



דו"ח מסכם 2023-2025

תכנית 92-03-0003



מו"פ דרום / דו"ח סופי מסכם

- מספר מחקר: 92-03-0003

- שם התכנית: השקיית זנים חדשים של אגוזי אדמה - הצמאה לצורך שיפור איכות

- חוקרת ראשית: טלי אילני

- חוקרים שותפים: אורן בוכשטב, יח"מ; רן חובב, וולקני; אלון בן-גל, מרכז מחקר גילת-וולקני

- סטטוס התכנית: הסתיימה

- מועד התחלה וסיום התכנית: ינואר 2023 – דצמבר 2025

תקציר

המחקר בחן את השפעתם של משטרי השקיה שונים על יבול ואיכות אגוזי האדמה בשלושה זנים: חנוך (זן ביקורת), עידו (זן עתיר חומצה אולאית) והזן 9-23. מטרת המחקר הייתה להגדיר משטרי השקיה מיטביים לזנים החדשים, כך שישפרו את יעילות השימוש במים, יגדילו את היבול, וישפרו את איכות התרמילים ואת תכולת חומצות השומן, בעיקר החומצה האולאית המשפיעה על חיי המדף והערך הבריאותי. הניסויים בוצעו בשלוש עונות גידול רצופות (2023–2025) במערך לזימטרים, תוך מדידה מדויקת של צריכת מים, התפתחות הצמח, איכות התרמילים ותכולת השמן.

במהלך העונה הראשונה נבחנה הצמאה בשלבי מילוי התרמילים, כאשר העקה הוכנסה ב-110, 120 או 130 ימים לאחר זריעה. נמצא כי הקדמת העקה ל-120 ימים שיפרה את אחוז ההבשלה, בעוד שהקדמתה ל-110 ימים פגעה באיכות, במיוחד בזן חנוך. בעונה השנייה נבחנה הפחתת כמויות מים בשלב הפריחה (50%–100% מצריכת הליזימטרים). התברר כי בהשקיה של 65% מצריכת המים התקבל היבול ואחוז היצוא הגבוה ביותר, בעוד שהפחתה ל-50% גרמה לפגיעה משמעותית. בעונה השלישית נבחנה השפעת מרווחי השקיה (3, 5, 8, 11 ימים) ונמצא כי בזן חנוך השקיה כל 5 ימים הייתה יעילה יותר מהשקיה כל 3 ימים, מבחינת יבול ומבחינת איכות. תכולת החומצה האולאית נמצאה כמאפיין גנטי מובהק: אחוז החומצה האולאית בזן חנוך היה נמוך משמעותית מאשר בשני הזנים האחרים, ולא נמצאה השפעה מובהקת של משטרי ההשקיה על ריכוזה. גם בנגיעות במחלות לא נמצאה מגמה עקבית בין הטיפולים, אם כי הופיעו הבדלים נקודתיים. בסיכום, המחקר הראה כי ניתן להפחית משמעותית את כמויות המים בשלבי הפריחה ללא פגיעה ביבול ואף עם שיפור באיכות, וכי יש חשיבות קריטית לתזמון העקה בשלב מילוי התרמילים. תוצאות אלו תומכות בהמשך התאמת משטרי השקיה לזנים החדשים, תוך שיפור יעילות המים והגדלת התחרותיות בשוק האירופי.

רקע קצר ותיאור הבעיה

בנגב מגדלים כ-17,000 דונם אגוזי אדמה המייצרים יותר מ-10,000 טון יבול (בוכשטב, 2019). רב יבול הבוטנים מיועד ליצוא לאירופה בקליפתם ולכן ישנה חשיבות רבה לאיכות התרמיל. הפרמטרים המשפיעים על המחיר שמקבל החקלאי על היבול הינם: גודל התרמיל, אחוז ראש מצומק, אחוז סינגל, צבע התרמיל ומחלות. לכן, נערכו במו"פ דרום מספר ניסויים שקבעו את משטר ההשקיה האופטימלי לקבלת תרמיל באיכות המיטבית (בוכשטב וחובריו, 2019; בוכשטב, 2019). המסקנות החדשניות והעיקריות מהניסויים שנעשו במו"פ דרום היו: 1. עומק ההרטבה האופטימאלי לפני זריעה הינו 80-100 ס"מ. עומק הרטבה זה מגביר את אחוז הנביטה ומאפשר השקיה בחסר לאורך העונה, דבר המעלה את כמות ואיכות היבול; 2. דיוק בכמות ובתדירות ההשקיה מאוד חשובים בשלב מילוי התרמילים. כמות ואיכות היבול האופטימליים מתקבלים כאשר הצמח נמצא בעקת מים קלה וצריך לנצל את הרטיבות מפרופיל הקרקע; 3. הגדלת כמות המים בשלב הפריחה מגדילה את כמות היבול והעלווה אך מורידה את איכות התרמילים, דבר המפחית את רווח החקלאים. בהתבסס על תוצאות הניסויים האלו עודכנו מקדמי ההשקיה המומלצים וכשני שליש משדות הנגב המערבי המגדלים אגוזי האדמה (כ-13,000 דונם) שינו את משטר ההשקיה שלהם בעקבות ההמלצות החדשות.

נושא האיכות הולך ונעשה קריטי משנה לשנה, ומה שהתאים ללקוחות לפני שנים רבות כבר אינו עונה על הדרישות כיום. השוק העולמי הכניס לאחרונה פרמטר נוסף לאיכות היבול והוא אורך חיי המדף של התרמילים. איכות האחסון והאיכות התזונתית של אגוזי האדמה תלויים בחלק היחסי של חומצות השומן הרוויות והלא רוויות המרכיבות את השמן שמהווה עד 50% ממשקל הבוטן. חומצות אולאית ולינולאית מהוות כ-80% מסך חומצות השומן בבוטן. היחס בין שתי החומצות הללו (O/L) קובע את האיכות וחיי המדף של הבוטן והמוצרים שלו (Mugendi, et al., 1998; O'Keefe, et al., 1993) כאשר לאגוזי האדמה העשירים בחומצה אולאית, חיי מדף ויציבות טעם הנשמרים למשך זמן ארוך יותר הודות ליציבות גדולה יותר של מעכבי חמצון. בנוסף, לחומצת השומן האולאית יתרונות בריאותיים מאחר והיא קשורה להפחתת הכולסטרול בדם, ביחוד להפחתת ה-LDL (O'Byrne, et al., 1987). בשנים האחרונות נעשתה עבודה רבה לפיתוח זני אגוזי אדמה עשירים יותר בחומצה אולאית (Taieb-Bimro, et al., 2020) ועמידים יותר ליובש (Singkham, et al., 2011). במקביל, המגדלים בישראל נאלצים להתמודד בתחרות קשה עם מגדלי בוטנים ממצרים על השוק האירופי. מאחר והשוק האירופי מעדיף זנים בעלי חיי מדף ארוכים יותר בישראל עוברים לגידול הזנים החדשים בעלי תכולה גבוהה יותר של חומצה אולאית (כגון עידו 231-9, שפותחו במעבדתו של רן חובב) והם מחליפים את הזן שעד כה שלט בשוק המקומי – החנוך.

במקומות רבים בעולם אגוזי אדמה מגודלים ללא השקיה אלא בהסתמך על משקעים בלבד. בישראל אגוזי אדמה גדלים תחת השקיה כאשר המים מהווים כמחצית מהוצאות הגידול של אגוזי אדמה (סלמון וגורן, 2017). מחקרים שבחנו מגוון משטרי השקיה בשלבי גידול שונים מראים שזנים שונים מגיבים באופן שונה (Chaiyadee, et al., 2013; Hashim, et al., 1993; AKÇURA, et al., 2021). בנוסף, Chaiyadee et al. (2013) הראו כי הצמאה של אגוזי האדמה בזמן הבשלת הבוטנים (80 יום לאחר זריעה) מעלה מעט את תכולת החומצה האולאית בזנים מסויימים של אגוזי אדמה לעומת זנים אחרים שתכולת החומצה האולאית דווקא יורדת בהצמאה באותו זמן. מכאן אנו לומדים כי מעבר לזנים חדשים של אגוזי אדמה מחייב התאמת משטר ההשקיה לזנים אלו כאשר הדגש היום צריך להיות לא רק על כמות ואיכות היבול מבחינת נראות אלא גם על תכולת החומצה האולאית על מנת להאריך את חיי המדף של הבוטנים.

מטרות המחקר

שאלת המחקר: האם ניתן, על ידי שינוי משטר ההשקיה של זנים שונים של בוטנים, להעלות את כמות היבול ולשפר את איכות הבוטנים?

מטרת המחקר היא להגדיר משטר השקיה המתאים לזנים החדשים של הבוטנים ובכך לשפר את יעילות צריכת המים של הבוטנים (להקטין את החלק היחסי של עלות המים ביחס ליבול המתקבל) ולשפר את מדדי האיכות של הבוטנים ובכך להגדיל את השוק שיקבל את הבוטנים ולהגדיל את הרווח. על מנת להגיע למטרה עלינו להשיג מספר מטרות משנה: 1. בחינת הצמאה בשלב מילוי התרמילים; 2. בחינת הצמאה בשלב הפריחה; 3. אפיון תכולת שמנים ואיכות הפרי.

מהלך המחקר ושיטות עבודה

הניסויים התקיימו בחלקות הניסוי של מו"פ דרום שקיימות בהן מערכות של ליזימטרים. החלקות צמודות אחת לשניה. בכל חלקה ארבעה ליזימטרים. כל שטח בגודל של כ-10 דונם חולק ל-16 חלקות באורך 24 מטר וברוחב 12 ערוגות (רוחב ערוגה 1.93 מטר). נערך מעקב אחרי צריכת המים של הצמחים בטיפולי ההשקיה השונים בזן חנוך (מאחר ובכל שטח 4 ליזימטרים ומספר טיפולים גדול יותר לא ניתן לעקוב אחר כל הטיפולים. המעקב בעזרת הליזימטרים נערך אחר הזן המוביל כיום וההשקיות ביחס אליו). בכל העונות לפני זריעה בוצעה השקיית הרוויה לעומק הרטבה של לפחות 80 ס"מ בכל החלקות. הזריעה נערכה כמקובל לעומק 4.5-4 ס"מ. לאחר זריעה בוצעו שתי השקיות הנבטה במרווח 5 ימים, סה"כ 40 מ"מ. הגידול נעשה לפי המקובל באזור וההשקיה נעשתה לפי לוח ההשקיות שלנו מ-2016 ולפי טנסיומטרים שהוצבו בשטח (פרט לתקופות בהן נבחנו טיפולי הצמאה).

בחינת הצמאה בשלב מילוי התרמילים (שנה א). בחלקה מספר 1 בוטנים מהזנים עידו, 9-23 וחנוך (כביקורת) נזרעו ב-17.4.23. סך הכל בניסוי 64 חלקות. בשלב מילוי התרמילים השטח חולק כך שכל ארבע חלקות מהוות חזרה לאחד מטיפולי הצמאה (טבלה 1): 1. משקי (תחילת עקה 130 יום מזריעה, מסומן באדום), 2. הקדמת מועד (תחילת עקה 120 יום מזריעה, מסומן באדום), 3. הקדמת מועד (תחילת עקה 110 יום מזריעה, מסומן בכתום), 4. השקייה מלאה (ללא עקה, מסומן בירוק). קביעת מועדי ההשקיה בטיפולי העקה בוצעה בהתאם לבדיקה חזותית של הטיפול והגעה לעקה של 30% עד 50%. האסיף בוצע ב-5.10.23.

טבלה 1. פירוט הטיפולים בניסוי בעונה הראשונה

זן	תחילת עקה	טיפולים
חנוך	130 ימים מזריעה (מישקי)	1A
חנוך	110 ימים מזריעה	2A
חנוך	120 ימים מזריעה	3A
חנוך	השקיה מלאה (ללא עקה)	4A
עידו	130 ימים מזריעה (מישקי)	1B
עידו	110 ימים מזריעה	2B
עידו	120 ימים מזריעה	3B
עידו	השקיה מלאה (ללא עקה)	4B
9-23	130 ימים מזריעה (מישקי)	1C
9-23	110 ימים מזריעה	2C
9-23	120 ימים מזריעה	3C
9-23	השקיה מלאה (ללא עקה)	4C

בחינת הקטנת כמות ההשקיה בשלב הפריחה (שנה ב). בחלקה מספר 3 בוטנים מהזנים עידו (זן מסחרי עתיר חומצה אולאית, פרי פיתוחו של ד"ר רן חובב) וחנוך (כביקורת) נזרעו ב-6.5.24. שני הזנים שהיו בתוכנית המקורית, 9-22 ו-9-23, לא נזרעו מאחר והשימוש המסחרי בהם לא תפס מסיבות שונות שאינן קשורות לניסוי זה. סך הכל בניסוי היו 48 חלקות. בשלב הפריחה, 25 יום אחרי זריעה, השטח חולק כך שכל ארבע חלקות מהוות חזרה לאחד מארבעת טיפולי ההשקיה (טבלה 2): 1. 100% החזר של הצריכה בליזימטרים (מסומן באדום), 2. 80% מהצריכה (מסומן בירוק), 3. 65% מהצריכה (מסומן בכתום), 4. 50% מהצריכה (מסומן בכחול). השקיה כל 3 ימים. פעמיים במהלך העונה נערך מעקב אחר אחוז הכיסוי על ידי שימוש באפליקציית canopy cover עד לקבלת כיסוי קרוב ל-100%. הניעור נערך ב-10.10.24 והאסיף 10 ימים לאחר מכן.

טבלה 2. פירוט הטיפולים בניסוי בעונה השניה.

זן	השקיה	טיפולים
חנוך	50% מצריכה	1A
חנוך	65% מצריכה	2A
חנוך	100% - מצריכה	3A
חנוך	80% מצריכה	4A
עידו	50% מצריכה	1B
עידו	65% מצריכה	2B
עידו	100% - מצריכה	3B
עידו	80% מצריכה	4B

בחינת מרווחי השקיה בשלב הפריחה (שנה ג). בחלקה מספר 2 בוטנים מהזנים עידו וחנוך (כביקורת) נזרעו ב-28.4.25. סך הכל בניסוי היו 48 חלקות. בשלב הפריחה, 25 יום אחרי זריעה, השטח חולק כך שכל ארבע חלקות מהוות חזרה לאחד מארבעת טיפולי ההשקיה (טבלה 3): 1. השקיה כל 3 ימים (מסומן בכחול), 2. השקיה כל 5 ימים (מסומן באדום), 3. השקיה כל 11 ימים (מסומן בכתום), 4. השקיה כל 8 ימים (מסומן בירוק). כמות המים היומית היתה זהה בכל הטיפולים ושווה להמלצות המישיקיות הקיימות כיום. שש פעמים במהלך העונה נערך מעקב אחר אחוז הכיסוי על ידי שימוש באפליקציית canopy cover עד לקבלת כיסוי קרוב ל-100%. הניעור נערך ב-02.10.24 והאסיף 10 ימים לאחר מכן.

טבלה 3. פירוט הטיפולים בניסוי בעונה השניה

זן	השקיה	טיפולים
חנוך	השקיה כל 3 ימים	1A
חנוך	השקיה כל 11 ימים	2A
חנוך	השקיה כל 5 ימים	3A
חנוך	השקיה כל 8 ימים	4A
עידו	השקיה כל 3 ימים	1B
עידו	השקיה כל 11 ימים	2B
עידו	השקיה כל 5 ימים	3B
עידו	השקיה כל 8 ימים	4B

איפיון כמות ואיכות יבול לפי הטיפולים. ביום הניעור נלקחו 3 צמחים מכל חלקה, 6 חלקות מכל טיפול, התרמילים הופרדו ועברו גרוד הקליפה החיצונית באמצעות מכונת קילוף תפ"א ואח"כ מיון לפי צבע השכבה השנייה של התרמיל. צבע השכבה מעיד על הבשלה: לבן - תרמיל לא בשל,

חום/שחור - תרמיל בשל, צהוב – אדום - תרמיל בשל חלקית. אחוז הבשלה נקבע בהתאם לאחוז התרמילים עם קליפה בצבע שחור/חום.

בסיום הגידול הבוטנים נאספו באופן ידני בליזימטרים ולאורך מטר ערוגה בשש חלקות מכל טיפול ונבדקו המאפיינים הבאים: יבול התרמילים - יבול תרמילים ברוטו, יבול תרמילים בניקוי חומר זר, התפלגות גודל התרמיל, אחוז ראש מצומק (משקלי), אחוז סינגל (משקלי), משקל תרמיל ממוצע ל Giant (G) ול Super Giant (SG) ואחוזי ייצוא. נגיעות במחלות - אחוז תרמילים עם המחלות: "רשת" על התרמיל ופטריית הטלרומיזיס סיווליתנסיס הגורמת להופעת כתמים אפורים על התרמילים (בשתי המחלות - מחולק לנגיעות נמוכה -1, בינונית -2 וגבוהה -3), פוזריום הגורם לכתמים חומים כהים ו"פוזריום חדש" המתאפיין בכתמים שחורים על הקליפה, אחוז תרמילים נקיים. המאפיינים נבדקו במעבדת מו"פ יח"מ.

איפיון תכולת שמנים. משלוש דגימות לכל טיפול נלקחו כ-20 ג' זרעים מתוך תרמילי SG. הזרעים עברו ייבוש ב 65 מ"צ למשך 48 שעות ויישקלו שוב לקביעת משקל יבש. לאחר מכן מוצה שמן מהזרעים באמצעות ממס אורגני, לפי שיטה שפיתחנו בעבר (Gupta, et al., 2016). אחוז השמן נקבע על ידי משקל השמן ביחס למשקל הזרעים היבש. השמן עבר אנליזת GC-MS באמצעות שירות (צב"מ הפקולטה לחקלאות) לקביעת פרופיל חומצות שומן.

מבחן סטטיסטי. הנתונים עברו מבחן ANOVA לבדיקת השונות בין הטיפולים. הניתוח הסטטיסטי לשונות נערך בחבילת תוכנת JMP 7.0 בשיטת T STUDENT, אותיות שונות בין הטיפולים מצינות הבדל סטטיסטי מובהק ברמת מובהקות של 0.05.

תוצאות

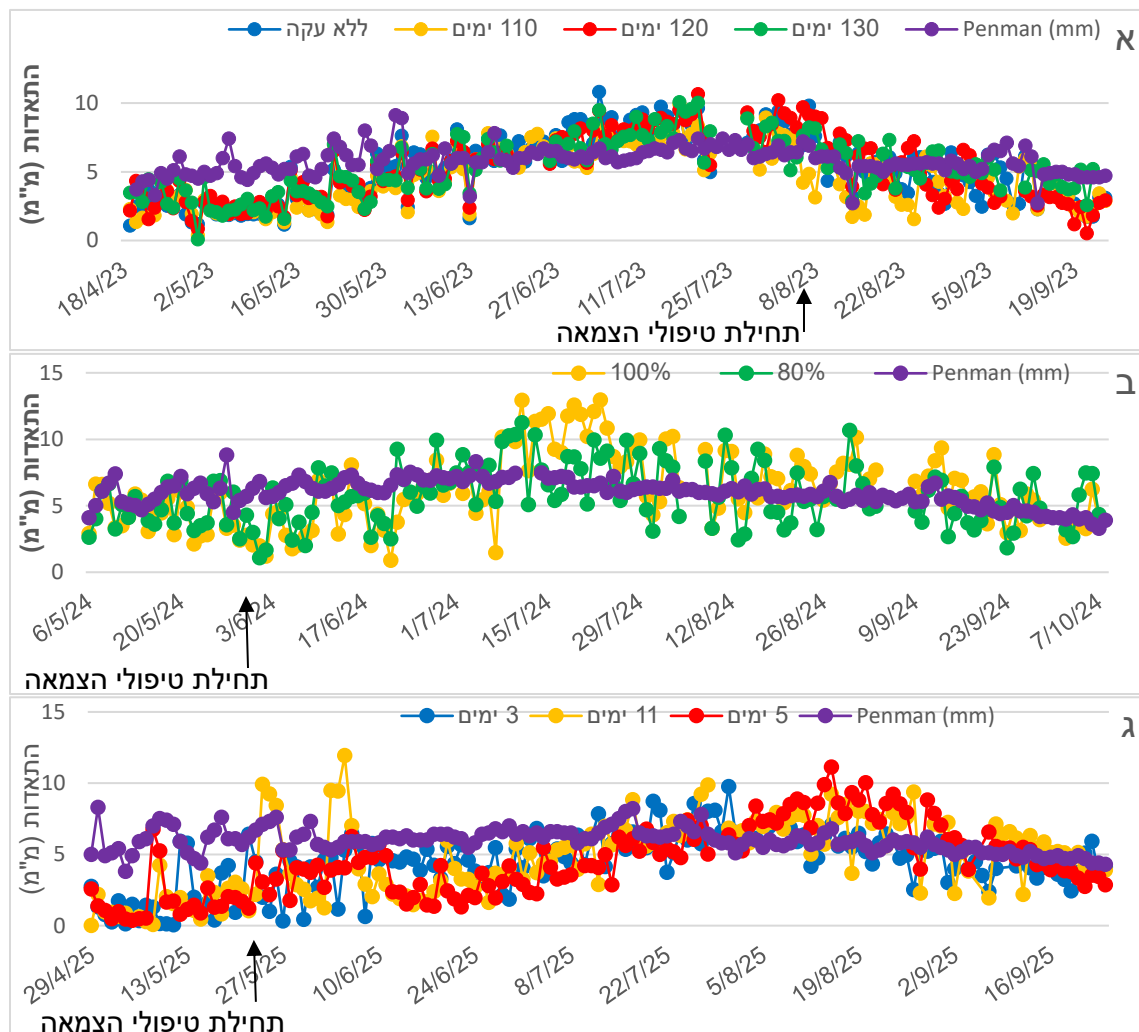
אפיון הקרקע בחלקות הניסוי מוצג בטבלה 4. הקרקע חולית (loamy sand) עם אחוז גיר נמוך.

טבלה 4. אפיון הקרקע בחלקות הניסוי

חול	סילט	חרסית	S.P	גיר	EC	P	df
%	%	%	%	%	ds/m	mg/kg	
87	3.4	9.6	30.8	4.5	0.7-1.1	27.2	2194

צריכת המים של הבוטנים. צריכת המים שנמדדה בעזרת הליזימטרים (ET) יחד עם ההתאדות המחושבת לפי פנמן מונטיס (ET₀) עבור שלושת השנים מופיעים באיור 1. תוצאות העונה הראשונה מוצגות עבור ארבעת טיפולי ההשקיה (איור 1א). עבור השנה השנייה התוצאות מוצגות עבור שני טיפולי השקיה מאחר ושניים מהליזימטרים הפסיקו לעבוד בצורה תקינה במהלך העונה

ולא ניתן היה לתקנם בזמן הגידול (איור 1ב). עבור העונה השלישית מוצגות התוצאות עבור שלושה מטיפולי ההשקיה מאחר וגם בשנה זו אחד הליזימטרים הפסיק לעבוד במהלך העונה (איור 1ג). אפשר לראות כי בתחילת העונה הצריכה היתה נמוכה מההתאדות המחושבת (פנמן) אולם בהמשך הצריכה כמעט השתוותה להתאדות המחושבת. אפשר לראות כי עם כל השקיה ישנה עליה באבפוטרנספירציה, יום למחרת ירידה חדה ולאחר מכן ירידה הדרגתית עד ההשקיה הבאה. ישנם הבדלים בצריכת המים בין השנים אבל במהלך כל עונה ההבדלים בצריכת המים בין הטיפולים השונים היו קטנים יחסית. בעונה הראשונה כ-120 ימים לאחר זריעה הצריכה שוב החלה לרדת אך הפעם באופן שונה עבור כל טיפול כאשר עבור הטיפול שהוכנס ראשון לעקה (110 ימים) נמדדת בשלב הזה הצריכה הנמוכה ביותר. בעונה השניה לא נראתה ירידה בצריכה בשלב זה.



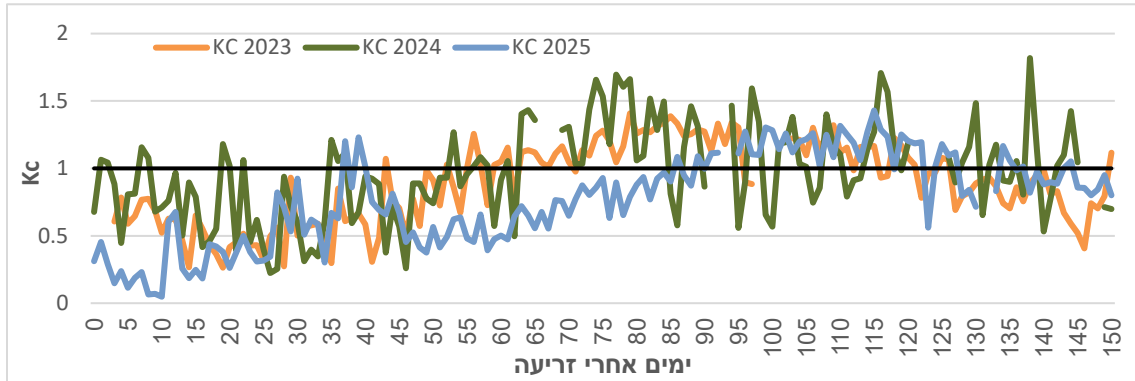
איור 1. צריכת המים שנמדדה בעזרת הליזימטרים בטיפולים השונים וההתאדות המחושבת לפי פנמן מונטיס (מ"מ) במהלך העונה הראשונה (א), השניה (ב) והשלישית (ג).

כמות המים הכוללת שניתנה לכל טיפול בכל עונה מסוכמת בטבלה 3. בטבלה מצויינת גם צריכת המים המצטברת כפי שנמדדה בליזימטרים (התקינים) יחד עם ההתאדות המחושבת לפי פנמן מונטיס. בעונה הראשונה כמות המים שניתנה עד ליום 105 היתה זהה עבור כל הטיפולים ועמדה על 524 מ"מ. בעונה השניה והשלישית כמות המים שניתנה עד ליום 25 היתה זהה עבור כל הטיפולים ועמדה על 58-59 מ"מ. בחל מיום 25 ועד לסוף הפריחה ותחילת שלב מילוי התרמילים ניתנו כמויות מים שונות לכל טיפול בעונה השניה ותיזמוני השקיה שונים לכל טיפול בעונה השלישית. בכל הטיפולים ובשלושת השנים צריכת המים הכוללת היתה נמוכה מההתאדות המחושבת לפי פנמן. אולם במהלך העונה היחסים בין הצריכה הנמדדת לצריכה המחושבת השתנו כפי שניתן לראות באיור 2 המציג את ערכי K_c עבור הגידול (כאשר $K_c = ET/ET_0$) הממוצעים בכל עונה. אפשר לראות בבירור את ההשתנות של הצריכה ביחס להתאדות המחושבת כ-50 ימים לאחר זריעה (יחס כולה מעל 1) בכל שלושת העונות. בעונה הראשונה והשלישית כ-130 ימים אחרי זריעה היחס מתחיל לרדת. בעונה השניה הוא נשאר סביב 1.

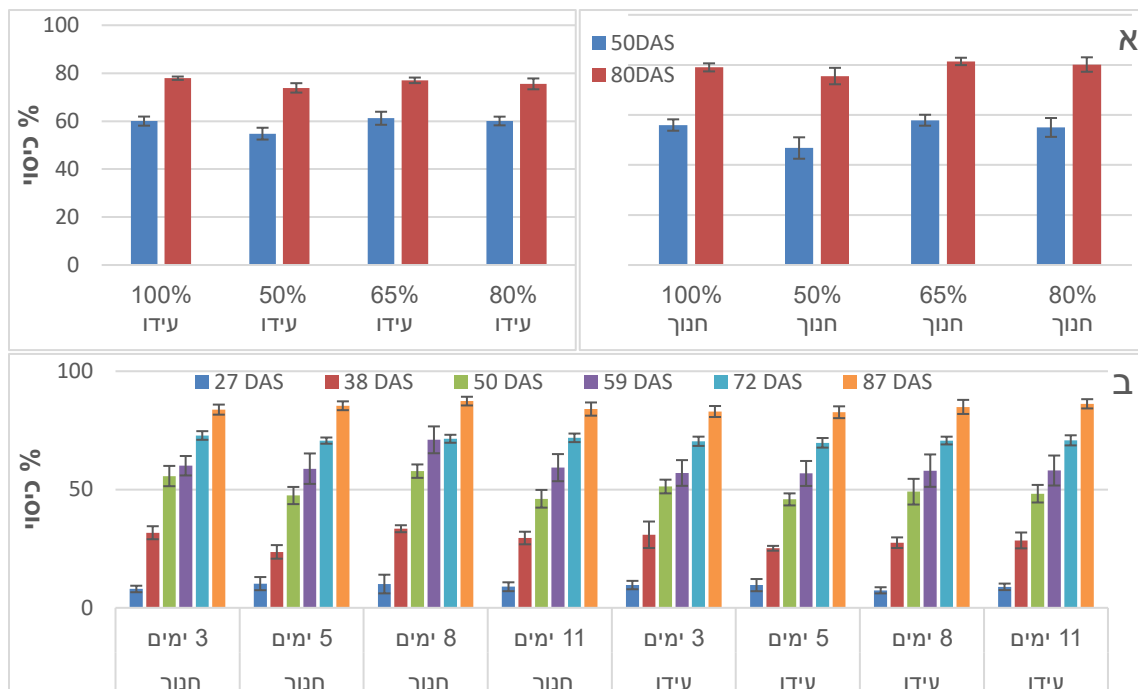
טבלה 3. כמויות המים שניתנו במהלך שלושת העונות לפי טיפולים וצריכת המים בפועל.

טיפול – עונה I	כמות מים עד סיום הפריחה (מ"מ)	כמות מים בשלב מילוי תרמילים עד סיום הגידול (מ"מ)	סה"כ מים (מ"מ)	צריכה מחושבת לפי ליזימטרים (מ"מ)	
משקי (130 ימים) הקדמה (120 ימים) הקדמה (110 ימים) השקיה מלאה ללא עקה	524	249	815	722	
		175	737	721	
		215	741	671	
		190	756	747	
התאדות מחושבת על פי פנמן לתקופה 2023					
866					
טיפול – עונה II	כמות מים עד 25 ימים מזריעה (מ"מ)	כמות מים 25 ימים מזריעה עד סוף פריחה (מ"מ)	כמות מים נוספת עד סוף הגידול (מ"מ)	סה"כ מים (מ"מ)	צריכה מחושבת לפי ליזימטרים (מ"מ)
100% מצריכה 80% מצריכה 70% מצריכה 50% מצריכה	58	717	91	866	866
		589		738	804
		498		647	
		378		527	
התאדות מחושבת על פי פנמן לתקופה 2024					
897					
טיפול – עונה III	כמות מים עד 25 ימים מזריעה (מ"מ)	כמות מים 25 ימים מזריעה עד סוף פריחה (מ"מ)	כמות מים נוספת עד סוף הגידול (מ"מ)	סה"כ מים (מ"מ)	צריכה מחושבת לפי ליזימטרים (מ"מ)
כל 3 ימים כל 5 ימים כל 8 ימים כל 11 ימים	59	488	264	811	654
		490	262	811	659
		501	262	822	
		482	268	809	701
התאדות מחושבת על פי פנמן לתקופה 2025					
915					

איור 2. יחס הצריכה לפנמן בשלושת עונות המחקר לפי ימים אחרי זריעה.



התפתחות הצמחים. בעונה השניה והשלישית נערך מעקב אחר התפתחות הצמחים באמצעות מעקב אחר אחוז הכיסוי (איור 3). בשתי העונות לא נמצא הבדל בין הטיפולים. לא נמצאו הבדלים בהתפתחות הצמחים בטיפולים השונים בכל זן



איור 3. אחוז הכיסוי בטיפולים השונים 50 ימים לאחר זריעה ו-80 ימים לאחר זריעה בשנה השניה (א) ושש פעמים במהלך העונה במהלך העונה השלישית (ב). הנתונים מוצגים כממוצעים $\pm$ שגיאת תקן. לא נמצאו הבדלים מובהקים ($p < 0.05$) על פי מבחן Oneway Anova בין הטיפולים בכל זן.

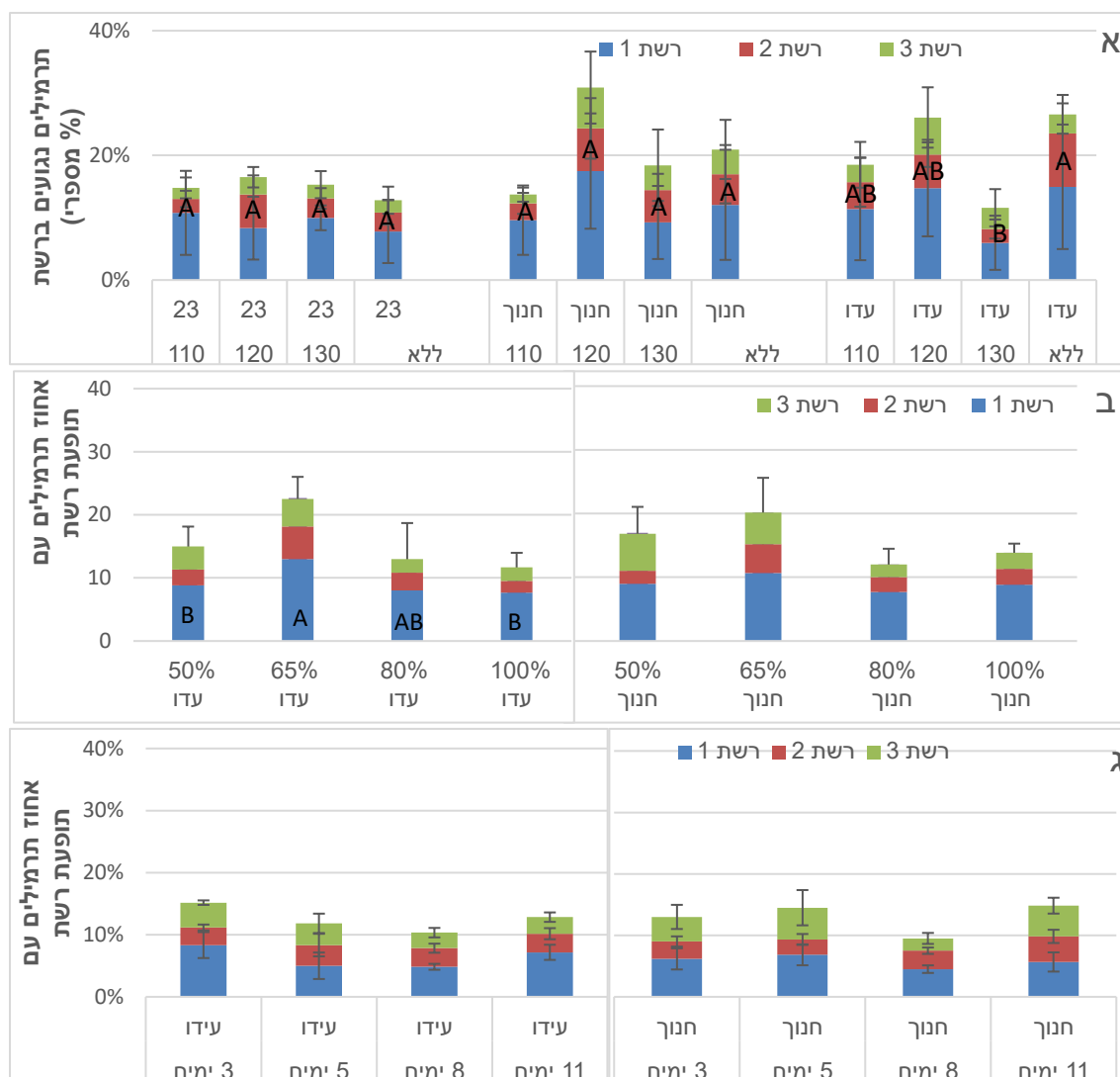
הבשלה. תוצאות בדיקות ההבשלה של הבוטנים מוצגות באיור 4. בחלקה מסחרית מקובל להגיע ביום הניעור ל-70% הבשלה. בעונה הראשונה (איור 4א), ביום הניעור הטיפולים שהוצמאו החל מ-120 ימים (בשלושת הזנים) היו בעלי אחוזי ההבשלה הגבוהים ביותר שעמדו על 64%-71%.

בזן חנוך שהוצמא החל מ-110 ימים אחרי זריעה אחוזי ההבשלה היו נמוכים ביותר ועמדו על 43%. בעונה השניה (איור 4ב) ניתן לראות שביום הניעור בזן חנוך על אף שנראה שבטיפול שקיבל 50% מכמות המים היה אחוז הבשלה נמוך ביותר לא היו הבדלים משמעותיים בין הטיפולים ואחוז ההבשלה היה נמוך יחסית. בזן עידו נמצאו הבדלים מובהקים בין הטיפולים כאשר בטיפול שקיבל את כמות המים המקסימלית נמצא אחוז הבשלה גבוה משמעותית מאשר בטיפולים שקיבלו 65%-ו-50% מהמים. ובאופן כללי נראה קשר חזק חיובי בין מנת המים לרמת ההבשלה. בעונה השלישית (איור 4ג) אחוזי ההבשלה בזן חנוך עמדו על סביב 62%, כלומר אחוזי ההבשלה היו נמוכים יחסית לזמן זה בעונה. לא נמצאו הבדלים באחוז ההבשלה בין מרווחי ההשקיה השונים. בזן עידו השונות היתה מעט גדולה יותר כאשר אחוזי ההבשלה עמדו על כ-73% בהשקיה כל 5 ימים וסביב 49%-ו-54% בהשקיה כל 8 ו-11 ימים, בהתאמה. לא היו הבדלים מובהקים בין הזנים.



איור 4. אחוז ההבשלה (קליפה שניה בצבע שחור/חום) מתוך כלל הבוטנים שנאספו ביום הניעור בזנים ובטיפולי ההשקיה השונים. עונה ראשונה (א), עונה שניה (ב), עונה שלישית (ג). הנתונים מוצגים כממוצעים $\pm$ שגיאת תקן. הבדלים מובהקים ($p < 0.05$) על פי מבחן שונות All pairs, Tukey-Kramer HSD שנמצאו בין הטיפולים השונים באים לידי ביטוי באותיות שונות.

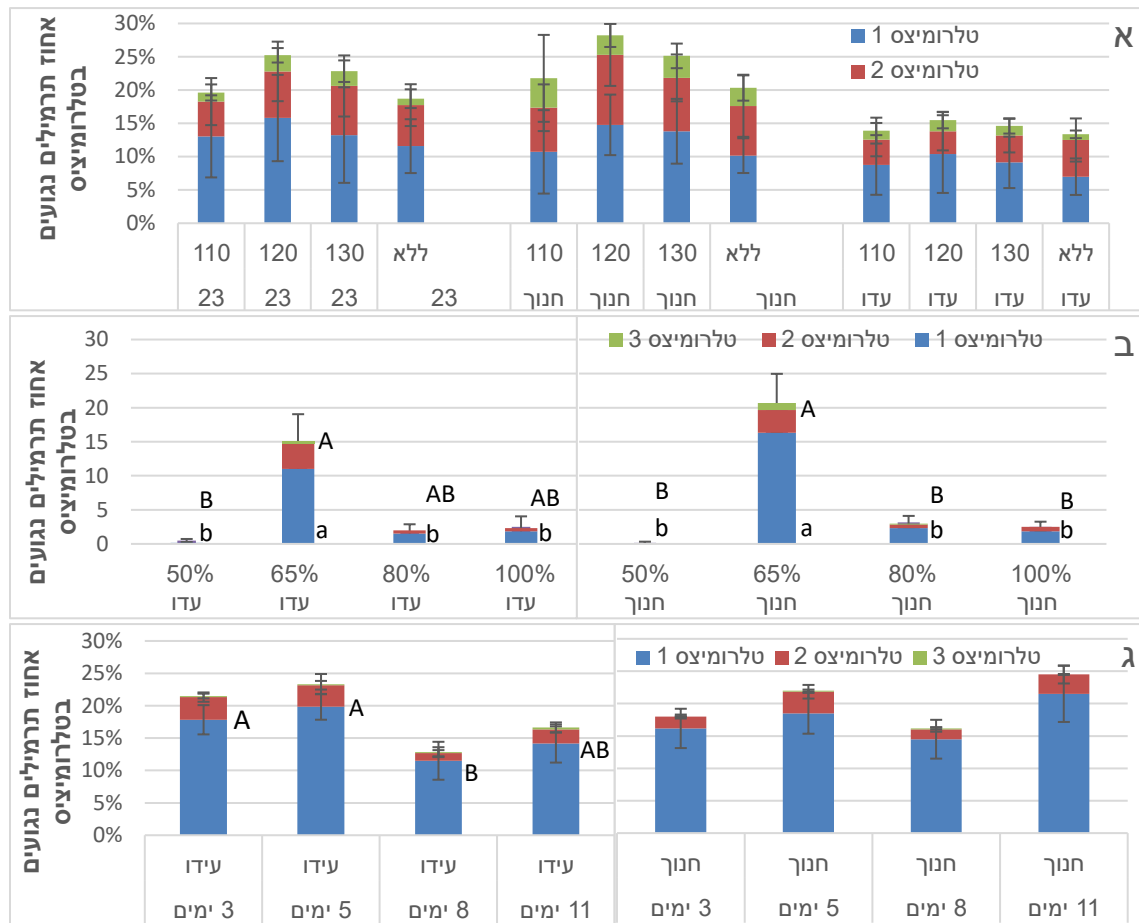
אילוח תרמילים במחלות קרקע. מחלת הרשת באגוזי-אדמה היא פגם חיצוני בקליפת התרמיל, המתבטא בכתמים כהים בצורת שתי-וערב ("רשת"). זו אינה מחלה מוכרת בעולם, והיא ייחודית לשדות מסוימים בישראל, בעיקר בנגב המערבי. המחלה פוגעת בעיקר באיכות השיווקית של התרמילים, ולא בתוכן הבוטן עצמו. רמת הנגיעות במחלת רשת בעונות השונות בטיפולים השונים מופיעה באיור 5. בעונה הראשונה (איור 5א) נמצאה שונות גדולה בין החלקות באותו טיפול ברמת הנגיעות במחלה בעיקר בזנים חנוך ועדו. בזן 23 השונות היתה קטנה יותר ופחות חלקות נמצאו עם אחוזים גבוהים של אילוח. הבדל מובהק נמצא רק בין שני טיפולי השקיה בזן עדו כאשר בטיפול ללא עקה נמצאה נגיעות משמעותית גדולה יותר ברמת נגיעות בינונית (רשת 2) מאשר בטיפול עקה אחרי 130 ימים. לא נמצאו הבדלים בין הזנים באחוז הכולל של התרמילים הנגועים. בעונה השניה (איור 5ב) בזן חנוך לא נמצאו הבדלים בטיפולים השונים ולעומתו בזן עידו כן נמצאה שונות בין הטיפולים באחוז התרמילים הנגועים בדרגת הנגיעות הבינונית (רשת 2) כאשר בטיפול שקיבל 65% ממנת המים התופעה משמעותית גדולה יותר מאשר בטיפול 50% או בטיפול 100%. בסך הכל לא נמצא הבדל בין הטיפולים ברמת האילוח הכוללת ברשת בשני הזנים. בעונה השלישית (איור 5ג) למרווחי ההשקיה לא היתה השפעה משמעותית על אחוז התרמילים הנגועים בשני הזנים. אבל בשני הזנים בהשקיה כל 8 ימים אחוז מעט נמוך יותר של תרמילים היו נגועים.



איור 5. אחוז תרמילים מאולחים במחלת רשת (דרגות 1-3) מתוך כלל הבוטנים שנאספו ביום הניעור בזנים ובטיפול ההשקיה השונים. בעונה הראשונה (א), בעונה השניה (ב), בעונה השלישית (ג). הנתונים מוצגים כממוצעים $\pm$ שגיאת תקן. הבדלים מובהקים ($p < 0.05$) על פי מבחן שונות All pairs, Tukey-Kramer HSD שנמצאו בין הטיפולים השונים באים לידי ביטוי באותיות שונות.

הפטרייה טלרומיצס סיוליתנסיס גורמת להופעת כתמים אפורים על תרמילי בוטנים מסביב לחיבור הגנופור (גבעול הגדל כלפי מטה ונכנס לקרקע הנושא את השחלה המופרה שתפתח לבוטן) הגורמת לירידה בערך המשווק של התרמילים (בן-יפת וחובריו, 2017). בעונה הראשונה (איור 6א) לא נמצאו הבדלים מובהקים בין הטיפולים בכל שלושת דרגות האילוח. אולם, ניתן לראות כי בבוטנים מזן עדו אחוז התרמילים הנגועים (14%) היה משמעותית נמוך מבשני הזנים האחרים (24% עבור חנוך ו-22% עבור זן 23). בעונה השניה (איור 6ב) בשני הזנים אחוז התרמילים הנגועים בטלרומיצס היה גבוה ביותר בטיפול שקיבל 65% מצריכת המים בדרגות נגיעות 1 ו-2 וכן בסך כל התרמילים הנגועים. בעונה השלישית (איור 6ג) בזן חנוך לא היו הבדלים בין טיפולי

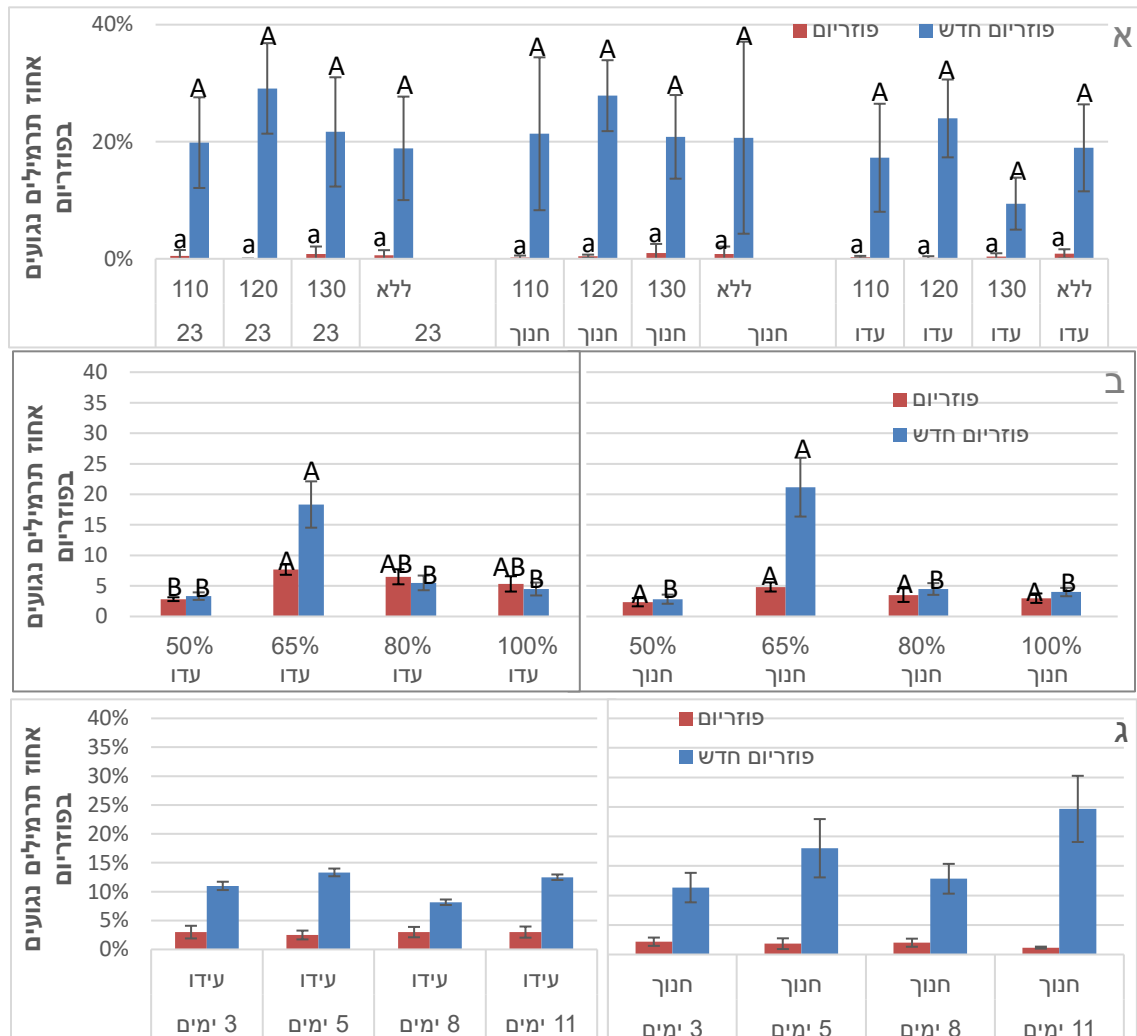
ההשקיה. בזן עידו הנגיעות בטלרומיצים דרגה 2 היתה משמעותית נמוכה יותר בטיפול שהושקה כל 8 ימים לעומת הטיפולים שהושקו כל 3 ו-5 ימים



איור 6. אחוז תרמילים מאולחים בטלרומיצים מתוך כלל הבוטנים שנאספו ביום הניעור בזנים ובטיפול ההשקיה השונים (דרגות נגיעות 1-3). בעונה הראשונה (א), בעונה השניה (ב) ובעונה השלישית (ג). הנתונים מוצגים כממוצעים $\pm$ שגיאת תקן. הבדלים מובהקים ($p < 0.05$) על פי מבחן שוניות All pairs, Tukey-Kramer HSD בין הטיפולים השונים באים לידי ביטוי באותיות שונות עבור כל רמת אילוח.

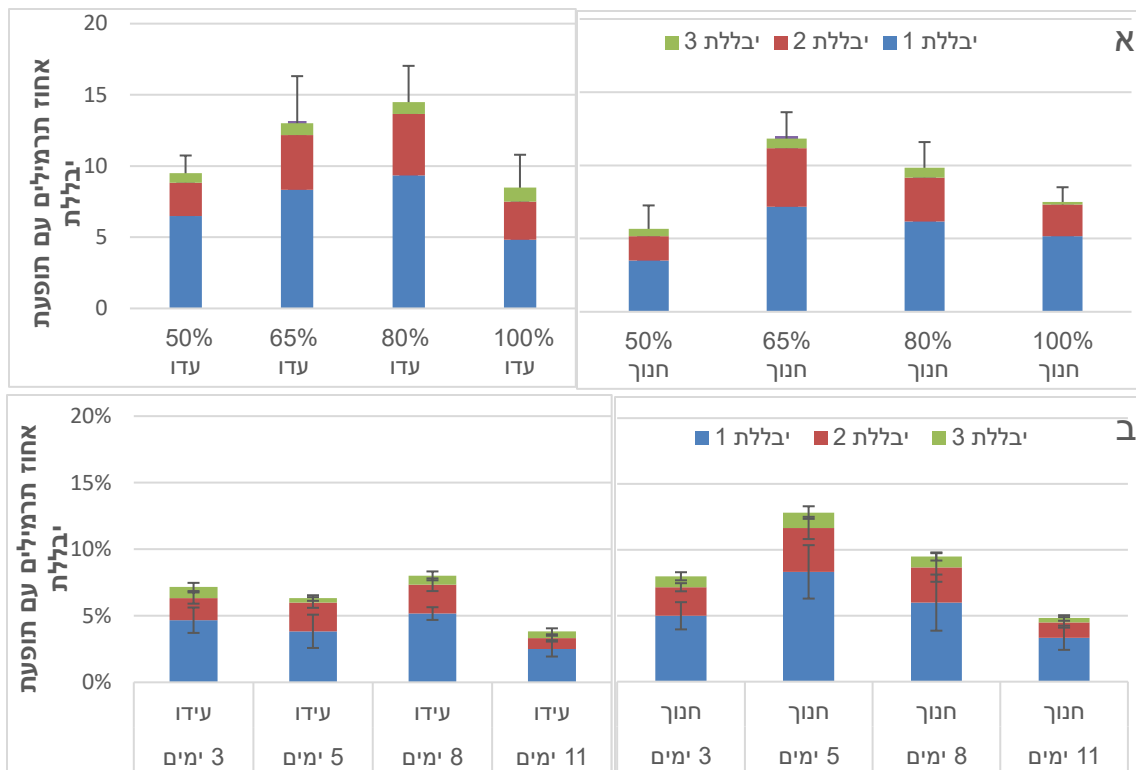
בעונה הראשונה פחות מאחוז אחד מהתרמילים היה נגוע בפוזריום בכל הטיפולים (איור 7א). אולם, בין 10% ל-30% מכלל התרמילים נמצאו נגועים בפוזריום חדש ללא הבדל סטטיסטי בין הטיפולים. בעונה השניה (איור 7ב) בזן חנוך לא היה הבדל בין הטיפולים בנגיעות בפוזריום. אולם בטיפול שקיבל 65% מצריכת המים היה אחוז גבוה משמעותית של תרמילים נגועים בפוזריום החדש לעומת שאר הטיפולים כך גם בזן עידו. בזן עידו אחוז התרמילים הנגועים בפוזריום היה גבוה משמעותית בטיפול 65% לעומת טיפול 50%. אחוז התרמילים הנגועים בפוזריום בזן עידו (5.6 ± 0.6) היה גבוה משמעותית מאחוזם בזן חנוך (3.4 ± 0.4). גם בעונה השלישית (איור 7ג)

אחוז התרמילים הנגועים בפוזריום היה נמוך מאוד ועמד על לא יותר מ-3% ללא הבדלים משמעותיים בין טיפולי ההשקיה בכל זן גם באחוז התרמילים הנגועים בפוזריום החדש.



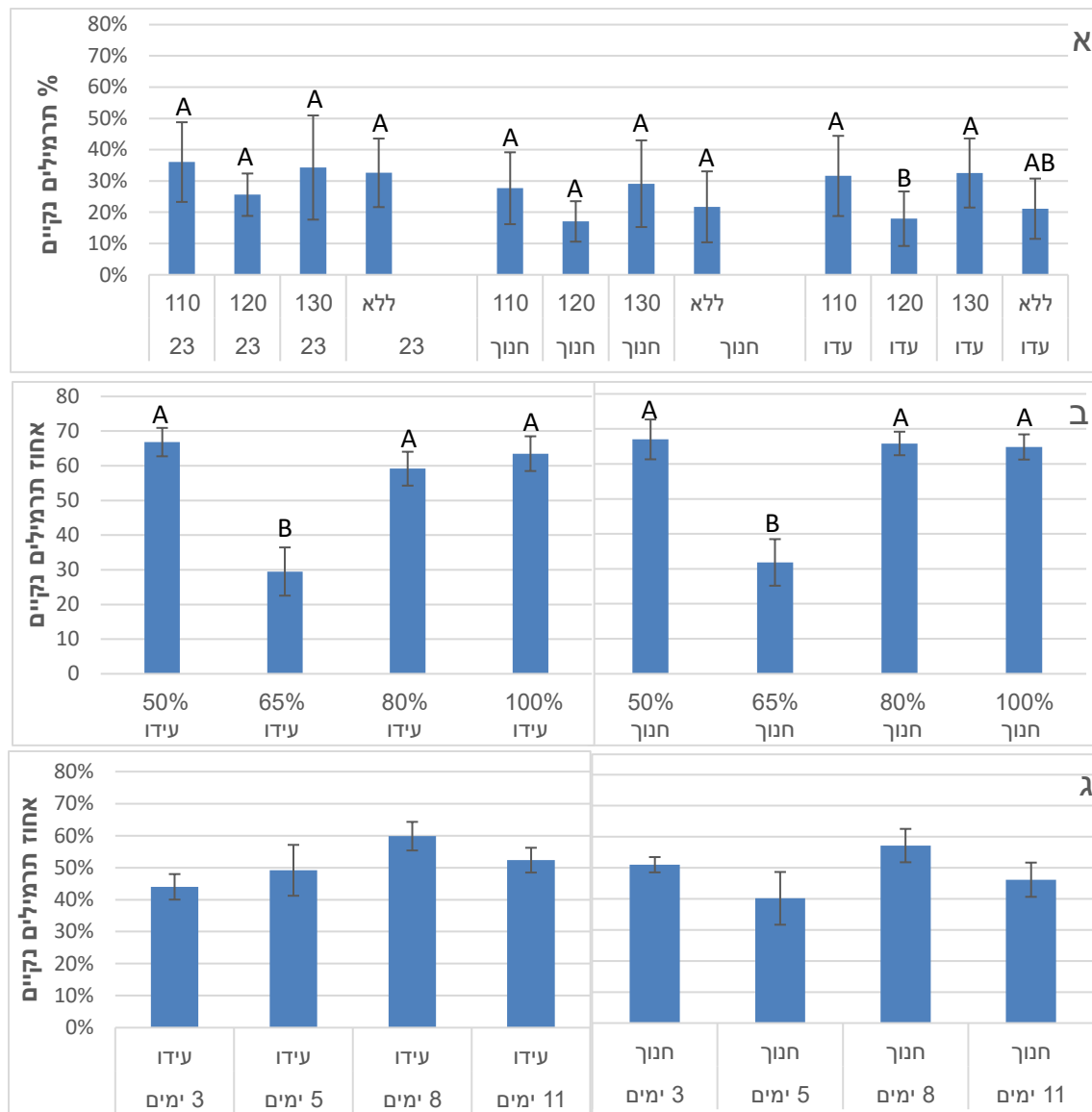
איור 7. אחוז תרמילים מאולחים בפוזריום (כתום) ובפוזריום חדש (כחול) מתוך כלל הבוטנים שנאספו ביום הניעור. בעונה הראשונה (א), בעונה השנייה (ב) ובעונה השלישית (ג). הנתונים מוצגים כממוצעים $\pm$ שגיאת תקן. הבדלים מובהקים ($p < 0.05$) על פי מבחן שוניות, All pairs, Tukey-Kramer HSD שנמצאו בין הטיפולים השונים באים לידי ביטוי באותיות שונות.

מחלת היבללת נגרמת כנראה ע"י סוגים של חיידקי סטרפטומיצס (*Streptomyces* spp.) הגורמים ליבלות כחות על הקליפה (Kritzman et al., 1996). בעונה השנייה ובעונה השלישית לא נמצאו הבדלים משמעותיים באחוז התרמילים הנגועים בטיפולים השונים בשני הזנים (איור 8).



איור 8. אחוז תרמילים מאולחים ביבללת (דרגות 1-3) מתוך כלל הבוטנים שנאספו בזנים ובטיפול ההשקיה השונים. בעונה השניה (א) ובעונה השלישית (ב). הנתונים מוצגים כממוצעים של 6 חזרות $\pm$ שגיאת תקן. לא נמצאו הבדלים מובהקים ($p < 0.05$) על פי מבחן Oneway Anova בין הטיפולים השונים.

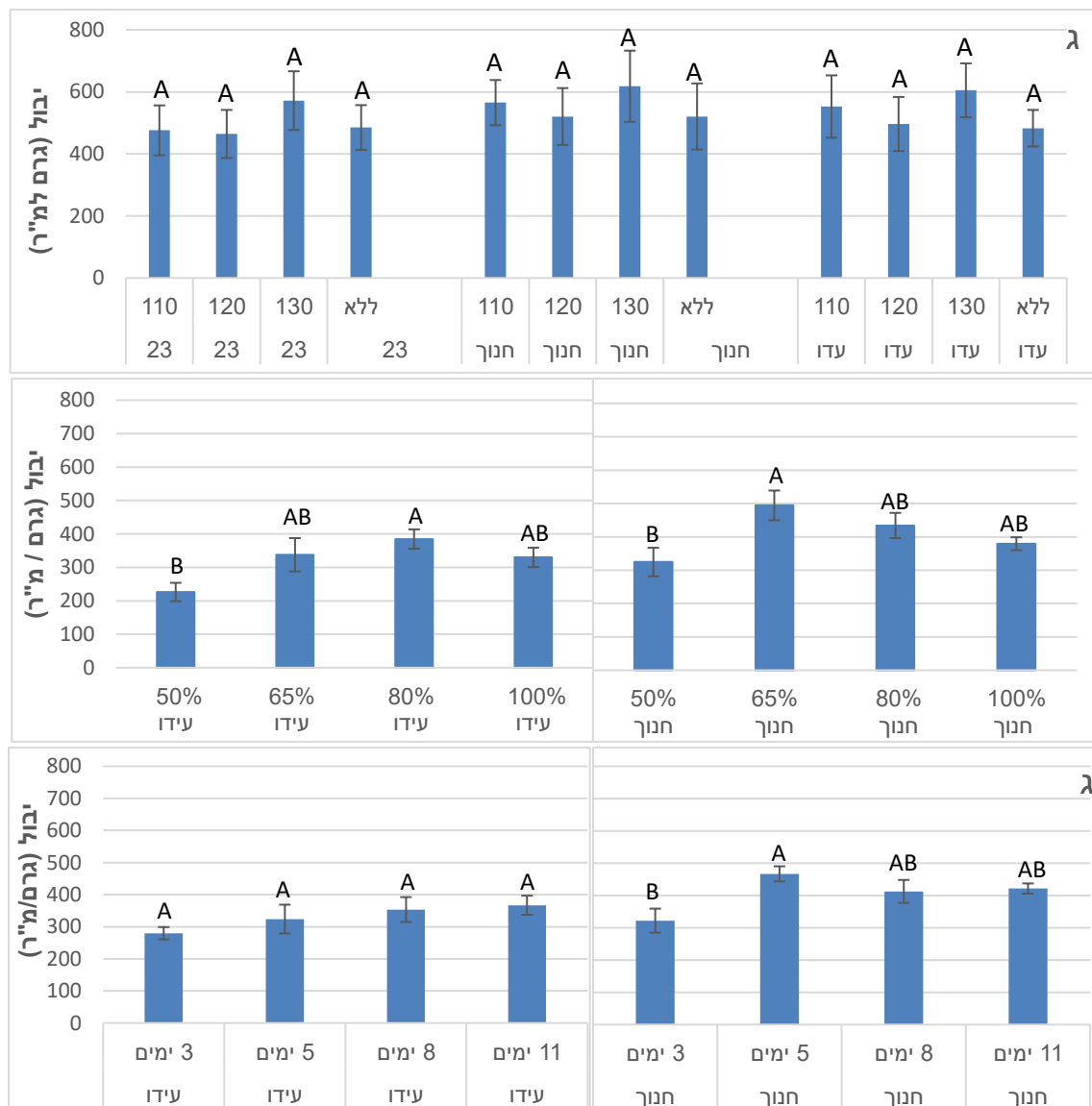
אחוז התרמילים הנקיים, ללא סימני נגיעות כלשהם, היה גבוה משמעותית בזן עידו בטיפול עקה לאחר 110 ימים ו-130 ימים מאחוזם בטיפול עקה לאחר 120 ימים (איור 9א). כאשר מיצענו את התוצאות של כלל הטיפולים בכל זן נמצא כי אחוז התרמילים הנקיים היה גבוה משמעותית בזן 23 (32%) לעומת הזן חנוך (24%). בעונה השניה (איור 9ב) אחוז התרמילים הנקיים היה משמעותית נמוך יותר בטיפול שקיבל 65% מכמות המים בשני הזנים. בעונה השלישית (איור 9ג).



איור 9. אחוז תרמילים נקיים מתוך כלל הבוטנים שנאספו ביום הניעור בזנים ובטיפול ההשקיה השונים. בעונה הראשונה (א), בעונה השנייה (ב), בעונה השלישית (ג). הנתונים מוצגים כממוצעים $\pm$ שגיאת תקן. הבדלים מובהקים ($p < 0.05$) על פי מבחן שוניות All pairs, Tukey-Kramer HSD שנמצאו בין הטיפולים השונים באים לידי ביטוי באותיות שונות.

מדדי יבול. בעונה הראשונה לא נמצאו הבדלים בין טיפולי ההשקיה והזנים ביבול (גרם למ"ר) שהתקבל בניסוי (איור 10א). בעונה השנייה היבול הכללי היה מעט נמוך מהמקובל (איור 10ב). בזן חנור היבול הגבוה ביותר התקבל בטיפול שקיבל 65% מכמות המים והוא היה גבוה משמעותית מהיבול שהתקבל בטיפול שקיבל 50% מהצריכה. בזן עידו היבול הגבוה ביותר היה נמוך מאשר בזן חנור והוא התקבל בטיפול שקיבל 65% מהצריכה. יבול זה היה גבוה משמעותית מהיבול שהתקבל בטיפול שקיבל 50% מהצריכה. גם בעונה השלישית התקבל יבול נמוך

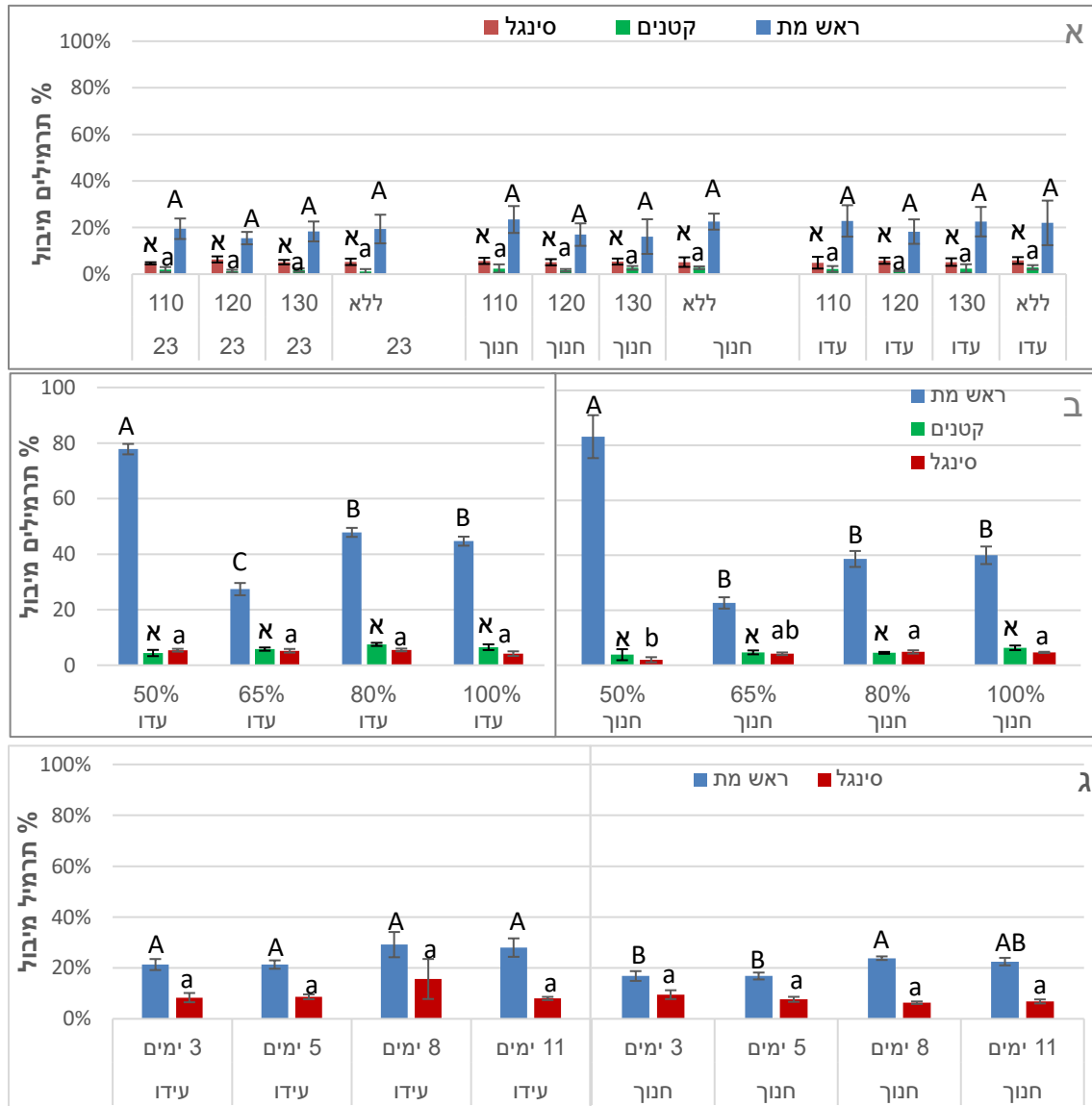
מהמקובל (איור 10ג). בזן חנוך בטיפול שהושקה כל 5 ימים התקבל יבול גבוה משמעותית מהיבול שהתקבל בטיפול שהושקה כל 3 ימים. בזן עידו לא היו הבדלים בין טיפולי ההשקיה.



איור 10. יבול כולל בסיום הניסוי (גרם למ"ר) בזנים ובטיפולי ההשקיה השונים. בעונה הראשונה (א), בעונה השניה (ב) ובעונה השלישית (ג). הנתונים מוצגים כממוצעים $\pm$ שגיאת תקן. הבדלים מובהקים ($p < 0.05$) על פי מבחן שוניות All pairs, Tukey-Kramer HSD שנמצאו בין הטיפולים השונים בכל זן באים לידי ביטוי באותיות שונות.

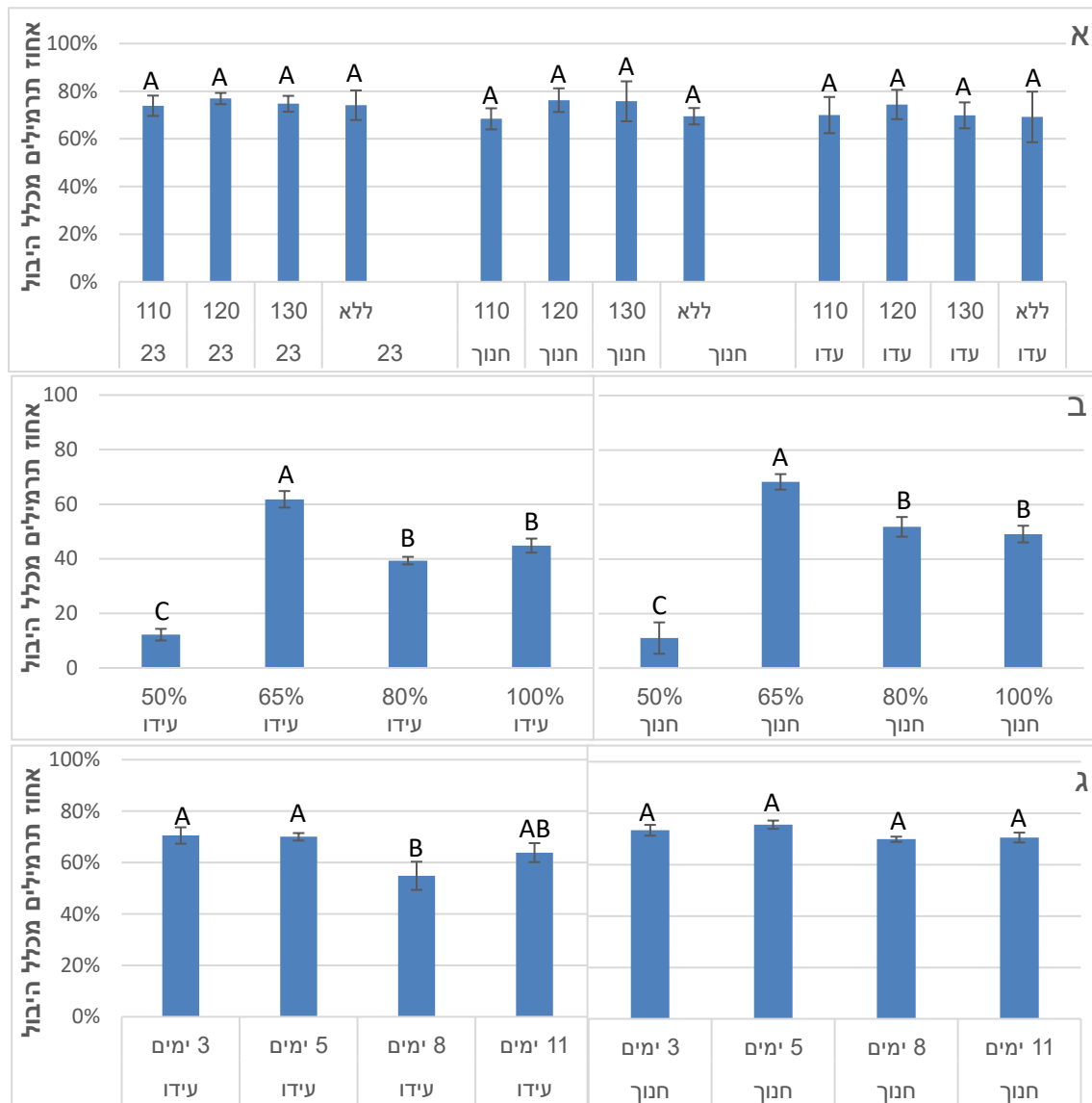
איור 11 מציג את % התרמילים שאינם ראויים ליצוא. תרמילים קטנים, תרמילי ראש מת (תרמיל המכיל זרע אחד בגודל טוב וזרע שני לא מפותח) וסינגל (תרמיל עם זרע אחד בלבד). בעונה הראשונה (איור 11א) לא נמצאו הבדלים בין הטיפולים באחוז התרמילים בכל אחת מהקטגוריות הללו. בעונה השניה (איור 11ב) אחוז התרמילים עם ראש מת היה גבוה ביותר בטיפול 50% וגבוה משמעותית מהטיפולים האחרים בשני הזנים. באופן כללי אחוז הבוטנים עם ראש מת היה

גבוה מהמקובל בשנה הזו. בזן חנוך אחוז הסינגלים היה נמוך משמעותית בטיפול 50% לעומת הטיפולים 80%-100%. בכל מקרה, אחוז התרמילים סינגל או קטנים נמוך בכל הטיפולים. בעונה השלישית (איור 11ג) לא נמצאו כלל תרמילים קטנים בשני הזנים. אחוז ראש מת בזן חנוך היה גבוה יותר בטיפול שהושקה כל 8 ימים לעומת הטיפולים שהושקו כל שלושה או חמישה ימים. באחוז הסינגלים לא היה הבדל בין הטיפולים בזן חנוך. בזן עידו לא היו כלל הבדלים בין הטיפולים בקטגוריות השונות.



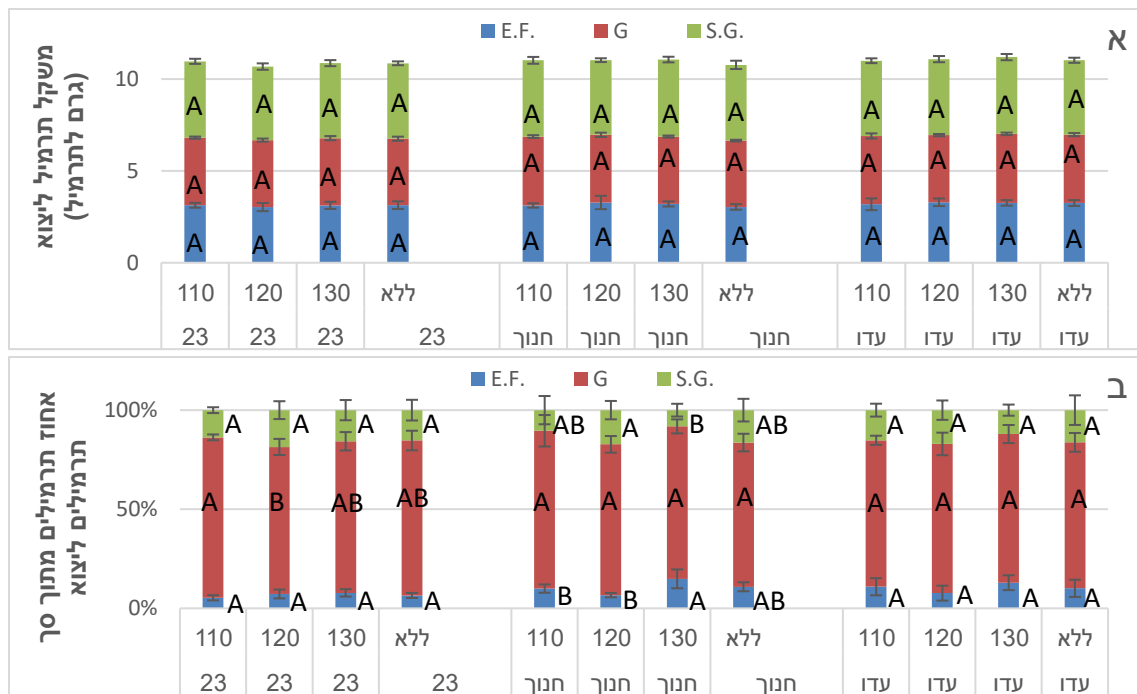
איור 11. אחוז התרמילים שאינם ראויים ליצוא – ראש מת (כחול), קטנים (ירוק) וסינגל (אדום) בזנים ובטיפולי ההשקיה השונים. בעונה הראשונה (א), בעונה השנייה (ב), בעונה השלישית (ג). הנתונים מוצגים כממוצעים $\pm$ שגיאת תקן. הבדלים מובהקים ($p < 0.05$) על פי מבחן שוניות All pairs, Tukey-Kramer HSD שנמצאו בין הטיפולים השונים בכל זן באים לידי ביטוי באותיות שונות.

באחוז התרמילים ליצוא מתוך כלל התרמילים לא נמצא הבדל משמעותי בעונה הראשונה (איור 12א). בעונה השניה (איור 12ב) אחוז התרמילים ליצוא גבוה ביותר בטיפול 65% בשני הזנים. בטיפול 50% אחוז התרמילים ליצוא היה נמוך משמעותית משאר הטיפולים. בעונה השלישית (איור 12ג) לא נמצאו הבדלים בין הטיפולים בזן חנוך. בזן עידו אחוז התרמילים ליצוא היה נמוך משמעותית בטיפול שהושקה כל שמונה ימים לעומת הטיפול שהושקה כל שלושה או חמישה ימים.



איור 12. אחוז התרמילים ליצוא מסך כל התרמילים בזנים ובטיפולי ההשקיה השונים. בעונה הראשונה (א), בעונה השניה (ב), ובעונה השלישית (ג). הנתונים מוצגים כממוצעים $\pm$ שגיאת תקן. הבדלים מובהקים ($p < 0.05$) על פי מבחן שונות All pairs, Tukey-Kramer HSD שנויות בין הטיפולים השונים בכל זן באים לידי ביטוי באותיות שונות.

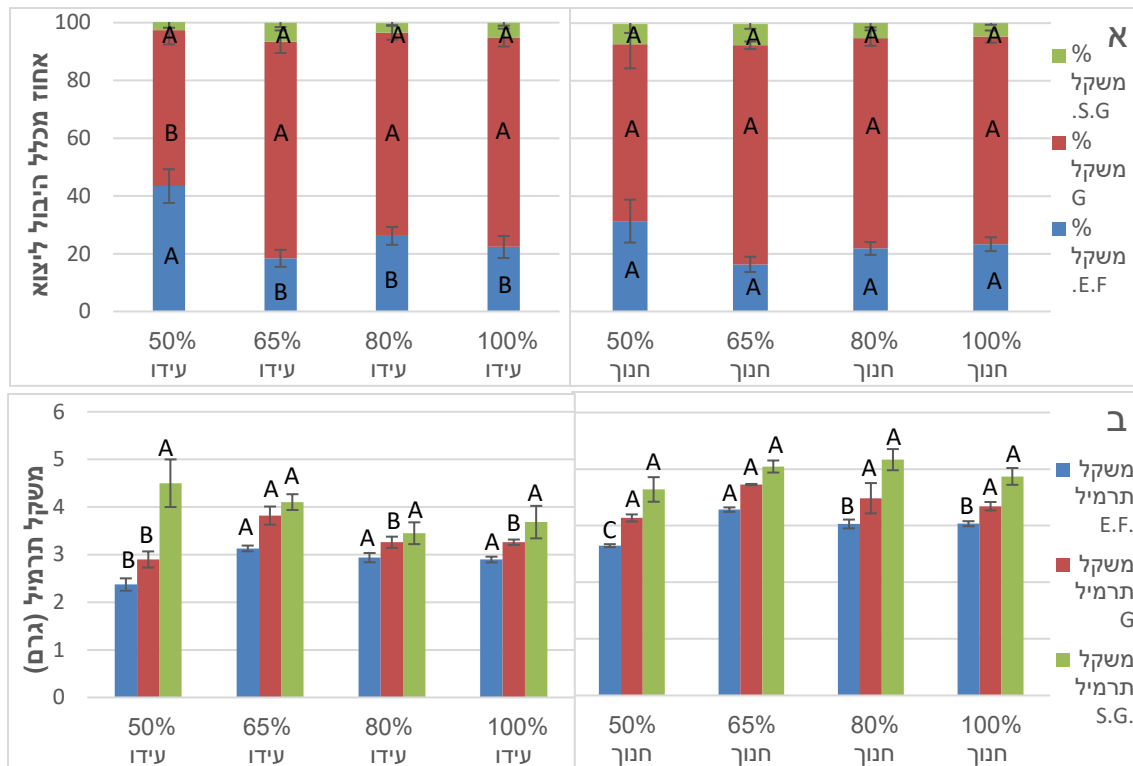
בעונה הראשונה לא נמצא הבדל במשקל התרמילים מכל קטגוריה ליצוא (איור 13א). מתוך כלל התרמילים ליצוא אחוז התרמילים הגבוה ביותר עבור כל הטיפולים היה של התרמילים הבינוניים (איור 13ב). כמו כן, נמצא הבדל בין הטיפולים השונים בהתפלגות גודל התרמילים מתוך התרמילים הראויים ליצוא בזנים 23 וחנוך. בזן 23, אחוז התרמילים הבינוניים (G) בטיפול שנכנס לעקה 120 ימים לאחר זריעה היה נמוך משמעותית מאחוזם בטיפול עקה לאחר 110 ימים. בזן חנוך, מבין התרמילים הקטנים (E.F.) אחוזם בטיפול שהוכנס לעקה 130 ימים לאחר זריעה היה גבוה משמעותית מאחוזם בטיפול 120 ו-110 ימים. מבין התרמילים הגדולים (S.G.) אחוזם בטיפול שהוכנס לעקה 130 ימים לאחר זריעה היה נמוך משמעותית מאחוזם בטיפול 120 ימים.



איור 13. מיון התרמילים ליצוא לפי גודל (E.F. – תרמילים קטנים, G – תרמילים בינוניים, S.G. – תרמילים גדולים) בזנים ובטיפולי ההשקיה השונים בעונה הראשונה. א. משקל התרמילים בכל קטגוריה. ב. אחוז התרמילים בכל קטגוריה מתוך סך התרמילים ליצוא. הנתונים מוצגים כממוצעים $\pm$ שגיאת תקן. הבדלים מובהקים ($p < 0.05$) על פי מבחן שוניות All pairs, Tukey-Kramer HSD שנמצאו בין הטיפולים השונים בכל קטגוריה באים לידי ביטוי באותיות שונות.

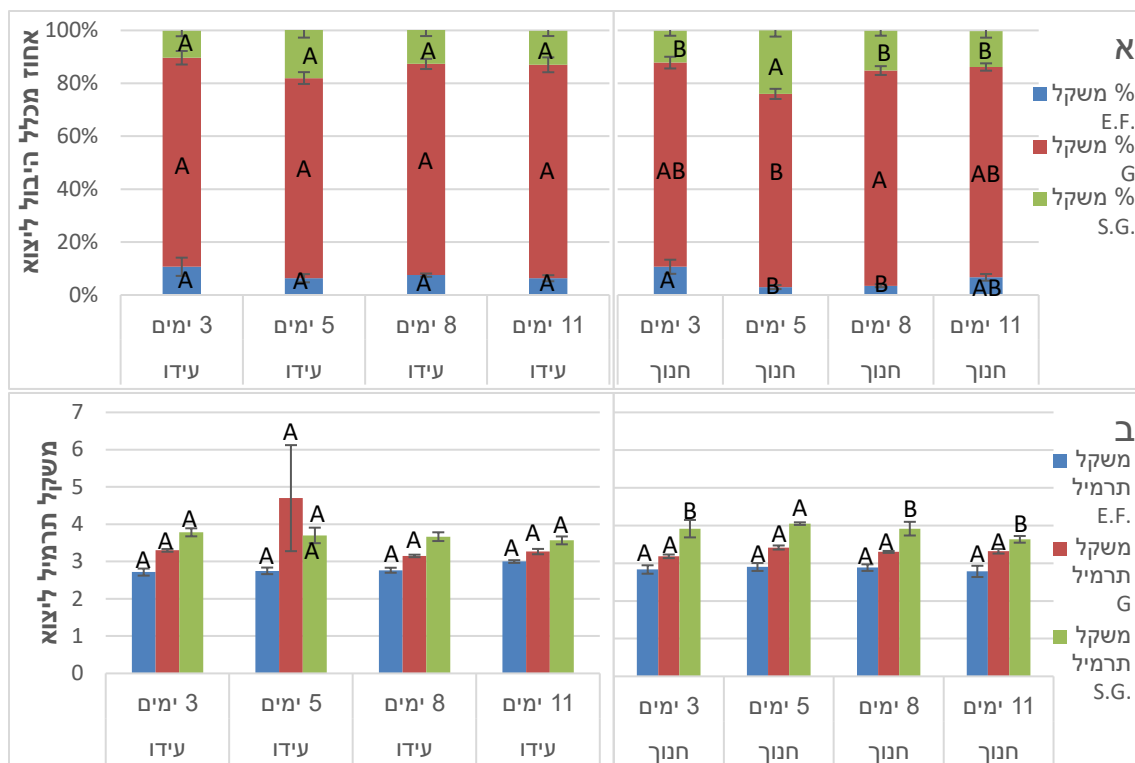
בעונה השניה, בשני הזנים אחוז התרמילים הבינוניים (G) היה הגדול ביותר מבין כל התרמילים ליצוא (איור 14א). בזן חנוך לא היה הבדל באחוז ביחסי של כל פרקציה בהתפלגות הגדלים. מבין התרמילים הקטנים (E.F.), משקל התרמילים בטיפול 65% היו גדול משמעותית ממשקל התרמילים בטיפולים האחרים (איור 14ב). בזן עדו, בטיפול 50% היה אחוז גבוה יותר של תרמילים קטנים משאר הטיפולים, על אף שהמשקל הממוצע של התרמילים הקטנים היה נמוך

ביותר בטיפול זה. בטיפול 50% אחוז נמוך יותר של תרמילים בינוניים מאשר בשאר הטיפולים. משקל התרמילים בטיפול 65% היה הגבוה ביותר.



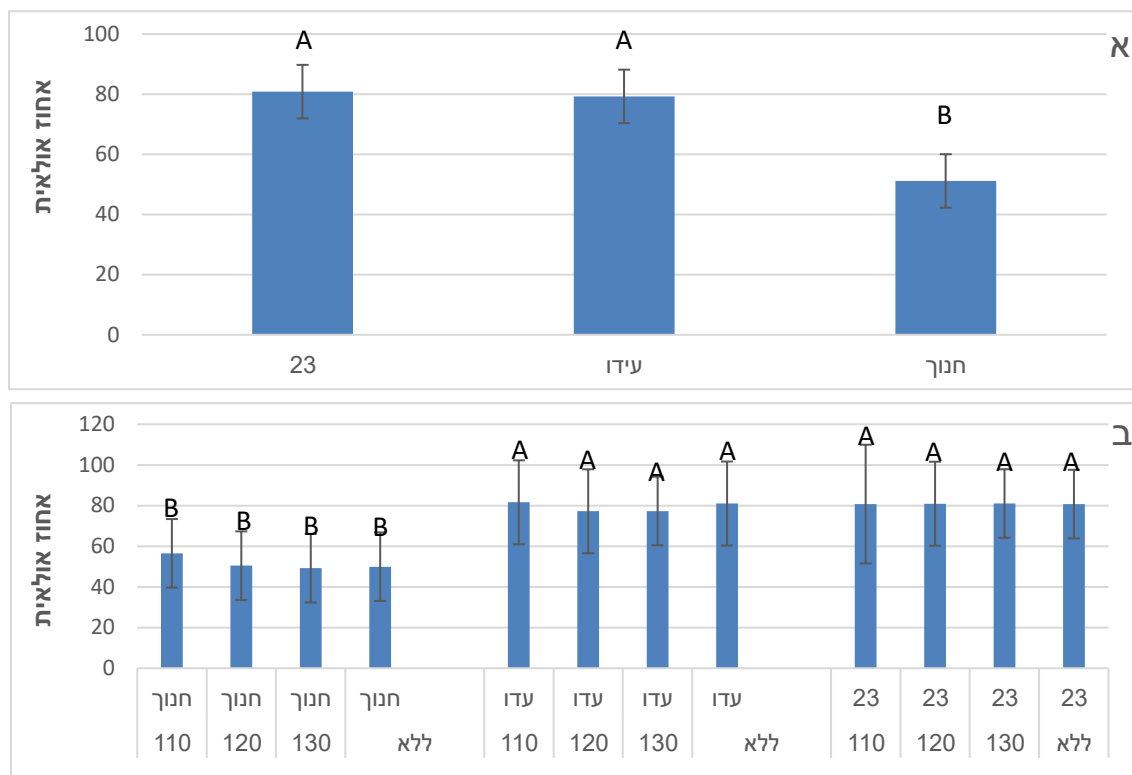
איור 14. מיון התרמילים ליצוא לפי גודל (E.F. – תרמילים קטנים, G – תרמילים בינוניים, S.G. – תרמילים גדולים) בזנים ובטיפול ההשקיה השונים בעונה השניה. א. אחוז התרמילים בכל קטגוריה מתוך סך התרמילים ליצוא. ב. משקל התרמילים בכל קטגוריה. הנתונים מוצגים כממוצעים $\pm$ שגיאת תקן. הבדלים מובהקים ($p < 0.05$) על פי מבחן שוניות All pairs, Tukey- Kramer HSD שנמצאו בין הטיפולים השונים בכל קטגוריה באים לידי ביטוי באותיות שונות.

בעונה השלישית היו הבדלים בהתפלגות הגדלים רק בזן חנוך (איור 15). בטיפול שהושקה כל 5 ימים היה אחוז התרמילים במשקל S.G. הגדול ביותר בעוד אחוז התרמילים במשקל (איור 15א) E.F. ו-G היה קטן ביותר בטיפול זה. התרמילים במשקל E.F. היוו את האחוז הגדול ביותר בטיפול שהושקה כל 3 ימים בהשוואה לטיפולים האחרים. בקרב התרמילים במשקל S.G. בטיפול שהושקה כל 5 ימים בזן חנוך משקלם היה הגבוה ביותר (איור 15ב). בשאר המשקלים לא היו הבדלים בין הטיפולים גם בזן עידו.



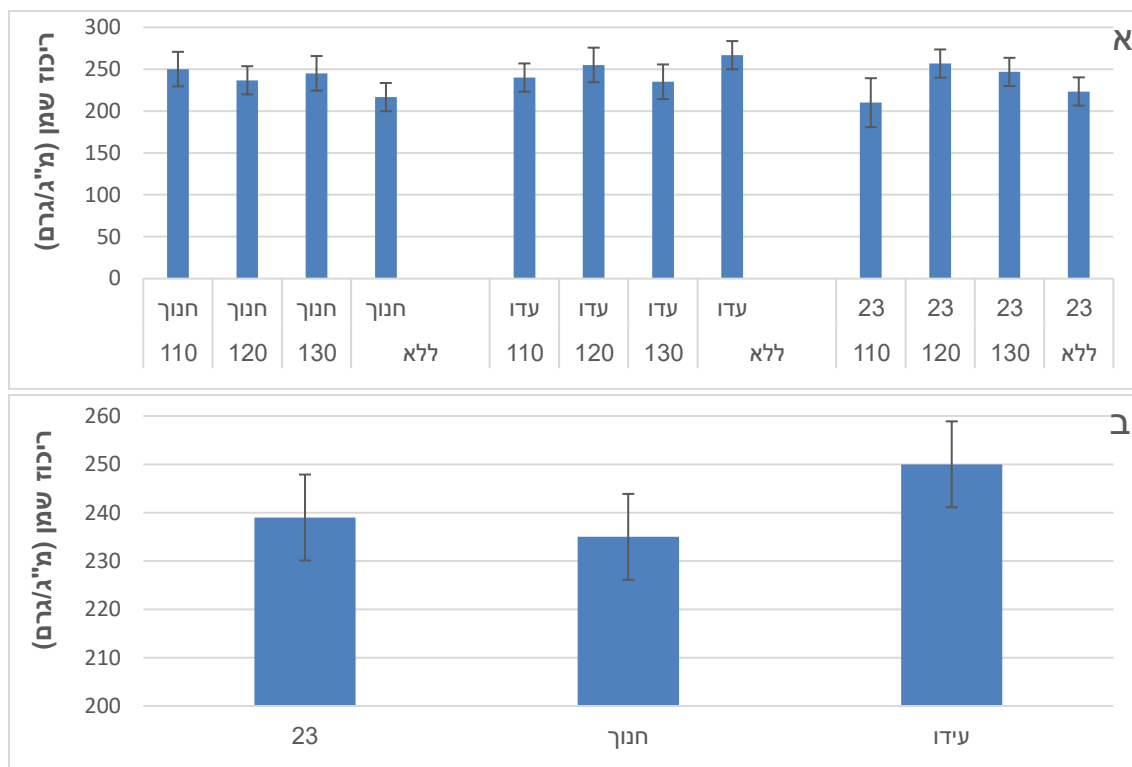
איור 15. מיון התרמילים ליצוא לפי גודל (E.F.) – תרמילים קטנים, G – תרמילים בינוניים, S.G. – תרמילים גדולים) בזנים ובטיפול ההשקיה השונים בעונה השלישית. א. אחוז התרמילים בכל קטגוריה מתוך סך התרמילים ליצוא. ב. משקל התרמילים בכל קטגוריה. הנתונים מוצגים כממוצעים $\pm$ שגיאת תקן. הבדלים מובהקים ($p < 0.05$) על פי מבחן שוניות-All pairs, Tukey- Kramer HSD שנמצאו בין הטיפולים השונים בכל קטגוריה באים לידי ביטוי באותיות שונות.

אפיון תכולת שמנים. כצפוי, אחוז החומצה האולאית בזן חנוך היה נמוך משמעותית מאשר בשני הזנים האחרים (איור 16א). לטיפול השקיה השונים לא נמצאה השפעה בכל זן (איור 16ב).



איור 16. אחוז החומצה האולאית בתרמילי הבוטנים בעונה הראשונה א. מרוכז עבור כל זן. ב. עבור כל זן וטיפול השקיה. הנתונים מוצגים כממוצעים $\pm$ שגיאת תקן. הבדלים מובהקים ($p < 0.05$) על פי מבחן שוניות All pairs, Tukey-Kramer HSD שנמצאו בין הטיפולים השונים בכל קטגוריה באים לידי ביטוי באותיות שונות.

כמות השמן שנמצאה נמוכה ממה שידוע בבוטנים (איור 17). כנראה היתה לנו בעיה במיצוי האתנולי. בכל מקרה, לא נמצא הבדל מובהק סטטיסטי בין זנים ולא בין טיפולי השקיה בכמות השמן. בזן עידו ריכוז שמן יותר גבוה מעט אך לא מובהק סטטיסטית (איור 17ב).



איור 17. ריכוז השמן (מ"ג/גרם) בתרמילי הבוטנים א. עבור כל זן וטיפול השקיה. ב. מרוכז עבור כל זן. הנתונים מוצגים כממוצעים $\pm$ שגיאת תקן. לא נמצאו הבדלים מובהקים ($p < 0.05$) על פי מבחן שוניות All pairs, Tukey-Kramer HSD בין הטיפולים השונים.

דיון

צריכת המים של הבוטנים. בשלושת עונות הניסוי צריכת המים של הבוטנים היתה נמוכה מההתאדות הפוטנציאלית המחושבת לפי פנמן-מונטיס. ממצאים אלו הם בהתאמה לדפוסים המוכרים בגידולי שדה חד שנתיים. מקדמי הצריכה (K_c) נמוכים בתחילת העונה ומגיעים לשיאם עם כיסוי פני השטח בשלב הפריחה ומילוי התרמילים. כ-120 ימים לאחר זריעה, צריכת המים של הצמחים מתחילה לרדת. צריכת המים המצטברת של הבוטנים בניסוי זה בעונה הראשונה והשלישית היתה מעט נמוכה מהצריכה שנמדדה עבור אותו זן (חנור) בניסויים קודמים (בוכשטב וחוברין, 2017) זאת בעיקר בשל צריכה נמוכה שחושבה בשלבי הגידול הראשונים. ב-40 הימים הראשונים הצמחים עדיין קטנים ולא מכסים את פני השטח. בעונה השנייה הצריכה היתה גבוהה יותר אך באותו תחום. העובדה שצריכת המים היתה דומה בין הטיפולים השונים (גם אם הוחזרה 100% מכמות המים שנצרכה או הוחזרה רק 80% מכמות המים) מצביעה על גמישות פנולוגית של הצמח להסתגל לאי-זמינות מים בשלבים מסויימים של הגידול. עוד דבר שראינו בעזרת הליזימטרים הוא שעם כל השקיה צריכת המים עולה משמעותית, כלומר ההתאדות עולה

משמעותית בעקבות נוכחות כמות מים גדולה בשכבות הקרקע העליונות שחשופות יותר לאידוי. כאשר מנת ההשקיה קטנה יותר כמו במקרה של השקיה כל 3 או 5 ימים לעומת השקיה כל 8 או 11 ימים – צריכת המים הכללית נמוכה יותר.

הבשלת התרמילים. אחוז ההבשלה הוא מדד קריטי לאיכות הבוטן המיועד ליצוא, שכן חקלאים שואפים לאסוף ביום הניעור לפחות 70% תרמילים בשלים. בעונה הראשונה, בשלב מילוי התרמילים, הטיפולים שבהם הוכנסה עקה ב-120 ימים מהזריעה הניבו אחוזי ההבשלה הגבוהים ביותר (64%-71%), בעוד שהקדמת העקה ל-110 ימים בזן חנוך הביאה לירידה חדה באחוז ההבשלה לכדי 43%. ממצא זה מדגים כי עקת מים מוקדמת מידי עלולה לקצר את שלב מילוי התרמילים ולפגוע בהבשלה, בהתאם לממצאי Hashim et al. (1993) שמצאו כי עקת בצורת בשלבי גידול מסויימים פוגמת בגמר הגידול ובמשקל הגרעין.

בעונה השניה, שבה נבחנו כמויות מים שונות בשלב הפריחה, נמצא כי בזן עידו, בטיפול שקיבל כמות מים מקסימלית (100% מצריכה), אחוז ההבשלה היה גבוה משמעותית מאשר בטיפולים שקיבלו 65%-ו-50% מכמות המים. ממצא זה עומד בניגוד חלקי לציפייה שעקה בשלב הפריחה תגביר הבשלה ומחזק את ההנחה כי בשלב הפריחה, בשונה משלב מילוי התרמילים, המצאות מים מספקת היא קריטית לקביעת פוטנציאל הגידול. ואכן Chaiyadee et al. (2013) הדגישו כי לשלב הפנולוגי תפקיד מכריע בקביעת תגובת הצמח לעקת מים.

בעונה השלישית, שבה נבחן מרווח ההשקיה בשלב הפריחה, לא נמצאו הבדלים מובהקים בזן חנוך ואולם בזן עידו נצפתה מגמה לפיה מרווחים ארוכים יותר (8-11 ימים) הובילו לאחוזי הבשלה נמוכים יותר. מגמה זו עולה בקנה אחד עם הממצא של Chaiyadee et al. (2013) לפיו זמינות המים בשלב הצמיחה הוגטיבית משפיעה על גודל התרמיל ועל אחוז ההבשלה הסופי.

נגיעות במחלות קרקע. לא נראה שלטיפולי ההשקיה היתה השפעה משמעותית על אילוח הצמחים במחלות קרקע שונות. ממצאים נקודתיים שהתקבלו כמו אילוח משמעותי בטלרומיציס בטיפול שבו ניתנה 65% מכמות המים שנמדדה בצריכה יכול להראות רגישות מיוחדת של הפטרייה לתנאי לחות בינוניים. משטר השקיה זה עשוי להשפיע על פרופיל הלחות בעומק נקודת חיבור הגנופור שנמצאה כי יש קשר בין המחלה לתנאים הסביבתיים סביב נקודה זו (בן יפת וחובריו, 2017).

כמות ואיכות היבול. בעונה הראשונה לא נמצאו הבדלים מובהקים ביבול הכולל בין הטיפולים, ממצא המרמז כי עקה בשלב מילוי התרמילים (בטווח הנבחן) אינה פוגעת משמעותית או תורמת לכמות היבול. ממצא זה מתיישב עם מחקרים אחרים בנושא השקיה חסרה בבוטנים שם נמצא כי בצורת מתונה בשלבים מסויימים אינה מורידה בהכרח את היבול (Hashim et al., 1993).

בעונה השניה, הטיפול של 65% מצריכת המים בשלב הפריחה הניב את היבול הגבוה ביותר בשני הזנים, ואף את האחוז הגבוה ביותר של תרמילים ליצוא. תוצאה זו מחזקת את ההיפותזה כי עקה קלה בשלב הפריחה יכולה לעודד פיתוח שורשים לעומק רב יותר ולתרום ליעילות ניצול המים בשלב מילוי התרמילים שלאחריה – תהליך הידוע כ"הקשחה" (Chaiyadee et al., 2013). בה בעת, ירידה ניכרת בהשקיה ל-50% גרמה לירידה מובהקת ביבול ובאחוז התרמילים ליצוא, ממצא המצביע על קיום סף קריטי שמתחתיו נגרמת פגיעה בלתי הפיכה בפוטנציאל היבול. ממצאי העונה השלישית מחזקים הנחה זו כאשר בזן חנוך טיפול השקיה כל 5 ימים הניב יבול גבוה יותר מהשקיה כל 3 ימים. ייתכן כי המנה שניתנה אחת ל-3 ימים היתה נמוכה מידי וכמות המים שניתנת בהשקיה כל 5 ימים מאפשרת שמירה על תכולת רטיבות מתאימה בקרקע.

תכולת חומצה אולאית. תכולת החומצה האולאית בבוטן קובעת את יחס O/L - פרמטר המשפיע ישירות על חיי המדף ועל הערך הבריאותי של המוצר (Mugendi et al., 1998). כצפוי, נמצאו הבדלים מובהקים בתכולת החומצה האולאית בין הזנים – בזן עידו, שפותח כזן עתיר חומצה אולאית, נמצאה תכולה גבוהה משמעותית בהשוואה לזן חנוך, שהוא זן סטנדרטי. תוצאות אלו עולות בקנה אחד עם עבודתה של Gupta et al. (2016) שתיארה את הרשת הגנטית השולטת בביוסינתזה של שמן בזרעי הבוטן.

בניגוד למחקר של Chaiyadee et al. (2013) שמצא כי עקת מים בשלב ההבשלה, 80 יום לאחר זריעה, יכולה להשפיע על תכולת החומצה האולאית בחלק מהזנים, במחקר הנוכחי לא נמצאה השפעה מובהקת של משטר ההשקיה על תכולת החומצה האולאית בתוך כל זן. בנוסף, יש לציין כי כמות השמן שנמדדה היתה נמוכה מהמצופה.

לאור ממצאים אלו, מראה כי השינוי הגינטיפי – מעבר מזן חנוך לזן עידו – הוא המנוע המרכזי לשיפור יחס O/L ולא שינוי משטר ההשקיה בשלב הפריחה. עם זאת, לא ניתן לשלול לחלוטין השפעות של השקיה על הרכב חומצות שומן בשלב מילוי התרמילים – שאלה שראוי לבחון במחקרי המשך.

השוואה בין הזנים חנוך ועידו. הממצאים המצטברים משלושת העונות מגלים הבדלים עקביים בין שני הזנים במספר פרמטרים. הזן עידו הפגין רגישות גדולה יותר לשינויים במשטר ההשקיה – הן ביבול, הן בהבשלה והן בנגיעות מחלות. רגישות זו עשויה לנבוע מהרקע הגנטי של הזן, שלא עבר סלקציה ממושכת לתנאי הנגב בשונה מזן חנוך שנבחר והשתפר לאורך שנים רבות בתנאים מקומיים. בדומה לממצאי Singkham et al. (2011) שהצביעו על שונות גדולה בין זנים ביכולת השמירה על תכולת חומצה אולאית תחת עקת מים, גם כאן נמצא שהתגובה להשקיה היא תלוית זן.

ממכלול הממצאים עולות מספר המלצות מעשיות לחקלאי הנגב המעוניינים לעבור לזן עידו. ראשית שילוב עקת מים בשלב מילוי התרמילים מוקדמת מ-120 ימים אחרי זריעה עלולה לפגוע בהבשלה, ולכן יש להזהר בהקדמת מועד ההצמאה. שנית, בשלב הפריחה, מנה של 65%-80% מהצריכה הנמדדת בליזימטרים עשויה לספק יתרון בחסכון מים ללא פגיעה מובהקת ביבול, ואף עם שיפור מסויים בנגיעות מחלות מסויימות. שלישית, מרווחי השקיה של 5 ימים בשלב הפריחה, לפחות בזן חנוך, נמצאו כמועילים יותר ממרווח של 3 ימים בהיבטי יבול והתפלגות גודל תרמיל. הממצאים הללו תואמים את עקרונות ניהול ההשקיה שגובשו בניסויים קודמים במו"פ דרום (בוכשטב וחבריו, 2017) ומהווים עדכון ממוקד לזני הדור החדש. ניהול מים יעיל בגידול בוטנים, שבו המים מהווים כמחצית מהוצאות הגידול (סלמון וגורן, 2017) הוא בעל משמעות כלכלית ישירה. שיפור ביעילות ניצול המים, בשילוב עם מעבר לזן עתיר חומצה אולאית, עשוי להגדיל משמעותית את תחרותיות הבוטן הישראלי בשוק האירופי מול מתחרים כמו מצרים.

ביבליוגרפיה

- Chaiyadee, S., Jogloy, S., Songsri, P., Singkham, N., Vorasoot, N., Sawatsitang, P., Holbrook, C., & Patanothai, A., 2013. Soil moisture affects fatty acids and oil quality parameters in peanut. *International Journal of Plant Production*, pp. 7(1):1735-6814.
- Gupta, K., Kayam G., Faigenboim-Doron A., Clevenger J., Ozias-Akins P., Hovav R. 2016. Gene expression profiling during seed-filling process in peanut with emphasis on oil biosynthesis networks. *Plant Sci*, Issue, 248 pp. 116-127.
- Hashim, I. B., Koehlerv, P. E., Eitenmiller, R. R. & Kvien, C. K., 1993. Fatty Acid Composition and Tocopherol Content of Drought Stressed Florunner Peanuts. *Peanut Sci*, pp. 20:21-24.
- Kritzman, G., Shani-Cahani, A., Kirshner, B., Riven, Y., Bar, Z., Katan, J., Grinstein, A. 1996. Pod wart disease of peanuts. *Phytoparasitica* 24:293-304. <https://doi.org/10.1007/BF02981412>
- Mugendi, J. B., Sims, C. A., Gorbet, D. W. & O'Keefe, S. F., 1998. Flavor stability of high-oleic peanut stored at low humidity. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, pp. 75:21-25.
- O'Byrne, D. J., Knauff, D. A. & Shireman, R. B., 1987. Variability in oil quality among peanut genotypes in Florida breeding program. *Peanut Sci*, pp. 14: 7-11.
- O'Keefe, S. F., Wiley, V. A. & Knauff, D. A., 1993. Comparison of oxidative stability of high- and normal-oleic peanut oils. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, pp. 70:489-492.

Singkham, N. et al., 2011. Combining ability for oleic acid in peanut (*Arachis hypogaea* L.). SABRAO Journal of Breeding and Genetics, pp. 43:59-72.

Taieb-Bimro, E. 2020. ואחרים, High oleic peanuts improve parameters leading to fatty liver development and change the microbiota in mice intestine. Food & Nutrition research, Issue.64

בוכשטב, א., בן-גל, א., לזרוביץ, נ., זילברמן, א., ברונר, מ., אלרט, א., סגולי, מ., 2017. בקרת השקיית אגוזי אדמה באמצעות ליזימטר. השפעת השריית עקה במועדים שונים בחלקו האחרון של הגידול על מדדי יבול. דוח מסכם.

בוכשטב, א., 2019. סיכום עונה – נתוני גידול, ללא מקום: ארגון עובדי הפאלחה.

בן-יפת, י. מנוליס-ששון, ש., פרנקל, ע., ראובן, מ., רגב, ר., בוכשטב, א., רבינוביץ, א., 2017. השפעה של חיטוי בקיטור על הפחתת נגיעות זרעי אגוזי אדמה בפטריית הטלרומיצס. ניר ותלם. 72:36-39.

סלמון, א., גורן, ע., 2017. תחשיב אגוזי אדמה, קרקע חולית, ללא מקום: משרד החקלאות ופיתוח הכפר.