

בחינת פרוטוקול אופטימלי לשינטוע כרם

רוני מיכאלובסקי, ד"ר פיני סריג, אפרים צפלבליץ, אבי סטרומזה - מו"פ בקעת הירדן
ד"ר שי דניאל - שה"מ, משרד החקלאות ובטחון המזון

תקציר

ענף כרם המאכל בבקעת הירדן מתמודד בשנים האחרונות עם צורך גובר בשינטוע כרמים, הן עקב ירידה בכדאיותם של כרמים ותיקים והן בשל מעבר לזנים חדשים. עם זאת, נטיעה חוזרת באותו שטח כרוכה לעיתים בתופעת "מחלת השינטוע", המתבטאת בהתפתחות איטית, פוריות נמוכה ופגיעה בביצועי הכרם הצעיר. מטרת מחקר זה הייתה לבחון באופן שיטתי פרוטוקול אופטימלי לשינטוע כרם, תוך השוואה בין שלושה גורמים מרכזיים: שיטת עקירת הכרם הישן, משך ההמתנה בין עקירה לנטיעה, וטיפול טיוב בור הנטיעה.

המחקר נערך בשנים 2023–2025 בחלקת ניסוי של כ-11 דונם במו"פ בקעת הירדן, במערך רב-גורמי שכלל שתי שיטות עקירה, שלושה זמני המתנה וחמישה טיפולי קרקע. במהלך המחקר נבחנו מדדי צימוח וגוטיבי, מהלך הבשלה ומדדי יבול. בשנת 2024 נפגעה החלקה באופן קשה מכשותית, ולכן ההערכה הרפרודוקטיבית התבססה על נתוני 2025.

ממצאי המחקר הראו כי לשיטת העקירה לא הייתה השפעה עקבית ומובהקת על מדדי הצימוח, ההבשלה או היבול. גם טיפולי טיוב הקרקע לא הניבו יתרון מובהק וחד-משמעי, אף שבחלקם נצפו מגמות חיוביות מתונות. לעומת זאת, זמן ההמתנה בין העקירה לנטיעה בלט כגורם המשמעותי ביותר: המתנה של שנה וחצי נתנה ברוב המדדים את התוצאות הטובות ביותר, ובפרט במספר האשכולות וביבול לגפן, בהשוואה לחצי שנת המתנה. הארכת ההמתנה לשנתיים וחצי לא סיפקה יתרון ברור נוסף.

מסקנת המחקר היא כי בתנאי בקעת הירדן, עיתוי השינטוע חשוב יותר משיטת המתת הכרם הישן או מסוג התוסף בבור הנטיעה, וכי המתנה של כשנה וחצי נראית כחלופה המאוזנת ביותר לשינטוע כרם.

רקע ותאור הבעיה

ענף כרם ענבי המאכל בבקעת הירדן, בדומה לשאר אזורי הגידול בארץ, עובר שינויים בכל הנוגע למצבת הכרמים הקיימת ולהרכב הזנים הנטועים. הדרישות הכלכליות מהכרמים בכל הנוגע לאיכויות פרי ורמת היבול במקביל לירידה מתמשכת באיכות מי ההשקיה, גורמים לקיצור אורך חיי הכרם, ככרם כלכלי ריווחי. בנוסף, מסתמן כי אורך חיי הכרמים מזנים חדשים, קצר מאלו של זנים ותיקים. כדוגמה, כרמי הזן תומפסון הניבו יבולים כלכליים במשך 30 שנה בממוצע לעומת הזן סופריוור המניב יבולים כלכליים במשך 20 שנה או פחות, בממוצע. הסטטוס הווירלי של כרמי מאכל בארץ ומשמעותו הכלכלית, כמעט ולא נחקרו ולכן לא ניתן להעריך את משמעותו של גורם זה לגבי תוחלת החיים הכלכליים של הכרם. הרכיב המשמעותי ביותר בתחלופת כרמים הינו היצע זנים חדשים במגוון תכונות העולה על אלו של הזנים הקיימים. זנים חדשים עתירי יבול, עם דרישה פחותה לימי עבודה בטיפול בפרי או עם תכונות אחרות מיוחדות, מיוצרים בקצב גבוה ויוצרים היצע אטרקטיבי לכורמים.

לעניין עקירת כרם, ניתן להגדיר מושג של "תוחלת חיים כלכלית". מושג זה מבטא את ההכנסות (הרווח) המתקבל מהכרם בהשוואה לאלטרנטיבות אחרות ביחידת שטח נתונה. קיצור תוחלת חיי הכרם הכלכליים, מחייבת (לעיתים) את הכורמים להחלפת כרמים ותיקים בכרמים חדשים. תחלופת כרמים הן מפאת הזדקנות

והן בשל מעבר לזנים חדשים יוצרת במקרים רבים צורך או רצון לנטיעה חוזרת בשטח שבו נעקר קודם לכן כרם. קיימות מספר סיבות לנטיעה חוזרת בשטח שנעקר:

- א. העדר שטח אחר.
- ב. מגבלת נגישות וזמינות של מים שפירים.
- ג. רצון להשתמש בתשתיות קיימות (קרקע מתאימה, הדלייה, בית רשת, מערכת מים).
- ד. שיקולי בעלות – שכירויות וכד'.

בנטיעת כרם חדש בשטח שבו היה לאורך זמן ממושך קודם לכן כרם ישן, נצפו תופעות המוגדרות כ-"מחלות שינטוע". תסמיני התופעה כוללים התפתחות איטית ומעוכבת של השתילים הצעירים, קשיים בקבלת צבע בזנים צבעוניים, פוריות נמוכה וגרגר קטן. מחלת השינטוע או בשמה Replant Disease ולעיתים גם Sick Soil Syndrome מוכרת בשינטוע כרמים אך ידועה בעיקר בעצי פרי גלעיניים (אפרסק, משמש, שיזף) וגרעיניים (תפוח, אגס). ההסבר לתופעה אינו מוחלט ואינו נעוץ כנראה בגורם יחיד (Traquair, 1984). דרכי ההתמודדות עם התופעה אינן ישירות.

מרבית התאוריות מייחסות את בעיות השינטוע להצטברות גורמים ביוטיים בקרקע, ובכללם נמטודות, פטריות ומיקרואורגניזמים נוספים, אשר נקשרו לתופעת השינטוע ולהיחלשות נטיעות חדשות (Schneider et al., 2006). כיוון אחר ומשלים מייחס את בעיות השינטוע לשינויים מתמשכים במיקרוביום הקרקע, לרבות ירידה בפוטנציאל של מיקרואורגניזמים מועילים כמו מיקוריזה, כתוצאה מגידול ממושך ורציף (Guo et al., 2009; Nogales et al., 2011).

כדי להימנע או להפחית את בעיית השינטוע בכרמים, הוצעו מספר גישות ושיטות הנהוגות בקרב הכורמים. ניתן לחלק גישות אלה למספר קבוצות:

- א. אופן העקירה של הכרם המבוגר – הנחת העבודה גורסת המתה של הגפנים הבוגרות טרם עקירתן בשונה מתלישה מכאנית שמשאירה חלקי צמח חיים בקרקע. שתי השיטות הרווחות להמתת גפנים הן גירדום הגזע סמוך לפני הקרקע ומריחת הגדם בתכשיר אוקסיני (גרלון) או הגמעת הגפנים בתכשיר matam sodium (אדיגן/אדיכס/מטאמור), ולאחר התייבשות הגפן, סילוקה מהשטח.
- ב. שינוי משך ההמתנה בין עקירת הכרם המבוגר לנטיעת הכרם הצעיר – על פי גישה זו תקופת המתנה של שנתיים או יותר, מקטינה את בעיות השינטוע כמעט לגמרי. גישה זו "משביתה" את השטח ודוחה את מועד הנטיעה והכניסה לניבה של הכרם החדש.
- ג. עיבודי קרקע מטייבים במהלך ההמתנה שבין עקירה לנטיעה – על פי גישה זו, עיבוד השטח לאחר עקירת הכרם המבוגר הכולל זריעת וגידול דגניים ו/או תלתן, מסייעים בשיקום הקרקע, לרבות התמודדות עם הימצאות נמטודות.
- ד. העתקת אזור הנטיעה החדש מחוץ למקום שתילי הגפן שנעקרו – ע"פ גישה זו, לעקירת הכרם המבוגר יש להוסיף את סילוק ההדליה הקיימת ונטיעת הכרם החדש תוך שינוי כיוון שורות ו/או הסטת אזור הנטיעה אל בין השורות בכרם העבר.
- ה. שיפור אזור בית השורשים של השתיל – בגישה זו משפרים את סביבת בית השורשים של שתילי הכרם החדש ע"י הוספת קומפוסט, פרלייט או טוף לבור הנטיעה טרם הנטיעה. באותה גישה, ניתן גם להוסיף תרחיף מיקוריזה או ביו-סטימולנטים אחרים, לשתילים הצעירים, טרם נטיעתם.
- ו. בחירת כנה ו/או זן בעלי עוצמת צמיחה וגטייבית חזקה – על פי גישה זו בוחרים בכנה המתאפיינת בעוצמת צימוח חזקה באופן שיכסה על בעיות השינטוע (כנות כמו סולט-קריק או פרידום).

מטרת המחקר היא בניית פרוטוקול לשינטוע כרם, תוך שימוש בפרקטיקה אחת או יותר, מתוך הפרקטיקות הנבחנות, שימצאו יעילות בהקטנת או ביטול התופעות השליליות הנלוות לשינטוע כרם. שינטוע כרם (עקירת כרם קיים ונטיעת כרם אחר באותו מקום), מתקיים בארץ בהיקפים הולכים וגדלים, מהסיבות שתוארו בפרק הרקע. בהעדר בחינה מסודרת במתכונת ניסוי מבוקר, התפתחו שיטות טיפול המיושמות ע"י הכורמים, שבבסיסם השערות והנחות שלא נבדקו. מאחר שמדובר בגידול ארוך טווח, גישות ננקטות הינן בעלות משמעות רבה, מכאן קיים צורך מוחלט להגדיר את יעילותה של כל גישה. לראשונה, מוצעת תוכנית מסודרת הבודקת באופן שיטתי, בניסוי רב גורמי, שלושה רכיבים בתהליך השינטוע: משך ההמתנה בין עקירה לנטיעה, אופן העקירה (המתת הגפנים) ושימוש באגרוטכניקה לעידוד צימוח השתילים החדשים.

מהלך המחקר ושיטות העבודה (ההתקדמות במחקר)

- הניסוי בנוי כניסוי רב-גורמי (3 גורמים), הבוחן שלוש גישות להתמודדות עם תופעת השינטוע:
1. בחינת שיטת העקירה – נבחנת הגמעה של אדיגן להמתת הגפנים, לעומת גירדום והמתה בגרלון.
 2. בחינת זמן המתנה מעקירה לנטיעה- הכרם המוחלף – כרם מהזן SBS הנטוע על כנת רוג'רי, בחלקת המטעים של מו"פ בקעת הירדן, ניטע בשנת 2006. גובה היבול בכרם היה בתהליך ירידה, מיבול של 3 טון לדונם של פרי איכותי, התקבלו יבולים של 2.5 ו-1.8 טון לדונם של פרי באיכות בינונית. זאת בנוסף לפיזור בלתי אחיד של הסעיפים. בפועל העקירה בוצעה באופן מדורג החל מאביב 2019, אביב 2020 ואביב 2021. בהעדר שתילים מתוקף תקנות של השירותים להגנת הצומח במשרד החקלאות, בוצעה נטיעת כנות רוג'רי ביולי 2021.
 3. שיפור סביבת בית השורשים של שתילי הכרם החדש במועד הנטיעה. בגישה זו נבחנו:
 - א. נטיעה ללא טיוב (ביקורת).
 - ב. קומפוסט 5 ל' בבור הנטיעה.
 - ג. פרלייט 10 ל' בבור הנטיעה.
 - ד. טוף 10 ל' בבור הנטיעה.
 - ה. מיקוריזה (תכשיר רוטלה G) 5 ג' בבור הנטיעה.
 - ו. גיל- תכשיר "פוליטר", 20 ג' לבור נטיעה. תכשיר זה הינו חומר היגרוסקופי שבמגע עם המים משנה את ניפחו וגדל פי 400. מוסיפים את התכשיר באזור השורשים בזמן השתילה.

שטח חלקת הניסוי הוא כ-11 דונם, צפיפות נטיעה של 3 על 1.5 מטר (222 גפנים לדונם) בהדלייה סטנדרטית לכרם מאכל-Y (וורנדה כפולה). כל טיפול מורכב מתשע חזרות, סה"כ 324 חזרות בנות 7 גפנים כל אחת (איור 1). בחורף 2022 הוחל במעקב וגטטיבי אחר התפתחות הכנות כתלות בטיפולים השונים. נבחנו המדדים:

שקילת גזם בעונת 2025

בתחילת ינואר 2025 בוצעה זמירת חורף לקראת התעוררות הגפנים. מתוך 324 חזרות של 7 גפנים, נשקל הגזם של 2 גפנים, סה"כ 648 גפנים. בתחילה נותחו נתוני משקל הגזם באמצעות ניתוח שונות רב גורמי (three-way ANOVA), שבו נבחנו ההשפעות של שיטת העקירה, זמן ההמתנה וטיפול הקרקע, וכן כל האינטראקציות האפשריות ביניהם. מטרת שלב זה הייתה לבדוק לא רק את תרומתו של כל גורם בנפרד, אלא גם האם השפעתו של גורם אחד תלויה ברמתו של גורם אחר (טבלה 1). מהניתוח הכולל עולה כי לא נמצאו אינטראקציות מובהקות בין הגורמים וגם לא נמצאה השפעה מובהקת לשיטת העקירה. לעומת זאת, כן נמצאה השפעה מובהקת לזמן ההמתנה ולטיפול הקרקע.

טבלה 1: תוצאות ניתוח השונות התלת-גורמי.

מקור השונות	מובהקות (p value)
שיטת עקירה	0.326
זמן המתנה	0.005
טיפול קרקע	0.026
שיטת עקירה*זמן המתנה	0.127
שיטת עקירה*טיפול קרקע	0.811
זמן המתנה*טיפול קרקע	0.761
שיטת עקירה*זמן המתנה*טיפול קרקע	0.921

מאחר שבניתוח הכולל לא התקבלו אינטראקציות מובהקות בין הגורמים, ניתן להניח כי השפעות הגורמים אינן תלויות זו בזו במסגרת נתוני הניסוי. לפיכך, המשך הצגת התוצאות מתמקד בהשפעות הראשיות של כל גורם בנפרד, תוך השוואת הממוצעים בין רמות שיטת העקירה, זמן ההמתנה וטיפול הקרקע. (טבלאות 2-4).

לא נמצאה השפעה מובהקת של שיטת העקירה על משקל הגזם (טבלה 2). ממוצע משקל הגזם בטיפול גרלון היה 6.03 ק"ג לגפן, לעומת 5.84 ק"ג לגפן בטיפול אדיגן. אף שנצפה פער מסוים בין שתי השיטות, הבדל זה לא היה מובהק סטטיסטית. ממצא זה מצביע על כך שבתנאי הניסוי, שיטת עקירת הכרם הישן, לא השפיעה באופן ברור על היקף הצימוח הווגטטיבי כפי שבא לידי ביטוי במשקל הגזם.

טבלה 2: סיכום תוצאות משקל גזם ממוצע כתלות בשיטת העקירה.

שיטת עקירה	משקל גזם ממוצע (ק"ג)	שגיאת תקן
כריתה+גרלון	6.03	0.16
אדיגן+עקירה	5.84	0.16

בניתוח ANOVA לא נמצאה מובהקות סטטיסטית, $n=162$, 2025 , מו"פ בקעת הירדן.

לזמן ההמתנה נמצאה השפעה מובהקת על משקל הגזם ($p = 0.005$). משקל הגזם הגבוה ביותר התקבל בזמן המתנה של שנה וחצי (6.43 ק"ג לגפן), לעומת 5.61 ק"ג לגפן בזמן המתנה חצי שנה ו-5.77 ק"ג לגפן בזמן

המתנה של שנתיים וחצי (טבלה 3). מבחן Tukey הראה כי משקל הגזם של זמן המתנה של שנה וחצי היה גבוה באופן מובהק משני זמני ההמתנה האחרים, בעוד שלא נמצא הבדל מובהק בין חצי שנה ושנתיים וחצי. **טבלה 3:** סיכום תוצאות משקל גזם ממוצע כתלות בזמן ההמתנה מעקירה לנטיעה חדשה.

זמן המתנה	משקל גזם ממוצע (ק"ג)	שגיאת תקן
0.5 שנים	5.61 B	0.19
1.5 שנים	6.44 A	0.19
2.5 שנים	5.78 B	0.19

אותיות שונות באנגלית מציינות מובהקות סטטיסטית ברמה של $p < 0.05$, לפי מבחן Tukey HSD. $n=108$, 2025, מו"פ בקעת הירדן.

לטיפול הקרקע נמצאה השפעה מובהקת במבחן הכולל ($p = 0.022$). ממוצעי משקל הגזם היו נמוכים יחסית בביקורת ובקומפוסט (5.47 ו-5.46 ק"ג לגפן, בהתאמה), גבוהים יותר בטיפולים פרלייט, טוף ומיקוריזה (6.27–6.36 ק"ג לגפן) וביניים בטיפול ג'ל (5.76 ק"ג לגפן). עם זאת, מבחן Tukey לא הצביע על הבדלים מובהקים בין זוגות טיפולים ספציפיים (טבלה 4).

טבלה 4: סיכום תוצאות משקל גזם ממוצע כתלות בטיפול טיוב בור השתילה.

טיפול טיוב קרקע	משקל גזם ממוצע (ק"ג)	שגיאת תקן
קרקע-ביקורת	5.47	0.27
קומפוסט	5.46	0.26
פרלייט	6.27	0.26
טוף	6.36	0.27
מיקוריזה	6.33	0.27
ג'ל	5.76	0.28

בניתוח ANOVA לא נמצאה מובהקות סטטיסטית, $n=54$, 2025, מו"פ בקעת הירדן.

גם בהשוואות ממוקדות של טיפולי הקרקע מול טיפול הביקורת באמצעות מבחן Dunnett, לא נמצאו הבדלים מובהקים בין אף אחד מהטיפולים לבין הביקורת. עם זאת, בטיפולים פרלייט, טוף ומיקוריזה התקבלו ערכי משקל גזם גבוהים יותר מהביקורת, עם מגמה קרובה למובהקות, במיוחד בטיפול טוף. כלומר, אף שהמבחן הכולל הצביע על קיום הבדל בין טיפולי הקרקע, ההשוואות הספציפיות לא זיהו טיפולים שנבדלו באופן מובהק זה מזה ולא התקבלו הבדלים מובהקים בהשוואות הממוקדות מול טיפול הביקורת.

סיכום משקל גזם 2023–2025

בהסתכלות רב-שנתית, גם בעונת 2023 לא נמצאו הבדלים מובהקים במשקל הגזם בין הטיפולים השונים. בעונת 2024 התקבלה תמונה דומה, ללא מובהקות סטטיסטית בשיטת העקירה, בזמן ההמתנה או בטיפול הקרקע. ממוצע משקל הגזם עמד בשנת 2024 על 6.72 ו-6.59 ק"ג לגפן באדיגן ובגרלון, בהתאמה; על 6.84, 6.68 ו-6.44 ק"ג לגפן לאחר 0.5, 1.5 ו-2.5 שנות המתנה, בהתאמה; ובטיפול הקרקע נעו הממוצעים בין 6.23 ק"ג לגפן בקומפוסט ל-7.23 ק"ג לגפן בפרלייט. על פני שלוש עונות המחקר נראתה עקביות בכך ששיטת

העקירה לא השפיעה באופן ברור על מדד זה, בעוד שהשפעת זמן ההמתנה וטיפול הקרקע הייתה חלשה או תלויה בעונה (סריג וחובריו, 2023 ; מיכאלובסקי וחובריו, 2024).

אורך שריגים בעונת 2023

לצורך השלמת התמונה הרב-שנתית של התפתחות הגפנים בניסוי, נמדד בעונת 2023 גם אורך הצימוח של שריגים, מדד שלא נבחן בשנים 2024 ו-2025. שיטת ההמתה לא השפיעה במובהק על אורך השריגים, עם ממוצעים דומים של 74.9 ס"מ באדיגן ו-73.8 ס"מ בגרלון. לעומת זאת, לזמן ההמתנה נמצאה השפעה מובהקת, כאשר לאחר חצי שנת המתנה התקבל אורך הצימוח הגבוה ביותר, 76.9 ס"מ, לעומת 72.5 ו-73.7 ס"מ לאחר 1.5 ו-2.5 שנות המתנה, בהתאמה. טיפולי הקרקע לא השפיעו במובהק, והערכים נעו בין 71.1 ס"מ בפרלייט ל-76.4 ס"מ במיקוריזה (סריג וחובריו, 2023).

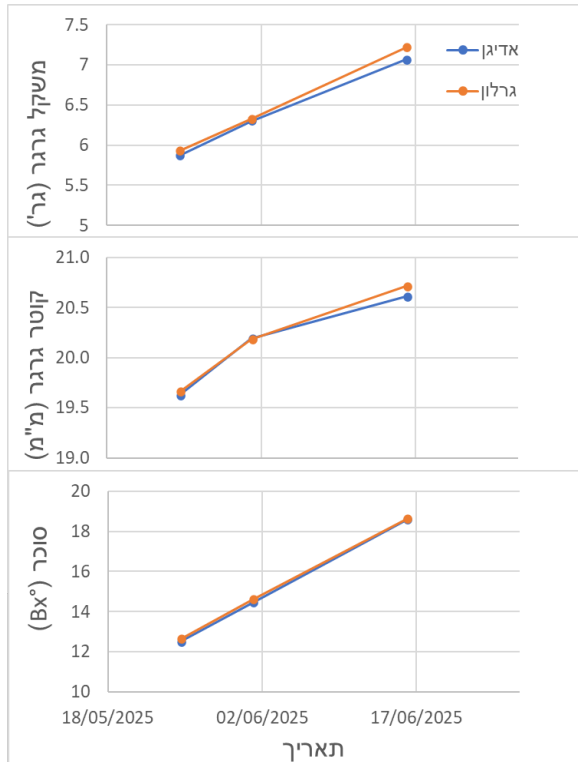
מעקב הבשלה 2025

מעקב ההבשלה בוצע בשלושה מועדי דגימה לאורך תקופת ההתפתחות של הפרי, במטרה לתאר את דפוסי השינוי במשקל הגרגר, בקוטר הגרגר ובתכולת הסוכר תחת הגורמים שנבחנו בניסוי. בשלב הראשון מוצגים הנתונים באופן תיאורי, באמצעות איורים נפרדים לכל אחד מן הגורמים שנבחנו: שיטת העקירה, זמן ההמתנה וטיפול טיוב הקרקע. בכלל הטיפולים ניכרה מגמה עקבית של עלייה במשקל ובקוטר הגרגר וכן בתכולת הסוכר עם התקדמות העונה, בעוד שההבדלים בין רמות הטיפולים היו ברובם מתונים מבחינה חזותית. מאחר שבבחינה הסטטיסטית של הנתונים נמצאו אינטראקציות בין חלק מן הגורמים, האיורים המובאים להלן נועדו להמחיש את מגמות ההבשלה הכלליות בלבד.

שיטת עקירה/המתת הגפנים

בכל שלושת המדדים נרשמה עלייה רציפה לאורך מועדי המעקב בשתי שיטות העקירה (איור 2). משקל הגרגר עלה מכ"9.5 גרם במועד הראשון לכ"7.1–7.2 גרם במועד האחרון, וקוטר הגרגר עלה מכ"19.6 מ"מ לכ"20.6–20.7 מ"מ. גם תכולת הסוכר עלתה באופן עקבי, מכ"12.5–12.6 Bx במועד הראשון לכ"18.5–18.6 Bx במועד האחרון. לאורך כל התקופה הפערים בין אדיגן לגרלון היו קטנים, ובמשקל הגרגר ובקוטר הגרגר נראתה במועד האחרון נטייה קלה לערכים גבוהים יותר בגרלון, בעוד שבמדד הסוכר כמעט שלא ניכר הבדל בין השיטות. באופן כללי, שני הטיפולים הציגו דפוס הבשלה דומה מאוד.

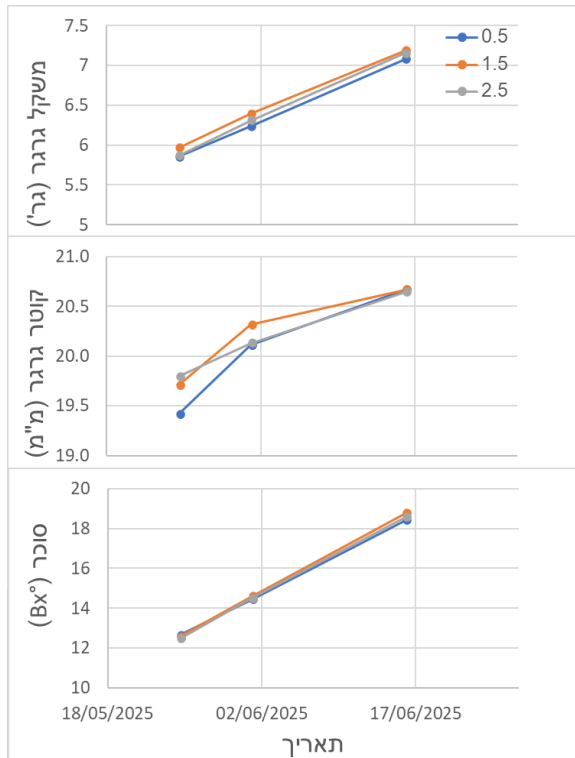
לאחר ההצגה התיאורית של מגמות ההבשלה, נבחנה השפעת שיטת המתת הגפנים, זמן ההמתנה, טיפולי הקרקע והאינטראקציות ביניהם בכל אחד ממועדי הדגימה באמצעות מודל רב-גורמי מלא (נספחים א'-ב'). לאורך שני מועדי הדגימה הראשונים לא נמצאה השפעה מובהקת של שיטת העקירה על משקל הגרגר, קוטר הגרגר או תכולת הסוכר. עם זאת, במועד תחילת הבציר



איור 2: שינוי במשקל הגרגר, בקוטר הגרגר ובתכולת הסוכר לאורך מועדי המעקב, לפי שיטת עקירה (אדיגן, גרלון). הנתונים מוצגים כממוצעים תיאוריים בלבד, ללא התייחסות למובהקות סטטיסטית.

(16/06) נמצאה בקוטר הגרגר (נספח ב') אינטראקציה מובהקת בין שיטת העקירה לבין זמן ההמתנה ($p = 0.048$). במבחן המשך נמצא כי ההבדל המובהק היחיד, התקבל בזמן המתנה של שנה וחצי, שבו טיפול "גרלון" הביא לקוטר גרגר ממוצע גבוה יותר מטיפול "אדיגן" (20.9 לעומת 20.5 מ"מ; $p = 0.036$), בעוד שבזמני ההמתנה של חצי שנה ושנתיים וחצי לא נמצאו הבדלים מובהקים בין שיטות העקירה.

זמן המתנה



בכל שלושת זמני ההמתנה מהמתת הכרם הישן ועד השתילה החדשה, נרשמה עלייה עקבית במשקל הגרגר, בקוטר הגרגר ובתכולת הסוכר לאורך מועדי המעקב (איור 3). במשקל הגרגר נראתה נטייה קלה לערכים גבוהים יותר בהשפעת זמן המתנה של שנה וחצי, בעוד שזמן ההמתנה של חצי שנה נטה להיות נמוך מעט מן האחרים. בקוטר הגרגר נראו הבדלים בולטים יותר במועד הראשון, שבו זמן ההמתנה של שנה וחצי הציג ערך נמוך יחסית, אך בהמשך הפערים בין זמני ההמתנה הצטמצמו ובמועד האחרון התקבלה חפיפה כמעט מלאה בין הטיפולים. גם במדד הסוכר נראו הבדלים קטנים בלבד בין זמני ההמתנה, כאשר כל הטיפולים הציגו דפוס עלייה דומה מאוד לאורך תקופת ההבשלה. באופן כללי, האיור מצביע על מגמת הבשלה דומה בהשפעת זמני ההמתנה, לצד הבדלים קטנים יחסית ברמת הערכים בין הטיפולים.

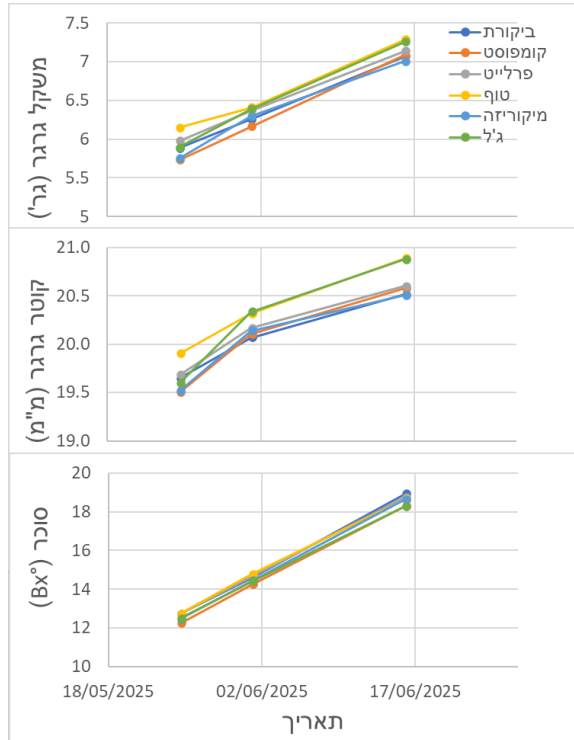
איור 3: שינוי במשקל הגרגר, בקוטר הגרגר ובתכולת הסוכר לאורך מועדי המעקב, לפי זמן המתנה (0.5, 1.5, 2.5). הנתונים מוצגים כממוצעים תיאוריים בלבד, ללא התייחסות למובהקות סטטיסטית.

לאחר בחינת המגמות החזותיות בגרפים, נבדקה השפעת זמן ההמתנה בכל מועד דגימה במסגרת אותו מודל רב-גורמי מלא. זמן ההמתנה השפיע באופן מובהק

על קוטר הגרגר (נספח ב') במועד הדגימה הראשון ($p = 0.0093$), ומבחן Tukey הראה כי זמן המתנה של שנתיים וחצי הביא לקוטר גרגר גבוה יותר באופן מובהק לעומת זמן המתנה של חצי שנה (19.8 לעומת 19.4 מ"מ; $p = 0.008$), בעוד שזמן המתנה של שנה וחצי לא נבדל מהאחרים. במועד הדגימה האמצעי (01/06) לא נמצאה השפעה מובהקת של זמן ההמתנה באף אחד מהמדדים. במועד תחילת הבציר (16/06) זמן ההמתנה לא פעל כאפקט עיקרי מובהק, אך נמצא כי שילוב בינו לבין שיטת העקירה השפיע על קוטר הגרגר. מבחני ההמשך הראו כי ההבדל המובהק היחיד התקבל בזמן המתנה של שנה וחצי, שבו טיפול "גרלון" הציג קוטר גרגר גבוה יותר מטיפול "אדיגן".

טיוב בור השתילה

בכל טיפולי הקרקע נרשמה עלייה עקבית במשקל הגרגר, בקוטר הגרגר ובתכולת הסוכר לאורך מועדי המעקב (איור 4). במשקל הגרגר נראו הבדלים מתונים בין הטיפולים כבר במועד הראשון, והם נשמרו במידה מסוימת גם במועדים המאוחרים יותר, כאשר טיפולי טוף וגיל נטו להציג ערכים גבוהים יחסית, בעוד שביקורת



ומיקוריזה נטו לערכים נמוכים יותר. בקוטר הגרגר נראתה מגמה דומה, עם ערכים גבוהים יחסית בטוף ובגיל לאורך המעקב, ובפרט במועד האחרון. לעומת זאת, במדד הסוכר ההבדלים בין טיפולי הקרקע היו קטנים יותר, וכל הטיפולים הציגו דפוס עלייה דומה מאוד, עם פערים מינוריים בין הרמות. באופן כללי, האיור מצביע על מגמת הבשלה עקבית בכל טיפולי הקרקע, לצד שונות מסוימת ברמת הערכים הממוצעים בין הטיפולים, בעיקר במדדי משקל וקוטר הגרגר.

בהמשך להצגה התיאורית של הנתונים, נבחנה גם השפעת טיפולי הקרקע בכל אחד ממועדי הדגימה באמצעות מודל רב-גורמי מלא. טיפול הקרקע היה הגורם היחיד שהראה השפעה עיקרית מובהקת על משקל הגרגר (נספח א') במועד הראשון ($p = 0.0381$).

מבחן Tukey הראה כי ההבדל המובהק היחיד התקבל בין טיפולי קומפוסט וטוף, כאשר טיפול טוף הציג משקל גרגר ממוצע גבוה יותר (6.2 לעומת 5.7 גרם; $p = 0.036$). בקוטר הגרגר ובתכולת הסוכר לא נמצאה במועד זה השפעה מובהקת של טיפולי הקרקע. גם

במועד האמצעי (01/06) ובמועד תחילת הבציר (16/06) לא התקבלו השפעות מובהקות של טיפולי הקרקע, לא כאפקט עיקרי ולא במסגרת אינטראקציות, ולכן נראה כי השפעתם הייתה מוגבלת יחסית והתבטאה בעיקר בשלב המוקדם של ההבשלה.

מדדי יבול 2025

לצורך בחינת השפעת הטיפולים על מדדי היבול בבציר, נותחו הנתונים באמצעות מודל לינארי כללי רב-גורמי מלא, שכלל את הגורמים שיטת העקירה, זמן ההמתנה וטיפולי הקרקע, וכן את כל האינטראקציות ביניהם. מאחר שלא נמצאו אינטראקציות מובהקות, הוצגו התוצאות לפי האפקטים הראשיים של כל גורם עבור מספר האשכולות לגפן, משקל האשכול והיבול לגפן. עבור גורמים שנמצאו מובהקים בוצע מבחן השוואות מרובות מסוג Tukey.

מספר אשכולות לגפן

בניתוח הרב-גורמי נמצא כי מבין הגורמים שנבחנו, רק זמן ההמתנה השפיע באופן מובהק על מספר האשכולות לגפן ($p = 0.003$), בעוד שלשיטת העקירה ולטיפולי הקרקע לא נמצאה השפעה מובהקת, וגם לא נמצאו אינטראקציות מובהקות בין הגורמים (טבלה 5). מבחן Tukey הראה כי בזמן המתנה של שנה וחצי

התקבל מספר האשכולות הגבוה ביותר (52.8 אשכולות לגפן), והוא היה גבוה באופן מובהק לעומת זמן המתנה של חצי שנה (47.53 אשכולות לגפן), בעוד שזמן המתנה של שנתיים וחצי (49.44 אשכולות לגפן) לא היה שונה משמעותית מהאחרים.

טבלה 5: מספר אשכולות לגפן כתלות בשיטת העקירה, זמן ההמתנה וטיפול טיוב הקרקע.

קבוצת מובהקות*	מס' אשכולות לגפן	טיפול	גורם
—	49.6 ± 0.9	אדיגן	שיטת עקירה
—	50.2 ± 0.9	גרלון	
b	47.5 ± 0.9	0.5	זמן המתנה (שנים)
a	52.8 ± 1.2	1.5	
ab	49.4 ± 1.1	2.5	
—	49.9 ± 2.0	ביקורת ללא טיוב	טיפול טיוב קרקע
—	51.5 ± 1.5	קומפוסט	
—	47.6 ± 1.2	פרלייט	
—	49.8 ± 1.5	טוף	
—	51.9 ± 1.6	מיקוריזה	
—	48.8 ± 1.5	גיל	

*אותיות שונות בקבוצת המובהקות מציינות מובהקות סטטיסטית ברמה של $p < 0.05$ לפי מבחן Tukey HSD.

משקל אשכול

בניתוח הרב-גורמי לא נמצאה השפעה מובהקת של שיטת העקירה, זמן ההמתנה או טיפולי הקרקע על משקל האשכול, ולא נמצאו אינטראקציות מובהקות בין הגורמים. משקל האשכול הממוצע נע בין 415 ל-443 גרם, אך הבדלים אלה לא היו מובהקים סטטיסטית (טבלה 6).

טבלה 6: משקל אשכול כתלות בשיטת העקירה, זמן ההמתנה וטיפול טיוב הקרקע.

קבוצת מובהקות*	משקל אשכול (גר')	טיפול	גורם
—	427 ± 6	אדיגן	שיטת עקירה
—	425 ± 6	גרלון	
—	422 ± 7	0.5	זמן המתנה (שנים)
—	417 ± 7	1.5	
—	438 ± 7	2.5	
—	433 ± 10	ביקורת ללא טיוב	טיפול טיוב קרקע
—	419 ± 8	קומפוסט	
—	424 ± 9	פרלייט	
—	415 ± 8	טוף	
—	418 ± 10	מיקוריזה	
—	443 ± 9	גיל	

*במדד זה לא התקבלה מובהקות סטטיסטית באף אחד מהגורמים.

יבול לגפן

בניתוח הרב-גורמי נמצא כי זמן ההמתנה היה הגורם היחיד שהשפיע באופן מובהק על היבול לגפן ($p = 0.012$), בעוד שלשיטת העקירה ולטיפול הקרקע לא נמצאה השפעה מובהקת, וגם לא נמצאו אינטראקציות מובהקות בין הגורמים. מבחן Tukey הראה כי בזמן המתנה של שנה וחצי התקבל היבול הגבוה ביותר (21.7 ק"ג לגפן), והוא היה גבוה באופן מובהק לעומת זמן המתנה של חצי שנה (19.9 ק"ג לגפן), בעוד שזמן המתנה של שנתיים וחצי הניב יבול של 21.4 ק"ג לגפן ולא נבדל משמעותית מהאחרים.

טבלה 7: יבול לגפן כתלות בשיטת העקירה, זמן ההמתנה וטיפול טיוב הקרקע.

גורם	טיפול	יבול לגפן (ק"ג)	קבוצת מובהקות*
שיטת עקירה	אדיגן	20.9 ± 0.4	—
	גרלון	21.1 ± 0.4	—
זמן המתנה (שנים)	0.5	19.9 ± 0.4	b
	1.5	21.7 ± 0.5	a
	2.5	21.4 ± 0.5	ab
טיפול טיוב קרקע	ביקורת ללא טיוב	21.1 ± 0.8	—
	קומפוסט	21.4 ± 0.7	—
	פרלייט	20.1 ± 0.6	—
	טוף	20.5 ± 0.6	—
	מיקוריזה	21.6 ± 0.8	—
	גיל	21.3 ± 0.6	—

* אותיות שונות בקבוצת המובהקות מציינות מובהקות סטטיסטית ברמה של $p < 0.05$ לפי מבחן Tukey HSD.

דיון

ניסוי השינטוע הנוכחי התבסס על מערך רב-גורמי מורכב, שבו נבחנו במקביל שיטת המתת הכרם הוותיק, זמן ההמתנה בין עקירה לנטיעה מחודשת, וטיפולים לטיוב הקרקע בבור השתילה. יתרונו של מערך כזה הוא ביכולת לבחון את תרומתו של כל גורם בנפרד, אך גם את האפשרות להשפעות משולבות ביניהם, בתנאי שדה אמיתיים. עם זאת, מורכבות זו מחייבת זהירות בפרשנות: מצד אחד, בחלק מהמדדים התקבלו אינטראקציות עם מובהקות סטטיסטית. מצד שני, לנוכח מספר החזרות הגדול וההבדלים הכמותיים שלעיתים היו מתונים יחסית, לא נכון לבסס את המסקנות על המובהקות הסטטיסטית בלבד. לכן, הדיון שלהלן נשען הן על תוצאות המבחנים הסטטיסטיים והן על הכיוון הביולוגי/גידולי של הממצאים, תוך בחינה משולבת של שלוש שנות המחקר, במטרה לזהות מגמות עקביות ובעלות משמעות יישומית ולא רק הבדלים נקודתיים.

התפתחות וגטיבית ומשקל גזם

מדד משקל הגזם נועד לשקף את עוצמת ההתבססות והצימוח של הגפנים לאחר השינטוע, ולכן הוא מהווה מדד חשוב לבחינת קצב ההתאוששות של המערכת בשנים הראשונות לאחר הנטיעה וההרכבה.

שיטת העקירה/המתת הגפנים

בניסוי הנוכחי נבחנו שתי שיטות המתת: המתת באמצעות הגמעת "אדיגן" ועקירה של הגפנים המתות, לעומת כרייתה של הגזע ומריחת הגדם ב"גרלון". מטרת שתי השיטות הייתה לצמצם את החומר האורגני/שורשים, שידועים כמקור פוטנציאלי להצטברות פתוגנים בקרקע. במחקרים קודמים נמצא כי שאריות שורשים בקרקע עשויות להוות מוקדי פתוגנים בסביבת השורשים של גפנים צעירות, דבר המוביל לבעיות שינטוע בגפנים (Westphal et al., 2002). בנוסף, ישנם ממצאים המעידים על כך שייצור והצטברות של חומרים אוטו-טוקסיים משורשי גפנים בוגרות לקרקע, יכולים לשנות את הרכב המיקרוביום בריזוספירה ולתרום להופעת תסמינים של מחלות שינטוע (Liu et al., 2022).

למרות האמור לעיל, מן התוצאות בשלוש שנות המחקר עולה בראש ובראשונה כי לשיטת העקירה עצמה לא הייתה השפעה עקבית וברורה על התפתחות הגפנים. כבר בשנת 2023 לא נמצאו הבדלים מובהקים במדדי הצימוח הווגטיבי בין אדיגן לגרלון, בשנת 2024 לא התקבלה השפעה מובהקת של שיטת העקירה על משקל הגזם, וגם בשנת 2025 לא נצפה יתרון עקבי של אחת השיטות. ממצא זה חשוב מבחינה יישומית, משום שהוא מרמז כי לפחות בטווח הקצר-בינוני, בחירת שיטת ההמתת של הכרם הישן אינה הגורם המרכזי הקובע את עוצמת ההתפתחות של הכרם החדש, וייתכן שבבחירה בין השיטות יש לתת משקל גם לשיקולים תפעוליים, סביבתיים וכלכליים ולא רק לציפייה ליתרון גידולי ישיר.

זמן ההמתנה בין עקירה לנטיעה

בניסוי נבחנו שלושה זמני המתנה: חצי שנה, שנה וחצי ושנתיים וחצי. ההנחה המקובלת היא שהמתנה ארוכה יותר אמורה לאפשר פירוק טוב יותר של שורשי הכרם הישן, הפחתת השפעות אללופתיות ושיקום מסוים של סביבת הקרקע, ולכן הייתה ציפייה ליתרון מסוים לזמני ההמתנה הארוכים. בפועל, כבר בשנת 2023 התקבל דווקא יתרון מובהק לזמן ההמתנה הקצר במדד אורך השריגים, ובשנת 2024 אמנם לא התקבלה מובהקות במשקל הגזם, אך גם שם נרשם הערך הגבוה ביותר לאחר חצי שנת המתנה. לעומת זאת, בשנת 2025 התקבלה עדות לכך שלזמן ההמתנה אכן עשויה להיות תרומה חיובית להתפתחות הגפנים, אם כי הדפוס שנצפה לא היה לינארי ופשוט, ולא הצביע בהכרח על יתרון מובהק ועקבי לכל הארכה נוספת של משך ההמתנה. לכן, ברמה היישומית, ניתן לומר כי לזמן ההמתנה יש פוטנציאל להשפיע על קליטת הגפנים והתפתחותן, אך על סמך שלוש שנות המחקר נראה כי לזמן ההמתנה יש חשיבות, אך לא באופן פשוט של "כמה שיותר ארוך יותר טוב".

טיפול טיוב הקרקע בנטיעה

בניסוי נבחנו חמישה טיפולי טיוב הקרקע בנטיעה. הקרקע הרגילה ששימשה כביקורת, הציגה בחלק מהמקרים ביצועים סבירים ואף טובים יותר מטיפולים אחרים. קומפוסט לא הראה יתרון עקבי, ובחלק מהמדדים אף ירד ביחס לביקורת, כך שלא התקבלה אינדיקציה ברורה לכך שהעשרה אורגנית לבדה משפרת את התבססות הגפנים בתנאי הניסוי. פרלייט בלט בכמה מן המדדים והעונות כאחד הטיפולים המבטיחים יותר, כנראה בזכות תרומתו לשיפור האוורור, הניקוז והפחתת הצפיפות באזור בית השורשים. גם טוף הראה בחלק מהמקרים ביצועים טובים יחסית, וייתכן שגם כאן היתרון נבע משיפור המבנה הפיזי של הקרקע

ומיצירת סביבה מאווררת יותר להתפתחות השורשים הצעירים. בטיפול המיקוריזה בחלק מהמדדים נצפתה תגובה חיובית, אם כי לא באופן עקבי כדי להסיק מסקנה חד-משמעית. טיפול הגיל, שמטרתו העיקרית היא שיפור זמינות המים סביב השתיל בשלבי ההתבססות הראשונים, לא בלט ביתרון עקבי, וייתכן שבתנאי ההשקיה והקרקע של הניסוי תרומתו הייתה מוגבלת. בסיכומו של דבר, נראה כי הטיפולים שכוונו בעיקר לשיפור התנאים הפיזיים המידיים בסביבת השורש, ובמיוחד פרלייט, טוף ובמידה מסוימת גם מיקוריזה, נטו להציג יתרון על פני טיפולים שהתבססו בעיקר על העשרה אורגנית או החזקת מים. ממצא זה מתיישב עם ההיגיון הגידולי שלפיו בתנאי שינטוע, כאשר הגפן הצעירה נדרשת להתמודד עם קרקע מופרעת ועם אפשרות להשפעות שיוריות של הכרם הקודם, יש חשיבות מיוחדת ליצירת סביבת שורשים מאווררת ופעילה כבר בשלבי הקליטה הראשונים.

מעקב הבשלה

ממצאי מעקב ההבשלה מצביעים על כך שהטיפולים השונים השפיעו בעיקר על גודל הגרגר. השפעות מובהקות נצפו בעיקר במשקל ובקוטר הגרגר, ובמיוחד בשלבים מוקדמים של העונה, בעוד שבמדד הסוכר לא התקבלו הבדלים מובהקים. נראה אפוא כי חלק מהטיפולים שינו במידה מסוימת את תנאי הצימוח וההתפתחות של הפרי, אך לא יצרו יתרון עקבי בהבשלתו. גם כאשר התקבלו ממצאים מובהקים, גודל ההבדלים בפועל היה קטן יחסית. כך למשל, באינטראקציה שנמצאה בקוטר הגרגר במועד הבציר (16/06), ההבדלים בין צירופי הטיפולים היו בסדר גודל של עשיריות המילימטר בלבד: תחת אדיגן נע קוטר הגרגר הממוצע בין 20.5 ל-20.8 מ"מ, ותחת גרלון בין 20.5 ל-20.9 מ"מ. כלומר, אף שהמודל זיהה אינטראקציה מובהקת, הפערים המוחלטים היו קטנים למדי, ולכן יש להיזהר מלייחס משמעות גידולית רחבה להבדל זה.

מדדי יבול

בחינת מאפייני היבול העלתה תמונה פשוטה יחסית לעומת מדדי הצימוח וההבשלה. לא נמצאו אינטראקציות מובהקות בין הגורמים, וגם שיטת ההמתה וטיפול טיוב בור הנטיעה לא הראו השפעה עיקרית מובהקת על מספר האשכולות לגפן, משקל האשכול או היבול לגפן. לעומת זאת, זמן ההמתנה בין העקירה לנטיעה מחדש, היה הגורם היחיד שהראה השפעה עקבית וברורה על חלק ממרכיבי היבול. עם זאת, גם בהקשר זה ההבדלים לא היו דרמטיים, ולכן יש להיזהר מלהציגם כהוכחה חד משמעית לכל ההנחות שעמדו בבסיס המחקר.

שיטת ההמתה - אדיגן+עקירה

בטיפול אדיגן לא התקבלה עדות ליתרון מובהק של עצם שיטת ההמתה על מאפייני היבול, אך ברמה התיאורית התקבלה תמונה טובה. ממוצע מספר האשכולות עמד על כ-49.6 אשכולות לגפן, משקל האשכול הממוצע על כ-427 גרם, והיבול הממוצע על כ-20.9 ק"ג לגפן. בתוך קבוצת אדיגן עצמה, ניכר כי זמן ההמתנה של שנה וחצי נתן את התוצאה הטובה ביותר, עם כ-53.2 אשכולות לגפן וכ-22.1 ק"ג יבול לגפן, לעומת כ-19.4 ק"ג בלבד לאחר חצי שנת המתנה. מבחינת טיפולי הקרקע, מיקוריזה בלטה תחת אדיגן עם כ-21.8 ק"ג לגפן, ואילו טוף נתן את הערך הנמוך ביותר, כ-19.9 ק"ג לגפן. לכן, במערכת של אדיגן לא נראה כי שיטת ההמתה עצמה היא שיצרה יתרון, אלא בעיקר השילוב שלה עם זמן המתנה מתאים, ואולי במידה מסוימת גם עם טיפולי קרקע.

שיטת ההמתה- כריתה+גרלון

גם בטיפולי גרלון לא התקבל יתרון מובהק של שיטת ההמתה עצמה, והתוצאות היו דומות מאוד לאלה של אדיגן. ממוצע מספר האשכולות עמד על כ-50.2 אשכולות לגפן, משקל האשכול הממוצע על כ-425 גרם, והיבול הממוצע על כ-21.1 ק"ג לגפן. גם כאן חצי שנת המתנה הייתה החלשה ביותר, עם כ-20.3 ק"ג לגפן, בעוד ששנה וחצי ושנתיים וחצי נתנו תוצאות טובות יותר, כ-21.3–21.6 ק"ג לגפן. מבחינת טיפולי הקרקע, קומפוסט היה הטיפול התיאורי הבולט ביותר תחת גרלון עם כ-22.1 ק"ג לגפן, בעוד פרלייט היה החלש ביותר עם כ-19.9 ק"ג לגפן. עם זאת, מאחר שלא נמצאה אינטראקציה מובהקת בין שיטת ההמתה לבין שאר הגורמים, אין בסיס לקבוע שגרלון הגיב טוב יותר מאדיגן או להפך. המסקנה היא ששתי שיטות ההמתה נתנו בסופו של דבר ביצועי יבול דומים למדי.

זמן ההמתנה בין העקירה לנטיעה מחדש

מבין כל הגורמים שנבחנו, זמן ההמתנה היה הגורם בעל ההשפעה המובהקת והברורה ביותר על מאפייני היבול. המתנה של שנה וחצי נתנה את מספר האשכולות הגבוה ביותר, כ-52.8 אשכולות לגפן, והייתה גבוהה באופן מובהק מחצי שנת המתנה, שבה התקבלו כ-47.5 אשכולות בלבד. גם ביבול לגפן התקבלה אותה מגמה: לאחר שנה וחצי המתנה, התקבל יבול ממוצע של כ-21.7 ק"ג לגפן, לעומת כ-19.9 ק"ג לאחר חצי שנת המתנה, הבדל שהיה מובהק. לעומת זאת, שנתיים וחצי המתנה נתנו ערכי ביניים, ולא הראו יתרון מובהק על פני שנה וחצי. משקל האשכול לא הושפע באופן מובהק, אף שנרשמה נטייה לערכים מעט גבוהים יותר בזמן ההמתנה הארוך ביותר. לכן, המסקנה המעשית העיקרית היא שחצי שנת המתנה כנראה קצרה מדי בתנאי הניסוי, בעוד שהמתנה של שנה וחצי כבר מספקת תנאים טובים יותר להתבססות הכרם ולהשגת יבול גבוה יותר. מנגד, לא התקבלה הוכחה לכך שהארכת ההמתנה לשנתיים וחצי מוסיפה יתרון ברור נוסף.

טיפול טיוב הקרקע בנטיעה

טיפול טיוב בור הנטיעה לא הראו השפעה מובהקת על מאפייני היבול, ולכן יש לפרש את ההבדלים ביניהם בזהירות ולהתייחס אליהם בעיקר כמגמות. עם זאת, מגמות שונות בין הטיפולים, העשויים לרמוז כי לאופן עיצוב סביבת בית השורשים בשלבי ההתבססות הראשונים יש חשיבות גידולית מסוימת. מבין הטיפולים, מיקוריזה הציגה את היבול הממוצע הגבוה ביותר ואת מספר האשכולות הגבוה ביותר, ולכן היא מסתמנת כטיפול המבטיח ביותר מבין טיפולי הקרקע שנבחנו, גם אם ללא מובהקות סטטיסטית. ממצא זה מתיישב עם דיווחים מן הספרות שלפיהם אינוקולציה מיקוריזלית עשויה לשפר את תפקוד הגפן בתנאי שדה, ובפרט לתרום ליעילות פיזיולוגית ולהתמודדות טובה יותר עם תנאי עקה, גם כאשר השפעתה על יבול אינה בהכרח דרמטית או אחידה בכל מערכת גידול (Nogales et al., 2009).

טיפול ג'ל תרם למשקל האשכול, וייתכן שהדבר משקף תרומה מסוימת ליציבות משטר המים ולסביבת שורש נוחה יותר. באופן רחב יותר, תוצאה זו תואמת את ההבנה הגידולית שלפיה שיפור התנאים הפיזיים בבית השורשים, כמו אוורור, חדירת מים טובה יותר מאפשר התפתחות שורשים תקינה ועשוי לתרום לביצועי הגפן, גם אם לא תמיד באופן חד או מובהק בכל מדד שנבדק. בהקשר זה, Wheaton et al., (2008) הראו כי שיפור התנאים הפיזיים של הקרקע עודד צמיחת שורשים ושיפר את ביצועי הגפן, ממצא המחזק את ההיגיון שעמד בבסיס חלק מטיפולי הטיוב שנבחנו כאן.

לעומת זאת, קומפוסט לא הציג בניסוי זה יתרון עקבי וברור על פני הקרקע המקומית, אף שנתן ערכים סבירים בחלק מן המדדים. גם תוצאה זו אינה עומדת בהכרח בסתירה לספרות, שכן נמצא כי השפעת קומפוסט בכרם תלויה מאוד בסוג החומר, באופן היישום ובתנאי האתר, כך שבמקרים מסוימים מתקבל שיפור בתכונות

הקרקה, בהתפתחות השורשים וביבול, ואילו במקרים אחרים ההשפעה מתונה יותר או אינה מתבטאת בכל המדדים (Gaiotti et al., 2017). בהתאם לכך, ייתכן שגם בניסוי הנוכחי לא עצם הוספת החומר היא שקובעת, אלא התאמתו לתנאי הקרקע, המים והמליחות המקומיים.

קרקע רגילה, ששימשה כביקורת, הציגה אף היא תוצאות סבירות, דבר המלמד שלא היה הכרח מובהק בתוספת כלשהי לשם השגת יבול תקין. מנגד, טוף ובעיקר פרלייט לא הציגו יתרון ברור במדדי היבול. לכן, המסקנה העיקרית היא שטיפולי טיוב הקרקע עשויים להשפיע על התפתחות הגפנים הצעירות, אך בתנאי הניסוי הנוכחי השפעתם הייתה מתונה, לא עקבית, ולא סיפקה הוכחה חדה לעליונות של טיפול מסוים. עם זאת, מיקוריזה, ובמידה מסוימת גם גיל, נראו כטיפולים בעלי התוצאות הגבוהות ביותר.

סיכום ומסקנות

בסיכום מדדי היבול, לא התקבלה תמונה של פריצת דרך ברורה או של טיפול אחד ששינה באופן חד את ביצועי הכרם הצעיר. שיטת ההמתה כמעט שלא באה לידי ביטוי ביבול, וטיפולי הקרקע השונים יצרו לכל היותר הבדלים מתונים ולא מובהקים. לעומת זאת, זמן ההמתנה בין עקירת הכרם הישן לנטיעת החדש בלט כגורם המשמעותי ביותר, ובפרט עלה ממנו כי חצי שנת המתנה היא כנראה פרק זמן קצר מדי, בעוד שהמתנה של שנה וחצי נראית כפתרון המעשי המאוזן ביותר. לכן, אם מבקשים לנסח מסקנה יישומית מן הניסוי, נראה כי עיתוי השינטוע חשוב יותר מסוג ההמתה או מסוג התוסף שניתן בבור הנטיעה. לצד זאת, מאחר שההבדלים הכוללים לא היו גדולים מאוד, נכון להסיק שהמחקר זיהה כיוונים מבטיחים לשיפור, אך לא סיפק הוכחה חדה וחד משמעית לכל ההנחות המוקדמות שעל בסיסן נבנתה הצעת המחקר.

ביבליוגרפיה

מיכאלובסקי, ר' וחובריו. (2024). בחינת פרוטוקול אופטימלי לשינטוע כרם. פרסום באתר מו"פ בקעת הירדן:

[בקישור זה](#)

סריג, פ' וחובריו. (2023). בחינת פרוטוקול אופטימלי לשינטוע כרם. פרסום באתר מו"פ בקעת הירדן: [בקישור](#)

[זה](#)

Gaiotti, F., Marcuzzo, P., Belfiore, N., Lovat, L., Fornasier, F., & Tomasi, D. (2017). Influence of compost addition on soil properties, root growth and vine performances of *Vitis vinifera* cv Cabernet sauvignon. *Scientia Horticulturae*, 225, 88-95.

Guo, X. W., Li, K., Guo, Y. S., Xie, H. G., Sun, Y. N., & Hu, X. X. (2011). Effect of grape replant on the soil microbial community structure and diversity. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 25(2), 2334-2340.

Liu, Q., Zhang, L., Wang, L., Wu, Q., Li, K., & Guo, X. (2022). Autotoxin affects the rhizosphere microbial community structure by influencing the secretory characteristics of grapevine roots. *Frontiers in Microbiology*, 13, 953424.

Nogales, A., Luque, J., Estaún, V., Camprubí, A., Garcia-Figueres, F., & Calvet, C. (2009). Differential growth of mycorrhizal field-inoculated grapevine rootstocks in two replant soils. *American Journal of Enology and Viticulture*, 60(4), 484-489.

- Schneider, S. M., Ajwa, H., & Trout, T. J. (2006). Chemical alternatives to methyl bromide for nematode control under vineyard replant conditions. *American journal of enology and viticulture*, 57(2), 183-193.
- Traquair, J. A. (1984). Etiology and control of orchard replant problems: a review. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 6(1), 54-62.
- Westphal, A., Browne, G. T., & Schneider, S. (2002). Evidence for biological nature of the grape replant problem in California. *Plant and soil*, 242, 197-203.
- Wheaton, A. D., McKenzie, B. M., & Tisdall, J. M. (2008). Management to increase the depth of soft soil improves soil conditions and grapevine performance in an irrigated vineyard. *Soil and Tillage Research*, 98(1), 68-80.

נספחים

נספח א': תוצאות מודל רב-גורמי מלא בכל מועד דגימה, לבחינת השפעת שיטת העקירה, זמן ההמתנה, טיפול הקרקע והאינטראקציות ביניהם על משקל הגרגר במעקב ההבשלה.

מובהקות (p value) 16/06/2025	מובהקות (p value) 01/06/2025	מובהקות (p value) 25/05/2025	מקור השונות
0.0839	0.7977	0.5070	שיטת עקירה
0.6473	0.2686	0.4022	זמן המתנה
0.4597	0.3208	0.7748	שיטת עקירה*זמן המתנה
0.4002	0.3954	0.0381	טיפול קרקע
0.5406	0.2029	0.7340	שיטת עקירה*טיפול קרקע
0.6701	0.1059	0.7490	זמן המתנה*טיפול קרקע
0.9143	0.6457	0.9639	שיטת עקירה*זמן המתנה*טיפול קרקע

נספח ב': תוצאות מודל רב-גורמי מלא בכל מועד דגימה, לבחינת השפעת שיטת העקירה, זמן ההמתנה, טיפול הקרקע והאינטראקציות ביניהם על קוטר הגרגר במעקב ההבשלה.

מובהקות (p value) 16/06/2025	מובהקות (p value) 01/06/2025	מובהקות (p value) 25/05/2025	מקור השונות
0.1886	0.9929	0.7480	שיטת עקירה
0.1997	0.1223	0.0093	זמן המתנה
0.0480	0.3099	0.9273	שיטת עקירה*זמן המתנה
0.1275	0.4426	0.2444	טיפול קרקע
0.3695	0.9371	0.3193	שיטת עקירה*טיפול קרקע

0.6659	0.0981	0.7605	זמן המתנה*טיפול קרקע
0.8686	0.1456	0.7811	שיטת עקירה*זמן המתנה*טיפול קרקע

נספח ג': תוצאות מודל רב-גורמי מלא בכל מועד דגימה, לבחינת השפעת שיטת העקירה, זמן ההמתנה, טיפול הקרקע והאינטראקציות ביניהם על **אחוז הסוכר** במעקב ההבשלה.

מובהקות (p value) 16/06/2025	מובהקות (p value) 01/06/2025	מובהקות (p value) 25/05/2025	מקור השונות
0.8315	0.3269	0.2489	שיטת עקירה
0.2848	0.6905	0.4771	זמן המתנה
0.9268	0.2206	0.3299	שיטת עקירה*זמן המתנה
0.2071	0.3069	0.1031	טיפול קרקע
0.9920	0.9116	0.4452	שיטת עקירה*טיפול קרקע
0.2458	0.4418	0.1804	זמן המתנה*טיפול קרקע
0.6759	0.9768	0.9997	שיטת עקירה*זמן המתנה*טיפול קרקע