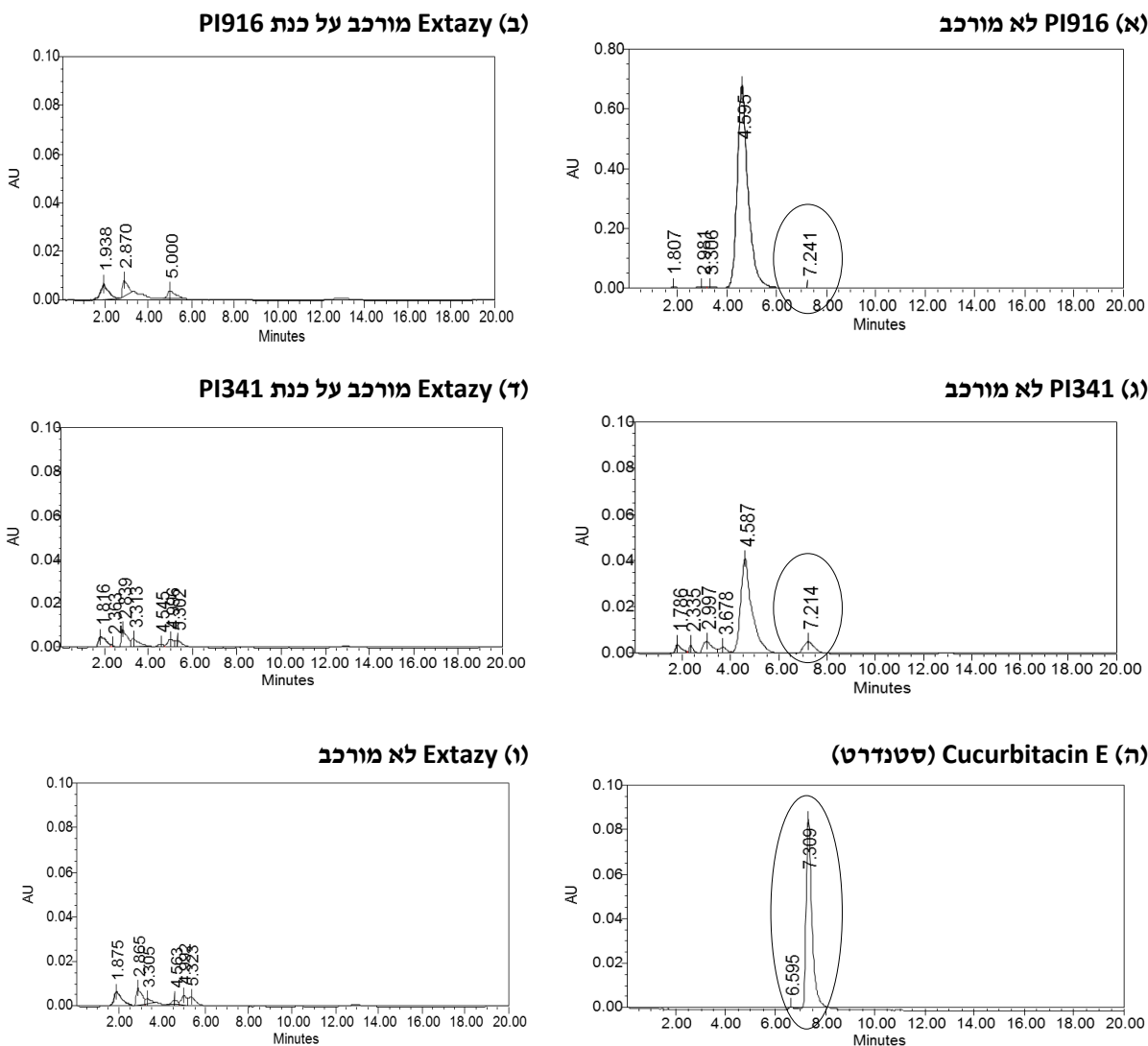
| <u>לאחר אחסון</u> | <u>לפני אחסון</u> | <u>טיפול</u> |
|--|---|------------------------------------|
|  |  | Extazy מורכב על כנת אבטיח PI341 |
|  |  | Extazy מורכב על כנת דלעת TZ-148 |
|  |  | Extazy מורכב על כנת דלעת AQ |

טבלה 7. ציון כללי (בדירוג של 1 עד 5 : 1-גרוע, 5-מצויין) לפירות מהזן Extazy לא מורכב (NG=Non Grafted), מורכב על עצמו (self), מורכב על 2 כנות דלעת ועל 5 כנות אבטיח שונות, שנבדקו לפני ואחרי אחסון (6 ימים ב-20°C) בקיץ 2012. אותיות שונות מציינות הבדלים בין הטיפולים לפני האחסון או בין הטיפולים אחרי האחסון.

| <u>ציון כללי (1-5)</u> | | |
|------------------------|-------------------|----------------|
| <u>אחרי אחסון</u> | <u>לפני אחסון</u> | <u>שם הכנה</u> |
| 2.47 (bc) | 3.09 (a) | Extazy NG |
| 3.19 (a) | 2.5 (a-c) | Extazy self |
| 2.56 (a-c) | 2.53 (a-c) | BDA |
| 2.31 (bc) | 2.91 (ab) | CON |
| 2.59 (a-c) | 2.41 (bc) | MAL |
| 2.84 (ab) | 2.91 (ab) | PI341 |
| 2.38 (bc) | 1.91 (c) | PI609 |
| 2.47 (bc) | 2.34 (bc) | AQ (דלעת) |
| 2.06 (c) | 1.94 (c) | TZ-148 (דלעת) |

4.3. רמת קוקורביטצינים בציפת הפרי

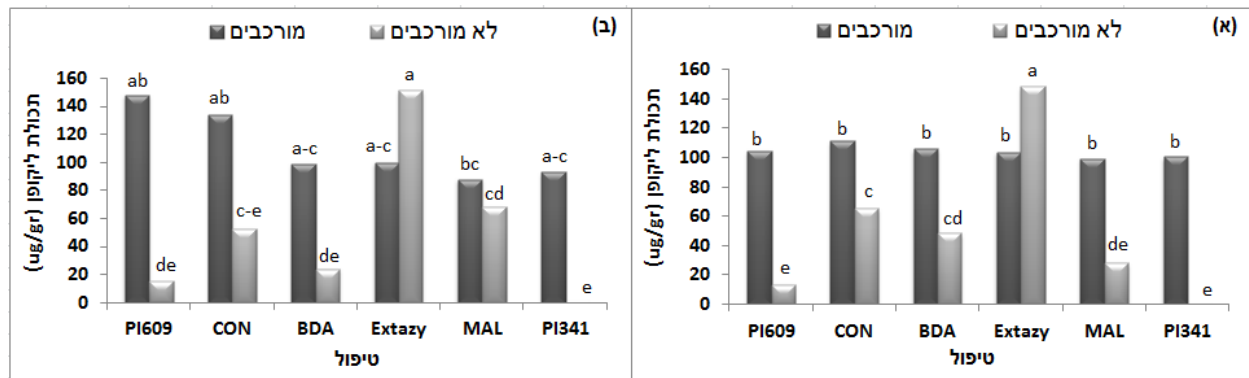
במבחי הטעימה שנערכו בפירות של קווי הבר הלא מורכבים PI916 ו-PI341, הורגש טעם מר מאד. באבטיחי הבר PI260 הלא מורכבים הורגש טעם מריר-בינוני, בעוד שבאבטיחי Extazy המורכבים על אותן שלוש כנות, הורגש טעם מתוק מאד. קוקורביטצין E זוהה במיצויים הביולוגיים של האבטיחים מקווי הבר הלא מורכבים של PI916 (איור 7-א') ושל PI341 (איור 7-ג') בהתאמתו לסטנדרט של קוקורביטצין E (איור 7-ה'), לפי ה-Retention time וספקטרום הבליעה שלו (פיק באורך גל 235.3 nm). לא זוהו קוקורביטצינים באבטיחי Extazy המורכבים על כנות קווי הבר (איור 7-ב', ד').



איור 7. רמות קוקורביטצין E במיצוי ציפת פרי כפי שנקבעו באמצעות הרצה ב-HPLC (ציר Y: AU - Absorption Units, ציר X: זמן ההרצה בדקות). כל הדוגמאות הוזרקו בנפח של 50 מיק"ל ונקראו באורך גל של 230 nm. הסטנדרט של קוקורביטצין E הוזרק בריכוז של 1 מק"ג למ"ל. (א) PI916 לא מורכב. (ב) Extazy מורכב על כנת PI916. (ג) PI341 לא מורכב. (ד) Extazy מורכב על כנת PI341. (ה) Cucurbitacin E (סטנדרט). (ו) Extazy לא מורכב.

4.4. השפעת הרכבה ותקופת אחסון על ריכוז ליקופן באבטיח

רמת הליקופן הגבוהה ביותר נמצאה בפירות של הזן Extazy שגדלו כמות שהם ללא הרכבה. בפירות של אבטיחי הבר ששימשו ככנות, רמת הליקופן הייתה נמוכה יותר. דוגמא בולטת היא בפירות של הקו PI341 שהם בעלי צבע ציפה לבן ובהם לא נמצא כלל ליקופן (איור 8-א). ההרכבה של Extazy על עצמו גרמה לירידה מובהקת ברמת הליקופן לעומת Extazy לא מורכב. בפירות של Extazy שהורכבו על שאר קווי האבטיח נמדדה רמת ליקופן דומה לזו של Extazy מורכב על עצמו (self) (איור 8-א). כלומר, למרות שבפירות של כנות האבטיח עצמן נמצאה רמת ליקופן נמוכה, הרכבה על אלה לא השפיעה לרעה על רמת הליקופן בפירות של הרכוב. לאחר אחסון של שישה ימים נראתה מגמת עליה באבטיחים שהורכבו על הכנות PI609 ו-CON אך השפעה זו לא הייתה מובהקת. רק בפירות של אבטיחים שהורכבו על הכנה MAL לא מורכב נמדדה רמת ליקופן גבוהה יותר לאחר האחסון באופן מובהק (איור 8).



איור 8. תכולת ליקופן בצפיפת אבטיח Extazy ו-5 קווי אבטיח לא מורכבים ואבטיח Extazy מורכב על עצמו ועל 5 כנות אבטיח שונות. (א) רמות ליקופן בזמן קטיף (ב) רמות ליקופן לאחר אחסון (6 ימים). אותיות שונות מצביעות על הבדלים מובהקים בין הטיפולים.

4.5. תגובה של אבטיחי בר לאילוח בפתוגנים

4.5.1. אילוח מלאכותי – מבחני עציצים בתאי צמיחה

4.5.1.1. תגובה לאילוח בפוזריום הנבילה של אבטיח

הקו PI341 הידוע כעמיד לפוזריום הנבילה הגיב כצפוי ולא נבל כלל בשתי החזרות על הניסוי. קו זה היה היחידי שהיה עמיד לחלוטין. אחוזי נבילה גבוהים נמצאו בניסוי הראשון בקווי האבטיח WIS, KAQ, WAN ו-PI515. בניסוי השני נמצאו שוב אחוזי נבילה גבוהים בקווי WAN ו-PI515, אך אחוזי נבילה גבוהים נמצאו גם בצמחים מהקווי HUN ו-RSC (טבלה 8).

טבלה 8. תמותת צמחים לאחר אילוח ב- *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum* מגזע 2. אותיות שונות מצביעות על הבדלים מובהקים בין הטיפולים בכל ניסוי בנפרד.

| תמותת צמחים (%) | | |
|-----------------|----------|------------|
| שם הקו | ניסוי 1 | ניסוי 2 |
| BDA | 24 (c-e) | 30 (a-d) |
| CON | 16 (de) | 0 (f) |
| COS | 8 (de) | 10 (d-f) |
| EMO | 24 (c-e) | 8 (d-f) |
| HUN | 32 (b-d) | 48 (ab) |
| KAQ | 60 (ab) | 8 (d-f) |
| MAL | 16 (de) | 5 (f) |
| NWAU | 21 (de) | 24.4 (b-f) |
| PI075 | 8.3 (de) | 16 (c-f) |
| PI260 | 32 (b-d) | 12 (d-f) |
| PI341 | 0 (e) | 0 (ef) |
| PI481 | 16 (de) | 8 (d-f) |
| PI515 | 53 (bc) | 27 (b-e) |
| PI549 | 12 (de) | 19 (c-f) |
| PI609 | 36 (b-d) | 8 (d-f) |
| PI722 | 32 (b-d) | 4 (f) |
| PI750 | 24 (c-e) | 17 (c-f) |
| PI916 | 12 (de) | 4 (f) |
| RSC | 32 (b-d) | 36 (a-c) |
| WAN | 90 (a) | 50 (a) |
| WIS | 56 (b) | 4 (f) |
| PI318 | - | 8 (d-f) |

4.5.1.2. תגובה לאילוח בפוזריום ריקבון הכתר של מלפפון

נבילה בשיעור נמוך בארבעת קווי הבר MAL, CON, PI075 ו-PI341 (העמיד גם לפוזריום הנבילה), נמצאה בעקבות אילוח בפוזריום ריקבון הכתר של המלפפון (*Forc*). הקווים NWAU ו-PI075 נבלו בשיעור שבין 48 ו-10%, בהתאמה, בחזרה הראשונה, אך לא נבלו בחזרה השנייה (טבלה 9). הקו העמיד ל-Fon, PI341, לא נבל כלל בחזרה הראשונה אך נבל בשיעור של 12% בחזרה השנייה. אחוזי הנבילה הגבוהים ביותר נצפו בקווי האבטיח RSC ו-KAQ ובצמחי המלפפון מזן בית אלפא אשר שימשו כצמחי הביקורת. תוצאות אלו חזרו על עצמן בשני הניסויים שנערכו (טבלה 9).

טבלה 9. תמותת צמחים לאחר אילוח ב- *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis cucumerinum*. אותיות שונות מצביעות על הבדלים מובהקים בין הטיפולים בכל ניסוי בנפרד.

| תמותת צמחים (%) | | שם הקו |
|-----------------|------------|--------------------------|
| ניסוי 2 | ניסוי 1 | |
| 80 (ab) | 76.2 (a) | בית אלפא (ביקורת מלפפון) |
| 24 (c-g) | 24.4 (e-h) | עין דור (ביקורת מלון) |
| 20 (c-g) | 22.9 (f-h) | BDA |
| 4 (fg) | 9.1 (h) | CON |
| 48 (a-f) | 11.9 (gh) | COS |
| 12 (d-g) | 35.1 (c-g) | EMO |
| 92 (a) | 42.7 (b-f) | HUN |
| 48 (a-f) | 64.3 (ab) | KAQ |
| 12 (d-g) | 8.6 (h) | MAL |
| 0 (g) | 47.8 (a-e) | NWAU |
| 0 (g) | 9.8 (gh) | PI075 |
| 52 (a-e) | 10.7 (gh) | PI260 |
| 12 (d-g) | 0 (h) | PI341 |
| 8 (e-g) | 42.9 (b-f) | PI481 |
| 64 (a-c) | 54.8 (a-d) | PI515 |
| 8 (e-g) | 41 (b-f) | PI549 |
| 40 (b-g) | 34.3 (d-g) | PI609 |
| 16 (d-g) | 17.1 (gh) | PI722 |
| 4 (fg) | 14.8 (gh) | PI750 |
| - | 6.2 (h) | PI916 |
| 84 (ab) | 61.4 (ab) | RSC |
| 12 (d-g) | 61.9 (a-c) | WAN |
| 56 (a-d) | 71.4 (a) | WIS |

4.5.1.3. תגובה לאילוח בנמטודות יוצרות עפצים

מתוך תוצאות הניסוי שנערך בנווה יער ומהניסוי המקביל שנערך בחוות גילת עולה כי רמת הנגיעות באבטיחי הבר לאחר אילוח בשתי הנמטודות נמוכה יחסית לצמחי המלפפון ולמלון ששימשו כביקורת. רמת העפצים בביקורת הרגישות, צמחי המלון והמלפפון, הייתה בין 2.4 ל-3.7 עבור שני מיני הנמטודות בשני הניסויים (טבלאות 10 ו-11). רמת העפצים הגבוהה שנצפתה בין קווי הבר הייתה 2.1, בקו PI481 שהודבק ב-*M. incognita* (טבלה 11). אבטיחי הבר PI341 ו-PI750 היו בעלי רמת עפצים נמוכה יחסית לאחר שהודבקו ב-*M. javanica*, בשני אתרי הניסוי (טבלה 10). אבטיחי הבר PI916 ו-PI609 היו בעלי רמת עפצים נמוכה לאחר הדבקה בשתי הנמטודות (טבלאות 10 ו-11).

טבלה 10. רמת העפצים (בדירוג מ-0 עד 5 : 0-ללא עפצים, 5-כל מערכת השורשים מכוסה בעפצים) בקווי אבטיחי בר לאחר אילוח ב-*Meloidogyne javanica*. הניסויים נערכו במרכז המחקר נווה יער ובמרכז מחקר גילת. אותיות שונות מצביעות על הבדלים מובהקים בין הטיפולים בכל אתר ניסוי בנפרד.

| רמת עפצים (0-5) | | שם הקו |
|-----------------|------------|--------------------------|
| גילת | נווה יער | |
| 3.71 (a) | 3 (ab) | בית אלפא - ביקורת מלפפון |
| 2.43 (b) | 3 (a) | עין דור - ביקורת מלון |
| 0.48 (e-i) | 0.25 (g) | BDA |
| 0.79 (c-e) | 0.2 (g) | CON |
| 0.16 (h-j) | 0.67 (e-g) | COS |
| 0.66 (d-f) | 0.5 (fg) | EMO |
| - | 0.85 (d-g) | HUN |
| 0.5(e-h) | 0.33 (g) | KAQ |
| 0.5 (e-h) | 0.42 (fg) | MAL |
| 0.6 (d-g) | 0.42 (fg) | NWAU |
| 0.04 (j) | 1.5 (cd) | PI075 |
| 0.25 (g-j) | 2 (bc) | PI260 |
| 0.05 (j) | 0.6 (e-g) | PI318 |
| 0.26 (g-i) | 0.28 (g) | PI341 |
| 1.14 (c) | 1.25 (ce) | PI481 |
| 0.5 (e-h) | 0.78 (d-g) | PI515 |
| 0.48 (e-i) | 0.67 (e-g) | PI549 |
| 0.1 (ij) | 0.5 (fg) | PI609 |
| 0.89 (cd) | 0.85 (d-g) | PI722 |
| 0.24 (g-j) | 0.25 (g) | PI750 |
| 0 (j) | 0.24 (g) | PI916 |
| 0.01 (j) | 0.7 (e-g) | RSC |
| 0.27 (f-j) | 0.5 (fg) | WAN |
| - | 1.25 (c-f) | WIS |

טבלה 11. רמת העפצים (בדירוג מ-0 עד 5 : 0-ללא עפצים, 5-כל מערכת השורשים מכוסה בעפצים) בקווי אבטיחי בר לאחר אילוח ב-*Meloidogyne incognita*. הניסויים נערכו במרכז מחקר נווה יער ובמרכז מחקר גילת. אותיות שונות מצביעות על הבדלים מובהקים בין הטיפולים בכל אתר ניסוי בנפרד.

| רמת עפצים (0-5) | | שם הקו |
|-----------------|------------|--------------------------|
| גילת | נווה יער | |
| 3.21 (a) | - | בית אלפא - ביקורת מלפפון |
| 3.21 (a) | 3.5 (a) | עין דור - ביקורת מלון |
| 0.57 (g-i) | 1.5 (b-e) | BDA |
| 1.5 (b-d) | 1.38 (b-f) | CON |
| 0.36 (h-k) | 1 (c-h) | COS |
| 1 (e-g) | - | EMO |
| - | 0.38 (h) | HUN |
| 0.65 (f-h) | 0.25 (gh) | KAQ |
| 1.07 (d-f) | 1.13 (c-h) | MAL |
| 0.82 (e-h) | 0.5 (d-h) | NWAU |
| 0.15 (i-k) | 0.75 (d-h) | PI075 |
| 0.55 (g-j) | 1.25 (c-g) | PI260 |
| 0.09 (jk) | 0.75 (e-h) | PI318 |
| 0.64 (f-i) | 0.55 (f-h) | PI341 |
| 0.64 (f-i) | 2.1 (b) | PI481 |
| 1.71 (bc) | 1 (c-h) | PI515 |
| 1.29 (c-e) | 1.83 (b-d) | PI549 |
| 0.54 (g-i) | 0.5 (d-h) | PI609 |
| 1.93 (b) | 1.7 (b-d) | PI722 |
| 0.79 (f-h) | 1.9 (bc) | PI750 |
| 0.04 (k) | 0.63 (e-h) | PI916 |
| 0.69 (f-h) | 0.8 (e-h) | RSC |

4.5.2. מבחני שדה

4.5.2.1. תגובה ל- *Monosporascus cannonballus*

בשנת 2010 נשתלו 19 קווי אבטיח בר לא מורכבים בחלקת שדה מאולחת בפטרייה *M. cannonballus* בתחנת הניסיונות זוהר בעין תמר. אחוזי הנבילה הגבוהים ביותר היו בין 20 ל-40% ואלו נצפו בקווים WAN, CON, BDA, WIS ו-CON, בעוד שמרבית הקווים לא נבלו בכלל או שנבלו רק מעט. בקו PI341 רק צמח אחד מתוך 24 שנבדקו, נבל (4%). בחזרה השנייה על הניסוי בשנת 2011 נבדקו שמונה קווי בר בלבד ובכולם נצפתה רמת נבילה מסוימת (29-71%). אחוז הנבילה הגבוה ביותר נצפה בקו PI341 (71%) ובשאר הקווים נצפו אחוזי נבילה שבין 20 ל-54% (טבלה 12). למרות אחוזי הנבילה הגבוהים שנצפו בחלק מהקווים, לא נמצאו הבדלים מובהקים סטטיסטית בין הטיפולים בחזרה השנייה על הניסוי. כל הקווים שנבדקו בניסוי זה הוגדרו כרגישים לפטרייה.

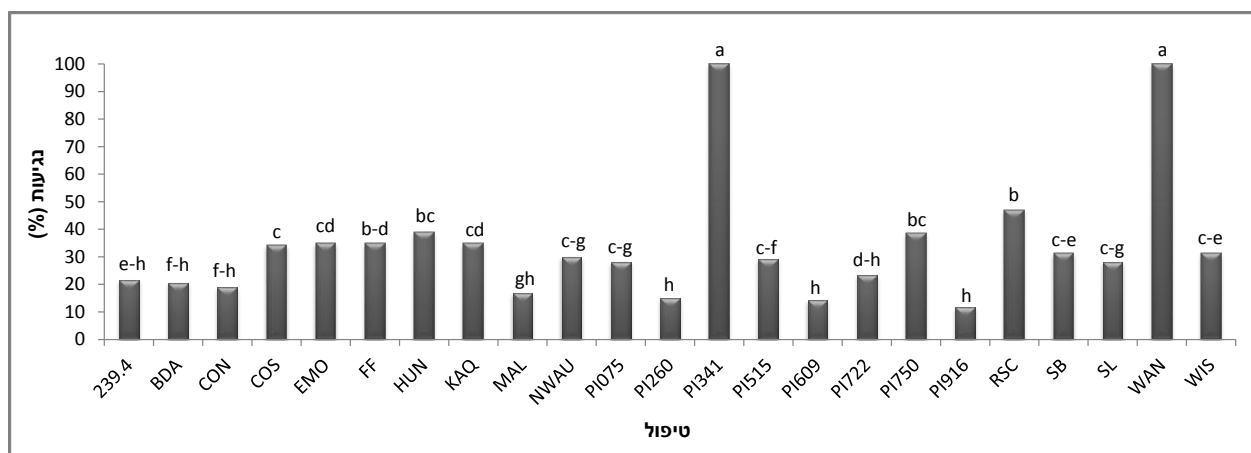
טבלה 12. תמותת צמחים בצמחי קווי בר לא מורכבים שנשתלו בחלקה מאולחת ב- *Monosporascus cannonballus* בשנים 2010-2011. אותיות שונות מציינות הבדלים מובהקים בין הטיפולים בכל שנה בנפרד.

| תמותת צמחים (%) | | |
|-----------------|------------|------------|
| שם הקו | ניסוי 2011 | ניסוי 2012 |
| BDA | 25 (a-c) | 54.2 |
| CON | 20 (a-c) | 29.2 |
| COS | 35 (ab) | - |
| EMO | 0 (c) | - |
| HUN | 5 (bc) | - |
| KAQ | 0 (c) | - |
| MAL | 0 (c) | 37.5 |
| NWAU | 0 (c) | - |
| PI 075 | 0 (c) | 37.5 |
| PI 260 | - | 20.8 |
| PI 341 | 4 (c) | 70.8 |
| PI 481 | 0 (c) | - |
| PI 515 | 2.5 (c) | - |
| PI 549 | 0 (c) | - |
| PI 609 | 0 (c) | 29.2 |
| PI 750 | 5 (bc) | - |
| PI 916 | 0 (c) | 54.2 |
| RSC | 0 (c) | - |
| WAN | 40 (a) | - |
| WIS | 25 (a-c) | - |

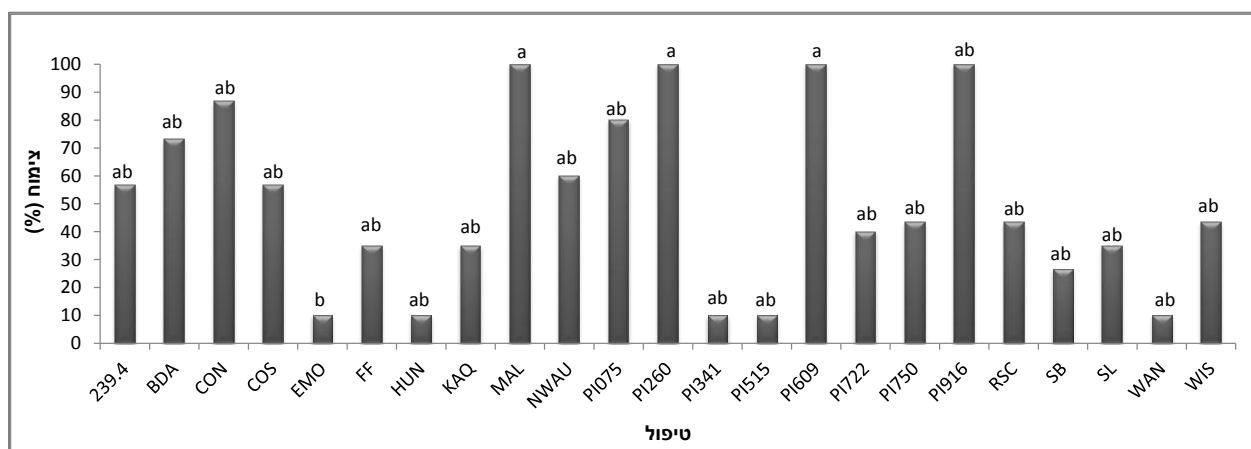
4.5.2.2. תגובה ל- *Macrophomina phaseolina*

עמידות אבטיחי בר לא מורכבים

תשעה עשר קווי אבטיח וארבעה זני אבטיח מסחריים נבדקו לתגובה ל-*M. phaseolina* בינואר 2011 ובינואר 2012 בחלקת שדה הידועה כמאולחת בפטרייה זו, בחוות עדן, בעמק המעינות. מתוצאות הבדיקה שנערכה בשדה בשנת 2011 עלה כי בקווים MAL, PI609, PI260 ו-PI916 נצפתה החמת שורשים ברמה נמוכה מאד (11-17%) וצמחים אלו לא נבלו מהמחלה. הצמחים היו בעלי מראה בריא עם מעט החמות בעוד שצמחי הקווים PI341 ו-WAN היו בעלי צימוח גרוע והחמות רבות על גבי השורשים (18-49%) (איורים 9 ו-10).

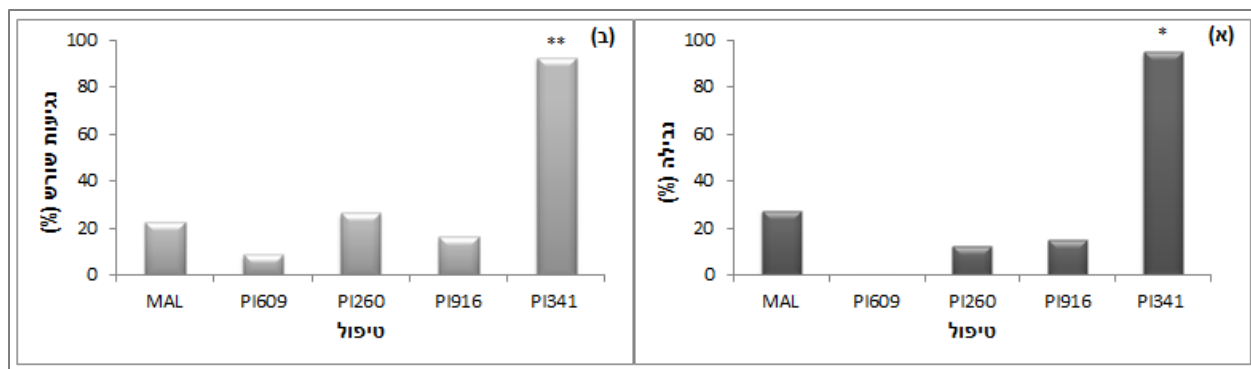


איור 9. אחוז הנגיעות (0 עד 100% : 0-ללא נגיעות, 100-נגוע מאד) בשורשי הצמחים של 19 קווי בר ו-4 אבטיחים מסחריים (239.4 ; FF=Family Fun ; SB=Sugar Baby ; SL=Smokey Lee) לא מורכבים שנשתלו בחלקה מאולחת ב-*Macrophomina phaseolina* בשנת 2011. אותיות שונות מצביעות על הבדלים מובהקים בין הטיפולים.

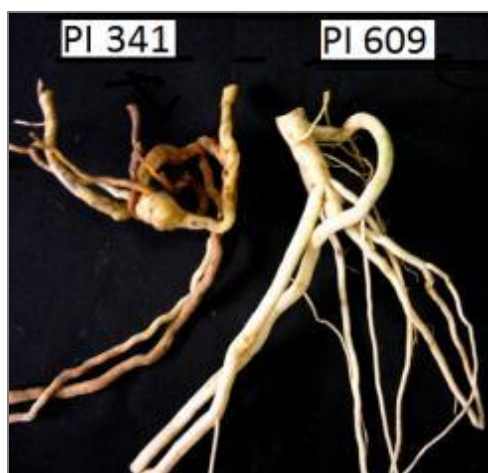


איור 10. צימוח בשדה (0 עד 100% : 0-צימוח גרוע, 100-צימוח מצוין) של 19 קווי בר ו-4 אבטיחים מסחריים (239.4 ; FF=Family Fun ; SB=Sugar Baby ; SL=Smokey Lee) לא מורכבים שנשתלו בחלקה מאולחת ב-*Macrophomina phaseolina* בשנת 2011. אותיות שונות מצביעות על הבדלים מובהקים בין הטיפולים.

בשנת 2012 נבדקו 5 קווי אבטיח, מתוכם 4 קווי בר שהראו עמידות בשנה הקודמת (MAL, PI609, PI260, ו-PI916) ואבטיח בר אחד שהראה רגישות ושימש כביקורת רגילה (PI341). ארבעת הקווים שהיו עמידים בשנת 2011 הראו עמידות גם בניסוי זה. הצמחים הראו מעט נבילה או לא נבלו כלל (0-27%). השורשים היו נקיים כמעט לחלוטין או עם מעט החמות בשורשים (5-22%) (איור 11, תמונה 3). צמחי הקו PI341, שהיה רגיש בשנת 2011 היו רגישים גם בחזרה זו והראו 92 ו-95% נבילה והחמות בשורש, בהתאמה (איור 11).



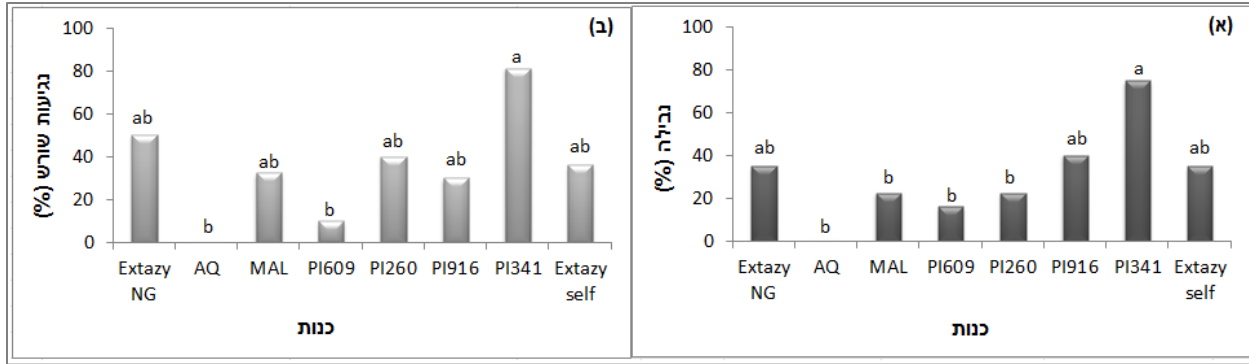
איור 11. נבילת צמחים ונגיעות בשורשי קווי בר לא מורכבים שנשתלו בחלקה מאולחת ב- *Macrophomina phaseolina* בשנת 2012. (א) אחוז הנבילה (0 עד 100%: 0-ללא נבילה, 100-נבילה מוחלטת). (ב) אחוז הנגיעות בשורשים (0 עד 100%: 0-ללא נגיעות, 100-נגוע מאד). כוכביות מצביעות על הבדלים מובהקים בין הטיפולים.



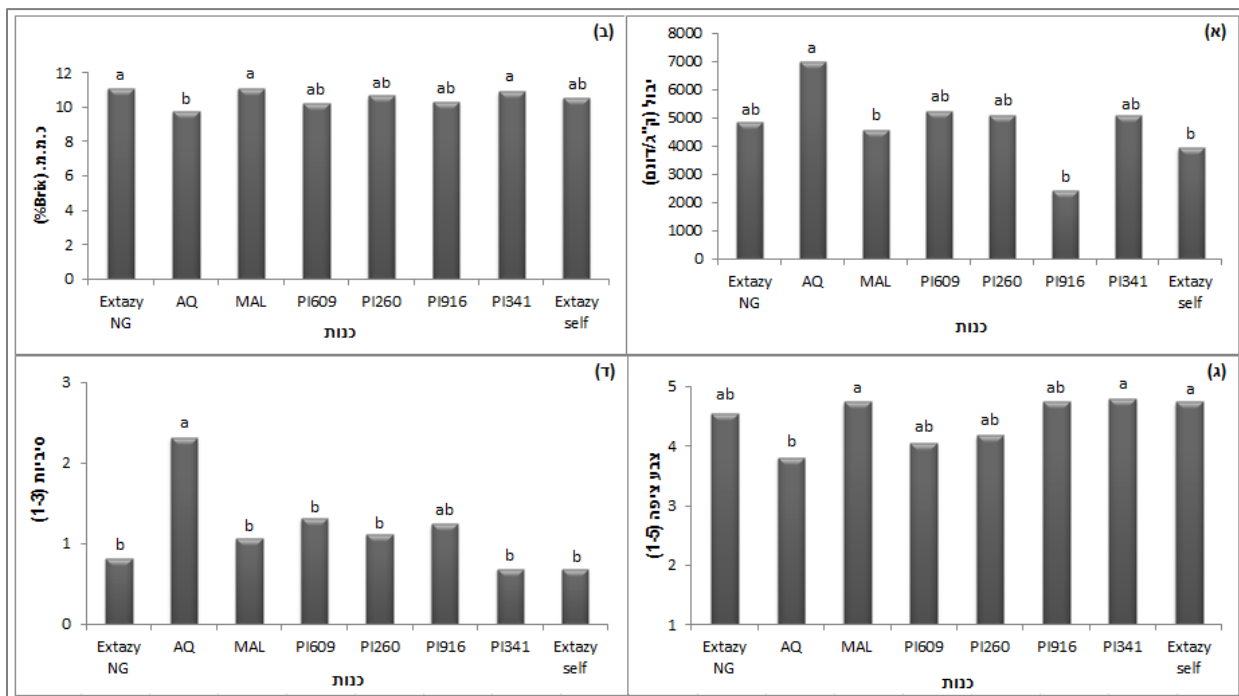
תמונה 3. הבדלים בתגובות שורשי צמחי אבטיח שנשתלו בחלקה מאולחת ב- *Macrophomina phaseolina*. מצד שמאל נראה שורש רקוב של קו אבטיח שהראה רגישות (PI341) ומצד ימין שורש בריא של קו אבטיח שהראה עמידות (PI609).

עמידות אבטיחי בר מורכבים

בשנת 2012 נבדקו צמחים של אבטיחי מיני Extazy שהורכבו על כנות שונות בחלקת שדה הידועה כמאולחת בפטרייה, בחוות עדן. מתוך התוצאות עולה כי בדומה לניסוי עם האבטיחים הלא מורכבים, בצמחים שהורכבו על הקו PI341 הנבילה והנגיעות בשורשים הייתה רבה ביחס לצמחים שהורכבו על שאר קווי הבר. הנבילה הייתה גבוהה באופן מובהק ביחס לצמחים שהורכבו על הכנות MAL, PI260 ו-PI609 ועל כנת הדלעת AQ (איור 12-א'), ואילו הנגיעות בשורשים הייתה גבוהה באופן מובהק ביחס לצמחים שהורכבו על הכנה PI609 ועל כנת הדלעת AQ (איור 12-ב'). יחד עם זאת, מבדיקת מדדי איכות כגון כ.מ.מ., צבע ציפה ונוכחות של סיב מרכזי באבטיחי Extazy שהורכבו על כנת הדלעת AQ, עולה שמתקבלת בהם רמת סוכר נמוכה יותר, צבע ציפה בהיר יותר ורמת סיביות גבוהה יותר באופן מובהק לשאר צירופי ההרכבות, וזאת למרות היבול הגבוה שהתקבל באבטיחים שהורכבו על כנה זו (איור 13).



איור 12. נבילות צמחים ונגיעות בשורשי אבטיח מהזן Extazy לא מורכב (NG=Non Grafted), מורכב על עצמו (self), על 5 כנות אבטיח שונות ועל שתי כנות דלעת (AQ ו-TZ-148) בשנת 2012 שנשתלו בקרקע מאולחת ב- *Macrophomina phaseolina*. (א) אחוז הנבילה (עד 100%: 0-ללא נבילה, 100-נבילה מוחלטת). (ב) אחוז הנגיעות בשורשים (0 עד 100%: 0-ללא נגיעות, 100-נגוע מאד). אותיות שונות מצביעות על הבדלים מובהקים בין הטיפולים.



איור 13. יבול ומדדי איכות באבטיח מהזן Extazy לא מורכב (NG=Non Grafted), מורכב על עצמו (self), על 5 כנות אבטיח שונות ועל שתי כנות דלעת (AQ ו-TZ-148) בשנת 2012 שנשתלו בקרקע מאולחת ב- *Macrophomina phaseolina*. (א) יבול (ק"ג/דונם). (ב) כלל מוצקים מומסים (כ.מ.מ. (%Brix)). (ג) צבע ציפה (בסולם של 1 עד 3, כאשר 1=ורוד, 3=אדום). (ד) סיב מרכזי (בסולם של 0 עד 3, כאשר 0=ללא סיבים, 3=סיב עבה). אותיות שונות מצביעות על הבדלים מובהקים בין הטיפולים.

5. דיון ומסקנות

5.1. שינוי באיכות פרי באבטיחים מורכבים

שינוי בגודל ולעתים עיוות בצורת הפרי הם המאפיינים הבולטים ביותר שעלולים להשתנות לאחר הרכבה של אבטיח, ובמיוחד אבטיח מיני, על כנות דלעת. בספרות דווח שההרכבה יכולה להגדיל את גודל הפרי גם בחצילים ובעגבניות, בהתאמה (Passam et al., 2005; Pogonyi et al., 2005). במחקרנו, גם באבטיחי מיני וגם באבטיחי מידי, ההרכבה על כנות דלעת גרמה לעליה בגודל הפרי (תמונה 1 ואיור 1). העלייה בלטה בעיקר באבטיחי המיני שמשקל הפרי הממוצע שלהם היה קרוב יותר ל-4 ק"ג, בעוד שללא הרכבה, צמחי אבטיחי מיני מניבים פירות במשקל של 1.5-2 ק"ג לפרי ואבטיחי מידי מניבים פירות במשקל של 3 ק"ג לפרי (עומר, 2009). Yetisir and Sari (2003) ו-Yetisir (2003) וחוב' (2007) דיווחו שאבטיח שהורכב על דלעת הניב פרי במשקל גדול יותר בכ-50%. תוצאות דומות התקבלו במחקרים נוספים (Miguel et al., 2004; Alexopoulos et al., 2007; Salam et al., 2002; Davis and Perkins-Veazie, 2005; Yetişir et al., 2003; Cushman and Huan, 2006). העלייה בגודל הפרי מיוחסת להשפעת ההרכבה על שינוי בממשק ההורמונים הצמחיים בשורשי הדלעת ושינוי בקליטה של חומרי הזנה המגדילים את און הצימוח (Ikeda et al., 1986; Kim and Lee, 1989; Ruiz et al., 1997; Pulgar et al., 2000). בהרכבת אבטיחים על כנות דלעת, ההרכבה גורמת להגדלת הפרי ומכאן להגדלת היבול (Proietti et al., 2008; Alexopoulos et al., 2007; Yetisir and Sari, 2003; Alan et al., 2007). במחקרנו, היבול הגבוה ביותר התקבל בצמחים שהורכבו על כנת האבטיח PI341 (איור 4-א') העמידה ל-*F. oxysporum* f. sp. *niveum*, והראתה סבילות ל-*M. phaseolina*. גודל הפרי שהורכב על כנות קווי הבר נע בין 2-2.5 ק"ג לפרי בשני הניסויים שנערכו ב-2011 וב-2012 (איור 4-ג', 7-ג'). אך מספר הפירות בשנת 2012 פחת בחצי, מה שתרם להקטנת היבול בשנת 2012 (איור 6), ביחס ליבול שהתקבל בשנת 2011 (איור 4). התוצאות במחקרנו תואמות לדיווחים של Cushman and Huan (2006) ושל Ali (2012) שמצאו שהרכבה של אבטיח על אבטיח הובילה ליבול דומה, או גבוה יותר ביחס לאבטיחים שהורכבו על דלעת. ההרכבה על כנת דלעת גורמת לרוב להתעבות קליפת הפרי, ב-21% (Yetişir et al., 2003), ב-9% (Alexopoulos et al., 2007) וב-17% (Proietti et al., 2008), ביחס לפירות מהצמחים הלא מורכבים. במחקרנו, עובי קליפת הפרי באבטיחי מיני שהורכבו על דלעת גדל ב-33%, בהשוואה ללא מורכבים (איור 1-ח'), אך לא נמצאו הבדלים דומים באבטיחי המידי. כלומר, להרכבה של אבטיח על כנת דלעת הייתה השפעה דרמטית יותר על עובי הקליפה באבטיחי המיני שהורכבו עליה, ביחס להרכבה על אבטיחי המידי. מרקם הפרי, שהוא החלק הנאכל, מהווה מדד חשוב עבור צרכנים. אך Kawaide (1985) ציין שציפה קשה וסיבית הינה בעיה נפוצה באבטיחים לאחר הרכבה, ומחקרים שונים מאמתים זאת (Yetişir et al., 2003; Huitrón-Ramírez et al., 2009). גם במחקר זה, אזורים לבנים נצפו בפירות מיני ומידי שהורכבו על דלעת (תמונה 1), והקשיות בציפת פירות מהצמחים המורכבים הייתה גבוהה פי שתיים בהשוואה לפירות מהצמחים

הלא מורכבים (איור 1-ה', 1-ו'). העלייה בקשיות הפרי יכולה לנבוע משינוי במורפולוגיה התא כתוצאה מעליה בסינתזה של הורמונים ושינוי במאזן המים והנוטריינטים של הרכב (Rouphael et al., 2010). בבדיקה המיקרוסקופית של האזורים הלבנים בציפת אבטיחי Extazy מצאנו ריכוז גדול של תאים קטנים וצפופים בעוד שבפירות של הצמחים הלא מורכבים ושל Leopard מורכב לא נמצאו ריכוזי תאים כאלה (תמונה 2). על פי מאמרם של Gillaspay וחובי (1993) ניתן לחלק את התפתחות הפרי ל-3 שלבים; התפתחות השחלה, חלוקת התאים ובסיומה התרחבות של התאים, עד להגעת הפרי לגודלו הסופי. בשלב חלוקת התאים דווח כי התאים המתחלקים בפרי המתפתח הינם קטנים, דחוסים בצפיפות ובעלי ואקואולות קטנות. תיאור זה מתאים למה שראינו בפרי של אבטיחי ה-Extazy המורכבים (תמונה 2). ייתכן שההרכבה גורמת להבשלה לא אחידה בפרי, תופעה הבולטת במיוחד בפירות המיני המורכבים. בנוסף, בספרות מדווח שפריחה ומועד החנטה יכולים להיות מושפעים מהרכבה וידוע שגורמים אלו יכולים להשפיע ישירות על התפתחות הפרי. השפעה זו אינה ברורה, מאחר וחלק מהמחקרים מראים השפעה מעכבת (Yamasaki et al., 1994) בעוד שאחרים מראים הקדמה בפריחה (Sakata et al., 2005). כמו כן, במחקרו של Miguel (1997) דווח כי השונות בפריחה יכולה להיות משנית בטמפרטורות אופטימליות, אך בטמפרטורות נמוכות נגרם עיכוב משמעותי בפריחה בצמחים המורכבים. Satoh (1996) שדיווח על עיכוב בפריחה במלפפונים שהורכבו על כנת דלעת, טוען שיצירת הפרחים עוכבה בשל הפרשת חומרים מעכבים על ידי שורשי כנת הדלעת.

טעם הפרי גם הוא מהווה מדד חשוב מאד לצרכן. טעם הפירות של הצמחים ששימשו ככנות שנבדקו בעבודה זו נע בין מר מאד למתוק מאד (טבלה 2). הרכבה על גבי כנת הדלעת לא ביטאה השפעה עקבית על רמת הסוכר בפרי במחקר זה. בעוד שבאבטיחי Extazy מורכבים רמת הסוכר ירדה, באבטיחי Leopard מורכבים רמת הסוכר עלתה (איור 1). האבטיחים שהורכבו על כנות אבטיחי הבר ונבדקו בזמן הקטיפה ולאחר האחסון בניסויי השדה שנערכו ב-2011 וב-2012, ביטאו מגוון השפעות על תכולת הסוכר ביחס לאבטיחי ה-Extazy ששימשו כביקורת. בעוד שהרכבה על הכנות BDA ו-PI341 תרמה לרמת סוכר גבוהה (טבלה 4) וציון כללי גבוה יחסית (טבלאות 5 ו-7), ההרכבה על הכנה PI609 תרמה לירידה ברמת הסוכר ובציון הכללי. הממצאים בספרות בקשר להשפעת הרכבה על תכולת הסוכר בפירות אבטיח אינם אחידים; חלקם הראו שאין כל השפעה (Miguel et al., 2004; Huitrón-Ramírez et al., 2009), אחרים דיווחו על ירידה (Qian et al., 2006; Liu et al., 2004) ויש שדיווחו על עליה ניכרת בסוכר (Salam et al., 2002). הירידה בסוכר באבטיחים מורכבים יכולה לנבוע מרמת פעילות נמוכה יותר של האנזים סוכרוז סינתאז (EC 2.4.1.13) בשלב המאוחר של התפתחות הפרי (Huiying et al., 2004). הדיווחים הסותרים יכולים לנבוע מהעובדה שהשינוי בתכולת הסוכר בצמחים מורכבים תלוי בגורמים סביבתיים כגון תנאי הגידול, העונה ומועד הקטיפה, אך הוא גם תלוי כנה ורכב והצירוף ביניהם (Davis et al., 2008a). התרומה לטעם המר באבטיחים שנבדקו על ידינו מיוחסת לקוקורביטצינים, תרכובות שבודדו לראשונה מצמחי דלועיים (Cucurbitaceae) ובעיקר מאבטיחי בר (Wakimoto et al., 2008). תרכובות אלו ידועות במעורבותן במנגנוני הגנה, בין היתר נגד נמטודות הפוגעות

בצמחים (Mashela et al., 2008). במחקרנו, הפירות של הקווים PI916 ו-PI341 נמצאו כבעלי טעם מאד מר (טבלה 2). ואכן, קוקורביטצין E זוהה על ידי אנליזה ב-HPLC בפירות של שני הקווים. לכן היה חשש שהטעם המר יעבור מהכנות לפרי של הרוכב. מתוך התוצאות עולה שלא נמצא קוקורביטצין E בפירות של Extazy שהורכבו על הכנות המרות (איור 7). כמו כן, לא הורגש טעם מר בפירות אלו. לפיכך אין חשש שהטעם המר של כנת האבטיח יעבור לפרי של האבטיח המסחרי שיורכב עליו.

בספרות ניתן למצוא דיווחים סותרים על השפעת הרכבה על תכולת הקרוטנואידים, והליקופן בפרט. בעוד שחלק מהדיווחים מראים עליה בתכולת הליקופן עקב הרכבה (Davis and Perkins-Veazie, 2005; Perkins-Veazie et al., 2008), אחרים מראים שלא נצפה כל שינוי בתכולתו (Bruton et al., 2009). במחקרנו, לא נמצאה השפעה שלילית על רמת הליקופן בפרי בעקבות ההרכבה, גם לא בהרכבה על כנת PI341 בעלת הפרי שצבע ציפתו לבן (איור 8). רק באבטיחי הביקורת Extazy נצפה מצב הפוך, שבו רמת הליקופן באבטיח המורכב נמוכה מזו של האבטיח הלא מורכב. דבר זה יכול לנבוע משינויים הורמונליים הקורים כתוצאה מההרכבה (Rouphael et al., 2010), או כתוצאה מהבדל בזמן ההבשלה בין המורכב ללא מורכב. פירות מצמחים מורכבים יכולים להבשיל מאוחר (Davis et al., 2008a), וכאשר קוטפים את כולם יחד ייתכן שבפירות מצמחים מורכבים ימצאו רמות יותר נמוכות של קרוטנואידים. בבדיקת השפעת האחסון על תכולת הליקופן באבטיחים מורכבים, בהשוואה לפירות שנקטפו מצמחים לא מורכבים, לא נראתה השפעה מובהקת מלבד באבטיחים שהורכבו על הכנה MAL, שבהם רמת הליקופן הייתה גבוהה יותר לאחר האחסון (איור 8).

בזמן האחרון הופנתה תשומת לב רבה בעולם ליתרון הבריאותי של ליקופן, אופן שמירתו במהלך עיבוד ואחסון מזון (Perkins-Veazie and Collins, 2004). חום, אור, חמצן וגורמים נוספים יכולים להשפיע בקלות על ליקופן ולגרום לשינוי מבנהו ולהתחמצנותו, אך במהלך האחסון יכול להתרחש שינוי מבנה הגורם לשפעול מחדש. למרות זאת, טרם ידוע רבות על התנאים האופטימליים, בעיקר לחות וטמפרטורה, לגרימת שפעול זה (Perkins-Veazie and Collins, 2004). גם לטמפרטורת האחסון חשיבות רבה בקביעת תכולת הקרוטנואידים במהלך האחסון. במחקר שלנו הטמפ' הייתה 20°C ותקופת האחסנה הייתה 6 ימים, כנהוג באחסון פרי לשוק המקומי. Perkins-Veazie and Collins (2006) אחסנו אבטיחים שלמים בטמפ' של 5°C ו- 13°C למשך שבועיים, ודווחו שהאבטיחים שאוחסנו ב- 21°C היו בעלי תכולת קרוטנואידים גבוהה יותר, ביחס לפירות הביקורת שלא אוחסנו. תכולת הקרוטנואידים במחקרם לא השתנתה כמעט כלל בפירות שאוחסנו ב- 13°C .

סביר להניח שגם ההבדל בתקופת האחסון השפיע על צבירת הקרוטנואידים בפרי. בנוסף, בקרב החוקרים קיימת הסכמה לגבי כך שקיימים הבדלים גנטיים בין זנים וקווים שונים ביכולתם לצבור ליקופן (Davis et al., 2008a) וייתכן שההבדל בין קווי הבר שבדקנו במחקר זה בצבירת הליקופן בזמן האחסון נובע גם מההבדלים הגנטיים ביניהם. בניסוי זה נמצאו תוצאות שיש לבררן שוב. ערכי הליקופן שנמצאו בניסוי היו גבוהים מערכי ליקופן המדווחים בספרות ונמצא הבדל בערכי הליקופן בפירות של אבטיח Extazy לא מורכב

לבין Extazy המורכב על עצמו (self). כדי לברר נקודות חשובות אלו יש לחזור על ניסוי שדה בעונת הקיץ. במסגרת עבודת גמר זו לא ניתן לחזור על הניסוי ואני תקווה שנקודות אלו יתבררו בעתיד.

5.2. אפיון תגובה של אבטיחי בר לאילוח בפתוגנים

בסקירה שנערכה למציאת אבטיחים עמידים למחלות, נמצא הקו PI341 כיחיד העמיד לחלוטין לפוזריום הנבילה (Fon) מגזע 2, בשני הניסויים שנערכו (טבלה 8). קו זה ידוע בעמידותו ושימש במספר מחקרים להבנת הגנטיקה של העמידות ל-Fon. קו זה המבטא עמידות גם לגזעים 0, 1, ו-2 של Fon (Martyn and Netzer, 1991) עבר האבקה עצמית ועבר סלקציה לעמידות לגזע 2 במשך שלוש דורות. הליך זה הוביל לקו עמיד חדש ששחרר על ידי תחנת הניסוי החקלאית של טקסס כקו המשופר PI 296341-FR (Martyn and Netzer, 1991). במחקרנו נמצא טווח רב של רגישות עד עמידות ב-21 קווי אבטיח שאולחו בפוזריום ריקבון הכתר של המלפפון (Forc) בשיטת טבילת השורשים (טבלה 9). Forc עלול לגרום למחלה חמורה, בעיקר בחממות שבהם מגדלים מלפפונים ומלונים (Vakalounakis et al., 2005). הפתוגן יכול לתקוף גם דלועיים אחרים, כולל אבטיחים (Karaca and Kahveci, 2010). לאחרונה, גרם פתוגן זה לנזקים חמורים במלון המגודל במנהרות עבירות בערבה. מחלה זו גורמת לנזק רב בחממות, בעיקר בעונת הסתיו והאביב, כאשר הטמפרטורות מתונות. הטמפרטורות הגבוהות שבעונת הקיץ בשדה הפתוח מקטינות את הסבירות ש-Forc יסכן את גידול האבטיחים. אף על פי כן, אבטיחי מיני נבדקים לאחרונה כגידול פוטנציאלי ליצוא והם מיועדים לגידול בחממות. לכן הידע על הסיכון האפשרי ש-Forc מהווה לגידול חשוב מאד. הזמינות של קווים בטווח רחב של רגישות עד עמידות, כפי שנמצא בעבודה זו, מאפשר להשתמש בחומר הגנטי לטיפול והשבחה וללימוד הגנטיקה של התגובה למחלה.

כנות דלעת מסחריות רגישות לנמטודות היוצרות עפצים בשורש, ואף יותר רגישות מזני אבטיחים שאינם מורכבים (Edelstein et al., 2010; Thies et al., 2010). במחקר זה, נמצאה רמת נגיעות נמוכה יחסית בכמה מקווי האבטיח (PI1609, PI750, ו-PI341 הידוע כעמיד לפוזריום הנבילה) (טבלאות 10 ו-11), המקנה יתרון בטיפול כנות האבטיח על פני כנות דלעת.

התגובה ל-*M. cannonballus*, הגורם למחלת ההתמוטטות הפתאומית של המלונים והאבטיחים, נבדקה תחת תנאי שדה במהלך שתי עונות גידול באבטיחי בר לא מורכבים. בשנה הראשונה לניסוי נמצאו קווים שלא הראו נבילה כלל, אך בשנה שלאחר מכן כל הקווים שנבדקו הראו אחוזי נבילה גבוהים (טבלה 12). לכן כל קווי הבר שנבדקו בניסוי זה הוגדרו כרגישים לפטרייה. ההתמודדות בישראל בשנים האחרונות נגד מחלת התמוטטות בגידולי הדלועיים הנגרמת על ידי פטרייה זו כוללת אינטגרציה של השימוש בצמחים מורכבים על כנות דלעת ושל יישום קוטלי פטריות במהלך הגידול (ד"ר שמעון פיבוניה, מו"פ ערבה, מידע בעל פה). להרכבה על כנות דלעת חשיבות רבה, כפי שנובע ממחקרם של Cohen וחובי (2007), המראה כי ההרכבה על כנות דלעת לבדה, מפחיתה משמעותית את אחוזי הנבילה ב-84 עד 87% בהשוואה לצמחים הלא מורכבים.

במחקר הנוכחי מצאנו קווי אבטיחים ששורשיהם לא נפגעו על ידי *M. phaseolina* (תמונה 3) ושצמחייהם, מורכבים ולא מורכבים, התפתחו באופן נורמלי תחת תנאי שדה (MAL, PI260, PI609 ו-PI916) (איורים 9-13). השורשים אינם עמידים לחלוטין לפתוגן, הפתוגן חודר לשורשים ויכול להימצא בבידודים מהשורש, בדומה לתגובה של כנות הדלעת (מידע לא הוצג). נבילה או התמוטטות בצמחים הנגרמת בעיקר עקב *M. phaseolina* לקראת הבשלת הפירות מכונה גם כתופעת "vine decline". תופעה זו יכולה להיות קשורה לאורגניזם אחד או יותר הפועלים ביחד: כל אחד מהם לחוד לרוב אינו גורם למחלה, אבל כאשר הם פועלים ביחד הסיכוי להופעת המחלה גובר (Marty, 2008). *M. phaseolina* היא הפטרייה הנפוצה ביותר המבודדת משורשים ומכתר הגבעול בצמחי אבטיח שנבלו בצפון ישראל. לעתים קרובות, *Fusarium solani* מבודד יחד עם *Macrophomina*. ניסויי סולריזציה בקרקע שהפחיתו דרמטית את אוכלוסיית הפוזריום בקרקע אך לא השפיעו על *Macrophomina*, הצביעו על כך שהאחרונה היא הגורם העיקרי להתמוטטות אבטיחים בצפון ישראל (פרופ' אברהם גמליאל, מידע בעל פה).

המחקר הנוכחי מציג את הזמינות של עמידות לפתוגנים חשובים המועברים בקרקע המאיימים על גידול אבטיחים בישראל ובאזורים דומים כגון המזרח התיכון. הקווים שנסקרו ביטאו תגובות שונות למחלות שנבדקו. למיטב ידיעתנו, השונות בתגובות (כולל עמידות) של אבטיחים ל-*M. phaseolina*, המהווה פתוגן חשוב בגידול זה, לא דווחה בעבר. מספר קווים כגון WAN ו-WIS היו רגישים לכל הפתוגנים שנבדקו. הקו PI916 היה עמיד לכל הפטריות שנבדקו ולשני מיני הנמטודות, ו-PI341 היה עמיד ל-*Fon*, ובמידה מסוימת גם ל-*Forc*, אך היה רגיש לפתוגנים אחרים.

5.3. סיכום

בעבודה זו סרקנו אוסף של קווי אבטיחי בר שמקורם ממקורות שונים בעולם ובדקנו את תגובתם למחלות פוזריום הנבילה ופוזריום ריקבון הכתר, למחלות vine decline (*Monosporascus* ו-*Macrophomina*) ולנמטודות יוצרות עפצים. במקביל, בדקנו יבול ומדדי איכות לאחר הקטיף ולאחר אחסון באבטיחי מיני שהורכבו על כנות קווי הבר, בהשוואה לאבטיחים שהורכבו על כנות דלעת או על עצמם. הבדיקות שנעשו במחקרנו חיזקו את הטענה שלהרכבה, ובייחוד להרכבה של אבטיחי מיני על כנות דלעת, יכולה להיות השפעה חיובית על היבול אך השפעה שלילית על איכות הפרי.

מציאת חומר גנטי עמיד למחלות קרקע חשובות ולימוד ההשפעה של ההרכבה על איכות הפרי יאפשרו ליישם טיפוח כנות אבטיח מסחריות בעלות רמות עמידות גבוהות למספר מחלות חשובות. בנוסף, הזמינות של אוסף גנטי הכולל בתוכו עמידויות אלו יכול לשמש ככלי חשוב ללימוד הגנטיקה של העמידות למחלות וחקר מנגנוני העמידות הקשורים בהן.

6. מקורות ספרות

- אילוז, ש., עומר, ש., קורן, א., פליק, א., אלקלעי-טוביה, ש., פרצלן, י., טיוטיוניק, י. ואדלשטיין, מ. (2012). מבחן זנים וכנות באבטיח מורכב. *מבזק ירקות – שדה וירק*, 251, 39-42.
- מור, נ., מירון, י., שדה, ר. וקטן, י. (2009). בחינת שיטות אגרוטכניות וכימיות להפחתת נגיעות בפוזריום ריקבון הכתר במלפפון בבתי צמיחה. *מבזק ירקות – שדה וירק*, 12, 13-15.
- מירון, י. ומור, נ. (2009). השוואת רגישות זני מלפפון מסחריים למחלת פוזריום ריקבון הגבעול והשורש בבתי צמיחה בעונת החורף 2008-9. *מבזק ירקות – שדה וירק*, 12, 16-18.
- עומר ש. (2009). אבטיח כף יד. *מבזק ירקות – שדה וירק*, 13, 28.
- עומרי, נ., גנאים, נ., יונס, ה., אבו טועמה, מ., אדלשטיין, מ. וקטן, י. (2009). מניעת פוזריום ריקבון הגבעול והשורש במלפפון חממה במצע מנותק על ידי שימוש בצמחים מורכבים. *מבזק ירקות – שדה וירק*, 9, 53-55.
- פליק, א., קופל, א., אלקלעי-טוביה, ש., כהן, ר., בורגר, י. ואדלשטיין, מ. (2001). שימוש במבחני טעם להערכת איכות מלונים מצמחים מורכבים, לאחר אחסנה ממושכת. *גן שדה ומשק*, 9, 47-52.
- Abawi, G.S., & Corrales, M.A.P. (1990). *Root rots of beans in Latin America and Africa: Diagnosis, research methodologies, and management strategies* (No. 35). Centro Internacional de Agricultura Tropical.
- Alan, O., Ozdemir, N., & Gunen, Y. (2007). Effect of grafting on watermelon plant growth, yield and quality. *Journal of Agronomy*, 6(2), 362.
- Alexopoulos, A.A., Kondylis, A., & Passam, H.C. (2007). Fruit yield and quality of watermelon in relation to grafting. *Journal of Food Agriculture and Environment*, 5(1), 178.
- Ali, H.D.A. (2012). Performance of Watermelon Grafted onto Different Rootstocks (Doctoral dissertation, National University), Nablus, Palestine.
- Aloni, B., Cohen, R., Karni, L., Aktas, H., & Edelstein, M. (2010). Hormonal signaling in rootstock–scion interactions. *Scientia Horticulturae*, 127(2), 119-126.
- Anonymous (2010). Alternative to Methyl bromide for soils uses. In *Report of the methyl bromide technical option committee (MBTOC). Assessment of the Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer*. UNEP Publishing Section Services, Nairobi. (pp. 100-188).
- Bletsos, F.A. (2005). Use of grafting and calcium cyanamide as alternatives to methyl bromide soil fumigation and their effects on growth, yield, quality and Fusarium wilt control in melon. *Journal of Phytopathology*, 153(3), 155-161.
- Bressano, M., Lorena Giachero, M., Luna, C.M., & Ducasse, D.A. (2010). An *in vitro* method for examining infection of soybean roots by *Macrophomina phaseolina*. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 74(3), 201-204.

- Bruton, B.D., Fish, W.W., Roberts, W., & Popham, T.W. (2009). The influence of rootstock selection on fruit quality attributes of watermelon. *The Open Food Science Journal*, 3, 15-34.
- Chen, J.C., Chiu, M.H., Nie, R.L., Cordell, G.A., & Qiu, S.X. (2005). Cucurbitacins and cucurbitane glycosides: structures and biological activities. *Natural product reports*, 22(3), 386-399.
- Chuanqiang, X., Tianlai, L., & Hongyan, Q. (2005). Effects of Grafting on Growth and Development, Yield and Quality of Muskmelon. *China Vegetables*, 6, 005.
- Clydesdale, F.M. (1993). Color as a factor in food choice. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*, 33(1), 83-101.
- Cohen, R., Burger, Y., Horev, C., & Koren, A. (2007). Introducing grafted cucurbits to modern agriculture: the Israeli experience. *Plant Disease*, 91(8), 916-923.
- Cohen, R., Burger, Y., Horev, C., Porat, A., & Edelstein, M. (2005). Performance of Galia-type melons grafted on to Cucurbita rootstock in *Monosporascus cannonballus*-infested and non-infested soils. *Annals of Applied Biology*, 146(3), 381-387.
- Cohen, R., Horev, C., Burger, Y., Shriber, S., Hershenhorn, J., Katan, J., & Edelstein, M. (2002). Horticultural and pathological aspects of Fusarium wilt management using grafted melons. *HortScience*, 37(7), 1069-1073.
- Cohen, R., Omari, N., Porat, A., & Edelstein, M. (2012). Management of *Macrophomina* wilt in melons using grafting or fungicide soil application: Pathological, horticultural and economical aspects. *Crop Protection*, 35, 58-63.
- Colla, G., Roupahel, Y., Cardarelli, M., & Rea, E. (2006). Effect of salinity on yield, fruit quality, leaf gas exchange, and mineral composition of grafted watermelon plants. *HortScience*, 41(3), 622-627.
- Cushman, K.E., & Huan, J. (2006, December). Performance of four triploid watermelon cultivars grafted onto five rootstock genotypes: yield and fruit quality under commercial growing conditions. In *IV International Symposium on Seed, Transplant and Stand Establishment of Horticultural Crops; Translating Seed and Seedling 782* (pp. 335-342).
- Davis, A.R., & Perkins-Veazie, P. (2005). Rootstock effects on plant vigor and watermelon fruit quality. *Report-Cucurbit Genetics Cooperative*, 28, 39.
- Davis, A.R., Perkins-Veazie, P., Sakata, Y., López-Galarza, S., Maroto, J.V., Lee, S.G., Huh, Y.C., Sun, Z., Miguel, A., King, S.R., Cohen, R., & Lee, J.M. (2008a). Cucurbit grafting. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 27(1), 50-74.
- Davis, A.R., Webber III, C.L., Perkins-Veazie, P., Ruso, V., Lopez-Galarza, S., Sakata, Y., & Pitrat, M. (2008b). A review of production systems on watermelon quality. *Proceedings of the IXth EUCARPIA meeting on genetics and breeding of Cucurbitaceae*, 515-520.

de Pee, S., & West, C.E. (1996). Dietary carotenoids and their role in combating vitamin A deficiency: a review of the literature. *European journal of clinical nutrition*, 50, S38.

Díez, M.J., van Dooijeweert, W., Maggioni, L., & Lipman, E. *ECPGR Report of a Working Group on Cucurbits: First Meeting, 1-2 September 2005, Plovdiv, Bulgaria*. Bioversity International.

Edelstein, M., Cohen, R., Burger, Y., Shriber, S., Pivonia, S., & Shtienberg, D. (1999). Integrated management of sudden wilt in melons, caused by *Monosporascus cannonballus*, using grafting and reduced rates of methyl bromide. *Plant Disease*, 83(12), 1142-1145.

Edelstein, M., Oka, Y., Burger, Y., Eizenberg, H., & Cohen, R. (2010). Variation in the response of cucurbits to *Meloidogyne incognita* and *M. javanica*. *Israel Journal of Plant Sciences*, 58(1), 77-84.

Enslin, P.R., & Rehm, S. (1958, December). Symposium on biochemistry and taxonomy: the distribution and biogenesis of the cucurbitacins in relation to the taxonomy of the *Cucurbitaceae*. In *Proceedings of the Linnean Society of London* (Vol. 169, No. 3, pp. 230-238). Blackwell Publishing Ltd.

Friedmann, M., Lapidot, M., Cohen, S., & Pilowsky, M. (1998). A novel source of resistance to tomato yellow leaf curl virus exhibiting a symptomless reaction to viral infection. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 123(6), 1004-1007.

Gillaspy, G., Ben-David, H., & Gruissem, W. (1993). Fruits: a developmental perspective. *The Plant Cell*, 5(10), 1439.

Gry, J., Søbørg, I., & Andersson, H.C. (2006). *Cucurbitacins in plant food*. Nordic Council of Ministers.

Gupta, G.K., Sharma, S.K., & Ramteke, R. (2012). Biology, epidemiology and management of the pathogenic fungus *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid with special reference to charcoal rot of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill). *Journal of Phytopathology*, 160(4), 167-180. **77**. Meyer, W.A., Sinclair, J.B., & Khare, M.N. (1974). Factors affecting charcoal rot of soybean seedlings. *Phytopathology*, 64(6), 845-8

Holden, J.M., Eldridge, A.L., Beecher, G.R., Marilyn Buzzard, I., Bhagwat, S., Davis, C.S., Douglass, L.W., Gebhardt, S.E., Haytowitz, D.B. & Schakel, S. (1999). Carotenoid content of US foods: an update of the database. *Journal of Food Composition and Analysis*, 12(3), 169-196.

Hu, C.M., Zhu, Y.L., Yang, L.F., Chen, S.F., & Huang, Y.M. (2006). Comparison of photosynthetic characteristics of grafted and own-root seedling of cucumber under low temperature circumstances. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 26, 247-253.

Huitrón-Ramírez, M.V., Ricárdez-Salinas, M., & Camacho-Ferre, F. (2009). Influence of grafted watermelon plant density on yield and quality in soil infested with melon necrotic spot virus. *HortScience*, 44(7), 1838-1841.

- Huiying, L., Zhujun, Z., Qiongqiu, Q., & Zhiping, G. (2004). The effects of different rootstocks on the sugar metabolism and related enzyme activities in small and early-maturing watermelon during fruit development. *Acta Horticulturae Sinica*, 31(1), 47-52.
- Ikedo, H., Shinji, O., & Kazuo, A. (1986). The comparison between soil and hydroponics in magnesium absorption of grafting cucumber and the effect of increased application of magnesium. *Bulletin of the national vegetable research institute in Japan*, C(9), 31-41.
- Karaca, G., & Kahveci, E. (2010). First report of *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-cucumerinum* on cucumbers in Turkey. *Plant Pathology*, 59(6), 1173-1174.
- Kaur, S., Dhillon, G.S., Brar, S.K., Vallad, G.E., Chand, R., & Chauhan, V.B. (2012). Emerging phytopathogen *Macrophomina phaseolina*: biology, economic importance and current diagnostic trends. *Critical Reviews in Microbiology*, 38(2), 136-151.
- Kawaide, T. (1985). Utilization of rootstocks in cucurbits production in Japan. *Japanese Agricultural Research Quarterly*, 18(4), 285-288.
- Kim, S.E., & Lee, J.M. (1989). Effect of rootstocks and fertilizers on the growth and mineral contents in cucumber (*Cucumis sativus*). *Research Collection, Institute of Food Development*, 10, 75-82.
- Klein, L. (1996). Methyl bromide as a soil fumigant. *The Methyl Bromide Issue*. CH Be, N. Price, and B. Chakrabarti, eds. John Wiley & Sons, New York, 191-235.
- Koch, C., & Koch, E.C. (2003). Preconceptions of taste based on color. *The Journal of Psychology*, 137(3), 233-242.
- Koren, A., & Edelstein, M. (2004). Advantages and limitations of grafted vegetable transplants in Israel. *HortScience*, 39:873 (Abst.).
- Krikun, J., Orion, D., Nachmias, A., & Reuveni, R. (1982). The role of soilborne pathogens under conditions of intensive agriculture. *Phytoparasitica*, 10(4), 247-258.
- Kubota, C., McClure, M.A., Kokalis-Burelle, N., Bausher, M.G., & Roskopf, E.N. (2008). Vegetable grafting: History, use, and current technology status in North America. *HortScience*, 43(6), 1664-1669.
- Lee, J.M., & Oda, M. (2002). Grafting of herbaceous vegetable and ornamental crops. *Horticultural Reviews*, 28, 61-124.
- Lee, J.M., Kubota, C., Tsao, S.J., Bie, Z., Echevarria, P.H., Morra, L., & Oda, M. (2010). Current status of vegetable grafting: diffusion, grafting techniques, automation. *Scientia Horticulturae*, 127(2), 93-105.
- Lewinsohn, E., Sitrit, Y., Bar, E., Azulay, Y., Ibdah, M., Meir, A., Yosef, E., Zamir, D., & Tadmor, Y. (2005). Not just colors - carotenoid degradation as a link between pigmentation and aroma in tomato and watermelon fruit. *Trends in Food Science & Technology*, 16(9), 407-415.

- Liu, H., Zhu, Z., & Diao, M. (2006). Characteristics of the Sugar Metabolism in Leaves and Fruits of Watermelon during Fruit Development. *Plant Physiology Communications*, 42(5), 835
- Lopez-Galarza, S., San Bautista, A., Perez, D.M., Miguel, A., Baixauli, C., Pascual, B., Maroto, J.V., & Guardiola, J. L. (2004). Effects of grafting and cytokinin-induced fruit setting on colour and sugar-content traits in glasshouse-grown triploid watermelon. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 79(6), 971-976.
- Martyn, R.D. (2008). Late-season vine declines of melons: Pathological, cultural, or both?. *Phytoparasitica*, 36(4), 309-312.
- Martyn, R.D., & Miller, M.E. (1996). Monosporascus root rot and vine decline: an emerging disease of melons worldwide. *Plant Disease*, 80, 716-725.
- Martyn, R.D., & Netzer, D. (1991). Resistance to races 0, 1, and 2 of Fusarium wilt of watermelon in *Citrullus* sp. PI-296341-FR. *HortScience*, 26, 429-432.
- Martyn, R.D., & Vakalounakis, D.J. (2012). Fusarium wilt of greenhouse cucurbits: Melon, watermelon cucumber. In *Gullino, M.L., Katan, J. and Garibaldi, A. (ed). Fusarium wilts of greenhouse vegetable and ornamental crops*. APS Press St. Paul MN.
- Mashela, P.W., Shimelis, H.A., & Mudau, F.N. (2008). Comparison of the efficacy of ground wild cucumber fruits, aldicarb and fenamiphos on suppression of *Meloidogyne incognita* in tomato. *Journal of Phytopathology*, 156(5), 264-267.
- Miguel, A., Maroto, J.V., San Bautista, A., Baixauli, C., Cebolla, V., Pascual, B., Lopez-Galarza, S., & Guardiola, J.L. (2004). The grafting of triploid watermelon is an advantageous alternative to soil fumigation by methyl bromide for control of Fusarium wilt. *Scientia Horticulturae*, 103(1), 9-17.
- Miguel G.A. (1997). *Injerto de Hortalizas*, 50-52.
- Moreno, A., Alferez, A., Aviles, M., Dianez, F., Blanco, R., Santos, M., & Tello, J.C. (2001). First report of *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-cucumerinum* on cucumber in Spain. *Plant Disease*, 85(11), 1206-1206.
- Mudge, K., Janick, J., Scofield, S., & Goldschmidt, E.E. (2009). A history of grafting. *Horticultural Reviews*, 35, 437-493.
- Paplomatas, E.J., Elena, K., Tsagkarakou, A., & Perdikaris, A. (2000, October). Control of Verticillium wilt of tomato and cucurbits through grafting of commercial varieties on resistant rootstocks. In *II Balkan Symposium on Vegetables and Potatoes 579* (pp. 445-449).
- Passam, H.C., Stylianou, M., & Kotsiras, A. (2005). Performance of eggplant grafted on tomato and eggplant rootstocks. *European Journal of Horticultural Science*, 70(30), 130-134.

- Pavlou, G.C., & Vakalounakis, D.J. (2005). Biological control of root and stem rot of greenhouse cucumber, caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-cucumerinum*, by lettuce soil amendment. *Crop Protection*, 24(2), 135-140.
- Pavlou, G.C., Vakalounakis, D.J., & Ligoigakis, E.K. (2002). Control of root and stem rot of cucumber, caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-cucumerinum*, by grafting onto resistant rootstocks. *Plant disease*, 86(4), 379-382.
- Perkins-Veazie, P., & Collins, J.K. (2004). Flesh quality and lycopene stability of fresh-cut watermelon. *Postharvest Biology and Technology*, 31(2), 159-166.
- Perkins-Veazie, P., & Collins, J.K. (2006). Carotenoid changes of intact watermelons after storage. *Journal of agricultural and food chemistry*, 54(16), 5868-5874.
- Perkins-Veazie, P., Collins, J.K., Pair, S.D., & Roberts, W. (2001). Lycopene content differs among red-fleshed watermelon cultivars. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81(10), 983-987.
- Perkins-Veazie, P., Collins, J.K., Pair, S.D., & Roberts, W. (2002, December). Watermelon: Lycopene content changes with ripeness stage, germplasm, and storage. In *Cucurbitaceae* (Vol. 3, pp. 427-430).
- Perkins-Veazie, P., Zhang, X., Collins, J.K., Wu, G., Lu, G., Huan, J., & Davis, A.R. (2008). Watermelon fruit content of amino acids and carotenoids increases with grafting. *Journal of the Science of Food and Agriculture* (Submitted manuscript-not published)
- Pogonyi, A., Pek, Z., Helyes, L., & Lugasi, A. (2005). Effect of grafting on the tomato's yield, quality and main fruit components in spring forcing. *Acta Alimentaria*, 34(4), 453-462.
- Proietti, S., Roupheal, Y., Colla, G., Cardarelli, M., De Agazio, M., Zacchini, M., Rea, E., Moscatello, S., & Battistelli, A. (2008). Fruit quality of mini-watermelon as affected by grafting and irrigation regimes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88(6), 1107-1114.
- Pulgar, G., Villora, G., Moreno, D.A., & Romero, L. (2000). Improving the mineral nutrition in grafted watermelon plants: nitrogen metabolism. *Biologia Plantarum*, 43(4), 607-609.
- Punja, Z.K., & Parker, M. (2000). Development of *Fusarium* root and stem rot, a new disease on greenhouse cucumber in British Columbia, caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-cucumerinum*. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 22(4), 349-363.
- Qian, Q.Q., Liu, H.Y., & Zhu, Z.J. (2004). Studies on sugar metabolism and related enzymes activity during watermelon fruit development as influenced by grafting. *Journal of Zhejiang University*, 30, 285-289.
- Rehm, S., & Wessels, J.H. (1957). Bitter principles of the cucurbitaceae. VIII.—cucurbitacins in seedlings—occurrence, biochemistry and genetical aspects. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 8(12), 687-691.

- Reuveni, R., Krikun, J., Nachmias, A., & Shlevin, E. (1982). The role of *Macrophomina phaseolina* in a collapse of melon plants in Israel. *Phytoparasitica*, 10(1), 51-56.
- Ristaino, J.B., & Thomas, W. (1997). Agriculture, methyl bromide, and the ozone hole: can we fill the gaps?. *Plant Disease*, 81(9), 964-977.
- Rose, S., Parker, M., & Punja, Z.K. (2003). Efficacy of biological and chemical treatments for control of Fusarium root and stem rot on greenhouse cucumber. *Plant Disease*, 87(12), 1462-1470.
- Rouphael, Y., Schwarz, D., Krumbein, A., & Colla, G. (2010). Impact of grafting on product quality of fruit vegetables. *Scientia Horticulturae*, 127(2), 172-179.
- Ruiz, J.M., Belakbir, A., López-Cantarero, I., & Romero, L. (1997). Leaf-macronutrient content and yield in grafted melon plants. A model to evaluate the influence of rootstock genotype. *Scientia Horticulturae*, 71(3), 227-234.
- Sakata, Y., Ohara, T., & Sugiyama, M. (2005, September). The history and present state of the grafting of cucurbitaceous vegetables in Japan. In *III International Symposium on Cucurbits 731* (pp. 159-170).
- Salam, M.A., Masum, A.S.M.H., Chowdhury, S.S., Dhar, M., Saddeque, M.A., & Islam, M.R. (2002). Growth and yield of watermelon as influenced by grafting. *Journal of Biological Sciences*, 2(5), 298-299.
- Satoh, S. (1996). Inhibition of flowering of cucumber grafted on rooted squash stock. *Physiologia Plantarum*, 97(3), 440-444.
- Siiguenza, C., Schochow, M., Turini, T., & Ploeg, A. (2005). Use of *Cucumis metuliferus* as a rootstock for melon to manage *Meloidogyne incognita*. *Journal of nematology*, 37(3), 276.
- Smith, E.F. (1894). The watermelon disease of the South. *American Association for the Advancement of Science, Proceedings*, 43, 289, 4.
- Su, G., Suh, S.O., Schneider, R.W., & Russin, J.S. (2001). Host specialization in the charcoal rot fungus, *Macrophomina phaseolina*. *Phytopathology*, 91(2), 120-126.
- Sumner, D.R., & Johnson, A.W. (1973). Effect of root-knot nematodes on Fusarium wilt of watermelon. *Phytopathology*, 63(7), 857-861.
- Thies, J.A., & Levi, A. (2007). Characterization of watermelon (*Citrullus lanatus* var. *citroides*) germplasm for resistance to root-knot nematodes. *HortScience*, 42(7), 1530-1533.
- Thies, J.A., Ariss, J.J., Hassell, R.L., Olson, S., Kousik, C.S., & Levi, A. (2010). Grafting for management of southern root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*, in watermelon. *Plant Disease*, 94(10), 1195-1199.

- Trionfetti N.P., Colla, G., Granati, E., Temperini, O., Crino, P., & Saccardo, F. (2002). Rootstock resistance to fusarium wilt and effect on fruit yield and quality of two muskmelon cultivars. *Scientia Horticulturae*, 93(3), 281-288.
- Vakalounakis, D.J., Doulis, A.G., & Klironomou, E. (2005). Characterization of *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-cucumerinum* attacking melon under natural conditions in Greece. *Plant pathology*, 54(3), 339-346.
- Wakimoto, N., Yin, D., O'Kelly, J., Haritunians, T., Karlan, B., Said, J., Xing, H., & Koeffler, H.P. (2008). Cucurbitacin B has a potent antiproliferative effect on breast cancer cells in vitro and in vivo. *Cancer Science*, 99(9), 1793-1797.
- Wechter, W.P., Kousik, C., McMillan, M., & Levi, A. (2012). Identification of Resistance to *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum* race 2 in *Citrullus lanatus* var. *citroides* Plant Introductions. *HortScience*, 47(3), 334-338.
- Yamasaki, A., Yamashita, M., & Furuya, S. (1994). Mineral concentrations and cytokinin activity in the xylem exudate of grafted watermelons as affected by rootstocks and crop load. *Journal of Japanease Society For Horticultural Science*, 62, 817-826.
- Yetisir, H., & Sari, N. (2003). Effect of different rootstock on plant growth, yield and quality of watermelon. *Animal Production Science*, 43(10), 1269-1274.
- Yetisir, H., Kurt, S., Sari, N., & Tok, F.M. (2007). Rootstock potential of Turkish *Lagenaria siceraria* germplasm for watermelon: plant growth, graft compatibility, and resistance to Fusarium. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 31(6), 381.
- Yetişir, H., Sari, N., & Yücel, S. (2003). Rootstock resistance to Fusarium wilt and effect on watermelon fruit yield and quality. *Phytoparasitica*, 31(2), 163-169.
- Zhou, X.G., Everts, K.L., & Bruton, B.D. (2010). Race 3, a new and highly virulent race of *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum* causing fusarium wilt in watermelon. *Plant Disease*, 94(1), 92-98.

Abstract

Vegetable grafting is used primarily as a means of reducing damage caused by soil-borne diseases. Most of the watermelons grown in the Mediterranean basin, including Israel, are grafted, mainly on *Cucurbita* rootstocks. This provides nonspecific but efficient protection against a wide range of soil-borne pathogens. In certain cases, however, grafting may cause a reduction in fruit quality, including hard fruit flesh with white fibers, changes in fruit size and fruit deformation. The negative effects are more pronounced in grafted mini watermelon. Grafting watermelon onto watermelon rootstocks may prevent the fruit quality issues resulting from the use of *Cucurbita* rootstocks. Evaluations of yield and post-harvest fruit quality parameters were conducted in mini watermelon grafted onto wild-type watermelons compared to watermelons grafted onto them or onto *Cucurbita*. The results showed that grafting onto *Cucurbita* rootstocks causes an increase in fruit size and yield. Highest yield was observed in mini watermelons grafted onto PI341. However, the fruit rind was thicker in fruits of mini watermelons grafted onto *Cucurbita* rootstocks, compared to their non-grafted counterparts. In addition, white fibrous flesh was observed in mini and midi watermelons grafted onto *Cucurbita* rootstocks, and the flesh of the grafted fruits was harder than in the fruits of non-grafted plants. The effect of grafting onto *Cucurbita* rootstocks on sugar levels in the fruit was not consistent in this study. While grafting mini watermelons caused a decline in sugar levels, grafting midi watermelons increased them. Moreover, grafting onto different wild-type rootstocks affected sugar level and general score. The sugar content in fruits yielded from plants grafted onto BDA and PI341 was high compared to PI609, which was the lowest. Some of the bitter watermelon accessions were analyzed by HPLC and Cucurbitacins were identified in two of the accessions, PI916 and PI341. The Cucurbitacins are known for their contribution to bitter taste in fruits belonging to the *Cucurbitaceae* family. However, further tests showed that translocation of the bitter compounds from the rootstocks to the fruit of the scion is not a concern. We also found no evidence of a negative effect of grafting on the level of lycopene in the fruit, not even grafting onto the wild-type watermelon rootstock PI341 which expresses a white flesh color. In addition to the evaluation of yield and post-harvest fruit quality parameters, screening of resistant watermelons to important soil-borne diseases was

conducted. Developing a multi-resistant rootstock requires a set of resistances that are absent or unknown in commercial watermelons and resistance to soil-borne pathogens can be found frequently in wild-type plants. In this work, we examined the responses of 22 exotic watermelon accessions to Fusarium wilt caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum* of race 2 and Fusarium crown rot caused by *F. oxysporum* f. sp. *radicis cucumerinum*. The accession PI341 was the only one resistant to Fusarium wilt and together with other accessions (CON, MAL and PI075) it also showed partial resistance to Fusarium crown rot. We also evaluated the response of the above watermelon accessions to *Macrophomina phaseolina* and *Monosporascus cannonballus* under field conditions, and to the root-knot nematodes *Meloidogyne javanica* and *M. incognita* in pots experiments. Under field conditions, all evaluated wild-type watermelons were defined as sensitive to *M. cannonballus*, but some of them were found to be tolerant to *M. phaseolina* (MAL, PI260, PI609 and PI916). The tolerant accessions were not damaged and grew normally, whereas sensitive accessions such as PI341, expressed a high percentage of wilt and lesions in the roots. To the best of our knowledge, reactions (including resistance) of watermelons to *M. phaseolina*, which is an important pathogen in this plant, have never reported. Resistance was also found to nematodes in some of the wild-type watermelons (PI916, PI609, PI750 and PI341). This provides an important advantage for cultivating watermelon rather than *Cucurbita* rootstocks, the latter in more common use today, because commercial *Cucurbita* rootstocks are more sensitive to root-knot nematodes than watermelon. The current research presents the availability of resistance to important soil-borne pathogens which threaten watermelon growth in Israel and in similar areas across the Middle East. The screened accessions expressed different responses to the tested pathogens. The wild-type watermelon PI916 showed resistance to all fungi tested and to both nematodes. PI341 was resistant to *F. oxysporum* f. sp. *niveum* and to some extent to *F. oxysporum* f. sp. *radicis cucumerinum*, but was sensitive to the other pathogens. Grafting onto PI341 also gave the highest yield. In conclusion, the findings in this work allow breeding watermelon rootstocks with high resistance to several diseases and no deleterious effect on fruit quality. In addition, such a germplasm collection can be used as a tool for studying the genetics of disease resistance and resistance mechanisms.

**Quality improvement of grafted watermelon fruits:
Horticultural and phytopathological evaluation of exotic
watermelon accessions as germplasm source for
rootstock breeding**

M. Sc. Thesis

Submitted to the Robert H. Smith Faculty of Agriculture,
Food and Environment

The Hebrew University of Jerusalem

By

Julia Tyutyunik

Rehovot

May 2013