



משרד
החקלאות
ובטחון המזון



מועצת הצמחים



יק"א בישראל
ICA in Israel

מכון וולקני
מנהל המחקר החקלאי



קרן קיימת לישראל
K K L - J N F

דו"ח מסכם 2023-2025

תכנית 92-03-0011



מו"פ דרום / דו"ח סופי מסכם

- מספר מחקר: 92-03-0011

- שם התכנית: פיתוח ממשק גידול ואחסון לחוזק ואיכות קליפה בתפוז"א

- חוקרת ראשית: טלי אילני

- חוקרים שותפים: טל אוגד, מו"פ דרום; משה וולנסקי, חברת אגו; גיל שגב, חברת שגב חקלאות; גילן (גיגי) מהרשק, חברת גלי משה; אורי זיג, חברת יחם; זיו מי-טל, שה"ם

- סטטוס התכנית: הסתיימה

- מועד התחלה וסיום התכנית: ינואר 2023 – דצמבר 2025

תקציר

בשנים האחרונות ענף תפוחי האדמה ליצוא סובל מתנאי תחרות ורווחיות קשים כתוצאה משער חליפין נמוך ופיתוח יכולות גידול ואיסום באירופה שמובילים לדרישה פוחתת למוצר הישראלי. אחד הגורמים המשמעותיים הפוגעים באטרקטיביות תפוח האדמה הישראלי לייצוא לאירופה הוא בעיות קליפה הגורמות לנראות לא טובה של המוצר ולפגיעה משמעותית ברווחי המגדלים הישראליים. השיטות שהוצעו על מנת להתגבר על הבעיות לא היוו פתרון משמעותי או שהובילו לפחיתה במקום אחר. מגדלי תפוז"א בישראל מדווחים כי הבעיה שכיחה יותר בגידול על אדמות חוליות, במיוחד בזריעות האביב. המחקר עסק בפיתוח ממשקי גידול ואחסון לשיפור חוזק ואיכות קליפת תפוחי אדמה, תוך התמקדות בגורמים סביבתיים ובינטיים המשפיעים על התייצבות הפרידרם. בהתאם לכך, המחקר בחן ארבעה צירים עיקריים: טמפרטורת הקרקע לאחר שריפת הנוף, מועד שריפת הנוף, משטרי השקיה טכנית, והשפעת חומר אורגני ותכשירים מיקרוביאליים. בנוסף נבחנה השפעת תהליך הקיורניג ותנאי האחסון על התפתחות פגמי קליפה.

ניסוי הטמפרטורה כלל ניטור עומקים שונים (5, 15, 30 ס"מ) בשתי עונות זריעה, וכן ניסוי משטרי השקיה שונים לאחר שריפת הנוף. נמצא כי השקיה תכופה הורידה את טמפרטורת הקרקע ב- 2-7 מ"צ, אך הטמפרטורות נותרו גבוהות מהטווח האופטימלי להתייצבות הקליפה (14-22 מ"צ). בהתאם לכך, לא נמצאו הבדלים עקביים באיכות הקליפה בין טיפולי ההשקיה. בניסוי מועד שריפת הנוף (90 לעומת 100 ימים), נמצאו פגמי קליפה שונים, אך לא נמצאו הבדלים מובהקים ביבול, בניגוד לדיווחי שטח על ירידת יבול בשריפה מוקדמת. ניסויי הקומפוסט והתכשירים המיקרוביאליים לא הראו השפעה מובהקת על איכות הקליפה לאחר אחסון, אם כי נצפו מגמות נקודתיות לשיפור בשילובים מסוימים. בניסוי הקיורניג, נמצאה מגמה לפיה טיפול קיורניג מוריד את רמת פגעי הקליפה ביחס לטיפול ללא קיורניג אך לא נמצאו הבדלים מובהקים.

המחקר מצביע על כך שהגורמים המשפיעים על איכות הקליפה מורכבים, וכי חלק מהפגמים מתפתחים בשלבים מוקדמים יותר של הגידול. נדרשים מחקרים נוספים לבחינת מנגנוני התפתחות הפגמים בשלבים מוקדמים, וכן הרחבת ניסויי הקיורניג והמיקרוביום. המחקר מספק תובנות יישומיות חשובות למגדלים, במיוחד בנוגע להשקיה תכופה לצינון הקרקע ולגמישות בבחירת מועד שריפת הנוף.

רקע קצר ותיאור הבעיה

תפוח האדמה מהווה את מקור המזון השלישי בחשיבותו לבני אדם בעולם, גדל ביותר מ-150 מדינות שונות ומשמש לתזונת מיליוני אנשים (Campos & Ortiz, 2020). בישראל, נכון לשנת 2020 מגדלים כ-509 אלף טון תפוחי אדמה על כ-150 אלף דונם. מתוכם כ-169 אלף טונות מיועדים לייצוא (בעיקר לאירופה), 222 אלף טונות לשוק מקומי, 97 אלף טונות לתעשייה ו-22 אלף טונות לזרעים (FAOSTAT, 2020). בשנים האחרונות ענף יצוא תפוח האדמה סובל מתנאי תחרות קשים כתוצאה משער חליפין נמוך ופיתוח יכולות גידול ואיסוס באירופה שמובילים לדרישה פוחתת למוצר הישראלי ולפגיעה ברווחיות. אחד הגורמים המשמעותיים הפוגעים באטרקטיביות לייצוא לאירופה הוא בעיות קליפה הגורמות לנראות לא טובה של תפוח האדמה. קליפת תפוח האדמה המתפתחת בזמן הגידול הינה רקמת פרידרם (periderm) המורכבת משלוש שכבות – פלם (phellem), פלוגן (phellogen) ופלודרם (phelloderm). שכבת הפלוגן האמצעית היא רקמה מריסטמטית שמייצרת את שתי השכבות האחרות כלפי מעלה ומטה. ניתן לחלק את הפגיעה בקליפת תפוח האדמה לפגיעה בהיווצרות תקינה של הקליפה או התייצבות של הקליפה ולפגיעות מאוחרות יותר בקליפה עצמה. הפגיעות כוללות חספוסים, כתמים כהים או מוכספים על פני הפקעת או קליפה מתפוררת והן יכולות להיות ביוטיות וא-ביוטיות (Fiers et al., 2012). מחקרים רבים שנערכו בארץ ב-20-15 השנים האחרונות מצאו סיבות רבות הגורמות לנזקי קליפה אולם יישום של השיטות שהוצעו על מנת להתגבר על בעיה זו או אחרת לא פתרו את הבעיה באופן משמעותי או שהובילו לפחיתה במקום אחר. התייצבות הקליפה מתרחשת כאשר הגידול הוגטטיבי מסתיים. לכן, לאחר שריפת הנוף ממתינים פרק זמן להתייצבות הקליפה. אולם, המתנה ארוכה מידי או בתנאים לא אופטימליים מובילה דווקא לפגיעה בקליפה. בנוסף, סיום מכון של הגידול כאשר הנוף עוד ירוק מפחית את הפגיעות בקליפה אך מפחית גם את היבול. מציאת מועד שריפת הנוף האופטימלי – כזה שיביא לפחיתה הקטנה ביותר ביבול תוך הגעה לאיכות קליפה מקסימלית יכול להגדיל את הכנסות החקלאים בצורה משמעותית.

מגדלי תפוח האדמה בישראל מדווחים כי בעיית התייצבות הקליפה שכיחה יותר בגידול על אדמות חוליות. גם בעבודה שעשו אראל וחובריו (2020) נמצא כי הפגיעות בקליפה היו משמעותיות יותר ככל שאחוז החול בקרקע היה גבוה יותר ואחוז החרסית נמוך יותר. מציאת הגורם המשפיע בקרקע החולית על רגישות הקליפה לפגיעות, קריטית על מנת להתמודד עם הבעיה. אראל וחובריו (2020) העלו את ההשערה כי בנוכחות חרסית, העליה בקיבול קטיונים חליפיים (קק"ח) מעלה את זמינות הסידן והמגנזיום בקרקע שתורמים לשיפור איכות הקליפה. אולם בניסוי שערכו עם דשן המכיל מגנזיום וסידן לא מצאו שיפור בנראות הקליפה. בנוסף, נמצא כי אשלגן משחק תפקיד כפול – מצד אחד תוספת של אשלגן מעלה את היבול ומהצד השני היא מורידה את איכות הקליפה (כנראה עקב תחרות עם הסידן והמגנזיום) (אראל וחובריו, 2021). גורם נוסף שכנראה משפיע על איכות הקליפה הוא טמפ' הקרקע בשלבים הקריטיים אחר שריפת הנוף. היכולת של הקרקע לשמור על טמפ' אופטימלית להתייצבות הקליפה, טמפ' של 14-22 מ"צ, (Singh, et al., 2020) יורדת משמעותית לאחר שריפת הנוף, בייחוד בקרקע חולית ענייה בחומר אורגני כאשר הטמפ' עולה לעיתים לערכים גבוהים הרבה יותר בקרקע זו. כך מדווח על ידי החקלאים כי באיסוף תפוחי האדמה בחודשים יוני-יולי ישנו אחוז גבוה יותר של פגיעות בקליפה לעומת אסיף מאי-יוני אך בשתי העונות הבעיה מחמירה בטמפ' הגבוהות יותר.

בחינת מועדי שריפת נוף שונים בעונה החמה וכן הורדת טמפרטורת הקרקע יכולות ללמד אותנו על הגורמים המשפיעים על איכות קליפת תפוח האדמה בקרקע חולית.

מטרות המחקר

בסיעור מוחות שנערך בנוכחות מגדלים וחוקרים מהתחום הועלו מספר השערות לגבי הגורמים לבעיות הקליפה ובניהן: טמפ' הקרקע, הזנה, החומר האורגני ומיקרואורגניזמים בקרקע ותהליך הקיורנינג. מטרת מחקר זה היה לבחון מספר גורמים אפשריים לבעיות הקליפה:

א. בחינת השפעת הטמפ' על התייצבות קליפת תפוח האדמה

פגיעה בחוזק ובריאות הקליפה יכולה לנבוע מטמפרטורות לא אופטימליות בשלבים האחרונים של הגידול, לאחר שריפת הנוף שפוגעת בהתפתחות התקינה של שכבת הפרידרם (periderm). עיקר הבעיה מופיעה בשתילות האביב – ככל שנכנסים לזריעה מאוחרת יותר, החשיפה לטמפ' גבוהות יותר בסוף הגידול גבוהה יותר והנזק גדל. בחינה של שתילה בשלושה מועדים תאפשר בחינה של השפעת הטמפ'.

ב. קביעת המועד האופטימלי לשריפת הנוף

על מנת להגיע להתייצבות טובה של קליפת תפוח האדמה ישנם חקלאים ששורפים את הנוף כאשר הנוף עדיין ירוק דבר המוביל לאיבוד של כ-0.4 טון לדונם (כ-10% מכלל היבול). מציאת מועד השריפה שייתן התייצבות טובה של הקליפה לאחר שהפקעות כבר צברו את מירב המסה שלהן יכול להגדיל את היבול בעד 0.4 טון לדונם של יבול באיכות גבוהה שבהכרח יגדיל את רווחיות הגידול.

ג. בחינת השפעת משטר השקיה טכנית להורדת טמפרטורת הקרקע על התייצבות הקליפה

לאחר שלב שריפת הנוף הפקעות מושארות באדמה לתקופה של כשבועיים. השטח מושקה בשלב זה השקיות טכניות על מנת לשמור על סביבה לחה לפקעות כדי לאפשר התייצבות טובה של הקליפה ללא פגיעה בתכולת הרטיבות שלהן. מצד שני, תכולת רטיבות גבוהה מידי יכולה לגרום לרקבונות של הפקעות. מעקב אחר תכולת הרטיבות של הקרקע יחד עם מעקב אחר טמפרטורת הקרקע בעומקים השונים יכולים לאפשר פתיחה של ההשקיה לפרקי זמן קצרים כך שנשמור גם על תכולת הרטיבות וגם על הטמפרטורה אופטימליות להתייצבות הקליפה ושמירה על הפקעות.

ד. בחינת השפעת הוספת חומר אורגני וטיפולים מיקרוביאליים על התייצבות הקליפה

התפתחות קליפה תקינה יכולה לנבוע מגורמים ביוטים בקרקע הכוללים פתוגנים ומיקרואורגניזמים מועילים וניטרליים. נמצא שלסוגי זבל וקומפוסט שונים יש יכולות סופרסיביות מגוונות שגורמות בין היתר על ידי שינוי המיקרוביום בקרקע. חיטוי קרקע בתפוא"א נעשה בעיקר על ידי מתאם סודיום שמיועד כנגד פטריות וכתוצאה מכך גורם שינוי של האוכלוסייה המיקרוביאלית בקרקע. בחינה של הוספת כמויות שונות של קומפוסט ותוספת של תכשירים מיקרוביאליים לקרקע הכוללים את תכשיר חברת EM, טריכודרמה ומיקוריזה יאפשרו בחינה של השפעת הפאונה על חוזק הקליפה.

ה. בחינת השפעת איכות תהליך הקיורנינג וגורמים ביוטים במהלך האחסון והייצוא על הקליפה

פקעות תפוא"א עוברות לאחר האיסוף המכני ולפני האחסון תהליך של ריפוי לקליפה (קיורנינג). הפקעות נכנסות לחדר בטמפרטורה של 14 מעלות ולחות גבוהה למשך כ-20 יום תוך הורדה הדרגתית של כמעלה ביום עד

לטמפרטורת אחסון של כ 3-4 מעלות. לאחר אחסון הפקעות נשלחות לאירופה במכולות ששומרות על כ 6 מעלות ולחות גבוהה. במקרים מסוימים כתוצאה ממגבלות לוגיסטיות לא מצליחים לבצע את תהליך הקיורנינג בצורה טובה וייתכן שיש לכך משמעות גדולה על נראות נזקי הקליפה של הפקעות כשהן מגיעות לאחר משלוח לאירופה. בשלב זה של המחקר נבדוק את ההשפעה של תהליכי קיורנינג שונים. בנוסף יתבצע ניסוי שינסה לבודד האם יש גורם ביוטי שמתפתח במהלך האחסון והמשלוח המשפיע על נראות הקליפה.

מהלך המחקר ושיטות עבודה

בחינת השפעת טמפ' על התייצבות קליפה

בשלב הראשון נערך מעקב אחר טמפ' ולחות הקרקע בחלקות תפוז"א מסחריות סמוכות זו לזו בשטחי המחקר של מו"פ דרום (אותו סוג קרקע, זן סיפריה) שנזרעו במועדים שונים – נובמבר 2022 ו- ינואר 2023. הוטמנו חיישני טמפ' וטנסיומטרים בשלושה עומקים (5, 15, 30 ס"מ), שניים בכל עומק. בפברואר 2024 נזרעו תפוזי אדמה משני זנים: וילדי ויהלי (בערוגות נפרדות) בשטח של כ-10 דונם במו"פ דרום בו הקרקע חולית (כ-88% חול, 2% סילט, 10% חרסית). השטח חולק ל-16 חלקות באקראי, אורך כל חלקה 24 מטרים ורוחבה 24 מטרים. עם שריפת הנוף, 90 ימים לאחר זריעה, בכל 4 חלקות (4 חזרות), נבחנו מספר משטרי השקיה בהמטרה: 1. השקיה משקית כנהוג כיום (בכל 3 ימים); 2. השקיה כל יומיים; 3. השקיה פעם ביום; 4. השקיה פעמיים ביום. נערך מעקב רציף אחר טמפ' הקרקע בעומק 5, 15, 30 ס"מ. 77 ימים אחרי זריעה (13 ימים לפני שריפת הנוף). ו-120 ימים אחרי זריעה (20 ו-30 ימים אחרי שריפת הנוף) פקעות ממטר ערוגה נדגמו בחלוקה לעומק: 1. 0-10 ס"מ; 2. עמוק מ-10 ס"מ. בתחילת העונה ובסוף העונה נדגמה קרקע לאנליזת EC, סידן + מגנזיום, זרחן ואשלגן. ניטור תכולת הרטיבות בקרקע נעשה על ידי טנסיומטרים שהוצבו בשני עומקים בחלקה אחת לכל טיפול.

קביעת המועד האופטימלי לשריפת הנוף

מבחן השפעת מועד שריפת הנוף על איכות הקליפה התבצע במהלך חודש יוני 2024 על גבי החלקות בהן נזרעו הזנים וילדי ויהלי. שריפת הנוף נעשתה בשתי ערוגות עבור כל זן בכל חלקה בשתי פעימות באמצעות ריסוס ידני של רגלון (350 סמ"ק לדונם). מועד השריפה הראשון נקבע לפי גודל הפקעות בקרקע (כמקובל), 90 ימים לאחר זריעה והמועד השני 100 ימים לאחר זריעה שריפה שלישית שתוכננה ל-110 ימים לאחר שריפה לא נעשתה מכיוון שהצמחים כבר מתו. תפוזי האדמה נאספו מ-1 מטר ערוגה מכל חזרה בשני מועדים: 1. 77 ימים אחרי זריעה (13 ימים לפני שריפת הנוף); 2. 120 ימים אחרי זריעה (30 ימים אחרי שריפת הנוף ראשונה ו-20 ימים אחרי שריפת הנוף שניה). הפקעות חולקו לשתי קבוצות בכל איסוף – פקעות שהתפתחו ב-10 ס"מ העליונים של הקרקע וכאלו שהתפתחו בעומק גדול יותר.

השפעת הוספת חומר אורגני

שטח בגודל של כ-5 דונם במו"פ דרום חולק ל-12 חלקות. בסוף אוקטובר 2024 בכל 4 חלקות (4 חזרות) יושמה כמות שונה של קומפוסט מזבל בקר: 1. שלושה קוב לדונם. שישה קוב לדונם. 3. תשעה קוב לדונם. הקומפוסט תוחח לערוגה עם תיחוח הערוגה. תכונות הקומפוסט שהוסף מופיעות בטבלה 1. ב-31/12/2024 נזרעו בחלקה זרעי תפוז אדמה מזן ג'ורג'יה.

טבלה 1. תוצאות אנליזת הקומפוסט שיושם בחלקות השונות.

C/N	K כללי	P כללי	N כללי	מוליכות חשמלית	אפר	פחמן	חומר אורגני	pH	חומר יבש
	%	%	%	ds/m	%	%	%		%
15.5	0.37	0.32	0.53	0.8	86	8.2	14	8.9	75.7

השפעת הוספת טיפולים מיקרוביאליים ושילוב טיפולים

על החלקות בהן יושמו 3 קוב לדונם קומפוסט יושמו על 5 מטר ערוגה תכשירים מיקרוביאליים או תוספים אורגניים שונים: 1. שונים: 1. תכשיר EM (מכילים 3 קבוצות של מיקרואוגניזמים: בקטריות פטוסיינטיות, חומצה לקטית ושמים); 2. Xurian (ביוסטימולנט המבוסס על חיידקי PFPR מסוג *Pseudomonas putida* של גדות); 3. מיקו-אפ (מיקוריזה, ביו-בי); 4. קומפוסצ'אר (קומפוסט אור); 5. ארמגדון (קומפוסטצ'אר מועשר, קומפוסט אור) 6. בצילוס 2X ג (שני סוגי חיידקי בצילוס שבדדו מקרקעות חוליות ברמת הנגב בריכוז 5×10^7 בתוספת נוקלאוזידים 2DA 1mM); 7. בצילוס 2X ג (שני סוגי חיידקי בצילוס שבדדו מקרקעות חוליות ברמת הנגב בריכוז 5×10^6 בתוספת נוקלאוזידים 2DA 1mM); 8. בצילוס 1X ג (חיידק אחד מסוג בצילוס שבדדו מקרקעות חוליות ברמת הנגב בריכוז 5×10^7 בתוספת נוקלאוזידים 2DA 1mM); 9. נוקלאוזידים (נוקלאוזידים ללא חיידקים בריכוז 2DA 2mM). 10. ביקורת ללא תוספת. סה"כ 10 טיפולים ב-4 חזרות לטיפול. בנוסף, בחלקות בהן יושמו 6 ו-9 קוב לדונם קומפוסט יושמו על 5 מטר ערוגה התכשירים או החומרים: 1. תכשיר EM; 2. Xurian (גדות); 3. מיקו-אפ (ביו-בי); 4. קומפוסצ'אר (קומפוסט אור); 6. ארמגדון (קומפוסט אור); 6. ללא תוספת. סה"כ בחלק זה של הניסוי 15 טיפולים של שילובים של תכשירים מיקרוביאליים ותוספי קומפוסט.

הפקעות למבחן השפעת חומר אורגני, טיפולים מיקרוביאליים ושילובים שלהם נדגמו 130 ימים אחרי זריעה (מיד לפני שריפת נוף), 140 ימים אחרי זריעה (10 ימים אחרי שריפת נוף) ו-150 ימים אחרי זריעה (20 ימים אחרי שריפת נוף). מכל חזרה נדגמו 2 מטר ערוגה.

בחינת איכות הקליפה

איור 1 מציג ארבעה סוגי פגעי קליפה שנבדקו: 1 (רישות 2) כסות חומה 3) כתמים חומים 4) עדשתיות. בכל אחד מפגעי הקליפה ניתן ציון על סמך מראה עין. פקעות עם הרבה פגעים קיבלו ציון 5 ופקעות עם מעט קיבלו ציון 1. הפקעות שנאספו הועברו לתהליך הדמיית יצוא הכולל קיורניג ב 14 מעלות עם לחות גבוהה למשך 20 יום תוך הורדת טמפרטורה הדרגתית ל 3 מ"צ, אחסון למשך 4 שבועות ב 3 מ"צ, הדמיית משלוח ב 6 מ"צ למשך שבועיים. הערכה ויזואלית ניתנה מיד לאחר הוצאת הפקעות ולאחר הדמיית יצוא וכשלושה חודשים לאחר איסוף הפקעות. בנוסף, נערכה הערכת יבול כמקובל בתפ"א עבור כל טיפול.



איור 1. דוגמא לבעיות קליפה שאובחנו: א. רישות; ב. כסות חומה; ג. כתמים חומים; ד. עדשתיות.

בחינת השפעת איכות תהליך הקיורנינג וגורמים ביוטים במהלך האחסון והייצוא על הקליפה

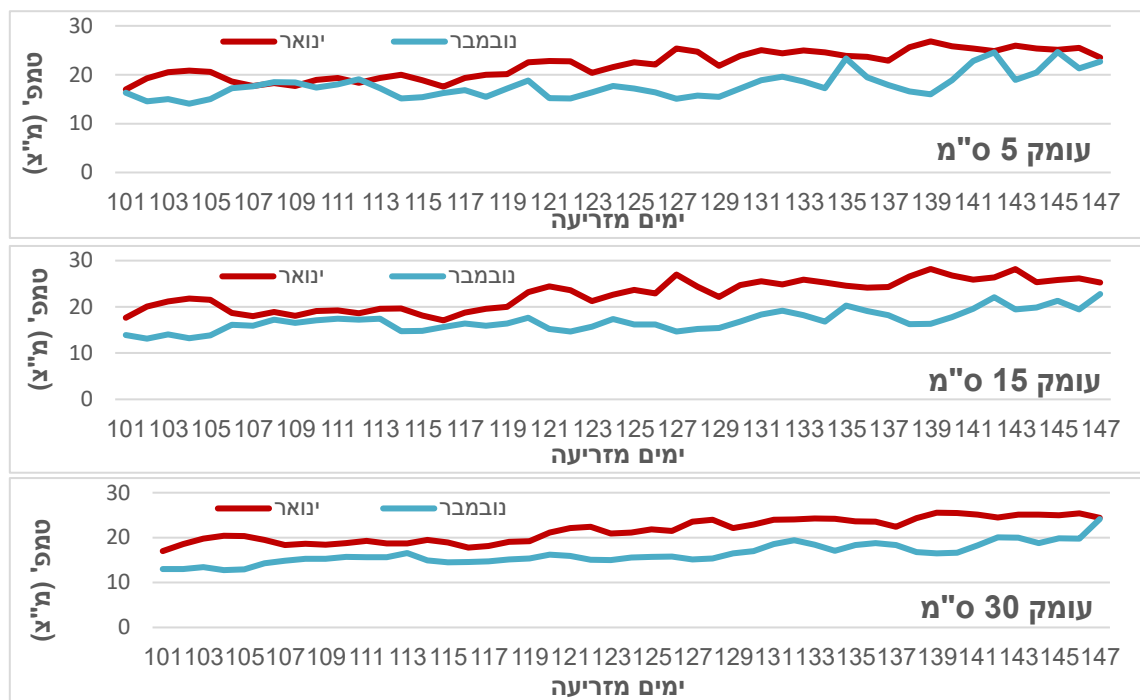
ההשפעה של תנאי האחסון על איכות הקליפה נבדקה במהלך שתי עונות גידול. ייושמו 5 טיפולים שונים של קיורנינג: 1. 100% קיורנינג (כנהוג היום): הורדה הדרגתית מ 14 ל 4 מעלות צלזיוס במשך 20 ימים; 2. 50% קיורנינג: הורדה הדרגתית מ 14 ל 4 מעלות צלזיוס במשך 10 ימים; 3. 25% קיורנינג: הורדה הדרגתית מ 14 ל 4 מעלות צלזיוס במשך 5 ימים; 4. ללא קיורנינג: כניסה ישירה לתנאי א.חסון של 4 מעלות צלזיוס; 5. 100% קיורנינג + מנקוזב: הורדה הדרגתית מ 14 ל 4 מעלות צלזיוס במשך 20 ימים על פקעות שטופלו במנקוזב כנגד התפתחות פטריות.

בכל הטיפולים בתום תהליך הקיורנינג, הפקעות אוחסנו למשך 4 חודשים ב 4 מעלות צלזיוס וב 90-95% לחות כמקובל בתנאי אחסון מסחריים. כדי להעריך את השפעת הטיפול על איכות הקליפה בכל אחד מהטיפולים ניתן ציון לרמת פגעי הקליפה לפני הטיפול ובסופו (לאחר 4 חודשי אחסון). בכל הטיפולים נבחרו פקעות עם פגעי קליפה מסוג כסות חומה בלבד עם נגיעות קליפה ברמת אינדקס 2. כל טיפול כלל 4 חזרות וכל חזרה כללה 6 פקעות בתוך שק רשת אוורירי.

תוצאות

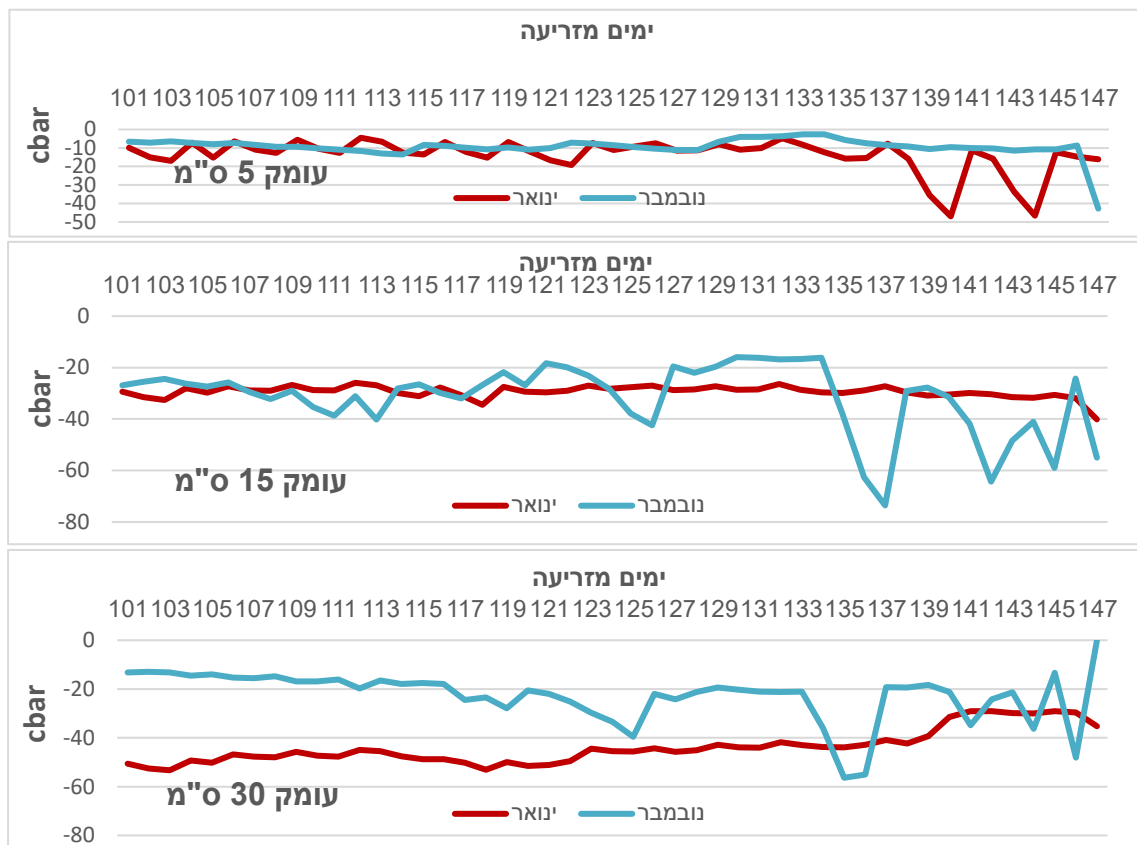
השפעת הטמפ' על התייצבות קליפת תפוח האדמה

לפי הדיווחים עיקר בעיות איכות הקליפה מופיעות בזריעות האביב. ערכנו סדרת בדיקות של טמפ' הקרקע ופוטנציאל המים בקרקע בעומקים 5, 15, 30 ס"מ בשתי חלקות תפוחי אדמה על מנת למצוא את ההבדלים בין זריעות האביב לזריעות הסתיו (איורים 2 ו-3, בהתאמה). על מנת להשוות בין שתי העונות בזמן דומה של הגידול הנתונים מוצגים כימים מזריעה אולם יש לזכור כי מדובר בתאריכים שונים (101 ימים מזריעה היו ב- 22 בפברואר 2024 עבור החלקה שנזרעה בנובמבר 2023 וב-15 באפריל 2024 עבור החלקה שנזרעה בינואר 2024). אפשר לראות שבשכבת הקרקע העליונה, קרוב לפני השטח, ההבדלים בטמפ' בין שתי העונות משתנים מיום ליום – פעם הבדל גדול ופעם אין הבדל (איור 2א). ככל שמעמיקים ההבדלים בטמפ' נשמרים יותר לאורך הזמן (איור 2ב,ג) כאשר באופן כללי בשתילות הסתיו האדמה קרירה יותר בכל העומקים.



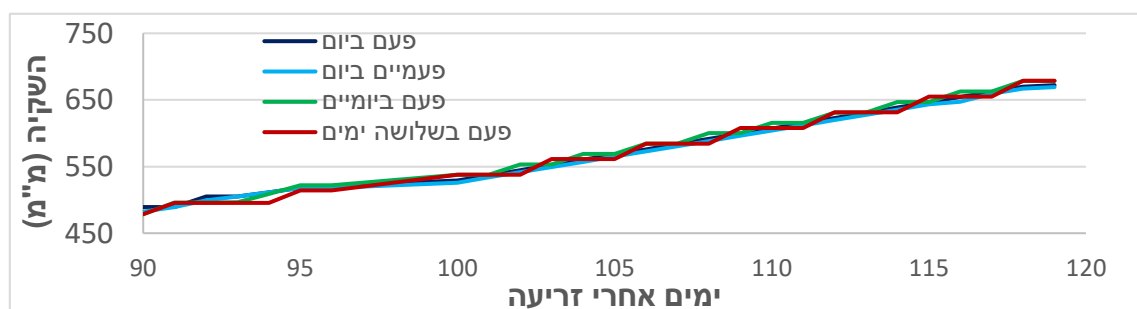
איור 2. טמפרטורת המים בקרקע (מ"צ) בעומקים 5 ס"מ (עליון), 15 ס"מ (אמצעי), 30 ס"מ (תחתון) בשתי חלקות תפוח אדמה. האחת נשתלה בנובמבר 2023 (כחול) והשניה בינואר 2023 (אדום).

פוטנציאל המים בקרקע מושפע ממשטר ההשקיה הנהוג בחלקה. בשתי החלקות ההשקיה בוצעה לפי אותו פרוטוקול השקיה. אולם, כמובן שיש לקחת בחשבון את תנאי האקלים השונים, בעיקר ה-VPD המובילים לצריכה שונה של מים ע"י הצמחים. אפשר לראות שבועומק 5 ס"מ (איור 3א) ובעומק 15 ס"מ (איור 3ב) פוטנציאל המים בשתי החלקות היה דומה עד יום 130. לאחר זמן זה, בשכבה העליונה, בזריעת נובמבר הוא נשמר אחיד ואילו בזריעת ינואר אפשר כבר לראות מחזורי התייבשות והרטבה בהתאם למחזורי ההשקיה בשלב זה. בעומק 15 ס"מ ו-30 ס"מ (איור 3ג) רואים מגמה הפוכה (לא היו גשמים בזמן זה). בעומק 30 ס"מ אפשר לראות גם שבזריעת ינואר פוטנציאל המים היה נמוך ביותר ודווקא עלה לקראת סוף העונה.



איור 3. פוטנציאל המים בקרקע (סנטיבר) בעומקים 5 ס"מ (עליון), 15 ס"מ (אמצעי), 30 ס"מ (תחתון) בשתי חלקות תפוח אדמה. האחת נשתלה בנובמבר 2023 (כחול) והשניה בינואר 2023 (אדום).

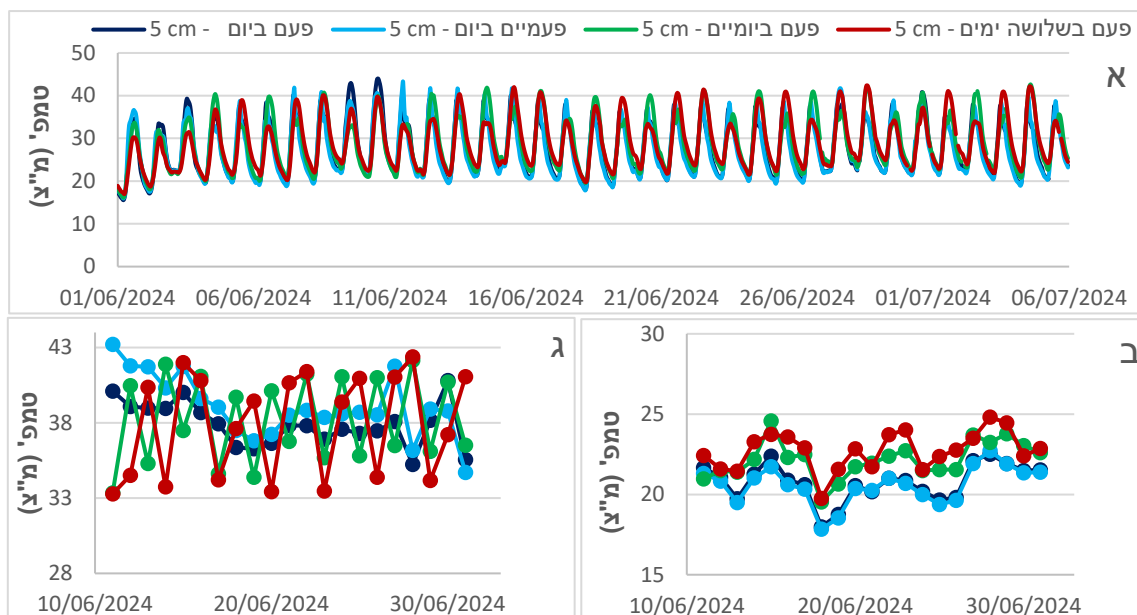
בעונת הגידול שנזרעה בפברואר 2024 הבדלים בטמפ' הקרקע נעשו על ידי השקיות בתכיפות שונה החל מ-90 יום לאחר זריעה. כל הטיפולים קיבלו כמות זהה של מים כמתואר באיור 4.



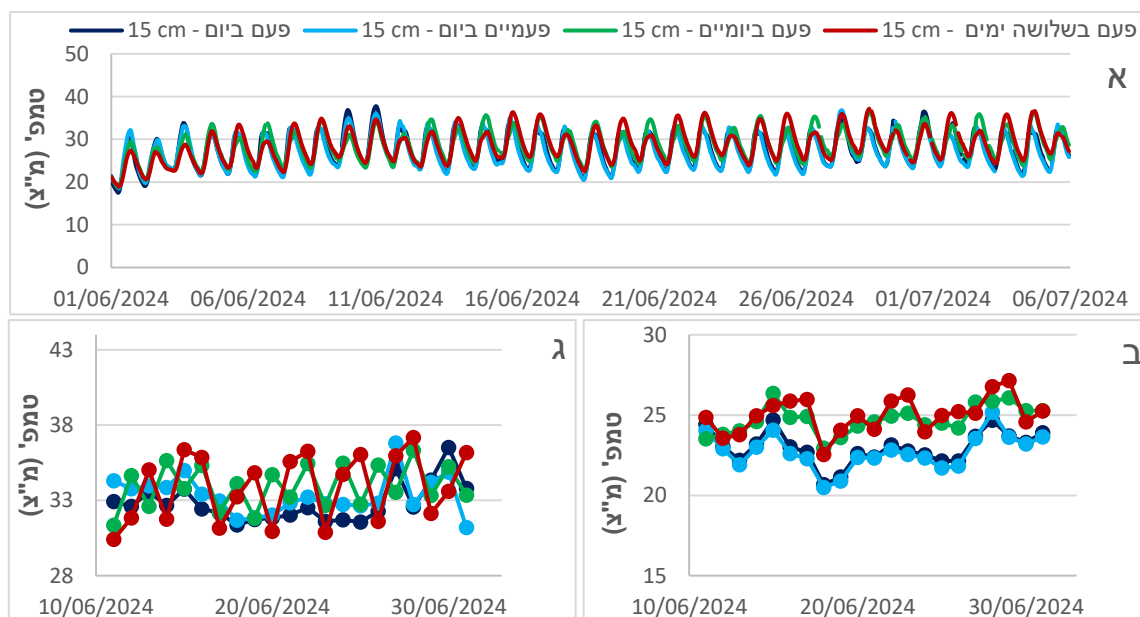
איור 4. כמות המים שניתנה בהשקיה בטיפולים השונים החל מ-90 ימים לאחר זריעה.

איורים 5-7 מציגים את מנעד הטמפ' בעומקים השונים עם מבט ממוקד יותר על טמפ' המינימום (איורים 5ב, 6ב, 7ב) וטמפ' המקסימום (איור 5ג, 6ג, 7ג). מנעד הטמפ' בעומק 5 ס"מ היה הגדול ביותר וככל שמעמיקים כך מנעד הטמפ' קטן (כפי שראינו גם בעונות הקודמות). טמפ' המינימום היו נמוכות ביותר וטמפ' המקסימום היו גבוהות ביותר בעומק 5 ס"מ (איור 5) וככל שהעמקנו טמפ' המינימום היו גבוהות יותר והמקסימום נמוכות יותר. בכל העומקים טיפולי ההשקיה עזרו להוריד את טמפרטורת הקרקע. השקיות פעם ביום או פעמיים ביום הורידו את טמפרטורת המינימום בממוצע בשתי מעלות. טמפ' המקסימום גם ירדה והיתה אחידה יותר לאורך

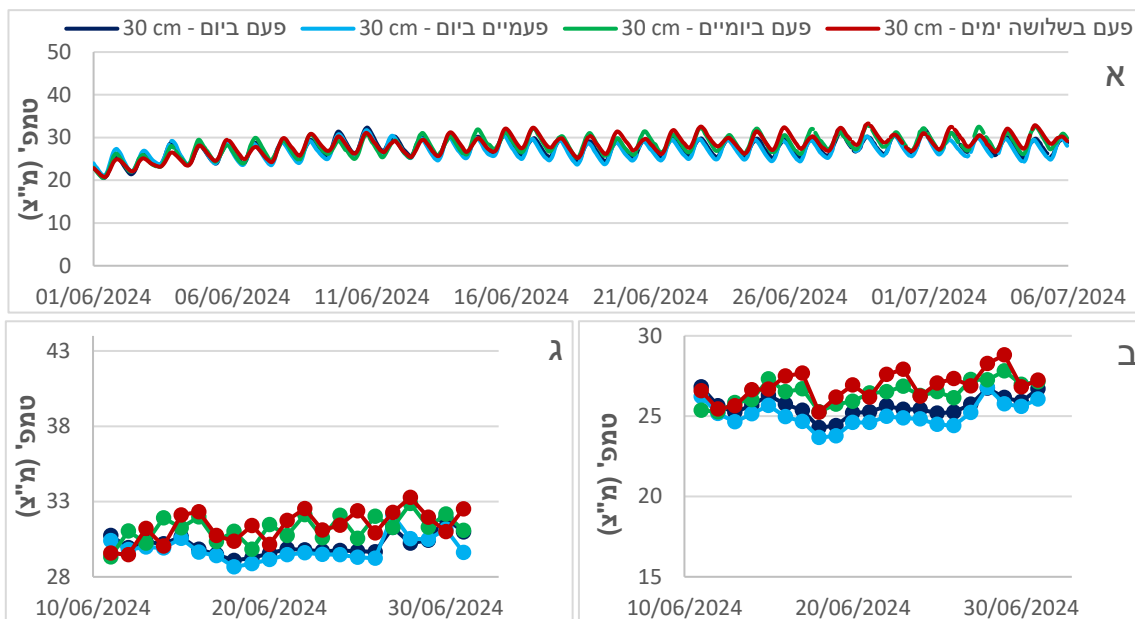
התקופה לעומת ההשקיה פעם ביומיים או פעם בשלושה ימים. לא נראו הבדלים משמעותיים בין השקיה פעם ביום להשקיה פעמיים ביום.



איור 5. טמפ' הקרקע בעומק 5 ס"מ החל מיום שריפת הנוף הראשונה, 90 ימים לאחר זריעה. (א) מנעד הטמפ' לאורך התקופה; (ב) טמפ' המינימום בכל יום; (ג) טמפ' המקסימום בכל יום.

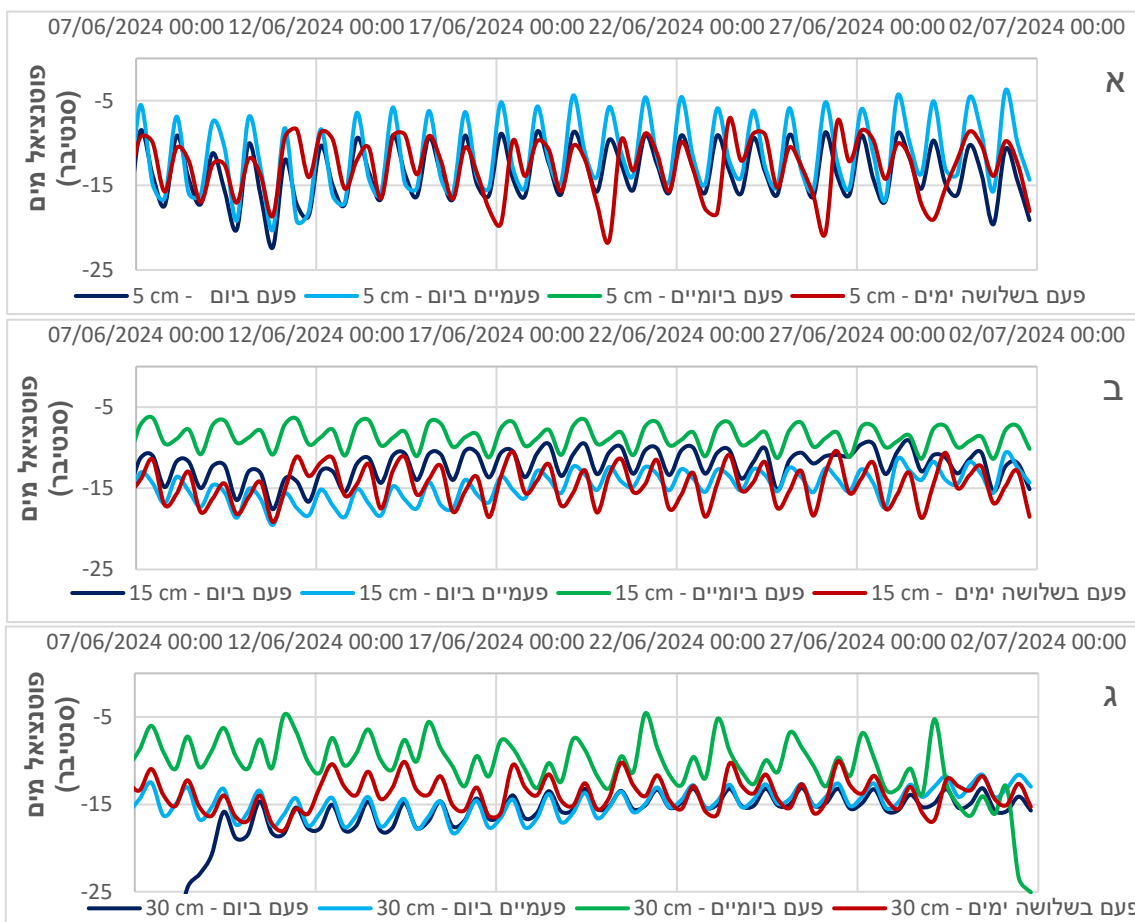


איור 6. טמפ' הקרקע בעומק 15 ס"מ החל מיום שריפת הנוף הראשונה, 90 ימים לאחר זריעה. (א) מנעד הטמפ' לאורך התקופה; (ב) טמפ' המינימום בכל יום; (ג) טמפ' המקסימום בכל יום.



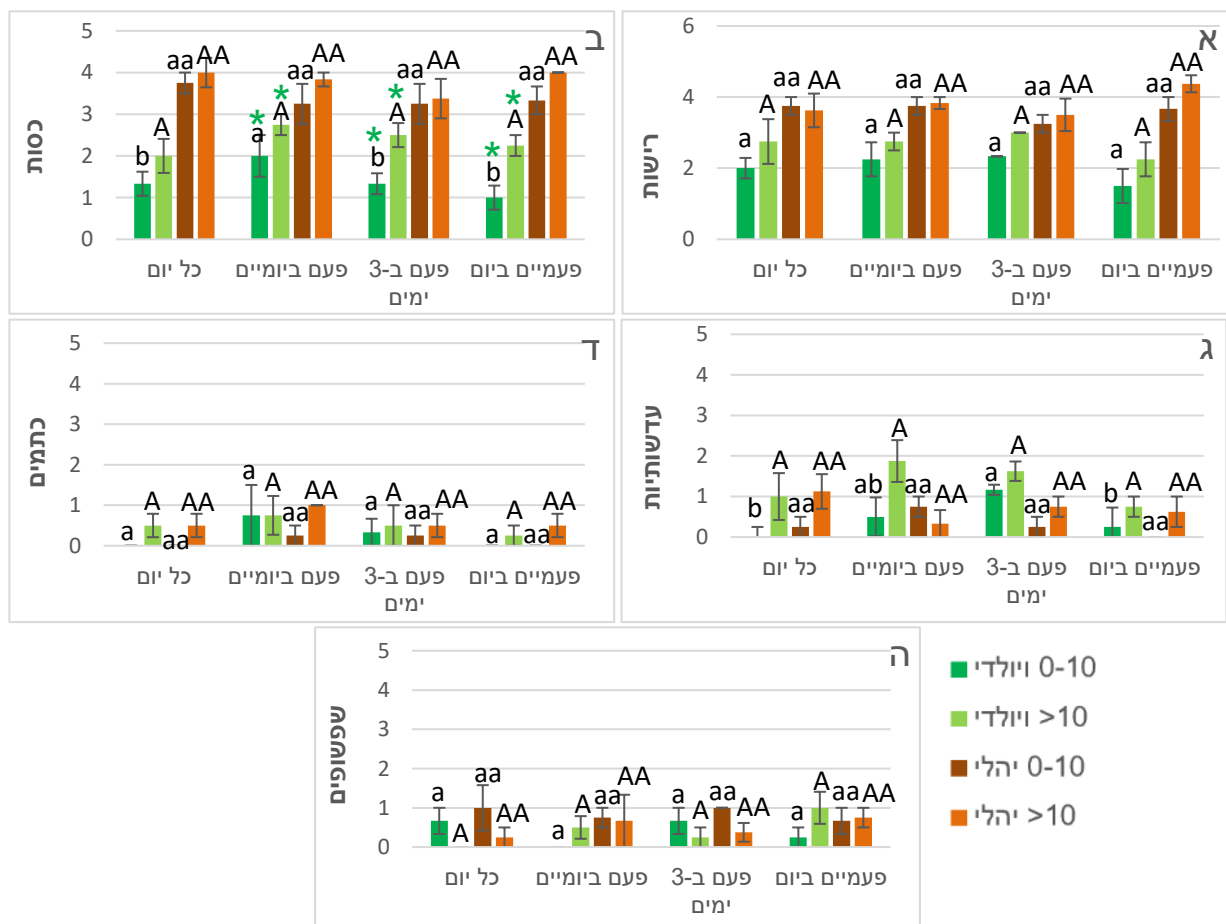
איור 7. טמפ' הקרקע בעומק 30 ס"מ החל מיום שריפת הנוף הראשונה, 90 ימים לאחר זריעה. (א) מנעד הטמפ' לאורך התקופה; (ב) טמפ' המינימום בכל יום; (ג) טמפ' המקסימום בכל יום.

מעקב אחר פוטנציאל המים בקרקע (איור 8) מראה כי הפוטנציאל נשמר דומה במהלך התקופה. עד לעומק 30 ס"מ לא נצפה מחסור במים.

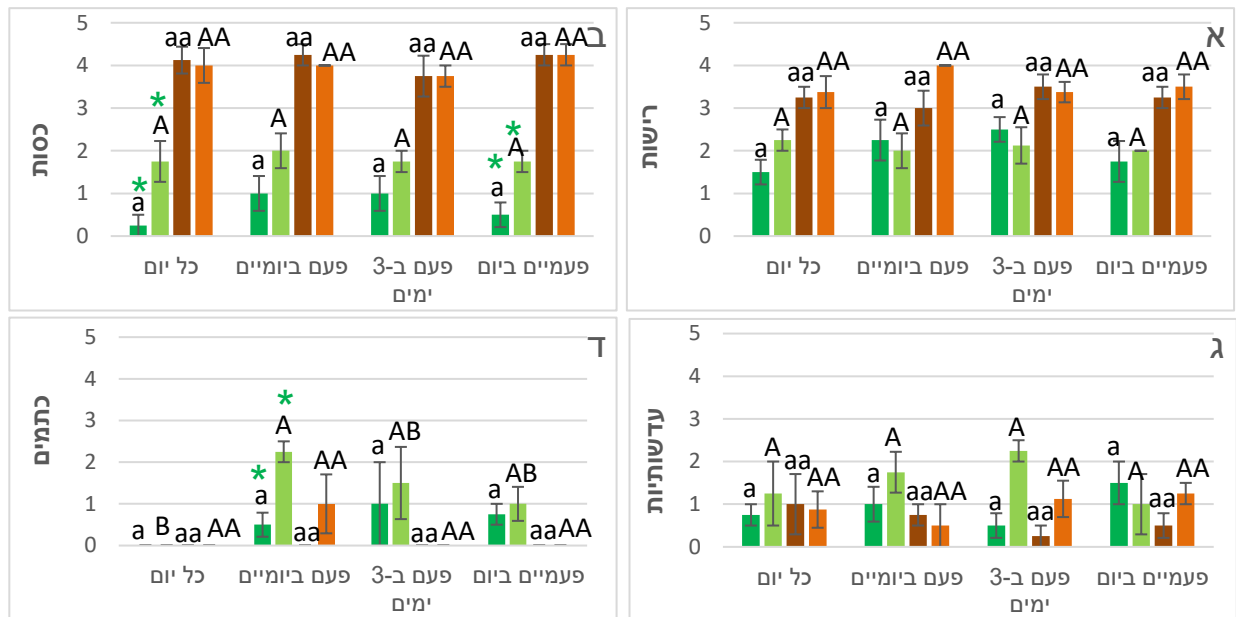


איור 8. פוטנציאל המים בקרקע. (א) בעומק 5 ס"מ; (ב) בעומק 15 ס"מ; (ג) בעומק 30 ס"מ.

התוצאות עבור איכות הקליפה של פקעות שנאספו כאשר הנוף נשרף 90 יום לאחר זריעה ועבור הערכה לאחר תהליך הקיורניג מוצגות באיור 9 ועבור הערכה שנערכה 3 חודשים אחרי איסוף הפקעות באיור 10. בהערכה לאחר תהליך הקיורניג (שלושה חודשים לאחר אסיף), נמצאו פגיעות רבות של רישות (9א, 10א) ושל כסות חומה (9ב, 10ב). אלו היו הפגיעות העיקריות והבולטות ביותר. בזן יהלי שתי הפגיעות הללו היו רבות יותר מאשר בזן וילדי. כמעט ולא נמצאו הבדלים באיכות הקליפה בין הטיפולים השונים גם לאחר 3 חודשי אחסון. ההבדלים שכן נמצאו הם בזן וילדי. בהערכה לאחר תהליך הקיורניג נמצאה כסות חומה רבה יותר בפקעות שנאספו מהעומק הרדוד והושקו פעם ביומיים לעומת שאר הטיפולים. כמו כן, בכל הטיפולים פרט להשקיה פעם ביום הכסות היתה רבה יותר בפקעות שנאספו בעומק הקרקע. בפקעות וילדי שנאספו מעומק 10 ס"מ נמצאו גם עדשותיות רבות יותר משמעותית בטיפול שהושקה פעם בשלושה ימים לעומת הטיפולים שהושקו פעם או פעמיים ביום. בהערכה אחרי 3 חודשים כבר לא נמצאו כלל הבדלים בין הטיפולים ומעט הבדלים בין פקעות שנאספו מהעומקים השונים (בכסות בטיפולים שהושקו פעם או פעמיים ביום, בכתמים חומים בטיפול שהושקה פעם ביומיים) כאשר תמיד בעומק 10 ס"מ היו פחות פגיעות.

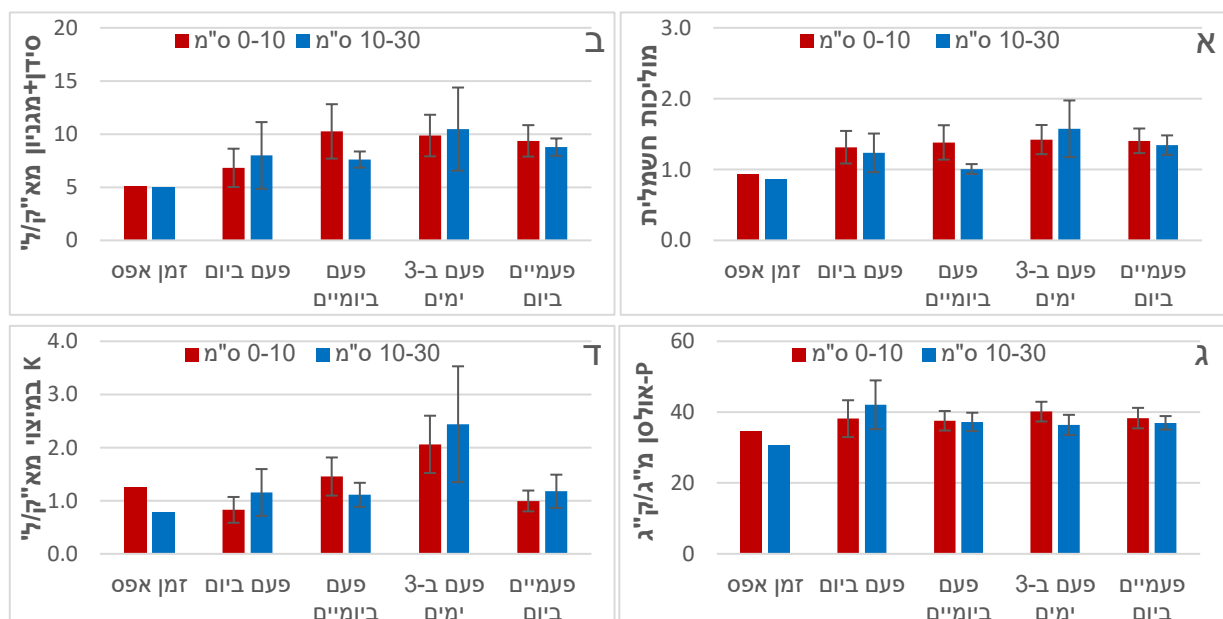


איור 9. בחינת איכות הקליפה של פקעות (כפי שמתואר באיור 1) כתלות בטיפול ההשקיה (שריפת נוף 90 יום לפני שהוערכה אחרי תהליך הקיורניג. 0 = אין פגיעה כלל בפקעת, 5 = ישנה פגיעה מרובה. (א) רישות; (ב) כסות חומה; (ג) עדשותיות; (ד) כתמים כהים; (ה) שפשופים. הנתונים מוצגים כממוצעים $\pm$ שגיאת תקן. הבדלים מובהקים (0.05) על פי מבחן שוניות All pairs, Tukey-Kramer HSD שנמצאו עבור כל זן בין טיפולי ההשקיה בכל עומק באים לידי ביטוי באותיות שונות. הבדלים מובהקים (0.05) על פי מבחן one-way anova t-test שנמצאו עבור כל זן בין עומקי הזריעה השונים בכל טיפול השקיה באים לידי ביטוי בסימון כוכבית ירוקה.



איור 10. בחינת איכות הקליפה של פקעות (כפי שמתואר באיור 1) כתלות בטיפול ההשקיה (שריפת נוף 90) כפי שהוערכה שלושה חודשים לאחר אסיף הפקעות. 0 = אין פגיעה כלל בפקעת, 5 = ישנה פגיעה מרובה. (א) רישות; (ב) כסות חומה; (ג) עדשותיות; (ד) כתמים כהים. הנתונים מוצגים כממוצעים ($n=3$) $\pm$ שגיאת תקן. הבדלים מובהקים (0.05) על פי מבחן שונות All pairs, Tukey-Kramer HSD (0.05) על פי מבחן one-way anova t-test שנמצאו עבור כל זן בין טיפולי ההשקיה בכל עומק באים לידי ביטוי באותיות שונות. הבדלים מובהקים (0.05) על פי מבחן t-test כוכבית ירוקה.

בבדיקות הקרקע שנערכו בסוף העונה לא נמצאו הבדלים סטטיסטיים בין הטיפולים השונים באף פרמטר (איור 11). ניתן לראות כי בכל הפרמטרים ישנה עליה קלה בסוף העונה לעומת תחילת העונה. באשלגן בתמיסת הקרקע (איור 11ד) ישנה עליה בעיקר בטיפול שהושקה פעם בשלושה ימים.



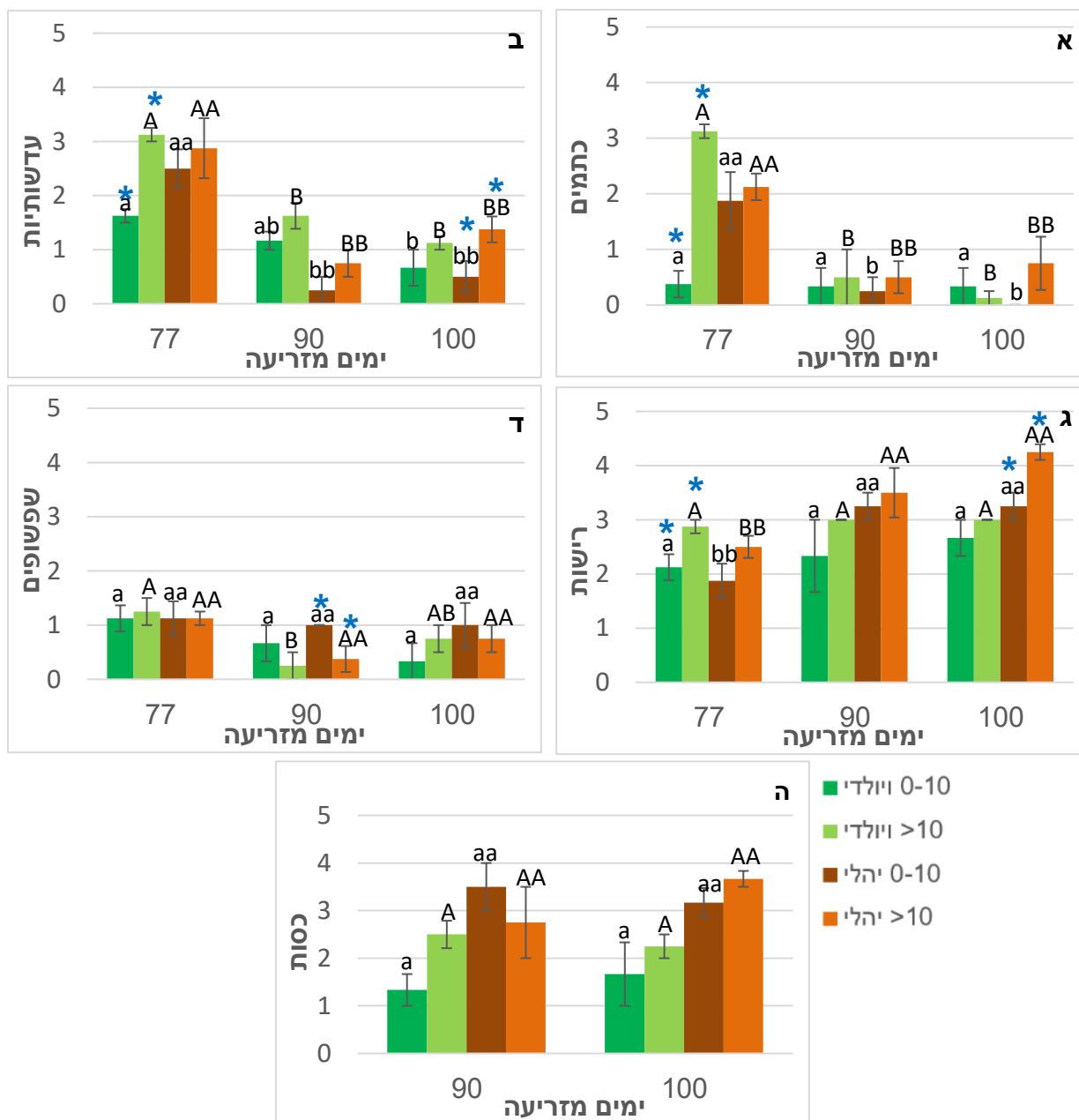
איור 11. תוצאות בדיקות קרקע שנערכו בתחילת העונה ובסוף העונה עבור כל טיפול. (א) מוליכות חשמלית; (ב) סידן+מגנזיום מא"ק/לי; (ג) P-אולסן מ"ג/ק"ל; (ד) K במיצי מא"ק/לי

השפעת מועדי שריפת נוף על איכות הקליפה

הערכות איכות הקליפה נערכו לאחר תהליך הקיורנינג בדוגמאות שנאספו 77 ימים לאחר זריעה (לפני שריפת הנוף) ו-120 ימים לאחר זריעה (שריפת נוף לאחר 90 ימים ולאחר 100 ימים). ההשוואות נערכו בין מועדי שריפת הנוף עבור כל עומק וכל זן ועבור הבדלים בין עומקי הדיגום בכל זן, בכל מועד שריפת נוף. לא נערכו השוואות בין הזנים.

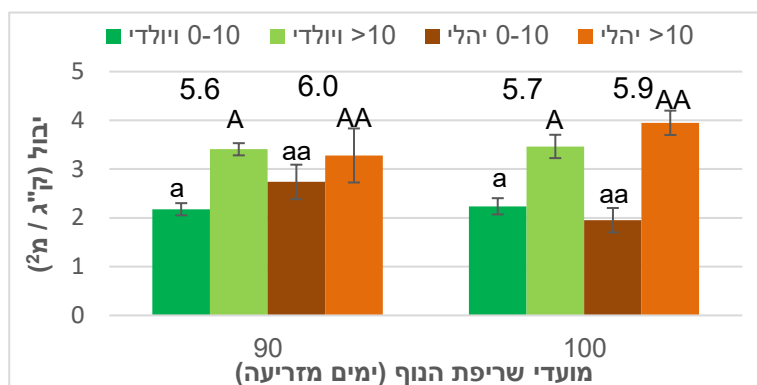
פגמי הקליפה העיקריים שנמצאו בניסוי היו רישות וכתמים חומים. מעט פחות הופיעו עדשתיות, והכתמים החומים. כמעט ולא נמצאו פגיעות של שפשופים.

כתמים חומים כפי שמופיעים באיור 1 נמצאו בעיקר על הפקעות שנאספו לפני שריפת הנוף (איור 12א). כמות הכתמים בפקעות שנאספו בשלב זה משמעותית גבוהה יותר בפקעות של הזן יהלי בשני העומקים ובפקעות של הזן ויולדי בעומק הגדול מ-10 ס"מ. בזן ויולדי נמצא הבדל משמעותי בהופעת הכתמים גם בין הפקעות שנאספו בשלב המוקדם מעומק 10 ס"מ לעומת אלו שנאספו מעומק הקרקע. בשלב זה הבחנו שעל חלק מהפקעות העדשותיות בהירות מאוד או כמעט ולא נראות ועל חלקן הן כהות מאוד. העדשותיות היו בולטות יותר באופן משמעותי בפקעות שנאספו לפני שריפת הנוף (איור 12ב). לאחר שריפת הנוף לא נמצאו הבדלים בהופעת העדשותיות פרט להבדל בזן יהלי כאשר הנוף נשרף 100 ימים לאחר זריעה שם נמצאו הבדלים בין הפקעות שנאספו מעומק עד 10 ס"מ לאלו שנאספו מעומקים גדולים יותר. בכל מקרה, בפקעות שנאספו לאחר שריפת הנוף העדשותיות לא היו גורם משמעותי בירידה באיכות הקליפה. הופעת רישות/חיספוס על פני קליפת תפוח האדמה כפי שמופיע באיור 1 התחילה כבר על הפקעות שנאספו לפני שריפת הנוף (איור 12ג). בזן ויולדי, לא נמצא הבדל משמעותי בהופעת הרישות בין הפקעות שנאספו לפני או אחרי שריפת הנוף אך הרישות היה משמעותי יותר בפקעות בעומק לעומת הפקעות הקרובות יותר לפני השטח באיסוף לפני שריפת הנוף. לעומת זאת, בזן יהלי נצפתה עליה משמעותית ברישות על פני הפקעת לאחר שריפת הנוף. בזן זה הרישות היה משמעותי יותר בפקעות בעומק לעומת הפקעות הקרובות יותר לפני השטח בפקעות בהן נשרף הנוף 100 ימים לאחר זריעה. שפשופים על קליפת הפקעות מעידים על קליפה דקה וחלשה. לא נמצאו שפשופים רבים על קליפת הפקעות בכל המועדים ובכל העומקים בשני הזנים, הערכים בכל הבחינות נעו בין 0-1 (איור 12ד). לא נראה היה שזהו גורם משמעותי בפגיעה באיכות הקליפה. כסות חומה, כמו שמתוארת באיור 1, לא נמצאה כלל על הפקעות שהוצאו לפני שריפת הנוף. הכסות נמצאה משמעותית מאוד אחרי שריפת הנוף כניסוי חום כהה על פני קליפת הפקעת. הכסות אובחנה כפגיעה באיכות בהערכה שנערכה עבור פקעות אלו ולכן באיור 12 מוצגות התוצאות רק עבור שני מועדי שריפת הנוף. הכסות נראתה בבירור בפקעות רבות אך לא נמצאו הבדלים משמעותיים בין שני המועדים או בין העומקים.



איור 12. בחינת איכות הקליפה של פקעות (כפי שמתואר באיור 1) כתלות במועד שריפת הנוף (לפני שריפת נוף, שריפת נוף 90 ו-100 ימים לאחר זריעה). 0 = אין פגיעה כלל בפקעת, 5 = ישנה פגיעה מרובה. (א) כתמים כהים; (ב) עדשותיות; (ג) רישות; (ד) שפשופים; (ה) כסות חומה. הנתונים מוצגים כממוצעים ($n=3$) $\pm$ שגיאת תקן. הבדלים מובהקים (0.05) על פי מבחן שוניות All pairs, Tukey-Kramer HSD (0.05) על פי מבחן one-way anova t-test (0.05) על פי לידי ביטוי בסימון כוכבית כחולה.

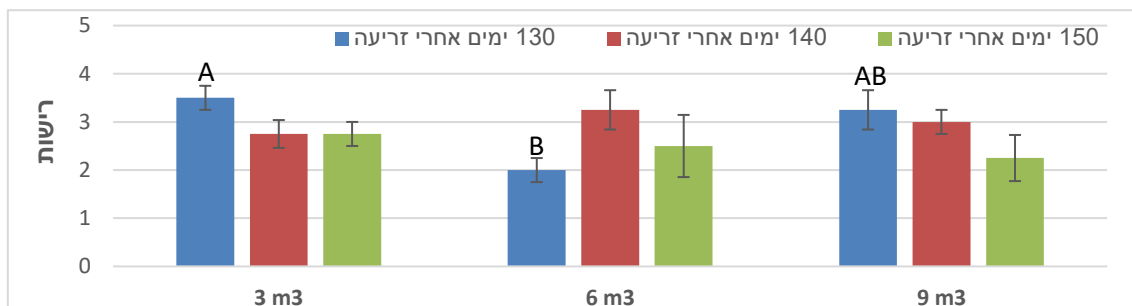
בדיגום שנערך 120 ימים לאחר זריעה נבחנה גם כמות היבול (ק"ג למטר מרובע). היבול בזן יהלי היה מעט גבוה מהיבול בזן ויולדי אך לא היו הבדלים משמעותיים ביבול הכולל או בעומקים השונים בין אם הנוף נשרף 90 ימים לאחר זריעה או 100 ימים לאחר זריעה (איור 13). היבול שנאסף מ-10 הס"מ העליונים היה נמוך יותר מאשר היבול בעומק.



איור 13. יבול תפוח האדמה משני הזנים ויולדי (גווי ירוק) ויהלי (גווי כתום) מעומק 0-10 ס"מ (צבעים כהים יותר) ומעומק >10 ס"מ (צבעים בהירים יותר). בערוגות בהן הנוף נשרף 90 ימים לאחר זריעה ו-100 ימים לאחר זריעה. הנתונים מוצגים כממוצעים $\pm$ שגיאת תקן. לא נמצאו הבדלים מובהקים (0.05) על פי מבחן Oneway Anova בין מועדי השריפה בכל עומק.

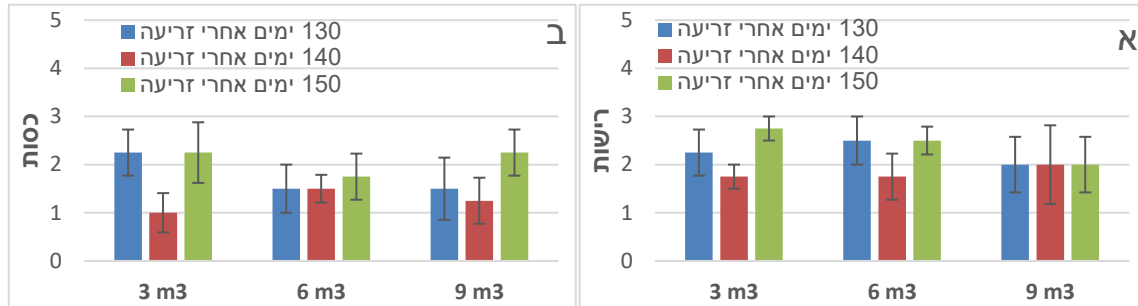
השפעת החומר אורגני המוסף לקרקע על איכות הקליפה

בחינה איכות הקליפה של הפקעות לאחר הוספת כמויות שונות של קומפוסט לקרקע לפני זריעה נעשתה לפני שריפת הנוף (130 ימים אחרי זריעה), 10 ימים אחרי שריפת הנוף (140 ימים אחרי זריעה) ועם אסיף הפקעות, 20 ימים אחרי שריפת הנוף (150 ימים אחרי זריעה). כמו כן, הפקעות נבחנו שוב חודשיים אחרי אסיף אחרון כאשר בזמן הזה שהו באחסון כמקובל. בדיגומים הראשונים התופעה הבולטת ביותר שנראתה היא רישות על גבי הקליפה (איור 14) ולא נמצאו תופעות אחרות של בעיות באיכות הקליפה.



איור 14. בחינת איכות הקליפה, רישות, של פקעות (כפי שמתואר באיור 1) ביום הוצאת הפקעות, כתלות בכמות הקומפוסט שהוספה לקרקע לפני זריעה. 0 = אין פגיעה כלל בפקעת, 5 = ישנה פגיעה מרובה. התוצאות מוצגות עבור דיגומים שנערכו 130, 140 ו-150 ימים אחרי זריעה. הנתונים מוצגים כממוצעים $\pm$ שגיאת תקן. הבדלים מובהקים (0.05) על פי מבחן שוניות All pairs, Tukey-Kramer HSD (n=4). שנמצאו באיכות הקליפה בין כמויות הקומפוסט השונות בכל מועד דיגום באות לידי ביטוי באותיות שונות. הבדלים נמצאו רק במועד הדיגום הראשון.

לאחר אחסון של חודשיים הופיעה כסות כהה על מרבית הפקעות. התוצאות של בחינת איכות הקליפה (רישות וכסות כהה) כחודשיים אחרי אחסון מוצגות באיור 15. כסות זו הובילה לכך שהרישות היה פחות בולט ומכאן שהערכים עבור הרישות בזמן הערכה זה היה נמוך יותר (איור 15א). בכל מקרה בהערכה זו, לא נמצאו הבדלים באיכות הקליפה (לא ברישות ולא בכסות) בין הטיפולים השונים.



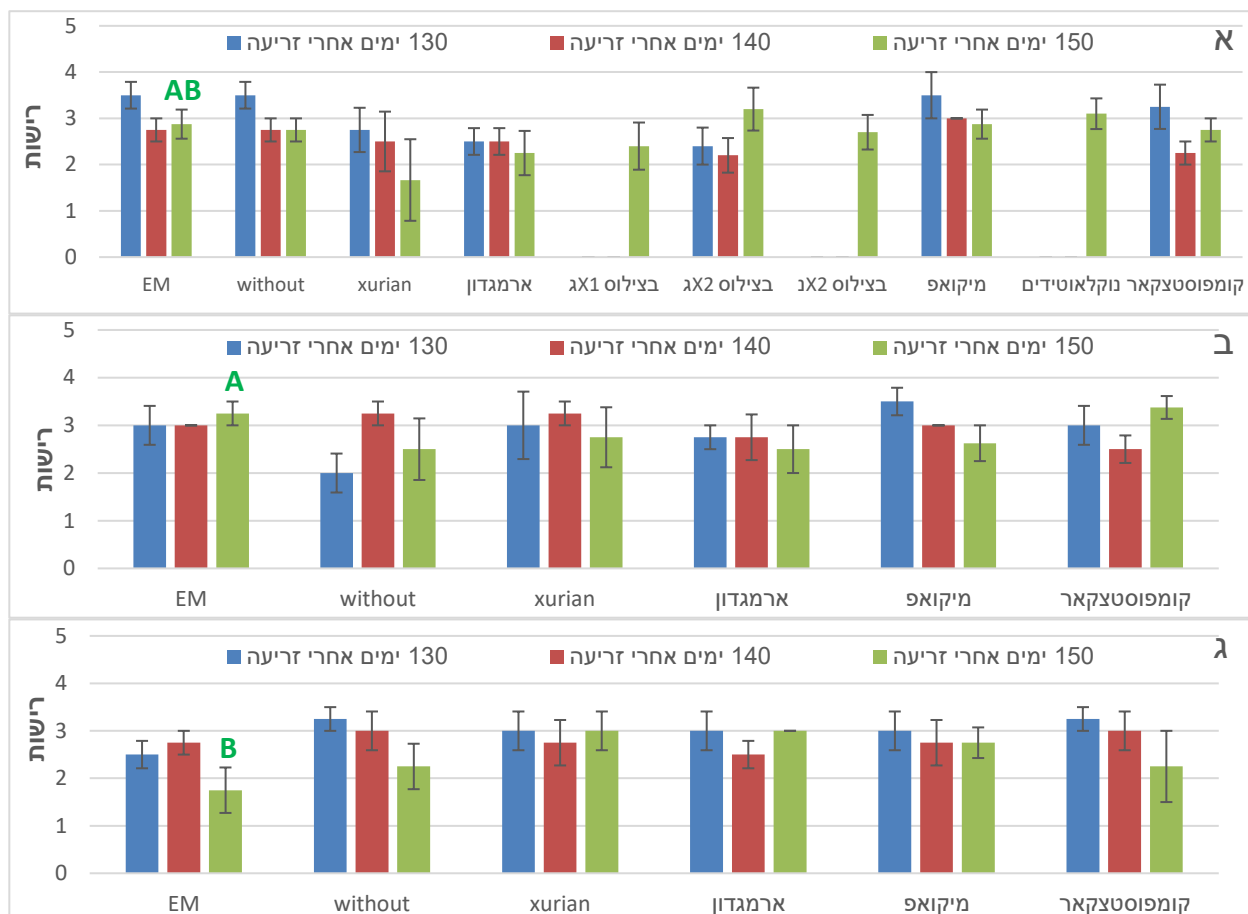
איור 15. בחינת איכות הקליפה של פקעות (כפי שמתואר באיור 1) לאחר חודשיים אחסון כתלות בכמות הקומפוסט שהוספה לקרקע לפני זריעה. (א) רישות; (ב) כסות חומה. $0 =$ אין פגיעה כלל בפקעת, $5 =$ ישנה פגיעה מרובה. התוצאות מוצגות עבור דיגומים שנערכו 130, 140 ו-150 ימים אחרי זריעה. הנתונים מוצגים כממוצעים ($n=4$) $\pm$ שגיאת תקן. לא נמצאו הבדלים מובהקים (0.05) באיכות הקליפה בין כמויות הקומפוסט השונות בכל מועד דיגום על פי מבחן One-way ANOVA.

השפעת הוספת טיפולים מיקרוביאליים ושילוב טיפולים

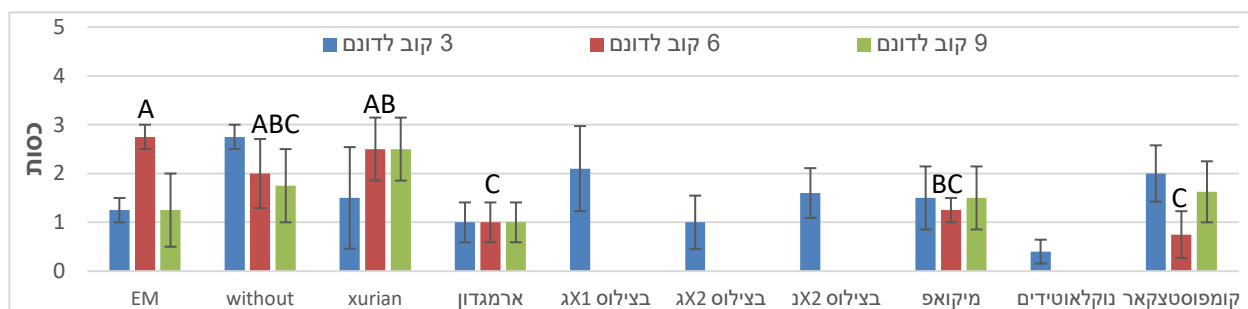
השפעת תוספת התכשירים המיקרוביאליים והתכשירים השונים על איכות הקליפה, בשילוב עם כמויות שונות של קומפוסט מוצגים באיורים 16-18. התכשירים המיקרוביאליים על בסיס חיידקי בצילוס ונוקלאוזידים נבחנו רק בשילוב עם 3 קוב לדונם של קומפוסט. רוב הפקעות היו מכוסות ברשת כבר ביום ההוצאה מהקרקע כאשר הציון הממוצע בכל הטיפולים היה סביב 3 (איור 16). כלומר, כיסוי משמעותי ללא השפעה מובהקת של הטיפולים ביחס לביקורת. בטיפול EM נמצא הבדל משמעותי באיכות הקליפה בין אם ניתן עם 6 קוב לדונם או 9 קוב לדונם, בכל שאר הטיפולים לא נמצא הבדל משמעותי באיכות גם בשילוב עם כמויות שונות של קומפוסט.

בדיגום האחרון נמצאה על הפקעות התחלה של כסות חומה (איור 17). בשילוב של התוספים השונים עם 3 קוב לדונם קומפוסט נראה כי איכות הקליפה מעט טובה יותר בכל הטיפולים לעומת הביקורת אך אף אחד מהם לא היה טוב באופן משמעותי לפי מבחן Oneway Anova, אולם בהשוואה של כל זוג טיפולים לפי מבחן Student's t בטיפולים ארמגדון, בצילוס 2X ג ובנוקלאוזידים איכות הקליפה היתה טובה יותר מאשר בביקורת. בשילוב של הטיפולים עם 6 קוב לדונם קומפוסט, הטיפולים של הקומפוסטצ'אר או הקומפוסטצאר המועשר (ארמגדון) כמו גם הטיפול אליו הוספה מיקוריזה – הראו פחות כסות חומה, כלומר איכות הקליפה היתה מעט גבוהה יותר עבור טיפולים אלו.

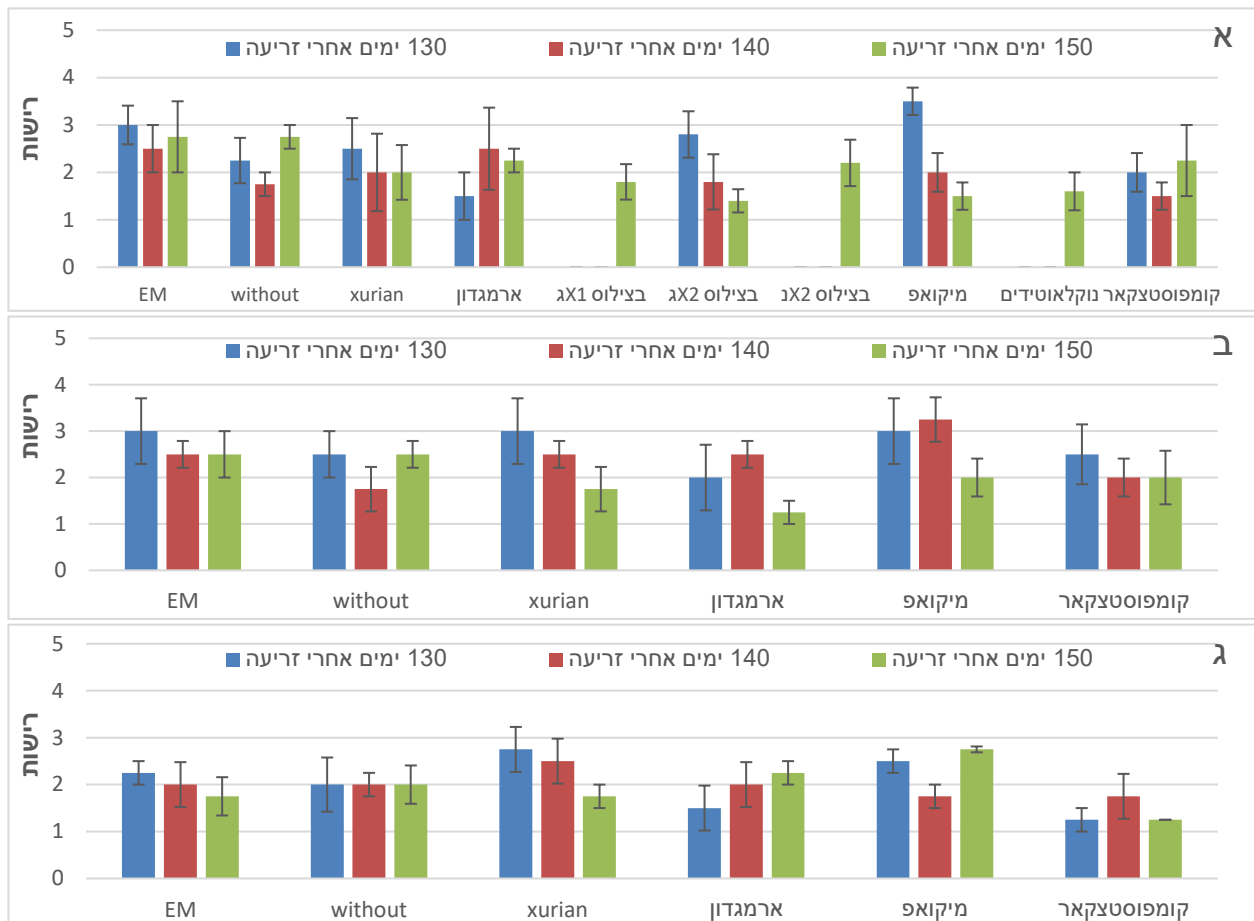
בבחינת איכות הקליפה אחרי חודשיים אחסון לא נמצאו הבדלים בין הטיפולים השונים ברישות (איור 18) או בכסות (איור 19).



איור 16. בחינת איכות הקליפה, רישות, של פקעות (כפי שמתואר באיור 1) ביום הוצאת הפקעות ביישום חומרים שונים על כמויות שונות של קומפוסט הוסף לקרקע לפני זריעה: (א) 3 קוב לדונם, (ב) 6 קוב לדונם, (ג) 9 קוב לדונם. $0 =$ אין פגיעה כלל בפקעת, $5 =$ ישנה פגיעה מרובה. התוצאות מוצגות עבור דיגומים שנערכו 130, 140 ו-150 ימים אחרי זריעה. הנתונים מוצגים כממוצעים ($n=4$) $\pm$ שגיאת תקן. לא נמצאו הבדלים מובהקים (0.05) על פי מבחן מבחן One-way ANOVA בין הטיפולים בכל מועד דיגום. בהשוואה אם יושם על 3, 6 או 9 קוב לדונם (השוואה בין גרפים א, ב ו-ג) נמצאו הבדלים מובהקים (0.05) על פי מבחן שוניות All pairs, Tukey-Kramer HSD בטיפול EM והם מובאים לידי ביטוי באותיות שונות.



איור 17. בחינת איכות הקליפה, כסות חומה, של פקעות (כפי שמתואר באיור 1) ביום הוצאת הפקעות 150 ימים אחרי זריעה, כתלות בכמות הקומפוסט שהוספה לקרקע לפני זריעה. $0 =$ אין פגיעה כלל בפקעת, $5 =$ ישנה פגיעה מרובה. הנתונים מוצגים כממוצעים ($n=4$) $\pm$ שגיאת תקן. הבדלים מובהקים (0.05) על פי מבחן שוניות each pair student's t שנמצאו באיכות הקליפה בין הטיפולים השונים בכל כמות קומפוסט באות לידי ביטוי באותיות שונות. הבדלים נמצאו רק במועד הדיגום הראשון.

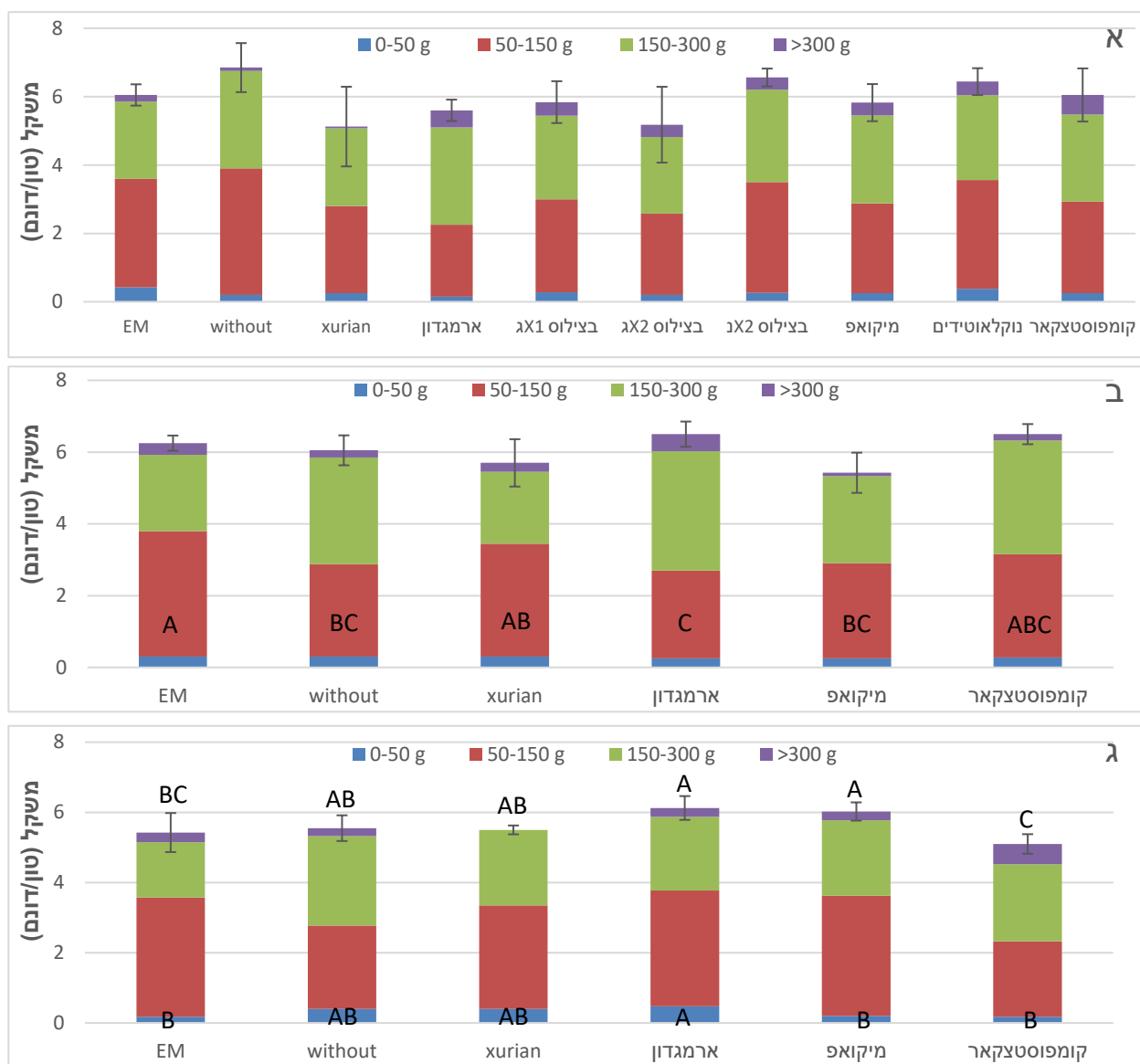


איור 18. בחינת איכות הקליפה, רישות, של פקעות (כפי שמתואר באיור 1) אחרי חודשיים אחסון. כתלות בכמות הקומפוסט שהוספה לקרקע לפני זריעה: (א) 3 קוב לדונם, (ב) 6 קוב לדונם, (ג) 9 קוב לדונם. $= 0$ אין פגיעה כלל בפקעת, $= 5$ ישנה פגיעה מרובה. התוצאות מוצגות עבור דיגומים שנערכו 130, 140 ו-150 ימים אחרי זריעה. הנתונים מוצגים כממוצעים ($n=4$) $\pm$ שגיאת תקן. לא נמצאו הבדלים מובהקים (0.05) על פי מבחן מבחן One-way ANOVA.



איור 19. בחינת איכות הקליפה, כסות חומה, של פקעות (כפי שמתואר באיור 1) אחרי חודשים אחסון. כתלות בכמות הקומפוסט שהוספה לקרקע לפני זריעה: (א) 3 קוב לדונם, (ב) 6 קוב לדונם, (ג) 9 קוב לדונם. $= 0$ אין פגיעה כלל בפקעת, $= 5$ ישנה פגיעה מרובה. התוצאות מוצגות עבור דיגומים שנערכו 130, 140 ו-150 ימים אחרי זריעה. הנתונים מוצגים כממוצעים ($n=4$) $\pm$ שגיאת תקן. לא נמצאו הבדלים מובהקים (0.05) על פי מבחן מבחן One-way ANOVA.

הוספת התכשירים והחומרים השונים לקרקע לאחר שיושמו בה 3 קוב לדונם לא השפיעה על היבול (איור 20א). כאשר יושמו 6 קוב לדונם היבול של הפקעות בגודל 50-100 גרם (הגודל העיקרי לשיווק) היה גבוה יותר עם טיפול EM ו-xurian לעומת הביקורת, טיפול המיקוריזה וקומפוסטצקאר המועשר (איור 20ב). ביישום 9 קוב לדונם היו הבדלים בין הטיפולים ביבול הפקעות בגודל 0-50 גרם וביבול הכולל כאשר היבול בטיפולים ארמגדון ומיקואפ גבוה משמעותית מהיבול בטיפולים EM וקומפוסטצקאר (איור 20ג). הטיפולים השונים לא העלו או הורידו את היבול הכולל ביחס לביקורת עם כל כמות של קומפוסט שהוספה לקרקע.

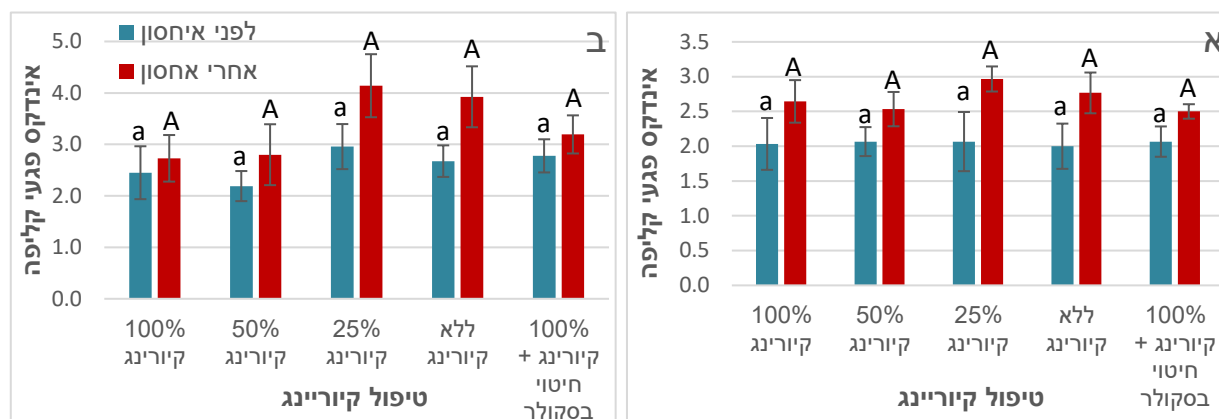


איור 20. יבול תפוחי האדמה בטיפולים השונים לפי קבוצות גודל ביום הוצאת הפקעות 150 ימים אחרי זריעה, בכמויות הקומפוסט השונות שהוספו לקרקע לפני זריעה: (א) קוב לדונם; (ב) קוב לדונם; (ג) קוב לדונם. הנתונים מוצגים כממוצעים $\pm$ שגיאת תקן. הבדלים מובהקים (0.05) על פי מבחן שוניות each pair student's t שנמצאו בכל קבוצת גודל או בסך כל היבול בין הטיפולים השונים בכל כמות קומפוסט באות לידי ביטוי באותיות שונות.

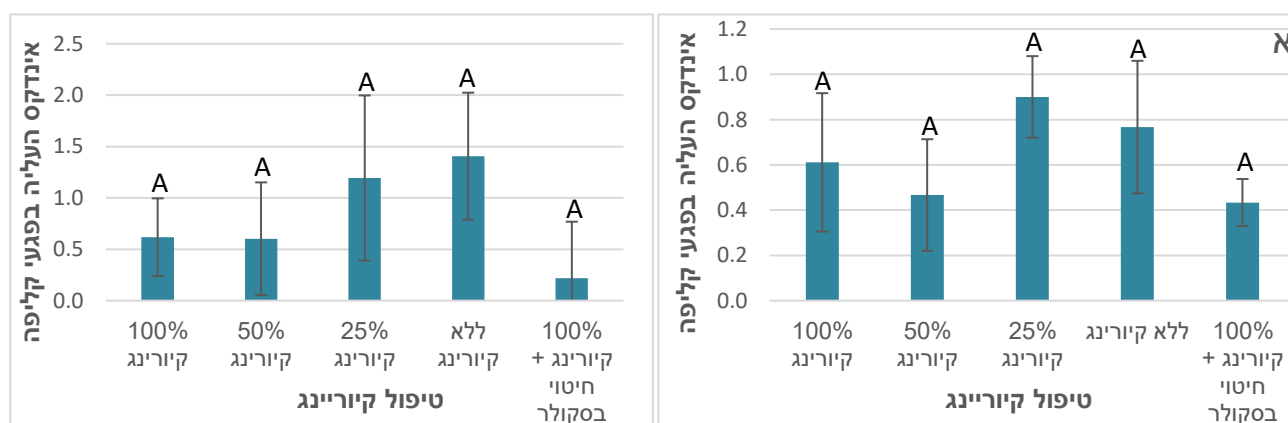
השפעת תנאי אחסון על כתמי קליפה

השפעת טיפולי אחסון שונים על פגעי קליפה מסוג כסות חומה מוצגת באיורים 21 ו-22. תהליך האחסון כולל טיפול קיורניג ולאחריו השהייה למשך 4 חודשים, טיפולי האחסון השונים נבדלים בסוג הקיורניג שבוצע בהם. לא נמצאו הבדלים מובהקים בהתפתחות פגעי קליפה במהלך הניסוי בין הטיפולים השונים בשתי העונות הנבחנו. איור 21 א' בוחן את ההבדל בין רמת נגיעות פגעי הקליפה לפני ואחרי האחסון. בכל הטיפולים לא נמצאו הבדלים מובהקים בהתפתחות פגעי קליפה במהלך האחסון אך ניתן לראות מגמה דומה בין השנים כאשר ללא קיורניג או 25% קיורניג התפתחות פגעי הקליפה היתה מעט גבוהה יותר מאשר עם קיורניג מלא.

איור 22 בוחן את ההשפעה של טיפולי קיוריינג השונים על מידת התפתחות פגעי קליפה במהלך האחסון. גם כאן לא נמצאו הבדלים מובהקים. למרות שלא נמצאו הבדלים מובהקים יתכן ואפשר לראות מגמה דומה בשתי השנים לפיה קיוריינג מלא (100% קיוריינג) מוריד את התפתחות פגעי קליפה באחסון.



איור 21. השפעה של טיפולי קיוריינג שונים על רמת פגעי קליפה במהלך האחסון. א. בעונת 2024, ב. בעונת 2025. טיפול של 100% קיוריינג כלל השהייה של הפקעות בחדר עם לחות גבוהה וטמפרטורה של 14 מעלות צלזיוס תוך הורדה ל 4 מעלות במשך 20 יום ולאחריה אחסון למשך 4 חודשים. טיפולים של 50%, 25% וללא קיוריינג עברו תהליך דומה במשך 10, 5 ו 0 ימים בהתאמה. טיפול ה 100% קיוריינג + חיסוי בסקולר כלל טבילת הפקעות בתמיסת 1% סקולר לחיסוי נגד פטריות. פגעי קליפה נמדדו ע"י אינדקס על סמך הערכה בהסתכלות. האינדקס נע בין ציון 5 לפקעות נגועות מאוד לציון 1 לפקעות שאינן נגועות. פגעי הקליפה שעברו הערכה בניסוי זה היו מסוג כסות חומה. כל טיפול כלל 4 חזרות הנתונים מוצגים כממוצעים $\pm$ שגיאת תקן. לא נמצאו הבדלים מובהקים (0.05) על פי מבחן Oneway anova.



איור 22. השפעה של טיפולי קיוריינג שונים על מידת העליה בפגעי קליפה במהלך האחסון. א. בעונת 2024, ב. בעונת 2025. טיפול של 100% קיוריינג כלל השהייה של הפקעות בחדר עם לחות גבוהה וטמפרטורה של 14 מעלות צלזיוס תוך הורדה ל 4 מעלות במשך 20 יום ולאחריה אחסון למשך 4 חודשים. טיפולים של 50%, 25% וללא קיוריינג עברו תהליך דומה במשך 10, 5 ו 0 ימים בהתאמה. טיפול ה 100% קיוריינג + חיסוי בסקולר כלל טבילת הפקעות בתמיסת 1% סקולר לחיסוי נגד פטריות. מידת העליה בפגעי קליפה נמדדה על ידי אינדקס על סמך הערכה בהסתכלות. פגעי הקליפה שעברו הערכה בניסוי זה היו מסוג כסות חומה. כל טיפול כלל 4 חזרות הנתונים מוצגים כממוצעים $\pm$ שגיאת תקן. לא נמצאו הבדלים מובהקים (0.05) על פי מבחן Oneway anova.

דיון

השפעת טמפרטורת הקרקע על התייצבות קליפת תפוח האדמה

לפי דיווחי החקלאים בעיות באיכות הקליפה נפוצות יותר בזריעות האביב לעומת זריעות הסתיו. ההשוואה בין זריעות נובמבר לזריעות ינואר הדגימה הבדלים ניכרים בפרופיל הטמפרטורות, שהלכו וגברו עם העומק ולאורך הזמן. ניסוי משטרי ההשקיה נזרע בחודש מרץ שהוא חודש מאוחר מאוד לזריעת תפוח אדמה באזור הבשור. כך שהאסיף נעשה בשיא הקיץ כאשר הטמפ' כבר מאוד גבוהות ורחוקות מלהיות אידאליות לגידול תפוח אדמה. בניסוי זה הצלחנו בעזרת טיפולי השקיה שונים להפחית את טמפ' הקרקע ב-7-2 מ"צ במהלך היום מטמפ' מקסימום של סביב 40 מ"צ בשעות השיא בשכבת הקרקע העליונה לטמפ' של 36 מ"צ בשכבה זו ומטמפ' של 32-36 מ"צ בשכבות בהן עיקר הפקעות נמצאות (15-30 ס"מ) לטמפ' של 29-31 מ"צ. זוהי הורדה משמעותית של הטמפ' אך היא עדיין גבוהה מטמפ' של 14-22 מ"צ שנמצאה כאופטימלית לבניית שכבת הסובר (suberization) בפרידרם של תפוח האדמה, ובחשיפה לטמפרטורות גבוהות מ-25°C מואט תהליך ייצור הסובין, מה שמוביל לקליפה חלשה ורגישה לפגיעות מכאניות (Singh et al., 2020a). מסיבות אלו כנראה שלא הצלחנו, בטמפ' בהן נערך הניסוי, למצוא הבדלים עקביים באיכות הקליפה בין טיפולי ההשקיה השונים. כן נמצאו יותר בעיות קליפה בפקעות שהוצאו מעומק הקרקע שם הטמפ' היתה נמוכה ואחידה יותר (פחות תנודות בטמפ') וזה בניגוד לצפי לפי עבודותיהם של Lulai & Corsini (1987), שמצאו כי הפקעות המתפתחות בשכבות קרקע עמוקות חשופות לתנודות טמפרטורה קטנות יותר ולכן שכבת הסובין שלהן מתפתחת בצורה שלמה ואחידה יותר.

אחד הממצאים המרכזיים במחקר זה הוא שהשקיה תכופה יותר (פעם ביום או פעמיים ביום) הורידה את טמפרטורת הקרקע בממוצע בשתי מעלות צלזיוס בהשוואה להשקיה פעם בשלושה ימים (מישקית), כאשר לא נמצאו הבדלים משמעותיים בין השקיה פעם ביום לפעמיים ביום. ממצא זה חשוב מבחינה יישומית שכן הוא מצביע על כך שניתן להשיג את הצינון הרצוי ללא עלויות מים נוספות – כמות המים הכוללת בכל הטיפולים הייתה זהה. אפקט הצינון של השקיה תכופה על קרקע חולית תואם תהליכים פיזיקליים מוכרים: קרקע חולית בעלת כושר אחזקת מים נמוך המאפשר אבפורציה מהירה, ולפיכך השקיה תכופה שומרת על רובד לחות מתמיד בממשק הקרקע-אוויר שמפחית את טמפרטורת הקרקע דרך אידוי (Monteith & Unsworth, 2008; Hillel, 1998).

עם זאת, תוצאות איכות הקליפה אחרי תהליך הקיורניג הראו תמונה מורכבת יותר: לא נמצאו הבדלים עקביים ומובהקים בין כלל טיפולי ההשקיה בכלל פגמי הקליפה. בזן וילדי בלבד נצפו הבדלים נקודתיים – עדשותיות רבות יותר בטיפול ההשקיה פעם בשלושה ימים. תוצאה זו מצביעה על כך שלמשטר ההשקיה יש השפעה מוגבלת על חלק מפגמי הקליפה, אולם קשה לייחס את ההבדלים הנצפים לגורם יחיד, ייתכן שפגמי הקליפה נגרמו בשלבים מוקדמים יותר של הגידול. Hiller et al. (1985) הדגישו כי חלק ניכר מפגמי הקליפה של תפוח האדמה, ובמיוחד רישות וכסות חומה, נוצרים בשלבי צבירת המסה ולא רק בשלב הייצוב שלאחר שריפת הנוף, ממצא המסביר מדוע התערבות בשלב מאוחר זה ייתכן ולא מספיקה לשינוי איכות הקליפה הסופית. ממצא נוסף הראוי לדיון הוא כי לאחר שלושה חודשי אחסון נעלמו ההבדלים הקטנים שנמצאו מיד לאחר הקיורניג. תוצאה זו מחזקת את ההשערה שחלק מפגמי הקליפה הנצפים בהערכה ראשונית עשויים

לנבוע מתהליכים חיצוניים כמו חמצון או פתוגנים, שמשתנים במהלך האחסון, ולא בהכרח מאיכות הפרידרם המקורית (Storey & Davies, 1992). ניכר כי ההבדלים באיכות הקליפה היו גדולים יותר בין הזנים מאשר בין הטיפולים. גם בשטח אנו מקבלים דיווחים כי ישנם זנים רגישים יותר וכאלו שפחות רגישים לבעיות קליפה אך זהו אינו מוקד מחקר זה. נמצא גם כי פקעות עד עומק 10 ס"מ חוו פחות בעיות קליפה מאשר הפקעות העמוקות יותר. אולם, מירב הפקעות נמצאות בעומק גדול יותר.

מועד שריפת הנוף ואיכות הקליפה

השוואת מועדי שריפת הנוף (90 לעומת 100 ימים לאחר זריעה) הדגימה כי הכסות החומה הופיעה אך ורק לאחר שריפת הנוף ולא לפני, בשני הזנים ובשני העומקים. ממצא זה תואם ספרות ענפה על הפרידרם של תפוח האדמה, המוכיחה כי כסות חומה (brown skin) קשורה ישירות לתהליך יצירת שכבת סובין משנית לאחר הפסקת הגידול הווגטטיבי (Lulai, 2007). הפסקת פעילות הנוף מפחיתה את הובלת המים וחומרי ההזנה מהצמח לפקעות, מה שמשנה את הסביבה הביוכימית של הפרידרם ויכול להשפיע על מהלך התייצבות הקליפה. מבחינת ממצאי הרישות, בזן יהלי נצפתה עלייה משמעותית ברישות לאחר שריפת הנוף, בעוד שבזן ויולדי לא נמצאו הבדלים מובהקים. ההבדל בין הזנים מתיישב עם ספרות עשירה המדגימה כי הרישות לרישות (russeting) הינה תכונה גנוטיפית חזקה, הנשלטת על ידי גנים המעורבים בויסות צפיפות וגמישות שכבת הפרידרם (Ducreux et al., 2008). לפיכך, ייתכן שבחירת זן עמיד לרישות היא כלי יעיל יותר ממתן מועד שריפת הנוף בלבד.

חשוב לציין שלא נמצאו הבדלים מובהקים ביבול בין שריפת נוף ב-90 לעומת 100 ימים. ממצא זה מנוגד לאמונה הרווחת בשדה לפיה שריפה מוקדמת מביאה לאיבוד יבול משמעותי של כ-0.4 טון לדונם. ייתכן שבתנאי הניסוי הפקעות כבר צברו את מרב מסתן 90 ימים לאחר הזריעה. נדרש אישור בעונות גידול נוספות.

השפעת הוספת חומר אורגני (קומפוסט) על איכות הקליפה

תוצאות מחקר זה הראו כי כמות הקומפוסט שיושמה (3, 6 או 9 קוב לדונם) לא השפיעה באופן מובהק על איכות הקליפה לאחר אחסון. ממצא ראשוני בלבד נמצא: ביום הוצאת הפקעות מהקרקע (130 ימים לאחר זריעה) נצפה רישות מעט נמוך יותר עם עלייה בכמות הקומפוסט, אך הבדל זה נעלם לאחר אחסון. אי-מציאת השפעה מובהקת של הקומפוסט עלולה לנבוע ממספר סיבות: ראשית, ניסויים קודמים מצאו שהשפעת החומר האורגני על איכות קליפת תפוח האדמה תלויה במידה רבה בטיב הקומפוסט ובהרכבו הביוכימי (Larkin et al., 2011). הקומפוסט שיושם בניסוי זה הכיל כ-14% חומר אורגני ויחס C:N של 15.5, ערכים בגדר סביר אך לא גבוהים במיוחד. שנית, הקרקע החולית במו"פ דרום (88% חול) מציבה אתגר מיוחד: הוספת חומר אורגני בכמויות שנבדקו ייתכן שלא הייתה מספקת לשינוי מובהק בתכונות הקרקע ובמיוחד בקיבול הקטיוני שלה. (Arancon et al., 2006) מצאו שרמת קיבול קטיוני נמוכה (CEC) בקרקעות חוליות מגבילה את השפעת הקומפוסט שכן מינרלים כגון סידן ומגנזיום אינם נקלטים ביעילות. עבודתם של אראל וחובריו (2020–2021) בישראל הגיעה למסקנה דומה לגבי מוגבלות התגובה לדשנים המכילים סידן ומגנזיום בקרקע חולית, מה שמחזק את ההשערה שמנגנון הפעולה מורכב יותר משינוי כמותי פשוט של חומר אורגני.

השפעת תכשירים מיקרוביאליים ושילוב טיפולים

מרבית התכשירים המיקרוביאליים שנבחנו – EM, Xurian (*Pseudomonas putida*), מיקוריזה, קומפוסטצ'אר, ארמגדון ותכשירי בצילוס – לא הציגו יתרון מובהק על הביקורת בפרמטרי איכות הקליפה לאחר אחסון. הספרות המדעית מצביעה על כך שמיקרואורגניזמים כגון *Trichoderma spp* ו-*Bacillus spp* יכולים לדכא פתוגנים קרקעיים הגורמים לפגמי קליפה כגון *Rhizoctonia solani* באמצעות ייצור אנטיביוטיקות ואנזימי פירוק דופן תא פטרייתית (Weller et al., 2002; Singh et al., 2020b). ממצא כי חיידקי *Bacillus* שבודדו מקרקעות חוליות ברמת הנגב ונוקלאוזידים לא הציגו השפעה עקבית על איכות הקליפה אולם מגמות שונות שנמצאו בניסוי (כמו הורדת פגמי קליפה מסוג כסות חומה) עשויים להעיד שלפעילות המיקרוביאלית בקרקע ישנו פוטנציאל השפעה על פגמי הקליפה. זהו תחום שדורש התייחסות רחבה יותר.

גינזברג וחובריה (2013) בחנו את השפעת זמן ההשהיה של פקעות תפוח האדמה בשדה לאחר שריפת הנוף על איכות הקליפה ומצאו כי השהייה ארוכה יותר מובילה להתפוררות הקליפה ולירידה באיכותה. הם קבעו כי השהייה מסוימת הכרחית על מנת לייצב את הקליפה אולם יש להימנע מהשהייה ארוכה מידי. בעבודה זו לא נמצאו הבדלים עקביים באיסוף הפקעות במועדים השונים, כנראה לא הגענו לזמן השהייה ארוך מספיק.

השפעת תהליך הקיורניג על פגמי קליפה באחסון

אחד הממצאים הראשוניים הבולטים הוא שלא נמצאו הבדלים מובהקים בהתפתחות פגמי כסות חומה בין טיפולי קיורניג שונים (100%, 50%, 25%, ללא קיורניג, ו-100%+מנקוזב) לאחר 4 חודשי אחסון. עם זאת, ניתן להבחין במגמה (שאינה מובהקת סטטיסטית) לפיה קיורניג מלא (100%) מפחית את התפתחות פגמי הקליפה. ממצאים ראשוניים אלו מסיבים עניין לאור הספרות הרחבה הכוללת ששוב ושוב הוכיחה את הקשר החזק בין איכות הקיורניג לבין שלמות הפרידרם (Lulai & Corsini, 1987).

אי-מציאת מובהקות בניסוי הנוכחי עשויה לנבוע מגודל המדגם הקטן (4 חזרות של 6 פקעות לטיפול) ומהעובדה שנבחרו רק פקעות עם כסות חומה ברמת אינדקס 2. Lulai et al., (2008) הראו כי ההשפעה של קיורניג על ריפוי קליפה בולטת בעיקר בפקעות שנפגעו פיזית (פצעי חתך) ופחות בפגמים שכבר נוצרו לפני הקיורניג. ממצא זה מציע כי ייתכן שחלק ניכר מהכסות החומה שנצפתה בניסוי נוצרה בשדה, ולכן תהליך הקיורניג – המיועד בעיקר לריפוי רקמה שנפגעה מכאנית – לא הצליח לשנות אותה. יחד עם זאת, היות שמגמת הקיורניג המלא חיובית, מומלץ לחזור על הניסוי עם מדגם גדול יותר ומגוון רחב יותר של רמות נגיעות.

מסקנות ומבט לעתיד

המחקר הצביע על מספר תובנות מרכזיות: (1) טמפרטורת הקרקע הגבוהה בשלב שלאחר שריפת הנוף היא גורם סיכון לפגמי קליפה, ושמירתה מתחת ל-22°C בשכבות הפקעה חיונית לקיורניג תקין; (2) השקיה תכופה יותר (פעם ביום) יכולה להוריד את טמפרטורת הקרקע ב-2°C ללא תוספת מים כוללת, אולם השפעתה על איכות הקליפה הסופית אינה עקבית; (3) קומפוסט ותכשירים מיקרוביאליים לא שיפרו באופן מובהק את איכות הקליפה בתנאי הניסוי, אך מגמות מסוימות ראויות למעקב בניסויים ממוקדים יותר; (4) מועד שריפת הנוף

(90 לעומת 100 ימים) לא השפיע באופן מובהק על היבול, מה שמאפשר גמישות בהחלטת מועד השריפה; (5) קיורניג מלא מראה מגמה חיובית בהפחתת פגמי קליפה אך נדרש ניסוי עם מדגם גדול יותר לאישור. לאור ממצאים אלו, מומלץ בשלב הבא לחקור מנגנונים המשפיעים על שלב ראשוני יותר של הגידול – מיד לאחר הזריעה ובמהלך שלב יצירת הפקעות – שכן ייתכן שמרבית פגמי הקליפה מושרשים בשלבים אלו. בנוסף, ניסוי קיורניג בקנה מידה גדול יותר, עשוי לייצר מידע בעל ערך יישומי לחקלאים המייצאים לאירופה.

ביבליוגרפיה

- Arancon, N. Q., Edwards, C. A., Bierman, P., Metzger, J. D., & Lucht, C. (2006). Effects of vermicomposts produced from cattle manure, food waste and paper waste on the germination, growth, and flowering of petunias. *European Journal of Soil Biology*, 42(1), S205–S211.
- Campos, H. and O. Ortiz. (2020) .*The Potato Crop. Its Agricultural, Nutritional and Social Contribution to Humankind* .Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-28683-5>
- Ducreux, L. J., Morris, W. L., Prosser, I. M., Morris, J. A., Beale, M. H., Wright, F., Shepherd, T., Bryan, G. J., Hedley, P. E., & Taylor, M. A. (2008). Expression profiling of potato germplasm differentiated in quality traits leads to the identification of candidate flavour and texture genes. *Journal of Experimental Botany*, 59(15), 4219–4231.
- FAOSTAT, (2020) .*Food and Agriculture Organization of the United Nations*. <https://www.fao.org/home/en>
- Fiers, M., V. Edel-Hermann, C. Chatot, Y. Le Hingart, C. Alabouvette and C. Steinberg. (2012). Potato soil-borne diseases. A review .*Agronomy for Sustainable Development*, 32(1), 93–132.
- Hillel, D. (1998). *Environmental Soil Physics*. Academic Press.
- Hiller, L. K., Koller, D. C., & Thornton, R. E. (1985). Physiological disorders of potato tubers. In P. H. Li (Ed.), *Potato Physiology* (pp. 389–447). Academic Press.
- Larkin, R. P., Griffin, T. S., & Honeycutt, C. W. (2011). Rotation and cover crop effects on soilborne potato diseases, tuber yield, and soil microbial communities. *Plant Disease*, 94(12), 1491–1502.
- Lulai, E. C. (2007). Skin-set, wound healing, and related defects. In D. Vreugdenhil (Ed.), *Potato Biology and Biotechnology* (pp. 471–500). Elsevier.
- Lulai, E. C., & Corsini, D. L. (1987). Differential deposition of suberin phenolic and aliphatic domains and their roles in resistance to infection during potato tuber (*Solanum tuberosum* L.) wound-healing. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 30(2), 177–192.
- Lulai, E. C., Suttle, J. C., & Pederson, S. M. (2008). Regulatory involvement of abscisic acid in potato tuber wound-healing. *Journal of Experimental Botany*, 59(6), 1565–1573.
- Monteith, J. L., & Unsworth, M. H. (2008). *Principles of Environmental Physics* (3rd ed.). Academic Press.

Singh, B., S. Kukreja and U. Goutam. 2020a .Impact of heat stress on potato (*Solanum tuberosum* L.): Present scenario and future opportunities. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 4(95): 407-424.
<https://doi.org/10.1080/14620316.2019.1700173>

Singh, S., Kumar, V., Dhanjal, D. S., & Singh, J. (2020b). Biological control agents: Potential of fungi and bacteria in potato disease management. In: *Plant Diseases – Current Threats and Management Trends* (IntechOpen).

Storey, R. M. J., & Davies, H. V. (1992). Tuber quality. In P. Harris (Ed.), *The Potato Crop* (pp. 507–569). Chapman & Hall.

Weller, D. M., Raaijmakers, J. M., Gardener, B. B. M., & Thomashow, L. S. (2002). Microbial populations responsible for specific soil suppressiveness to plant pathogens. *Annual Review of Phytopathology*, 40(1), 309–348.

אראל, ר. זיג, א. פינקוביץ, ש. כרמי ג., גינזברג ע. 2020. השפעת תנאי סביבה וזמינות מינרלים על התפתחות פגמים בקליפת תפוח אדמה. דו"ח מועצה צמחית.

אראל, ר. זיג, א. פינקוביץ, ש. כרמי ג., גינזברג ע. 2021. סיכום ניסוי מגנזיום/סידן/אשלגן בתפוא"ד – מופ דרום 2020-2021. דו"ח מועצה צמחית

גינזברג, ע. רשל, ד. פוגלמן, ע. טפר-במנולקר, פ. זוטחי, י. זיג, א. ורשבסקי, ש. 2013. צמצום הנזקים בקליפות תפוחי אדמה אביביים: קיצור ההשהיה בשדה לאחר הקמלת הנוף ואחסון בתנאים מבוקרים.