

מועצה אזורית אשכול
מועצה אזורית שדות נגב
מועצה אזורית מרחבים



משרד החקלאות ופיתוח הכפר
קרן קיימת לישראל
המשרד לפיתוח הנגב והגליל
ההסתדרות הציונית העולמית-החטיבה להתישבות

NEGEV AGRICULTURAL R&D CENTER



דו"ח התקדמות מקצועי 2024



מו"פ דרום / דו"ח שנתי

- מספר מחקר: 92-16-0024

- שם התוכנית: הפחתת עומסי חום במבנים בגידול פלפל בקיץ בנגב המערבי.

- חוקרת ראשית: טל אוגד

- חוקרים שותפים: טלי אילני, שבתאי כהן, מו"פ דרום, ליווי וייעוץ; דוד סילברמן, רוני אמיר, שני אישגור-גרינברג, שקד יוסף כוכבא, משרד החקלאות, שה"מ, ליווי וייעוץ בניסויים; ניר ברהולץ, מדריך גידול ירקות מועצת הצמחים, ליווי וייעוץ בניסויים; יצחק אסקירה – מכללת תל חי, מיקור חוץ משרד החקלאות, ליווי וייעוץ; כרמית זיו, המחלקה לחקר תוצרת חקלאית, מנהל המחקר החקלאי מכון וולקני, ליווי וייעוץ בנושא איכות פרי וחיי מדף; חגי יסעור - מנהל המחקר החקלאי, מרכז מחקר גילת, ליווי ובדיקות פיסיולוגיות.

תקציר

בישראל מגדלים פלפל לשוק המקומי ולייצוא על שטח כולל של כ 20,000 דונם באזורי אקלים שונים ובמגוון בתי צמיחה בהם חממות, בתי רשת ומנהרות עבירות. באזור הבשור ושדות נגב כ- 3500 דונם, מתוכם כ- 2500 דונם המיועדים להנבה בתקופת הקיץ (מאי עד ינואר) שהם כמחצית מהיקף הגידול הארצי בתקופה זו. גידול פלפל בעונת הקיץ, תחת פלסטיק או בבתי רשת, בנגב המערבי והבשור מלווה בתנאי טמפרטורות ולחות יחסית גבוהות שגורמות לפחיתה ביבול ובאיכות הפרי. במסגרת המחקר זה, נבחן צינון התנדפותי, בעזרת מערכת ערפול בלחץ נמוך המותקנת בתוך החממה מעל הצמחים בשילוב עם מערכות להגברת תנועת האוויר. בעבודה זאת נמצא שטיפולי צינון התנדפותי ואוורור מבני גידול הביאו לעליה ביבול של פלפל במהלך גידול בחודשי הקיץ. אך לא באיכות הפרי. עבודה זאת מיעלת את השימוש בצינון ההתנדפותי באזור הנגב המערבי.

רקע קצר ותיאור הבעיה

איכות פרי ורמת היבול בגידול מסחרי של פלפל מושפעים לרעה כתוצאה מעומסי חום שאופייניים לגידול באזור חבל הבשור במהלך עונת אביב-קיץ (2,3). שתילות בעונת אביב-קיץ מתחילות באמצע דצמבר עד אמצע יוני והגידול יכול להמשך עד אוקטובר -ינואר. במהלך הגידול עומסי החום המאופיינים בטמפרטורת מקסימום ומינימום גבוהות שגורמות לירידה ברמת היבול ובאיכות הפרי. ירידה באיכות הפרי נובעת מגודל פרי קטן (150 גרם ומטה), עובי דופן ומתיקות נמוכים. היכולת לצנן מבני גידול של פלפל תחת כיסוי רשת ופלסטיק בעלות צינון שאינה גבוהה יכולה לשפר את רמת ואיכות היבול תוך העלאת רווחיות הגידול בעונת הקיץ.

מטרות המחקר

מטרה עיקרית: פיתוח שיטה שמבוססת על ערפול ואוורור לצינון בתי צמיחה של גידול פלפל במהלך הקיץ בחבל הבשור. השיטה צרכה להוכיח את עצמה על ידי העלאת רמת היבול ואיכות הפרי יחד עם עלות נמוכה שתאפשר ייתכנות כלכלית.

מטרה משנית: הבנה טובה יותר של ההשפעה של עומסי חום על היבול ואיכות הפרי בגידול פלפל. קבלת החלטות נכונות יותר בבחירת מיקום וסוגי מבנים בגידול פלפל מסחרי במהלך הקיץ על ידי חקלאים.

מהלך המחקר ושיטות עבודה

טיפולים ומבני הגידול: הניסוי התבצע כמתוכנן על ידי גידול פלפל ב 8 מבנים של 200 מ"ר כל אחד (9X22 מטר). המבנים היו בגובה של 4.5 מטר וחפיו הקירות בכל המבנים היה רשת נגד חרקים 50 מש. טבלה 1 מציגה את 4 הטיפולים שנכללו בניסוי, כל טיפול כלל 2 חזרות כך שהיו סה"כ כאמור 8 מבנים. איור 1 מציג את מיקום המבנים ביחס לכיוון הרוח, כיוון שנמצא שלמיקום המבנים ביחס לכיוון הרוח הייתה השפעה רבה על האקלים בתוך המבנה, כל חזרה (מבנה) נרשמה כטיפול נפרד. בתכנון המקורי של הצעת המחקר מבנים עם כיסוי רשת בגג היו מתוכננים להתחיל עם פלסטיק בשתילת ינואר ואחר כך לעבור החלפה במהלך חודש מאי (כשמתחמם) לכיסוי גג עם רשת נגד מזיקים 50 מש. בגלל אילוצים טכניים השתילה עקב המלחמה ועקב מחלת קרקע שדרשה שתילה חוזרת השתילה התבצעה ב 22/7/24 ולכן המבנים האלה נשתלו עם כיסוי רשת נגד חרקים 50 מש. הגידול נמשך עד דצמבר 2024. כפי שמצוין בטבלה 1, תחת כיסוי מבנה צמיחה ברשת חרקים 50 מש נבדקו טיפול עם מערפלים וטיפול ביקורת ללא ערפול או אוורור. תחת כיסוי של מבנה צמיחה בפלסטיק נבחנו טיפול בערפול וטיפול שכלל ערפול + אוורור. מערכת הערפול שנבחרה הייתה בעלת עלות כלכלית נמוכה שלא הצריכה התפלה של מים או הגברת לחץ של הקו הקיים. לחץ הקו הקיים לא ירד מ 4 אטמוספרות ואיכות המים השפירים המקומיים הייתה ברמת מליחות נמוכה (EC 0.3) שמאפשרת ערפול ללא פגיעה בצמח כתוצאה מהצטברות מלחים. סוג המערפלים היה "Super Fogger x 4" של חברת נען עם 4 ראשים לכל מערפל וספיקה כוללת של 20 ליטר לשעה. פריסת המערפלים הייתה על שטח של 3X3 מטר למערפל (סה"כ 9 מ"ר למערפל) בגובה של 3 מטר מהקרקע. משטר ההפעלה של המערפלים היה במחזורים שכל מחזור כלל הפעלה למשך דקה ואחריה הפסקה למשך 9 דקות כדי לאפשר לעלים להתייבש (סה"כ 10 דקות לכל מחזור). במהלך היום הערפול התחיל בשעה 11:00 והסתיים ב 15:00 כך שהיו ביום סה"כ 30 מחזורים וסה"כ 30 דקות הפעלה ליום. צריכת המים של המערפלים הייתה כ 0.8 קוב לדונם ליום. מערכת האוורור שנבחרה כללה שימוש במפוחים ושרוולי אוויר שמוקמו בין צמדי שורות השתילה. עלות המפוחים היא חד פעמית והשימוש בהם דורש מערכת חשמל וספיקת חשמל של 8KW לדונם. ההפעלה של האוורור בוצעה במשך 24 שעות ביממה (רציפה ללא הפסקה). מדידת האקלים במבני

הגידול נעשתה על ידי מערכת "גרופיט" ומדידת טמפרטורת צמח על ידי מערכת של חברת "Seymour".

תנאי גידול: המבנים נשתלו כאמור ב 22/7/24 בזן הפלפל טופ 141 שהוא זן מסחרי נפוץ באזור חבל הבשור לשתילות קיץ של יולי. גידול הפלפל נעשה בהתאם למקובל בגידול פלפל מסחרי בחבל הבשור. הצמחים נשתלו בשורות צמדים כשמרחק בין שורות הצמד היה 40 ס"מ והמרחק בין מרכז צמד אחד למשנהו היה 2 מטר. עומד הצמחים במבני הגידול היה 3000 צמחים לדונם, מרחק בין צמח לצמח בתוך שורות הגידול היה 33 ס"מ. טיפולי השקיה ודישון כללו מדידת מי טפטפת ומי משאב בפרמטרים של מוליכות, וחנקן ניטראטי תוך שימוש במד EC ומכשירי חברת HORIBA בהתאמה. טיפולי הגנת הצומח נעשו בהתאם להמלצת פקח וכללו ריסוסים מונעים ותגובתיים כל שבוע כנגד מזיקים ומחלות. כל מבני הגידול שהשתתפו בניסוי טיפולים זהים של השקיה, דישון והגנת הצומח.

מדידות תנאי אקלים וטמפרטורת צמח: המבנים שבהם בוצעו מדידות היו מבנים מספר 6, 7, 10 ו 11. כפי שניתן לראות בטבלה 1 ובאיור 1 כל מבנה שימש כטיפול שונה הנבדל אחד מהשני בסוג כיסוי הגג (רשת או פלסטיק, מיקום לעומת כיוון הרוח (צפוני או דרומי) וסוג טיפול הצינור (ללא, ערפול וערפול+אורור) המדידות התבצעו לפני תחילת טיפולי הצינור ובמהלך טיפולי הצינור כדי לאפשר בידוד טוב יותר של השפעת טיפולי הצינור. המדידות לפני טיפולי הצינור נעשו במהלך רוב משך המחקר של שנה א ובמהלך חודש לפני שתילה של השנה הנוכחית (שנה ב) ונמצאה התאמה טובה בין שתיהן. מערכות המדידה כללו את מערכת "גרופיט" ומערכת "Seymour" שמוקמו מעל גובה הצמחים ואפשרו את מדידת הקרינה, טמפרטורת אוויר, ולחות האוויר. מערכת ה "Seymour" אפשרה מדידת נוספת של טמפרטורת צמח ומערכת מדידת הגרופיט אפשרה מדידה נוספת של רטיבות הקרקע. במהלך הניסוי נשמרו תנאים של רטיבות קרקע דומה בין הטיפולים. מדידות טמפרטורת אוויר, קרינה ולחות נעשו על ידי מערכת גרופיט במהלך תקופה של קדם שתילה שהתחילה ב 22/6/24 והסתיימה ב 22/7/24 ובמהלך תקופת הגידול שהתחילה ב 22/7/24 והסתיימה ב 18/11/24. מדידת טמפרטורת צמח וטמפרטורת אוויר נעשתה במהלך שעות הפעלת טיפולי הצינור שהתחילו בשעה 11:00 והסתיימו בשעה 15:00 המדידה התחילה בתאריך 26/8/24 והסתיימה ב 11/8/24. בתוכנית המקורית תוכנן להשוות את תנאי האקלים בין מבנים עם כיסויי גג שונים כך שיהיו 2 חזרות (מבנים) לכל סוג של כיסוי גג, אך כאמור במהלך הניסוי של שנה א נמצא שלמיקום המבנים ביחס לרוח וביחס אחד לשני יש השפעה גבוהה על תנאי האקלים ולכן החלטנו לבצע את המדידות כתצפית לכל מבנה בנפרד בהתאם לכיסוי הגג ולמיקום המבנה. חישוב של השפעת סוג מבנה וטיפול צינור על טמפרטורת האוויר במבנה נעשה בטבלה 3. הטבלה מציגה את הפרש במעלות צלזיוס בין טמפרטורת המקסימום של האוויר במבנה של טיפולים עם צינור לעומת זאת שבטיפול ה"רשת הדרומית" שלא כלל טיפול צינור. ההפרש חושב על ידי טמפרטורת מקסימום

טיפול עם צינן פחות טמפרטורת המקסימום של מבנה "רשת דרומית". ההפרש חושב לפני ואחרי הפעלת צינן והסכום של שני ההפרשים מראה את מידת הצינן (במעלות צלזיוס).

מדידת יבול ואיכות פרי: מדידת רמת היבול נעשתה בשמונה מבני הגידול השונים בניסוי כמפורט בטבלה 1 ובאיור 8. בכל מבנה התבצע קטיף של הפירות מ 3 חלקות אקראיות בשורות מרכזיות. גודל כל חלקה היה 10 מ"ר (5 מטר רץ של צמד שתילה). הקטיף בוצע פעם בשבוע, לאחריו הפירות נלקחו למעבדה ועברו מיון ושקילה. מיון הפירות לפי איכות פרי נעשתה על ידי הערכה של הסתכלות בעין, הפירות מוינו לפי פירות סוג א (פרי יפה), סוג ב (פרי פחות יפה) ופרי שאינו מתאים לשיווק. רובם ככולם של הפירות שאינם מתאימים לשיווק נבעו מעיוותים קשים ולא נמצאו כמעט בכלל תסמיני ווירוס או פגעים פיסיולוגים שגרמו לפסילת פרי לשיווק. תקופת מדידת היבול נעשתה על יבול שחנט והתפתח במהלך בתקופה החמה של הגידול שבה אנחנו מניחים יש השפעה לטיפול הצינן. השתילה בוצעה בתאריך 22/7/24 והקטיפים נעשו בתקופה של ה 13/10/24 עד ה 18/11/24. במהלך תקופה זאת בוצעו 5 קטיפים שבועיים.

מדידת חיוניות אבקנים: בדיקת חיוניות גרגרי אבקה נעשתה על ידי שליחת דגימות פרחים מהטיפולים השונים למעבדה של ד"ר חגי יסעור במרכז מחקר גילת של מנהל המחקר החקלאי. מכל מבנה נדגמו כ 10 פרחים באקראי, הדגימה נעשתה בשעה 9:00, הפרחים הוכנסו לשקיות במיכל מקורר ונשלחו ללא דיחוי למעבדה כדי לבצע את בדיקת החיוניות של האבקנים במצב טרי ככל האפשר. בדיקת החיוניות נעשתה על ידי צביעת אלכסנדר (8).

בדיקת חיי מדף של פרי הפלפל: מדידת חיי מדף נעשתה על ידי השהייה למשך 5 ימים בטמפרטורת חדר של כ 20-25 מעלות צלזיוס המדמה זמן ותנאי שיווק לשוק מקומי. בתום ההשהיה הפירות חולקו לקטגוריות המתוארות בטבלה 2. אינדקס חיי מדף התקבל על ידי הנוסחה הבאה: אינדקס חיי מדף = (אחוז רכים $\times 1$ + אחוז גמישים $\times 3$ + אחוז מוצקים $\times 5$). לפי נוסחה זו ערך גבוהה יותר של אינדקס חיי מדף מצביע על חיי מדף טובים יותר, ערך חיי מדף מקסימלי הוא 5 ומינימלי ביותר הוא 1.

תוצאות ביניים לפי המשימות שהוגדרו בתוכנית המקורית לאותה שנה

מדידת טמפרטורת אוויר: כאמור בפרק "מהלך המחקר ושיטות עבודה" המדידות נעשו בארבע מבנים שונים ששימשו כטיפולים שונים. במהלך המחקר המדידות נעשו בשני פרקי זמן שונים: הראשון בפרק זמן שבו לא הופעלו טיפולי צינן. והשני בפרק זמן שבו כן הופעלו טיפולי הצינן. שני פרקי הזמן האלה מאפשרים את בידוד השפעת טיפולי הצינן. המדידות של לפני הפעלת טיפולי הצינן התקבלו על סמך מדידה של רוב משך המחקר של שנה א וגם על סמך חודש לפני שתילה של השנה הנוכחית (שנה ב) והן הראו התאמה מאוד טובה ביניהן. לאחר מדידות אלה ניתן לדעת

את היחס של הטמפרטורה במבנים השונים לפני תחילת טיפולי הצינן. איור 2 מציג את מדידת הטמפרטורה לפני טיפולי הצינן וניתן לראות שישנה שונות בטמפרטורה בין המבנים שנובעת כתוצאה מתנאי אוורור שונים בגלל המיקום השונה של המבנים ביחס לרוח ובנוסף בגלל סוג כיסוי הגג. מבנים עם כיסוי גג רשת היו בעלי טמפרטורה נמוכה ממבנים עם כיסוי גג של פלסטיק ומבנים צפוניים היו עם טמפרטורה נמוכה יותר ממבנים דרומיים כתוצאה מאוורור טוב יותר של הרוח צפון מערבית השכיחה באזור. איור 3 מראה את טמפרטורת האוויר במבנים במהלך הפעלת טיפולי הצינן. את ההשפעה של טיפולי הצינן על טמפרטורת האוויר ניתן לעשות על ידי השוואה של הטיפולים השונים ביחס לטיפול של מבנה "רשת דרומי" שלא כלל טיפול צינן. לפני טיפול הצינן. ההשפעה של טיפולים שונים בניסוי על טמפרטורת אוויר מקסימלית במבנה מוצגת בחישוב שנעשה בטבלה 3. החישוב מבוסס על ידי השוואה לטיפול "רשת דרומית" שלא כלל טיפול צינן. ניתן לראות שבכל הטיפולים התקבלה ירידה של כ 3 מעלות צלזיוס בטמפרטורת האוויר המקסימלית במבנה.

מדידת לחות, וקרינה: איור 4 מציג את מדידת הקרינה והלחות במבנים שבהם נמדדו תנאי האקלים. התוצאות המוצגות חושבו על ידי חישוב ממוצע של קרינה ולחות ממוצעת יומית במהלך הגידול. ניתן לראות שרמת הקרינה הייתה עם שינויים קטנים בין המבנים וניתן להניח שהיא נבעה מרמת האבק שהצטבר על כיסוי הפלסטיק או הרשת בגגות המבנה. רמת הלחות במבנים השונים הייתה גם היא דומה וניתן להניח שהיא מושפעת משילוב של שלושה גורמים שונים: 1. רמת אוורור, 2. השפעת טיפולי הערפול, 3. טמפרטורת האוויר במבנה. איור 5 מציג את היחס שקיים בין טמפרטורת אוויר ורמת הלחות במבנה במהלך שעות היממה. טמפרטורת. הצגת איור זה חשובה להבנה שבמהלך שעות החום הכבדות יש פוטנציאל טוב לקירור התנדפותי של הצמח. הסיבה לכך היא שהלחות היחסית יורדת כתלות בגובה הטמפרטורה. וככל שהלחות היחסית נמוכה כך היכולת של צינן התנדפותי גבוהה יותר.

מדידת טמפרטורת צמח: איור 6 מציג את מדידת טמפרטורת האוויר במבנה לעומת טמפרטורת הצמח בטיפולים השונים. ניתן לראות שטמפרטורת העלה נמוכה מזאת של האוויר אך נראה שבעוד טמפרטורת האוויר משתנה בין הטיפולים השונים טמפרטורת העלה נשארת דומה.

מדידת יבול ואיכות פרי: מדידת יבול ואיכות פרי נעשתה בכל 8 המבנים שהשתתפו בניסוי (טבלה 1 ואיור 1). כיוון שמדידות הטמפרטורה הראו שלמיקום המבנים ישנה השפעה משמעותית על הטמפרטורה במבני הגידול, מדידת היבול והערכת איכות הפרי נעשתה בכל מבנה לחוד תוך ציון סוג כיסוי הגג והמיקום שלו. הנחת העבודה בניסוי הנוכחי היא שלטיפולים השונים הייתה השפעה על יבול ואיכות הפרי במהלך התקופה החמה של הגידול שהתחילה בזמן השתילה ב 22/7/24 והסתיימה ב 18/11/24 במהלכה בוצעו חמישה קטיפים. איור 7 מציג את רמת היבול המשוקק המצטבר במהלך ואת משקל הפרי הממוצע במהלך תקופת הגידול בכל אחד מהמבנים שהשתתפו בניסוי. ניתן לראות שלטיפולי הצינן השונים יש השפעה על היבול ומידת ההקדמה של היבול.

לדוגמה יש הבדל גדול בין טיפול רשת צפוני לטיפול רשת צפוני + ערפול שמראה שלערפול במבני רשת צפוני יש השפעה גדולה על יבול הכללי ומידת הקדמה של היבול. משקל הפרי הממוצע לא מראה שינויים משמעותיים בין הטיפולים השונים. איור 8 מציג את איכות הפרי בשני מדדים: יופי הפרי שנמדד על פי אחוז פרי סוג א מסה"כ פרי לשיווק (פרי לשיווק = פרי סוג א + פרי סוג ב) ואת אחוז הפרי לא לשיווק מסה"כ הפרי שנקטף (סה"כ פרי שנקטף = פרי לשיווק + פרי לא לשיווק). טיפול פלסטיק צפוני + ערפול + אוורור הראה אחוז נמוך של פרי סוג א ופרי בררה ביחס לאחרים. כיוון שהתוצאות הן ברמת תצפית לא ניתן האם יש מובהקות סטטיסטית לתוצאות. מצד שני הטיפול הזה הראה רמת יבול גבוהה ויתכן שזה כתוצאה מעודף יבול.

מדידת חיוניות גרגרי אבקה: בניסוי הנוכחי נבדקו דגימות גרגרי אבקה לחיוניות. הדגימות הללו נלקחו ממבני הגידול השונים שהשתתפו בניסוי (טבלה 1, איור 1). במבני הגידול השונים נמצאו הבדלי אקלים, יבול ואיכות פרי (איורים 2,6,7,8). ידוע בספרות שחיוניות נביטת אבקנים בפלפם מושפעת לרעה מעומסי חום ויכולה להיות קשורה לכמות הפרי שחונט ולגודל ואיכותו (6,7). לפרחים עם גרגרי אבקה בעלי רמת חיוניות נמוכה כתוצאה מעומס חום, סיכוי נמוך יותר לחנוט לפרי (ברגע שאין חנטה הפרח נושר) ובנוסף בפרי פלפל שחיוניות האבקה שלו גבוהה יותר ייווצרו יותר זרעים שמפרישים הורמונים במהלך גדילת הפרי כך שלפרי עם יותר זרעים סיכוי להיות בעל צורה יפה יותר וגודל ומשקל טובים יותר (6,7). איור 8 מציג את רמת חיוניות אבקת הפרחים שנדגמה מכל אחד מהמבנים שהשתתפו בניסוי. ניתן לראות שלטיפול פלסטיק צפוני + ערפול + אוורור יש רמה נמוכה יחסית של חיוניות אבקה וכן נמצא בו גם אחוז גבוהה יותר של בררה.

בדיקת חיי מדף של פרי הפלפל: כפי שניתן לראות באיור 10, לא נמצאו הבדלים מובהקים בחיי המדף של פירות פלפל שנדגמו מהמבנים השונים שהשתתפו בניסוי.

דין

מטרת המחקר של העבודה הנוכחית היא מציאת דרך יישומית לחקלאי להעלאת יבול בפלפל המהלך הקיץ על ידי שימוש במשטרי צינון. מטרה משנית של המחקר היא הבנה טובה יותר של מנגנון הצינון. בניסוי הנוכחי נבדקו טיפולים שונים שמשפעים על צינון מבנה הגידול, הטיפולים כללו מבני גידול הנבדלים אחד מהשני בכיסוי הגג (רשת או פלסטיק), במיקום המבנים לעומת הרוח (צפון ודרום) ובטיפולי צינון שונים של ערפול ואוורור. כפי שמוצג באיור 1 וטבלה 1. תנאי אקלים נמדדו רק בארבעת המבנים הפנימיים ואילו רמת יבול ואיכות פרי נמדדה בכל 8 המבנים. נמצא שלטיפולים השונים ישנה השפעה על רמת היבול לשיווק אם כי אין אפשרות לבצע ניתוח סטטיסטי בגלל שהניסוי הוא ברמת תצפית. מדידת טמפרטורות אוויר וצמח במבנים מראה שטמפרטורת האוויר מושפעת מהטיפולים השונים ולעומת זאת טמפרטורת הצמח לא הראתה שינוי כתוצאה מהטיפולים השונים. מסקנות שהתקבלו מהניסוי הנוכחי הן שלטיפולי צינון פלפל בקיץ על ידי ערפול ואוורור ובנוסף

בחירת מבנה ביחס לרוח יש השפעה חיובית על היבול. התוצאות שהתקבלו בעבודה זאת בחבל הבשור תואמות תוצאות של ניסויים דומים שנעשו בעבר בערבה (2,3) טיפולי הצינון ההתנדפות המוצעים בעבודה אינם יקרים וקלים ליישום אצל החקלאי; הם דורשים בחירת מבני גידול מאווררים מתוך האפשרויות שקימות אצל החקלאי, פריסת מערכת מערפלים שיכולה לעבוד בלחץ קו מקומי של 4 אטמוספרות ובמי השקיה באיכות מים שפירים שקיימים אצל חקלאים באזור חבל הבשור. לכן התוצאות יכולות לשמש כהמלצה לחקלאים המקומיים ולכן העבודה הנוכחית עונה על מטרת המחקר הראשית. לענות על מטרת המחקר המשנית שהיא הבנת המנגנון לפיו פועלים טיפולי הצינון להגדלת היבול נדרשת עוד עבודה נוספת. הבנת המנגנון תוכל בעתיד לאפשר לנו תכנון טוב יותר של טיפולי צינון שיהיו ישימים לחקלאי. בעבודה זאת נמצא שחיוניות אבקה, ומדדי איכות פרי כנראה לא הושפעו על ידי טיפולי הצינון כך שרק היבול הכללי השתפר כתוצאה מהטיפולים. כדי להבין את המנגנון כדאי לשים לב לתוצאות שהתקבלו בניסוי הנוכחי שמראות שהטיפולים השפיעו לטובה על רק טמפרטורת האוויר אך לא על טמפרטורת הצמח. לכן אפשר להציע אפשרות שלפיה המנגנון שבעזרתו שומר הצמח על טמפרטורת עלה יכול להשפיע על רמת היבול. לדוגמה כאשר הצמח נכנס לעקת חום הוא יכול לנתב את קרני האור למסלול שמצד אחד לא מחמם את העלה אך ביחד עם זאת המסלול הזה לא מאפשר פוטוסינתזה יעילה ולכן פוגע ברמת היבול. על פי אפשרות זאת טיפולי הערפול והאוויר מאפשרים לצמח לשמור על טמפרטורת עלה בצורה שפחות דורשת מהצמח ביטול של מסלולי פוטוסינתזה כאלה. כדי לבדוק אפשרות זאת אפשר יהיה לבדוק בשנה הבאה של המחקר את יעילות הפוטוסינתזה על ידי שימוש במכשירים שקיימים היום בשוק ומבוססים על קריאת פלורוסנציה של העלה (9). נושא נוסף שנמצא בעבודה זאת שיוכל לעזור בהבנת מנגנון הצינון והשפעתו על היבול הוא היכולת לבדוד את השפעת טיפולי צינון על טמפרטורת האוויר. כיוון שלכל מבנה יש את רמת אוורור שונה שנובעת ממיקום המבנה ביחס לרוח ביצענו בניסוי הנוכחי מדידה של טמפרטורת אוויר לפני ואחרי טיפולי צינון באותו מבנה. כדי ליעל את דרך העבודה הזאת נרצה בשנה הבאה של המחקר לבצע שני דברים. האחד הוא שבמהלך עונת גידול בקיץ נמדוד באותו מבנה את טמפרטורת האוויר תחת הפעלה לסירוגין של טיפולי הצינון לפרקי זמן של מספר ימים. דבר שני שנרצה לעשות הוא הוספה של מדידת מהירות רוח בתוך המבנה כדי ליחס גם אותה ליעילות הצינון ההתנדפותי.

1. א' ארבל, ר' אופנברך, מ' ברק, ר' גולן, א' שקליאר (2001) שילוב של מערכת אוורור וערפול לצינון מיטבי של בית צמיחה, תוכנית מדען מס. 459-0203
2. י' אסקירה, ע' מדואל, ד' אלקיים, ד' חשמונאי, ר' אופנברך רבקה, י' צביאלי (2007) שימוש במזרון לח עשוי רשתות צל בגידול פלפל בבית צמיחה. מו"פ ערבה תיכונה וצפונית תמר
<http://agri.arava.co.il>
3. י' אסקירה, נ. ברהולץ, ד. סילברמן, ע. סויסה, י. צביאלי (2022) תצפית צינון התנדפותי בפלפל סתווי בערבה התיכונה 2021-2022, מופ ערבה תיכונה, דוח למועצת הצמחים
4. ד' הראל, ה' פדידה, א' סלפוי, ל' גנות, ש' סלע, א' שלם, ע' שלו, מ' סופר, ש' גנץ, ל' אברהם, ש' אילני, ק, שלה (2014) ממוצע טמפרטורה יומי ולחות יחסית כגורמים המשפיעים על יבולי העגבניות בבית רשת 50 מש בעונת הקיץ, מופ דרום, דו"ח למועצת הצמחים
5. ליאור אברהם, דוד סילברמן, שלי גנץ (שה"מ) שלמה אילני, איציק אסקירה (מועצת הצמחים) חנה אלון, אביתר איתאל, שבתאי כהן, אלק סולפוי, ליאנה גנות (מו"פ דרום) אלי פליק, חגי יסעור (מנהל המחקר החקלאי) הקשר בין כמות הקרינה המצטברת ליבול ואיכותו בפלפל מופ דרום דוח מס. 167-2015
6. Erickson, A.N. and Markhart, A.H. 2001. Flower Production, Fruit Set, and Physiology of Bell Pepper during Elevated Temperature and Vapor Pressure Deficit. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 126(6): 697-702.
7. Erickson, A.N. and Markhart, A.H. 2002. Flower developmental stage and organ sensitivity of bell pepper (*Capsicum annuum* L.) to elevated temperature. Plant, Cell and Environment. 25: 123–130.
8. Alexander, M.P. 1969. Differential staining of aborted and non-aborted pollen. Stain technology. 44(3): 117-122.
9. Chlorophyll Fluorescence: Importance and Applications (<https://cid-inc.com/blog/chlorophyll-fluorescence-importance-and-applications/>)

טבלה 1. מבני הגידול שהשתתפו בניסוי. העמודות בטבלה: מספר מבנה (כפי שמופיע באיור 1), מדידת אקלים (אם בוצעה), שם המבנה, סוג טיפול צינן שהתבצע רק ב 10 ימי הגידול האחרונים של הגידול, כיסוי גג, מיקום המבנה (כפי שמופיע גם באיור 1).

מספר מבנה	מדידת אקלים	שם המבנה	טיפול צינן	כיסוי גג	מיקום מבנה
6	כן	פלסטיק דרומי	מערפלים אוורור	פלסטיק	דרומי
7	כן	רשת דרומי	ללא	רשת	דרומי
10	כן	רשת צפוני	מערפלים	רשת	צפוני
11	כן	פלסטיק צפוני	מערפלים	פלסטיק	צפוני
5	לא	פלסטיק דרומי מזרחי	מערפלים	פלסטיק	דרומי מזרחי
8	לא	רשת דרומי מערבי	מערפלים	רשת	דרומי מערבי
9	לא	רשת צפוני מזרחי	ללא	רשת	צפוני מזרחי
12	לא	פלסטיק צפוני מערבי	מערפלים אוורור	פלסטיק	צפוני מערבי

טבלה 2. הערכת חיי מדף על פי קטגוריות של פרי לאחר השהייה למשך 5 ימים בטמפרטורת 20-25 מעלות לבדיקת איכות חיי מדף. הערכת חיי המדף התקבלה על ידי הערכת האחוז של כל אחת משלושת הקטגוריות "רכים", "גמישים" ו "מוצקים". אינדקס חיי מדף התקבל על ידי הנוסחה הבאה: אינדקס חיי מדף = אחוז רכים X 1 + אחוז גמישים X 3 + אחוז מוצקים X 5. לפי נוסחה זו ערך גבוה יותר של אינדקס חיי מדף מצביע על חיי מדף טובים יותר, ערך חיי מדף מקסימלי הוא 5 ומינימלי ביותר הוא 1.

שם קטגוריה	תאור הקטגוריה
"רכים"	פרי מאוד רך שאינו ראוי לצריכה
"גמישים"	פרי רך חלקית שראוי לצריכה
"מוצקים"	פרי מוצק שראוי לצריכה

טבלה 3. השפעת הטיפולים (סוג מבנה וטיפול צינן) על טמפרטורת האוויר במבנה. ההשפעה נמדדה על ידי הפרש במעלות צלזיוס בין טמפרטורת המקסימום של טיפולים עם צינן לעומת טיפול ה"רשת הדרומית" שלא כלל טיפול צינן. ההפרש חושב על ידי טמפרטורת מקסימום במבנה של טיפול עם צינן פחות טמפרטורת המקסימום של מבנה "רשת דרומית". ההפרש חושב לפני ואחרי הפעלת צינן והסכום של שני ההפרשים מראה את מידת הצינן (במעלות צלזיוס) שהתקבלה כתוצאה מסוג המבנה וטיפול הצינן שבו.

טיפול (מבנה וטיפול צינן)	הפרש לפני צינן (מעלות צלזיוס)	הפרש אחר צינן (מעלות צלזיוס)	סה"כ ירידה בטמפרטורה כתוצאה מטיפול (מעלות צלזיוס)
פלסטיק דחמ + מערפלים + אוורור	1.5	-1.3	2.8
פלסטיק צפוני + מערפלים	0.9	-1.8	2.7
רשת צפוני + מערפלים	-0.6	-3.6	3.0

כיוון הרוח

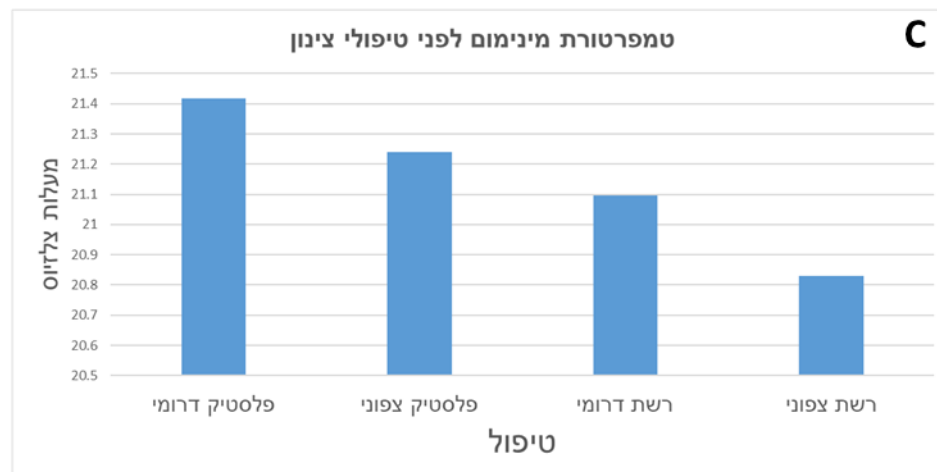
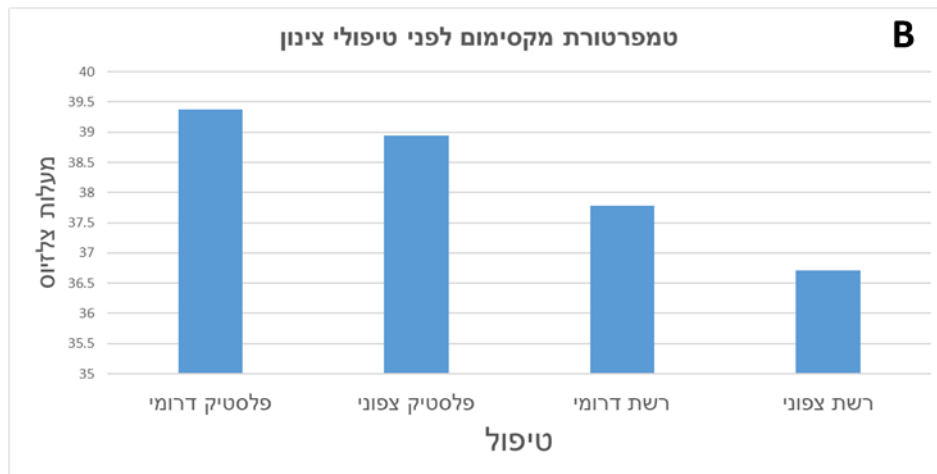
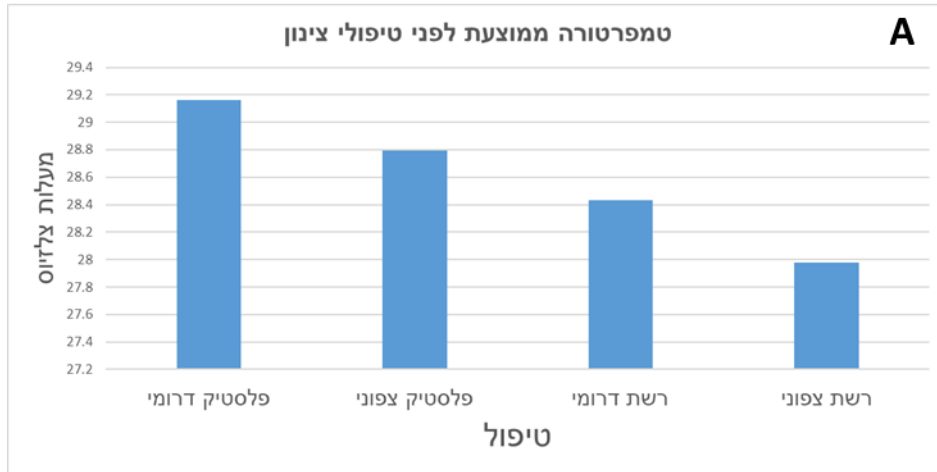


צפון

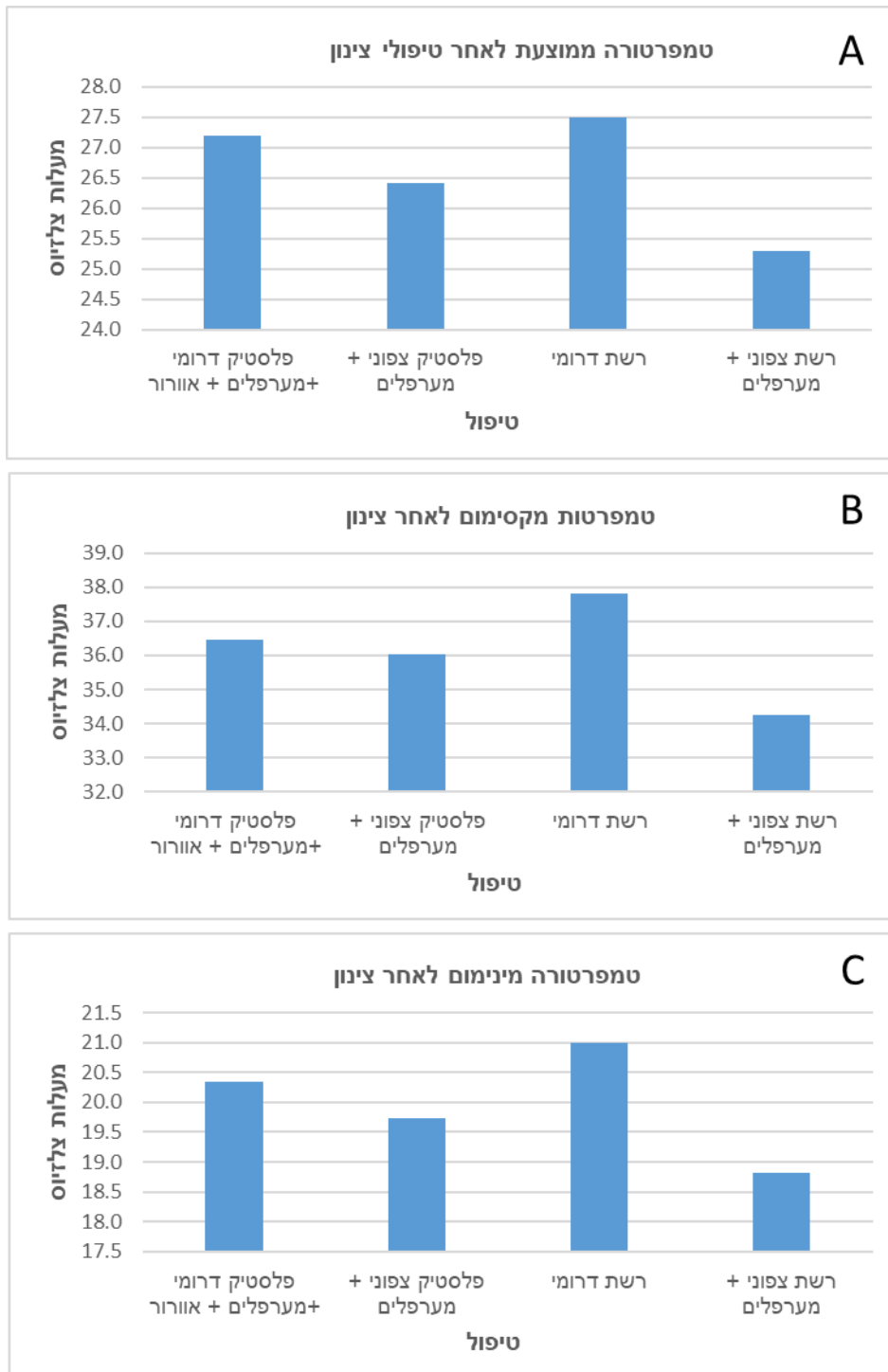


16	15	14	13
שביל בטון			
12	11	10	9
שביל בטון			
8	7	6	5
שביל בטון			
4	3	2	1

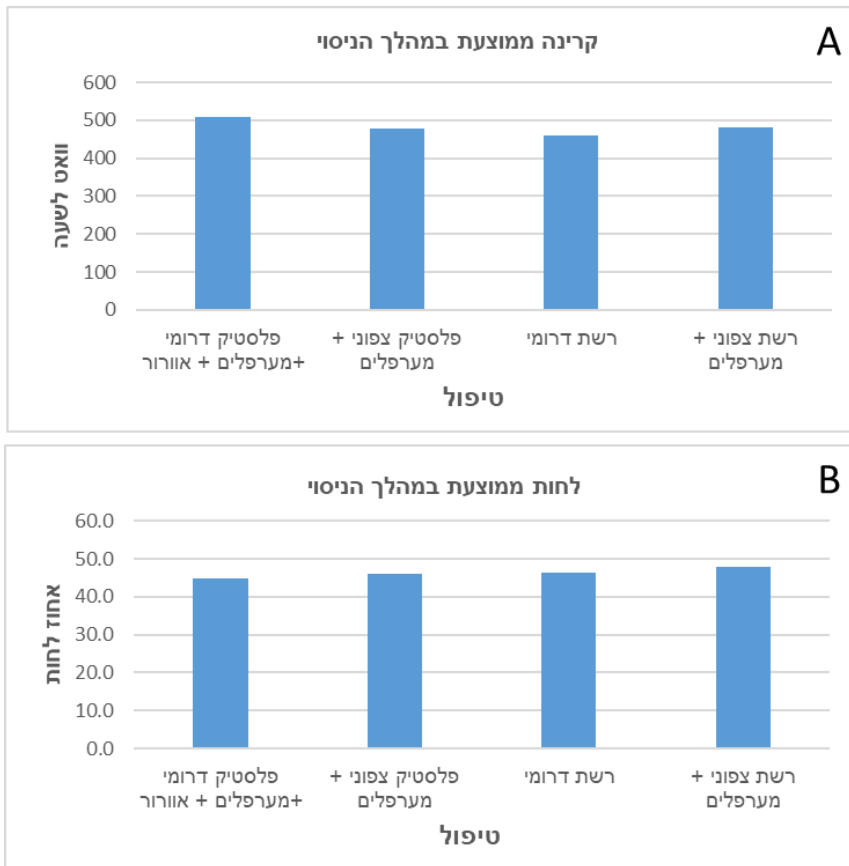
איור 1. מפת המבנים שהשתתפו בניסוי. מבנים שהשתתפו בניסוי מסומנים במילוי ירוק, מבנים שלא השתתפו בניסוי והיו ריקים במהלך הניסוי מסומנים ללא מילוי. באיור מוצגים מספרים של כל מבנה וניתן לשייך אותם לטיפולים השונים בהתאם לטבלה 1. כיוון הרוח ברוב הימים של הניסוי היה צפון מערבי והוא מוצג באיור על ידי חץ כחול. כל מבנה היה בגודל של 200 מ"ר בצורת מלבן שרוחבו 9 מטר ואורכו 22 מטר. כיסוי הגג של המבנים וסוגי הטיפולים בערפול ואוורור כאמור מצוינים בטבלה 1, בכל המבנים הוצבה רשת נגד חרקים 50 מש בקירות המבנה. מדידת תנאי אקלים נעשתה על ידי מערכת "גרופיט" בארבעת המבנים המרכזיים בלבד (מבנים 10, 11, 6 ו 7). מדידת יבול ואיכות פרי נעשתה בכל 8 המבנים שהשתתפו בניסוי (מבנים 5-12).



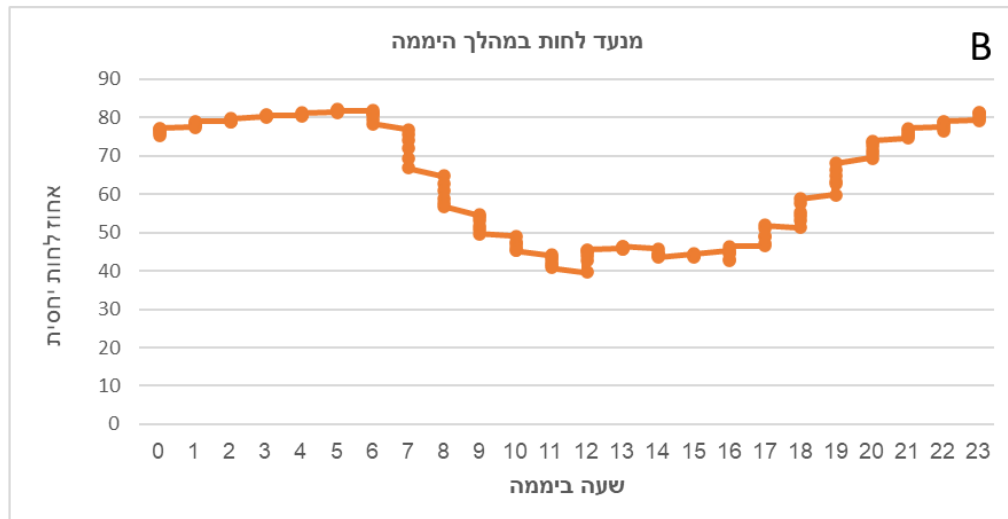
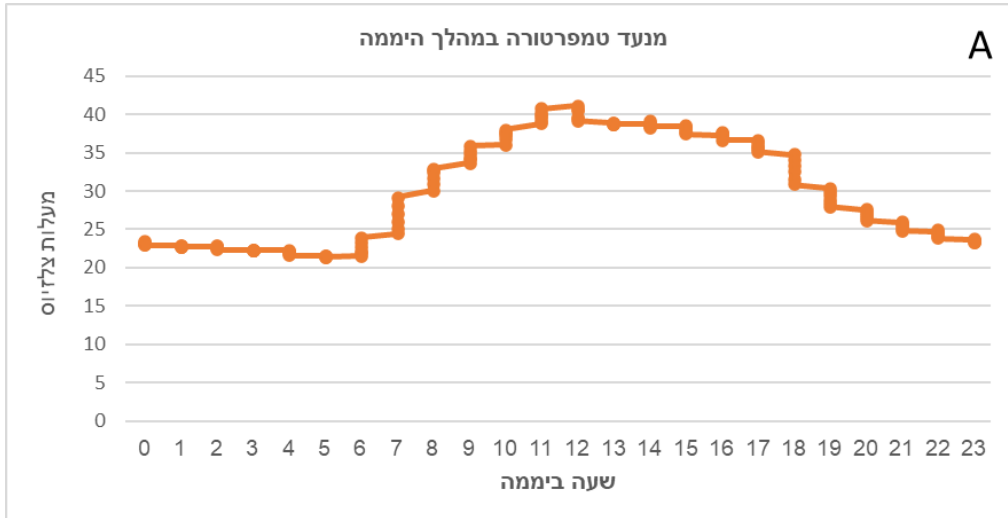
איור 2. מדידת טמפרטורה לפני הפעלת טיפולי הצינון על סמך מדידה של שנה קודמת. A ממוצע של טמפרטורה ממוצעת יומית, B ממוצע של טמפרטורת מקסימום יומית, שמות הטיפולים מופעים בגוף האיור וכוללים 2 קטגוריות: כיסוי הגג (פלסטיק או רשת) ומיקום המבנה ביחס אחד לשני (צפון ודרום). המבנים שמוצגים בתרשים הם מבנים מספר 10, 11, 6 ו 7 כפי שמוצג בטבלה 1 ואיור 1. מדידת הטמפרטורה נעשתה על ידי מערכת "גרופיט" שמוקמה בגובה הצמח. הניסוי נעשה בתנאי תצפית ולכן אין ניתוח סטטיסטי למובהקות.



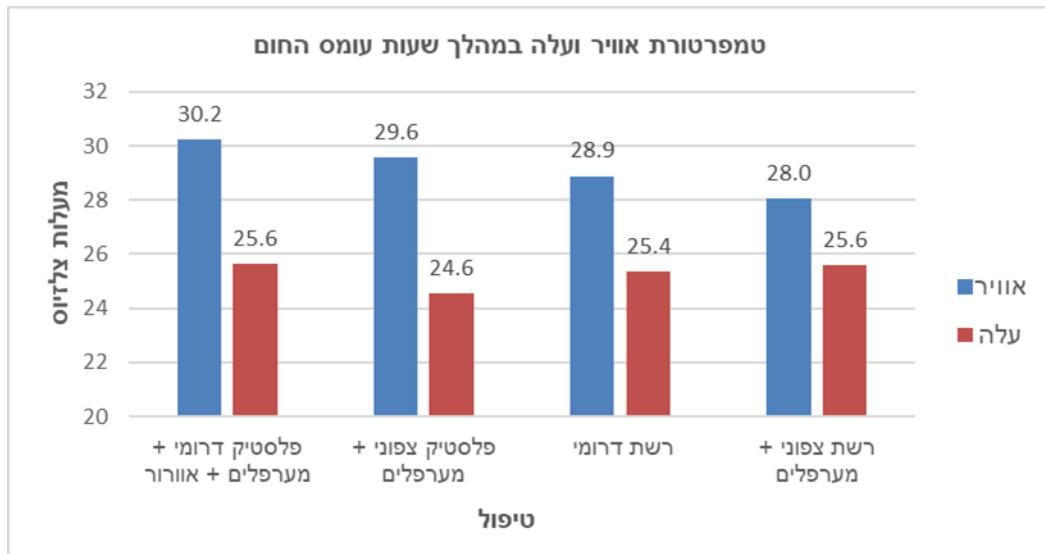
איור 3. מדידת טמפרטורה במהלך הגידול תוך כדי הפעלת טיפולי הצינון (ערפול ואורור). A ממוצע של טמפרטורה ממוצעת יומית, B ממוצע של טמפרטורת מקסימום יומית, שמות הטיפולים מופעים בגוף האיור וכוללים סוג כיסוי הגג (פלסטיק או רשת), מיקום המבנה ביחס אחד לשני (צפון ודרום) וסוג טיפול הצינון (ערפול וערפול + אורור) המבנים שמוצגים בתרשים הם מבנים מספר 10, 11, 6 ו 7 כפי שמוג בטבלה 1 ואיור 1. מדידת הטמפרטורה נעשתה על ידי מערכת "גרופיט" שמוקמה בגובה הצמח. הניסוי נעשה בתנאי תצפית ולכן אין ניתוח סטטיסטי למובהקות.



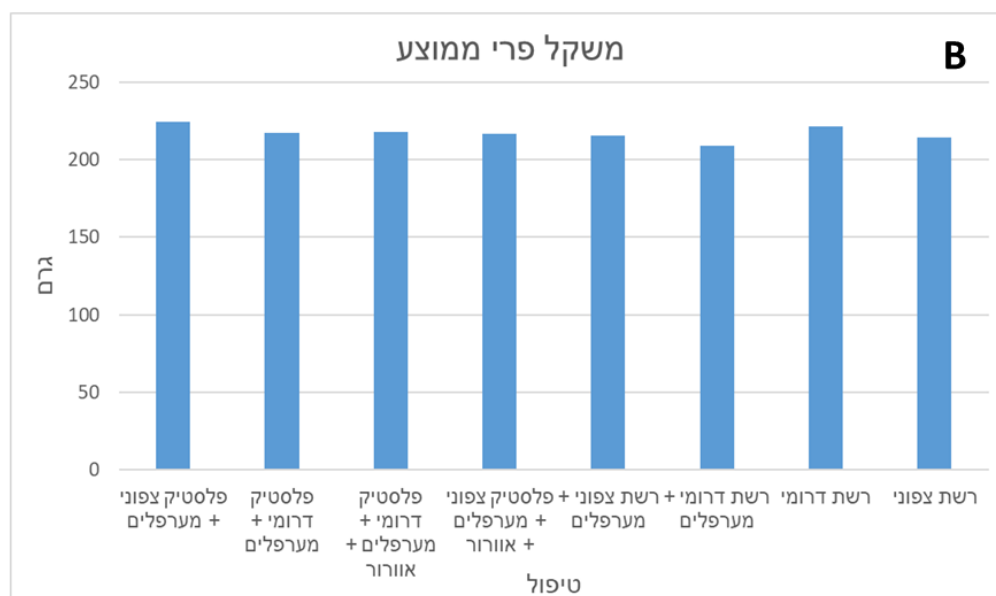
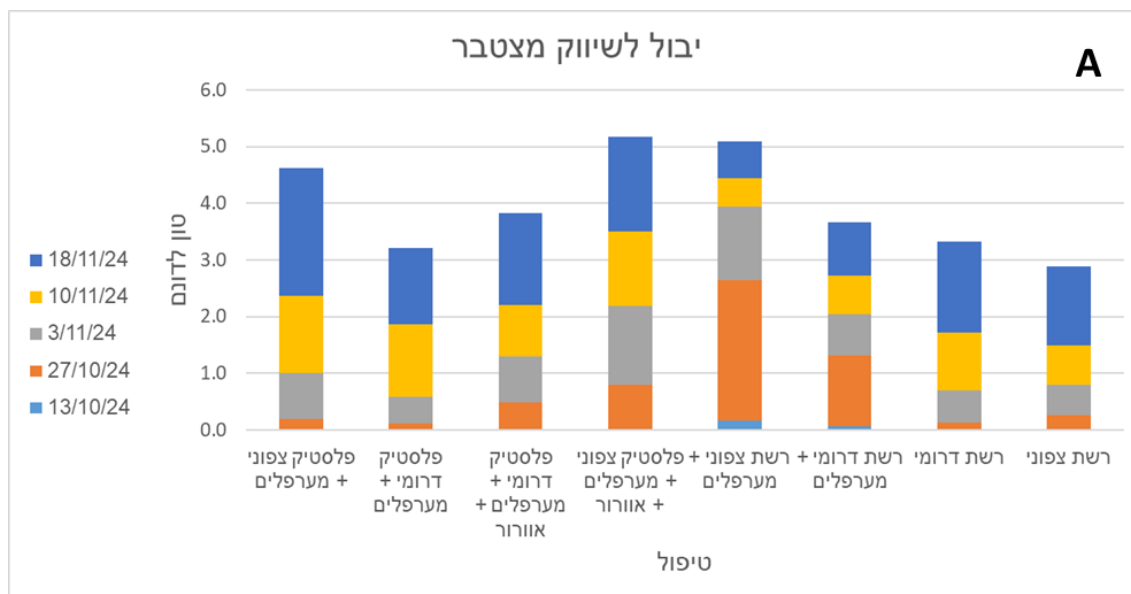
איור 4. מדידת קרינה ולחות במהלך הניסוי. A: ממוצע של קרינה יומית ממוצעת. B: ממוצע של לחות יומית ממוצעת. שמות הטיפולים מופעים בגוף האיור וכוללים סוג כיסוי הגג (פלסטיק או רשת), מיקום המבנה ביחס אחד לשני (צפון ודרום) וסוג טיפול הצינור (ערפול וערפול + אוורור) המבנים שמוצגים בתרשים הם מבנים מספר 10, 11, 6 ו 7 כפי שמוג בטבלה 1 ואיור 1. מדידת הטמפרטורה נעשתה על ידי מערכת "גרופיט" שמוקמה בגובה הצמח. הניסוי נעשה בתנאי תצפית ולכן אין ניתוח סטטיסטי למובהקות.



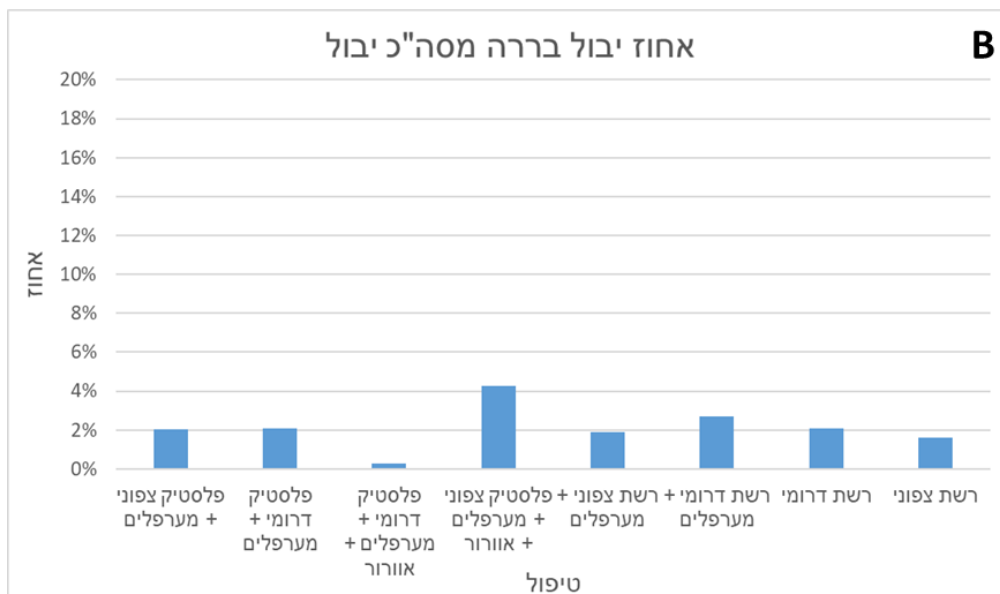
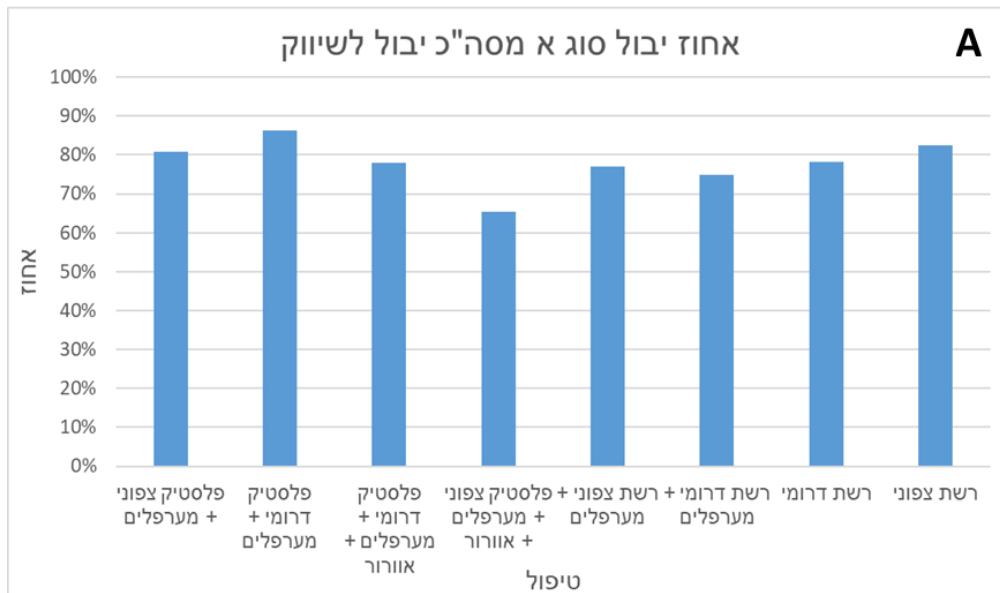
איור 5. הדגמה של מנעד ערכי טמפרטורה (A) ולחות (B) במהלך היממה במבנה גידול. כאשר הטמפרטורה גבוהה רמת הלחות היחסית יורדת.



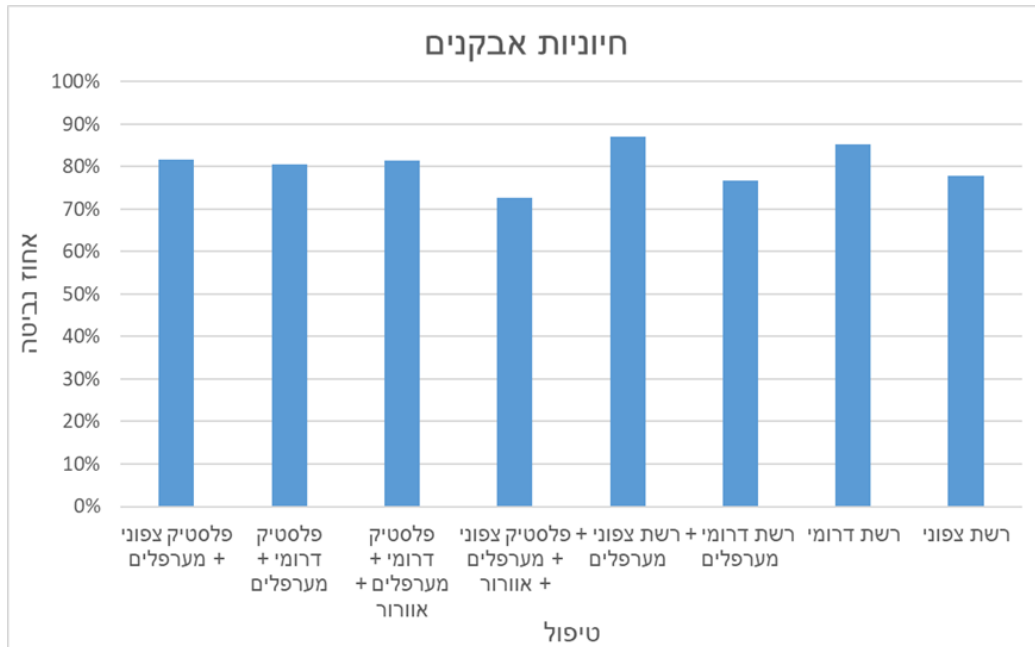
איור 6. מדידת טמפרטורת אוויר וצמח במהלך שעות עומס החום בהן הופעלו טיפולי צינן. המדידה נעשתה על ידי מערכת "Seymour" שמוקמה מעל הצמחים ואפשרה לקרוא את טמפרטורת הצמח על ידי מצלמה טרמית. בניסוי ארבעה טיפולים שונים שכל אחד הוא מבנה גידול עם סוג מבנה וטיפול צינן שונה. סוג המבנה כולל סוג כיסוי גג (רשת או פלסטיק) ומיקום המבנה (צפוני או דרומי) כשכיוון הרוח השכיח היה מכיוון צפון מערב. סוגי טיפולי הצינן כללו ערפול, ערפול+אורור וללא טיפול צינן. מבנה רשת דרומי היה ללא טיפול צינן. המבנים היו בגודל של 200 מ"ר כל אחד. הניסוי נעשה בתנאי תצפית ולכן אין ניתוח סטטיסטי למובהקות.



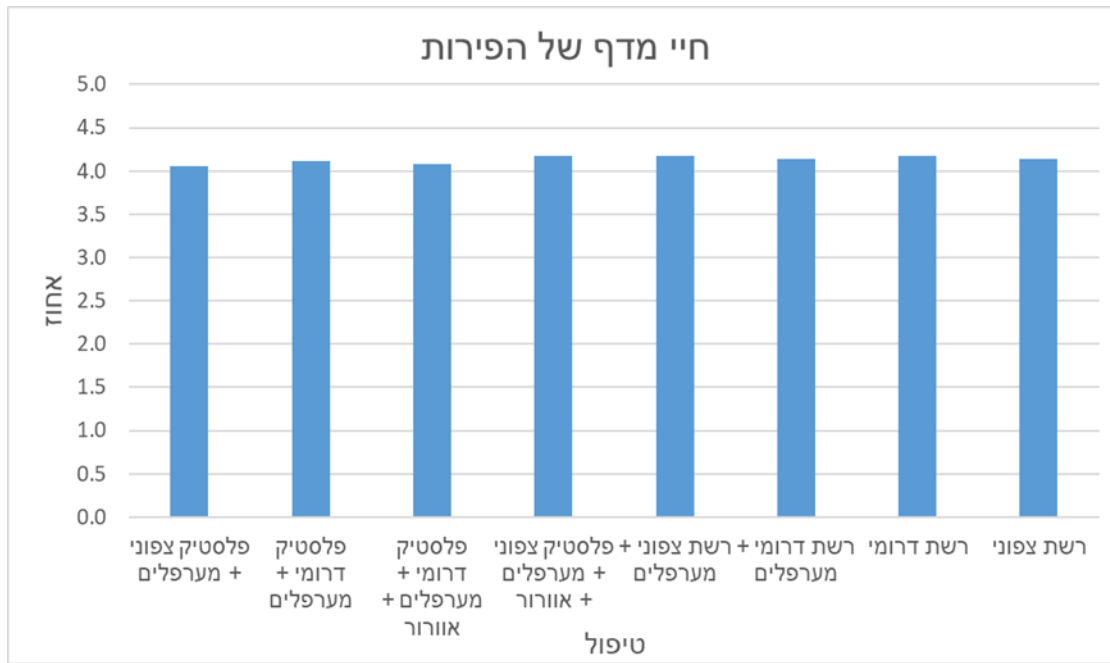
איור 7. רמת היבול וגודל פרי בבתי גידול שהשתתפו בניסוי (טבלה 1). **A:** רמת היבול המצטבר של פרי פלפל לשיווק. **B:** גודל פרי ממוצע במהלך של פרי לשיווק בתקופת הגידול. הטיפולים השונים מייצגים מבנים של 200 מ"ר כל אחד שנבדלים אחד מהשני בסוג מבנה וסוג טיפול צינון. סוג המבנה כולל סוג כיסוי גג (רשת או פלסטיק) ומיקום המבנה (צפוני או דרומי) כשכיוון הרוח השכיח הייה מכיוון צפון מערב. סוגי טיפולי הצינון כללו ערפול, ערפול+אורור וללא טיפול צינון. מבנים "רשת צפוני" ו"רשת דרומי" היו ללא טיפול צינון כלשהו. המבנים היו בגודל של 200 מ"ר כל אחד ובצע בהם קטיף מידי שבוע משלוש חלקות אקראיות בכל מבנה. הניסוי נעשה בתנאי תצפית ולכן אין ניתוח סטטיסטי למובהקות.



איור 8. איכות פרי במבני גידול שונים שהשתתפו בניסוי. איכות הפרי מוצגת בשני קטגוריות A: אחוז יבול של פרי סוג א מסה"כ יבול פרי לשיווק (פרי לשיווק = יבול פרי סוג א + פרי סוג ב). B: אחוז יבול פרי לא לשיווק מסה"כ יבול (סה"כ יבול = יבול לשיווק + יבול לא לשיווק). הטיפולים השונים מייצגים מבנים של 200 מ"ר כל אחד שנבדלים אחד מהשני בסוג מבנה (צפוני או דרומי) כשכיוון הרוח סוג המבנה כולל סוג כיסוי גג (רשת או פלטטיק) ומיקום המבנה (צפוני או דרומי) כשכיוון הרוח השכיח היה מכיוון צפון מערב. סוגי טיפולי הצינון כללו ערפול, ערפול+אורור וללא טיפול צינון. מבנים "רשת צפוני" ו"רשת דרומי" היו ללא טיפול צינון כלשהו. המבנים היו בגודל של 200 מ"ר כל אחד ובצע בהם קטיף מידי שבוע משלוש חלקות אקראיות בכל מבנה. הניסוי נעשה בתנאי תצפית ולכן אין ניתוח סטטיסטי למובהקות.



איור 9. חיוניות אבקנים במבנים שונים שהשתתפו בניסוי. חיוניות אבקנים נדגמה מכל אחד מהטיפולים שהשתתפו בניסוי. הטיפולים השונים מייצגים מבנים של 200 מ"ר כל אחד שנבדלים אחד מהשני בסוג מבנה וסוג טיפול צינור. סוג המבנה כולל סוג כיסוי גג (רשת או פלסטיק) ומיקום המבנה (צפוני או דרומי) כשכיוון הרוח השכיח היה מכיוון צפון מערב. סוגי טיפולי הצינור כללו ערפול, ערפול+אורור וללא טיפול צינור. מבנים "רשת צפוני" ו"רשת דרומי" היו ללא טיפול צינור כלשהו. המבנים היו בגודל של 200 מ"ר כל אחד ובצע בהם קטיף מידי שבוע משלוש חלקות אקראיות בכל מבנה. הניסוי נעשה בתנאי תצפית ולכן אין ניתוח סטטיסטי למובהקות.



איור 10. חיי מדף של פירות פלפל שנקטפו ממבנים שונים שהשתתפו בניסוי. טבלה 2 מתוארת הדרך לפיה התבצעה הערכת חיי המדף. תיאור המבנים ומיקומם מתוארים בטבלה 1 ואיור 1. כל מבנה היה בגודל של 200 מ"ר. מכל מבנה נלקחו 3 מדגמים אקראיים של פירות להערכת חיי המדף. הניסוי נעשה בתנאי תצפית ולכן אין ניתוח סטטיסטי למובהקות.