

## שיפור חנטה והגדלת היבול באמצעות מערכות צינון בנידוף במהלך גידול קיצי של עגבניות בבתי גידול באזור הבשור.

דני הראל, אליק סלפוי, הדר פדידה, ליאנה גנות, משה אלבז, רמי גולן, דובי צהר ומירון סופר- מו"פ דרום  
שלי גנץ וליאור אברהם- שה"מ  
שלמה אילני- מועצת הצמחים  
קובי שלה ולאנדרו אורשחובסקי- נען דן ג'יין

### 1. תקציר

אחת השיטות להתמודד עם עומס החום בבתי צמיחה במהלך גידול עגבניות קיצי היא התקנת מערכת צינון התנדפותי, כלומר צינון האוויר ע"י התנדפות טיפות מים זעירות המפוזרות בחלל המבנה. כיום מוצעות ע"י מספר יצרנים מערכות צינון המשתמשות בעיקרון הצינון ההתנדפותי תוך שימוש במערפלים המפזרים טיפות בגודל 90-30 מיקרון בלחץ הפעלה של 4 אטמוספרות. העובדה שעגבנייה מגודלת בבשור במהלך הקיץ בבתי גידול ובתנאי עקת חום שגורמים לפחיתה ביבול מביאה מגדלי עגבניות באזור להתקין מערכות צינון בנידוף מהטיפוס שנבחן בניסוי זה, תוך השקעה כספית ניכרת. מצב זה מגביר את הצורך באיסוף מידע לגבי תפקוד המערכת ויעילותה, מידע שכרגע חסר. **מטרות עבודה זו:** לבחון ולכמת את השפעת מערכת צינון התנדפתי מדגם מסחרי המותקנת בבית רשת בבשור אשר מופעלת במהלך גידול עגבנייה בחודשי הקיץ. **מתוצאות הניסוי עולה** כי מערכת הצינון בלחץ נמוך המותקנת בבית רשת, הפועלת על רקע צינון פסיבי בלבד, מסוגלת להפחית את עוצמת עקת החום המופעלת על צמחים. פעולת המערכת הפחיתה את ממוצע הטמפרטורות יום-לילה ב-  $1.5-3^{\circ}\text{C}$  במהלך החודשים יולי אוגוסט, אז עקת החום בשיאה. תחת השפעת מערכת הצינון השתפרה באופן ניכר איכות גרגרי האבקה ועלו אחוזי החנטה. למרות שיפור התנאים כפי שנזכר לעיל לא התקבל, בסיכום עונתי, יתרון מובהק בכמות היבול בהשפעת הצינון. כן התקבל יתרון מובהק ביבול מצמחי טיפול הצינון בחודש ספטמבר בלבד (כלומר פרי שחנט ביולי). באוקטובר (חנטות אוגוסט) לא התקבל יתרון ביבול כפי שהתקבל כאמור בקטיפי ספטמבר. יתכן שעקה שהתמשכה מעל חודשיים מנעה מטיפול הצינון להיות יעיל לגבי הפרי שחנט באוגוסט והיה אמור להיקטף באוקטובר. על רקע התוצאות כדאי אולי לשקול בקיץ הבא בחינה של שתילה קיצית בשתי גלים בליווי צינון ע"מ לקצר את משך העקה. לדוגמה שתילה מאוחרת (יולי) שתחנט באוגוסט בתנאי צינון תאפשר אולי קבלת תוספת יבול באוקטובר- נובמבר.

### 2. מבוא

טמפרטורות גבוהות פוגמות בכושר ההנבה של העגבנייה עד כדי אובדן חלק משמעותי של היבול בקיץ. האיבר הרגיש ביותר לטמפרטורות גבוהות הוא הפרח. חשיפת הצמח לתנאי

עקת חום גורמת לעיוותים במבנה הפרח ופגיעה במבנה ותפקוד האברים הנקביים והזכריים. עם זאת ידוע החלקים הזכריים של הפרח (האבקה) רגישים לטמפרטורות גבוהות הרבה יותר מאשר החלקים הנקביים שלו. הפגיעה באבקה מתבטאת בירידה במספר גרגרי האבקה לפרח ובחיוניות האבקה הנובעת מחשיפת ניצני הפריחה הצעירים 8-9 ימים לפני פתיחת הפרח, לעקת חום כאשר גרגרי האבקה בשלב המיזזה (חלוקת הפחתה) (Iwahori 1965).

בעבר נהוג היה לחשוב שתופעה זו מושפעת בעיקר מטמפרטורות הלילה ונקבעה טמפרטורת לילה של  $26^{\circ}\text{C}$  כטמפרטורה הגבולית. כיום נהוג להניח כי הטמפרטורה הממוצעת של היממה היא קריטית יותר מאשר טמפרטורת הלילה ונקבע, שטמפרטורה ממוצעת של  $25^{\circ}\text{C}$  היא הסף הקריטי לפחיתה בכושר ההנבה, בגודל הפרי, ובמספר הזרעים לפרי בשל הפגיעה באיכות האבקה (Peet et al. 1997).

אחת השיטות להתמודד עם עומס החום בבתי צמחה במהלך גידול עגבניות קיצי היא התקנת מערכת צינון התנדפותי כלומר צינון האוויר ע"י התנדפות טיפות מים זעירות המפוזרות בחלל המבנה. כיום מוצעות ע"י מספר יצרנים מערכות צינון המשתמשות בעיקרון הצינון ההתנדפותי תוך שימוש במערפלים המפזרים טיפות בגודל 30-90 מיקרון בלחץ הפעלה של 4 אטמוספרות. מערכות אלו זולות יחסית לרכישה וכוללות רכיבים פשוטים המיועדים לעבודה בלחצי קו רגילים. חסרון העיקרי הוא בכך שטיפות המים המפוזרות גדולות יחסית ועלולות להרטיב את העלווה. בתהליך אידיי טיפות המים אובדת אנרגיה מהאוויר תוך הפחתת טמפרטורת האוויר. תוצר לווי של תהליך זה הוא העלאת הלחות היחסית בחלל המבנה. בעבודות שנערכו בחו"ל הראו כי מערכת צינון התנדפותי המופעלת בתוך חממה מכוסה בפוליאאתילן ובעלת פתחי גג מסוגלת להוריד את הטמפרטורה היומית הממוצעת בחממה בכ-  $7^{\circ}\text{C}$  (Ozturk, 2003). יכולת זו תלויה בין השאר בתנועת אוויר בין החוץ לתוך המבנה, ובלחות היחסית מחוץ למבנה ובתוכו. בעבודה המתוארת לעיל הפחתת הטמפרטורה לוותה בעלייה של הלחות היחסית במבנה בכ- 20% כשתנועת האוויר בין חוץ המבנה לתוכו הייתה פסיבית ללא מאווררים וכו' בדומה למצב ברוב מבני הגידול בארץ.

באזור הבשור מגודלים כ- 10000 דונם של עגבניות במבנים, רובם בבתי רשת המכוסים ברשתות נגד חרקים בצפיפות 50 מש. טמפרטורת האוויר במבנים אלה יכולה לעלות במהלך חודשי הקיץ ב-  $5-7^{\circ}\text{C}$  מעבר לטמפרטורת האוויר מחוץ למבנה. תוספת חום זו מגדילה את הסיכויים לפגיעה בתהליך החנטה והתפתחות הפרי. לאחרונה החלו חקלאים המגדלים עגבניות באזור הבשור להתקין בבתי רשת מערכות צינון בניידוף (רובן ככולן מערכות בלחץ נמוך כמתואר לעיל) וזאת ללא שהשפעת מערכות מסוג זה על צמחי העגבניה נבחנה באופן מסודר עד כה.

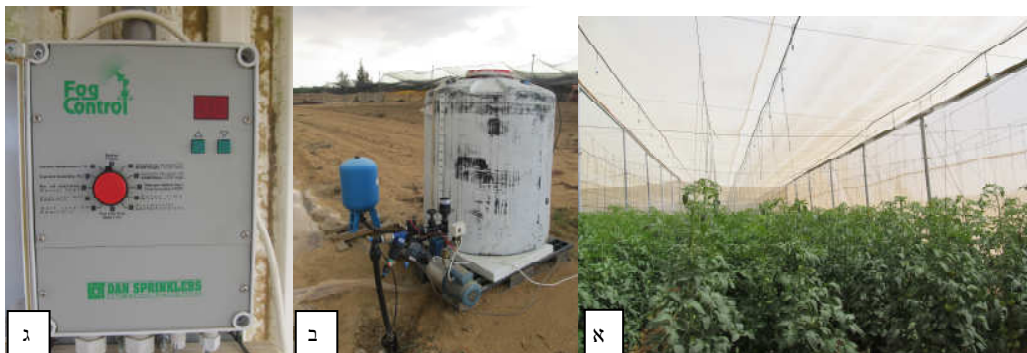
**מטרות עבודה זו:** לבחון ולכמת את השפעת מערכת צינון התנדפותי מדגם מסחרי המותקנת בבית רשת בבשור, המופעלת במהלך גידול עגבנייה בחודשי הקיץ.

### 3. חומרים ושיטות

הניסוי בוצע בחוות הבשור (104 מ' מעל פני הים, 31° 16' E, 34° 23' N). בתאריך 15/5/2012 נשתלו שתילי עגבניה (*Lycopersicon esculentum* Mil.) מזן 1125 באדמת חול מקומית בתוך בית רשת מכוסה רשת נגד חרקים 50 מש. בית הרשת בו נערך הניסוי נבנה עם גגות בעלי שיפועים כפולים ומרזבים בגובה 4 מטרים. עומד השתילה 2200 צמחים/דונם. ההדשייה בוצעה כמקובל באזור באמצעות מערכת טיפוטף (1.6 ל/ש) שתי שלוחות לערוגה, ודשן מינראלי מורכב (שפר 4:2:8). הצמחים בשטח המצונן הושקו במנת מים קטנה בכ-20% ביחס לצמחי חלקת הביקורת בגלל תוספת המים שניתנה במהלך הפעלת הערפול. הניסוי כלל שני טיפולים: חלקה מצוננת כמתואר להלן וחלקת ביקורת שגודלה באותם תנאים אולם ללא שימוש באמצעי צינון כלשהו. כל חלקה בגודל כ-600 מ"ר.

#### 3.1 מערכת הערפול

צינון המבנה בוצע בעזרת מערכת ערפול בלחץ נמוך מתוצרת "נען-דן-ג'יין". המערכת כללה בקר ייעודי, מיכל, משאבה שייצרה לחץ קו של 4 אטמוספרות ומערכת שלוחות ומערפלים המייצרים טיפות בטווח הגדלים 90 - 30 מיקרון שהותקנו בבית הרשת (תמונה 1-א-ג). המרחק בין שלוחות הערפול היה 2.66 מ' והמרחק בין המתזים בתוך שלוחה 1.5 מ'. ספיקת כל מתז 1.3 ל/ש.



תמונה 1: א- פנים בית הרשת. ב- ראש מערכת. ג- בקר.

המערכת השתמשה במי שתיה ממערכת אספקת המים של מקורות המורכבים ממים מותפלים בתוספת מי קידוחים (טבלה 1). נקודת הסף לתחילת עבודת המערכת נקבעה ל-32°C (טמפרטורת אוויר בגובה נוף הצמחים). טמפרטורה של 28°C נקבעה כסף תחתון שבוא הופסק הערפול במבנה. המערכת הופעלה החל מ-1/6/12 כשבועיים לאחר השתילה. פעולתה הופסקה ב-11/9/12. בהתאם לתנאי הסף הופעלו פולסים של ערפול במשך כ-4

שניות במרווחים של 20 שניות בין הפולסים. תנועת האוויר בשני הטיפולים הייתה פסיבית ללא שימוש במאווררים או מסחררים.

#### טבלה 1. איכות מי מערכת הצינון

Mg (mg/l)	CaCO <sub>3</sub> (mg/l)	Ca (mg/l)	Cl (mg/l)	PH	EC
7.31	110	32	68	7.2	0.5

#### 3.2 איסוף נתוני צמח, יבול וניתוח הנתונים

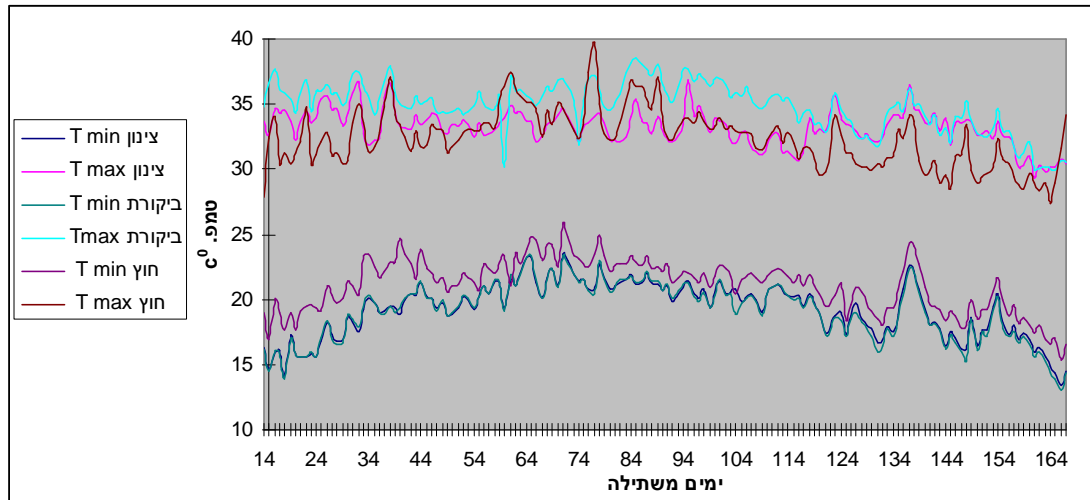
במהלך הניסוי נאספו נתוני כמות ואיכות פרי כללי ובאיכות יצוא, גודל פרי, שחור פיטם, סדקים ואיכות חיי מדף של הפרי לאחר הדמיית אחסון. בנוסף נבדקה במהלך הגידול איכות האבקה ואחוזי חנטה וכן נערך מעקב אחר הופעת מחלות עלים.

הנתונים נותחו במבחן שונות חד כיווני. הבדלים בשונות בין הטיפולים נבחנו במבחן t ברמת מובהקות  $p=0.05$  (תוכנת JMP 8).

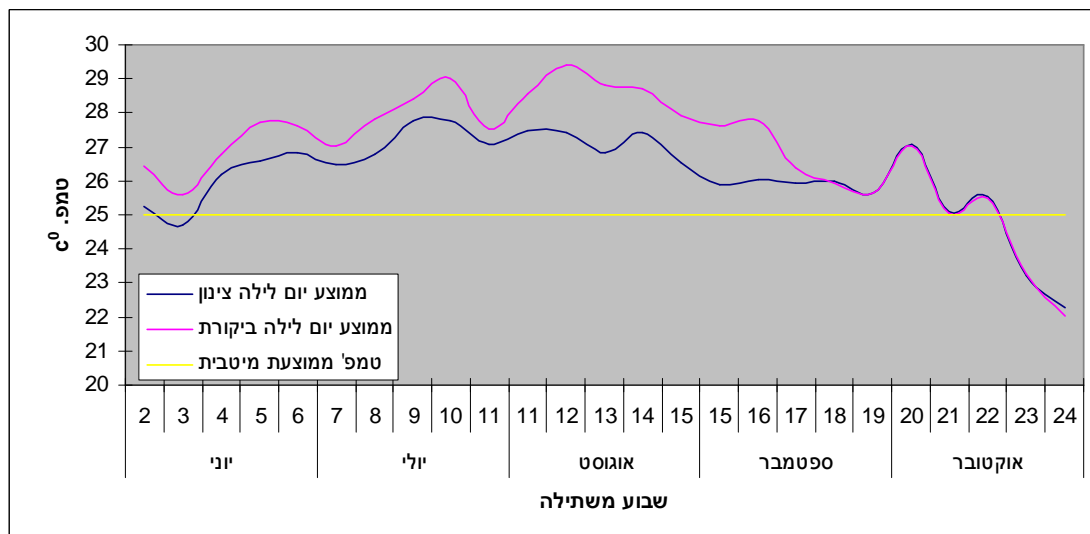
#### 4. תוצאות

##### 4.1 נתוני אקלים

סיכום נתוני הטמפרטורה שנאספו במהלך הגידול החל מ 14 ימים לאחר השתילה מוצגים באיור 1. בטיפול הצינון טמפ. האוויר נמוכה במעט במהלך היום (טמפ. מקס) ביחס לביקורת כבר עם תחילת הניסוי. ההפרש בין הטיפולים גדל ונעשה משמעותי כ- 45 יום לאחר השתילה (30/6/12). כ- 115 יום מהשתילה (9/9/12) פוחתת השפעת מערכת הצינון במקביל לירידה לטמפרטורות מחוץ למבנה. בלילות (טמפ. מינ.) הטמפרטורות בתוך המבנה זהות בשתי הטיפולים וכצפוי נמוכות בהשוואה לטמפרטורות מחוץ למבנה.

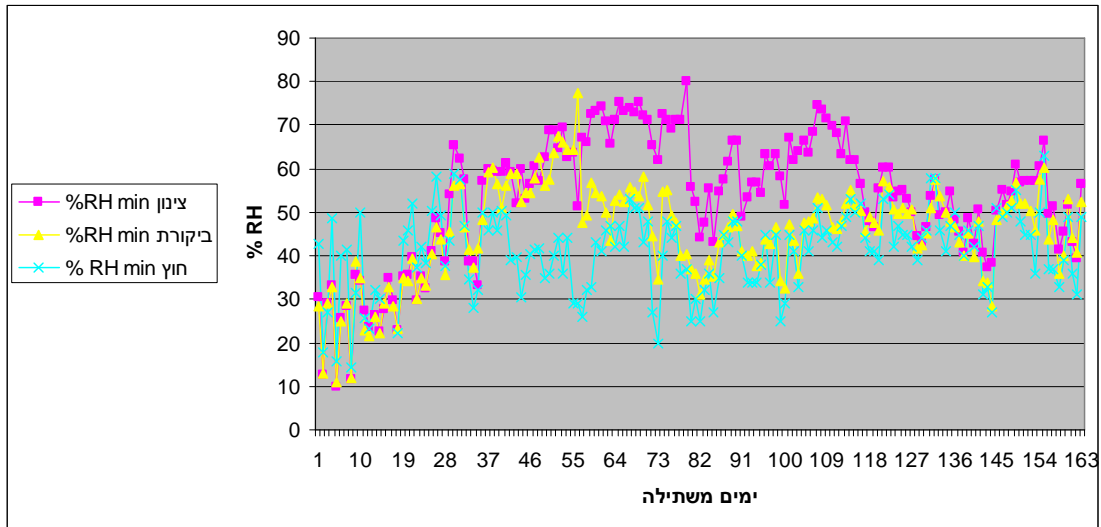


איור 1. טמפרטורת אוויר בגובה הנוף בשתי הטיפולים בתוך בית הרשת ומחוץ לבית הגידול. באיור 2 מוצגים ערכי טמפרטורת ממוצעים (יום לילה) בכל אחד מהטיפולים וביחס לערך ממוצע מקסימאלי שנחשב כמיטבי. אפשר לראות שגם בהשפעת מערכת הצינון הטמפרטורה הממוצעת גבוהה מזו המיטבית אולם באופן מתון יותר בהשוואה לערכים מחלקת הביקורת.

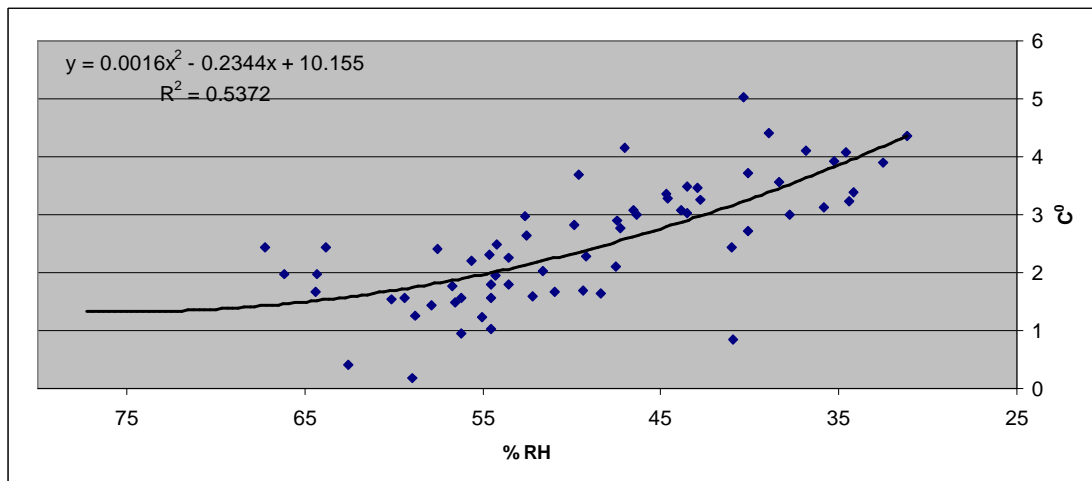


איור 2. טמפרטורת אוויר יומית ממוצעת בגובה הנוף בשתי הטיפולים בהשוואה לממוצע המקובל כמיטבי.

ערכי לחות יחסית מרבית בכל אחד מהטיפולים ומחוץ למבנה מוצגים באיור 3. במקביל להפרש הטמפרטורות בין הטיפולים כפי שמתואר באיור 1 ניכר הפרש בערכי הלחות היחסית בערך באותה התקופה (בתקופה שבין 45-115 ימים לאחר השתילה) הלחות היחסית עולה בכ- 15% ביחס לערכי הלחות בחלק הלא מצונן ובאופן דומה בהשוואה לערכי הלחות היחסית מחוץ לבית הגידול.



איור 3. לחות יחסית (%) יומית מרבית בתוך בית הגידול ומחוצה לו במהלך הגידול. מתאם שלילי לא לינארי נמצא בין ערכי הלחות היחסית בחלל בית הגידול בחלקת הביקורת ובין הפרש הטמפרטורות בין טיפול הצינון לביקורת (איור 4). כצפוי עם עליית רמת הלחות באוויר פוחתת יכולתה של המערכת להשפיע על טמפרטורת האוויר בחלקה המצוננת. בערכי לחות יחסית התחלתית של מעל 65% נראה כי יכולה של מערכת הצינון להפחית את טמפרטורת האוויר במבנה מתבטלת כמעט לגמרי.



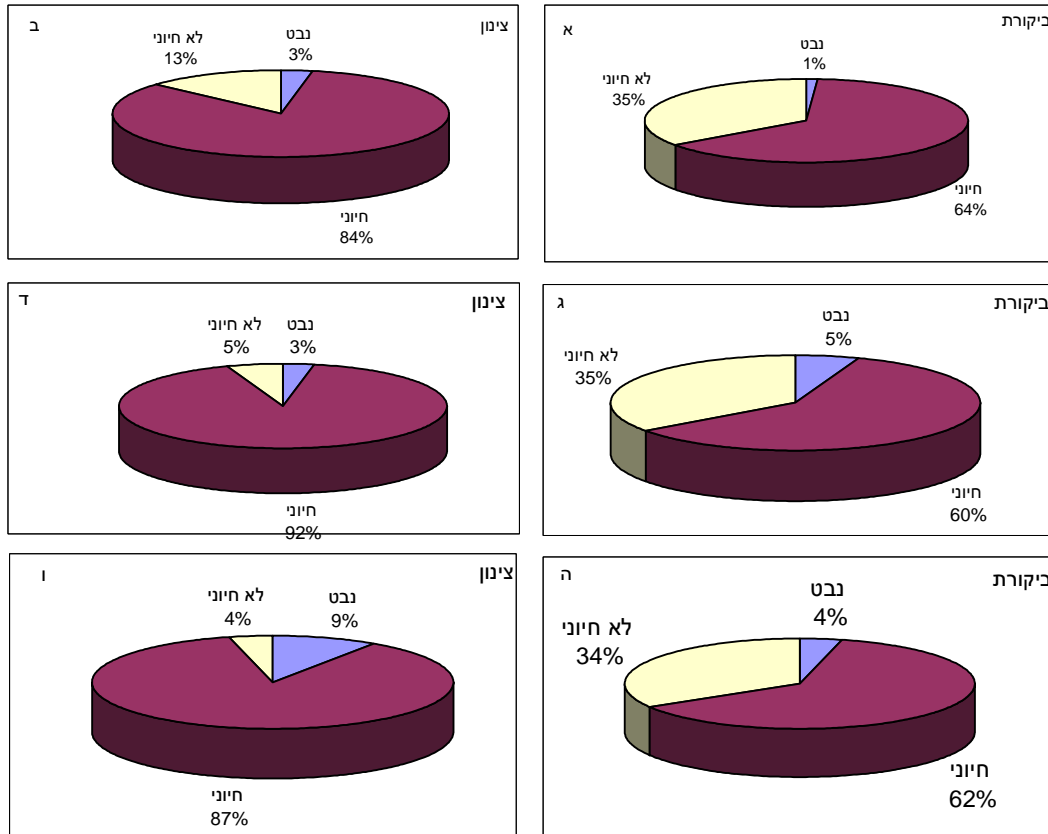
איור 4. מתאם בין רמת הלחות היחסית ההתחלתית בחלל בית הגידול (ציר X) לבין הפרש הטמפרטורות האוויר בין שני הטיפולים (ציר Y). משוואת קו מסדר שני ומקדם המתאם מוצגים באיור.

3.3 השפעת הטיפול על איכות האבקה והחנטה.

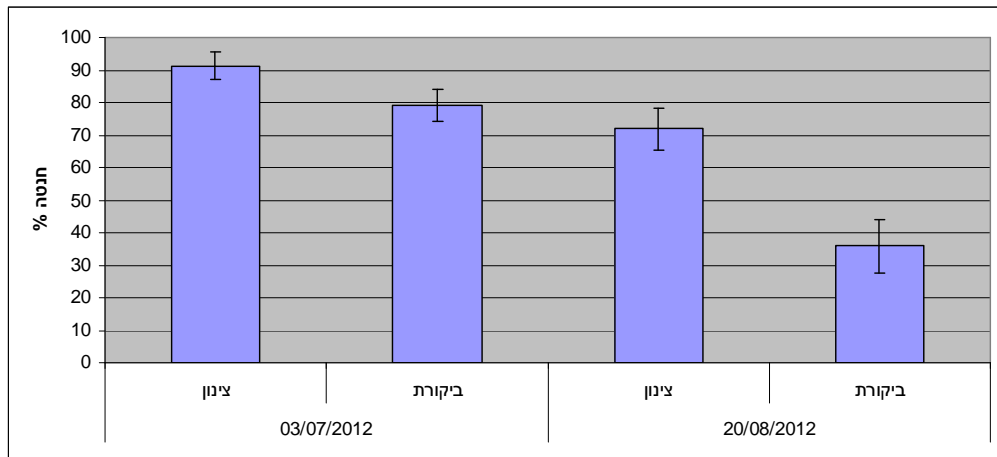
איור 5 מסכם את בדיקות איכות גרגרי אבקה שנאספו בשלושה מועדים במהלך הגידול. בכל המועדים איכות גרגרי האבקה מפרחים שנדגמו בחלקה במצוננת טובה יותר באופן

משמעותי בהשוואה לנתוני חלקת הביקורת. החלק של גרגרי האבקה שנמצא כחיוני או נבט הוא כ- 95% תחת טיפול הצינן לעומת כ- 65% בביקורת.

בדיקת אחוז הפרחים שחנטו מכלל הפרחים בתפרחות שהתפתחו עד תאריך הדגימה בשני תאריכי דגימה (איור 6) מראה יתרון מסיים לטיפול הצינן כבר בתחילת יולי. יתרון זה בולט יותר בנתוני אוגוסט לאחר כחודש וחצי של תנאי עקת חום מתונה ומתמשכת. יש לציין כי בהשוואה לנתוני יולי ניתן לזהות באוגוסט פחיתה מסוימת באחוזי החנטה גם בטיפול הצינן.



איור 5. סיכום בדיקת חיוניות גרגרי אבקה בכל אחד מהטיפולים משלושה תאריכי דיגום: א, ב: 29/7/12, ג: 28/8/12, ה, ו: 23/9/12.



איור 6. אחוז הפרחים שחנטו מכלל הפרחים בתפרחות שהתפתחו עד תאריך הדגימה (ממוצע  $\pm$  שגיאת תקן).

### 3.4 יבול וגודל פרי וחיי מדף

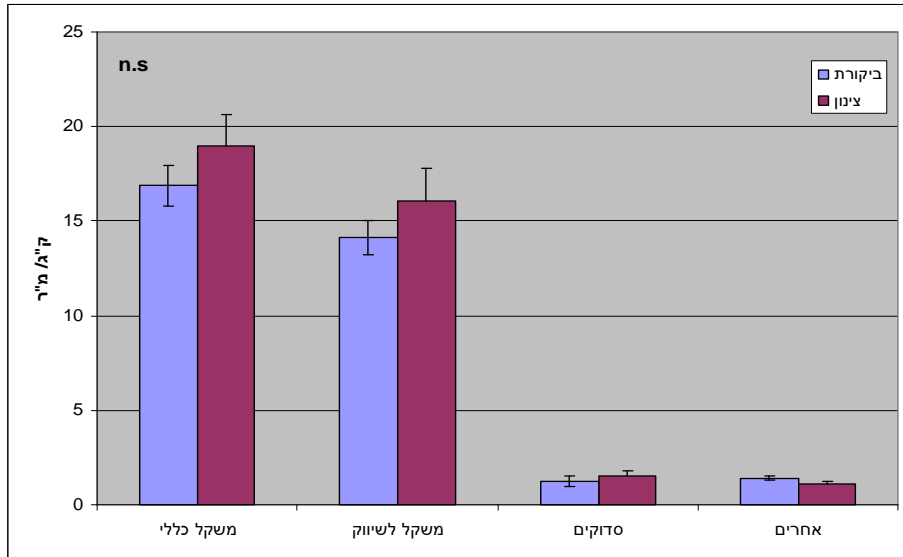
בסיכום נתוני היבול הכללי ויבול באיכות יצוא (איור 7) התקבל יתרון של כ- 2 ק"ג/מ"ר מחלקת הצינן בהשוואה לחלקת הביקורת. יתרון זה לא נמצא מובהק סטטיסטית. גם פרמטרים נוספים שנבדקו (סידוקים, אחרים (פגיעות שונות בפרי)) לא נמצאו בעלי שונות מובהקת.

כאשר פולחו נתוני היבול לפי חודשים (איור 8) נמצא כי היבול שהתקבל במהלך ספטמבר (חנטות יולי) מהחלקות המצוננות גבוהה באופן מובהק בהשוואה ליבול שהתקבל מחלקות הביקורת ( $t=2.35, p=0.028$ ). ביבול שנאסף באוקטובר (חנטות אוגוסט) לא התקבל יתרון בטיפול הצינן לעומת הביקורת.

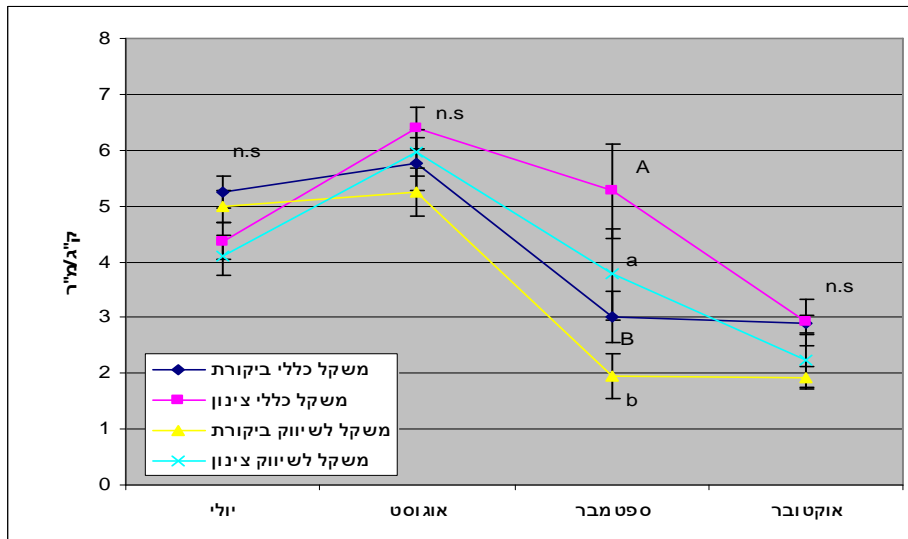
גודל הפרי נמצא במגמת ירידה במהלך רוב שלבי הגידול שנתי הטיפולים (איור 9) עם יתרון מסוים לטיפול הצינן בפרי שנאסף במהלך ספטמבר.

סיכום עונתי של בדיקת חיי מדף עם הדמיה לשיווק בשוק המקומי מוצגת בטבלה 2. בנתונים באים לידי ביטוי מגמה כללית של ירידה באיכות הפרי (יותר פרי רך וסדוק) במהלך תקופת הקטיף בשני הטיפולים אולם בעיקר בטיפול הצינן.

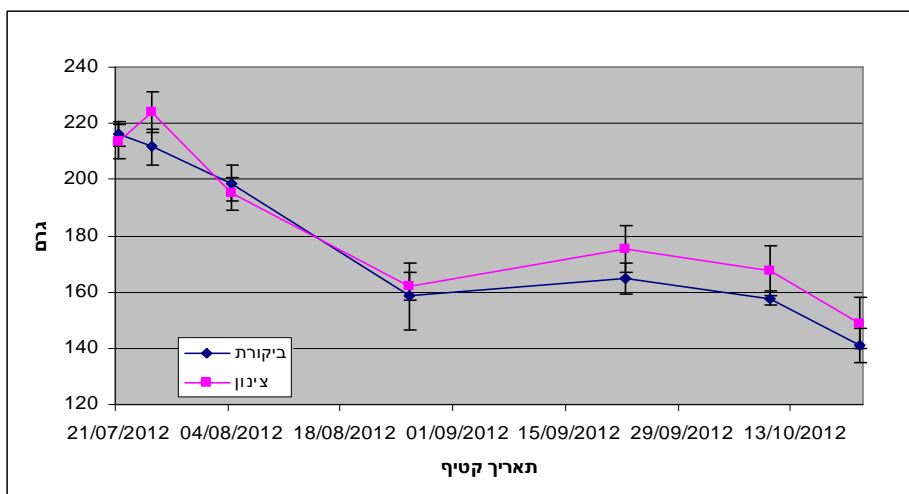




איור 7. סיכום עונתי של נתוני היבול בק"ג/מ"ר (ממוצע ± שגיאת תקן).



איור 8. סיכום חודשי של נתוני היבול בק"ג/מ"ר (ממוצע ± שגיאת תקן).



איור 9. גודל פרי ממוצע (± שגיאת תקן).

טבלה 2: סיכום עונתי של בחינת חיי מדף עם הדמיה לשוק המקומי בשני הטיפולים.

ציין איכות (1-10)	%							טיפול ביקורת צינון
	חריגי צבע	כתמי צבע	רקוב	רך	גמיש	מוצק	סדוקים	
1.2	30	2	19	27	40	32	6.11	
-0.8	36	1	27	35	38	27	10.6	

#### 4. סיכום

מערכות ערפול בלחץ נמוך נבדקו במספר עבודות בעבר והראו יעילות טובה למדי בהפחתת טמפרטורות בתוך בתי צמיחה (Li 2008; Ozturk 2003). עם זאת עבודות אלה ואחרות שבחנו את הנושא שמו דגש בד"כ על היבטים הנדסיים-פיזיקליים הקשורים למערכות הצינון ולמבנה בית הגידול, מסיבה זו קשה למצוא נתונים לגבי השפעת המערכות על מדדים צמחיים כגון תהלכי התפתחות הפרי ואיכותו. בנוסף לכל אלה חשוב לזכור כי לתנאי האקלים בסביבת בית הגידול (טמפ. ולחות) השפעה מכרעת על יכולתן של מערכות מסוג זה להפחית את טמפרטורת האוויר ונוף הצמח. העובדה שעגבנייה מגודלת בבשור במהלך הקיץ בבתי גידול ובתנאי עקת חום שגורמים לפחיתה ביבול (טמפרטורות גבוהות מלוות בלחות יחסית גבוהה), מביאה מגדלי עגבניות באזור להתקין מערכות צינון בנידוף מהטיפוס שנבחן בניסוי זה, תוך השקעה כספית ניכרת. מצב זה מגביר את הצורך באיסוף מידע לגבי תפקוד המערכת ויעילותה בתנאי גידול קיצי בבשור, מידע שכרגע חסר.

מתוצאות הניסוי עולה כי מערכת הצינון בלחץ נמוך המותקנת בבית רשת הפועלת על רקע צינון פסיבי בלבד, מסוגלת להפחית את עוצמת עקת החום המופעלת על צמחים. פעולת המערכת הפחיתה את ממוצע הטמפרטורות יום-לילה ב- $1.5-3c^0$  במהלך החודשים יולי אוגוסט, אז עקת החום בשיאה. תחת השפעת מערכת הצינון השתפרה באופן ניכר איכות גרגרי האבקה ועלו אחוזי החנטה. למרות שיפור התנאים כפי שנזכר לעיל לא התקבל, בסיכום עונתי, יתרון מובהק בכמות היבול בהשפעת הצינון. כן התקבל יתרון מובהק ביבול מצמחי טיפול הצינון בחודש ספטמבר בלבד (כלומר פרי שחנט ביולי). באוקטובר (חנטות אוגוסט) לא התקבל יתרון ביבול כפי שהתקבל כאמור בקטיפי ספטמבר. יתכן שעקה שהתמשכה מעל חודשיים מנעה מטיפול הצינון להיות יעיל לגבי הפרי שחנט באוגוסט והיה אמור להיקטף באוקטובר. ניתן לשער כי עקת חום מתמשכת (גם אם ממותנת בהשפעת הצינון) גורמת לפגיעה לא רק בפרח אלה גם בפרי המתפתח (Adams et al. 2001). ביטוי לפגיעה בצמחים אפשר לראות במגמה המתמשכת של ירידה במשקל הפרי בשני הטיפולים עד לפרי קטן ביותר באוקטובר.

למרות העלייה בלחות האוויר בטיפול הצינור ונטיית המערכת להרטיב את נוף הצמח, לא נצפו בעיות משמעותיות של מחלות עלים האופייניות לתנאי נוף רטוב בהשוואה לחלקת הביקורת (נתונים לא מוצגים).

הזן 1125 שגודל בניסוי נפוץ מאוד בבשור אולם ידוע בחיי מדף קצרים והתרככות מהירה בעיקר בתנאי עודף השקיה. בדיקת חיי המדף הראתה מגמה כללית של ירידה באיכות הפרי (יותר פרי רך וסדוק) במהלך תקופת הקטיף בשני הטיפולים אולם בעיקר בטיפול הצינור. על רקע נתונים אלה כדאי לשקול את האפשרות לבחור בזן קיצי אחר במקום 1125 במקרה של גידול תחת צינור בערפול תנאים שבהם נוצר בקלות יחסית מצב של עודפי מים בקרקע בגלל פרקציה של טיפות גדולות שלא מתנדפות ונוחתות על הקרקע.

לסיכום ניתן לומר כי למערכת הצינור השפעה כללית חיובית על משתני גידול שונים כגון איכות אבקה מספר חנטות וכמות הפרי בחלק מחודשי הקיץ. על רקע התוצאות כדאי אולי לשקול בקיץ הבא בחינה של שתילה קיצית בשתי גלים בליווי צינור ע"מ לקצר את משך העקה. לדוגמה שתילה מאוחרת (יולי) שתחנט באוגוסט בתנאי צינור תאפשר אולי קבלת תוספת יבול באוקטובר- נובמבר.

## 5. ספרות

- Iwahori S. (1965) High temperature injuries in tomato. VI. Development of normal flower buds and morphological abnormalities of flower buds treated with high temperature. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science* 34: 33-41.
- Peet, M.M., Sato, S., Gardner, R.G. (1997) Response of ovule development and post pollen production processes in male sterile tomatoes to chronic, sub acute high temperature stress. *Journal of Experimental botany* 48: 101-111.
- Li, S., Willits, D.H. (2008) Comparing low-pressure and high pressure fogging systems in naturally ventilated greenhouses. *Biosystems Engineering* 101: 69-77.
- Adams, S.R., Cockshull, K.E., Cave, C.R.J. (2001) Effect of temperature on the growth and development of tomato fruits. *Annals of Botany* 88: 869-877.
- Ozturk., H.H. (2003) Evaporative cooling efficiency of fogging system for greenhouses. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 27: 49-57

תודה לד"ר חגי יסעור ממנהל המחקר החקלאי על עזרתו בביצוע בדיקות האבקה, ולמועצת הצמחים על עזרה במימון ניסוי זה.

