

# שיטות חימום והשפעתן על המיקרואקלים בחממה

בארץ מקובלות כיום שלוש שיטות לחימום באמצעות אוויר: (1) בעזרת תנורי אוויר חם, המזרימים אוויר לחממה דרך שררולי פלסטיק מחוררים; (2) באמצעות תנורים המפזרים את האוויר החם ישירות לחלל החממה - שיטה שאינה נפוצה; (3) באמצעות אוויר חם הנפלט ממחליפי חום (מים/אוויר). מים חמים בטמפרטורה של 70-90 מ"צ מסופקים למחליפי החום ומחממים את האוויר. רוב החממות בארץ מצוידות בתנורי אוויר חם המפזרים אוויר בשררולים מחוררים, ומיעוטן במחליפי חום (מים/אוויר) ובפיזור ישיר לחלל

עד 15 מ"צ) - נמוכה במידה ניכרת מזו הנדרשת באירופה, שבה הפרש הטמפרטורה פנים-חוץ מגיע עד 20-30 מ"צ. לכן, שיטות החימום המתאימות לארץ שונות מאלו המקובלות בהולנד, המובילה בתחום זה. בנוסף, עלות הדלקים המשמשים לחימום ומחירי האבזרים של מערכות החימום בהולנד, שונים מאלה שבשראל. השיטה העיקרית לחימום חממות בהולנד מבוססת על צנרת, שבה מוזרמים מים חמים, ואילו השיטה המובילה כיום בארץ היא חימום באוויר חם. ראוי לציין כי בהולנד מנצלים את צינורות החימום גם לשינוע בתוך החממה.

**מ. טייטל, א. שקליאר, מ. ברק.**  
המכון להנדסה חקלאית,  
מינהל המחקר החקלאי\*

כמות החום הנדרשת לחימום חממות בישראל (הפרש הטמפרטורה בין פנים החממה והסביבה-

\* פירסום של מינהל המחקר החקלאי, סידרה חי-1996, מס' 1300, תקציר.

## השוואת עלויות חימום

**השימוש במזוט זול מהשימוש בסולר עבור כל שיטות החימום ובכל גודל חממה**

משמעותיים. כמו כן יש להדגיש, כי התוצאות אינן מהוות המלצה לחקלאי לגבי בחירת שיטת החימום, מכיוון שהתחשיב הכלכלי שערכנו הוא הערכה בלבד, על סמך נתונים שקיבלנו מייצרנים ומרכיבי מערכות חימום. נוסף על כך יש לזכור כי העלויות, כגון מחירי דלק, מענקים וכו', עשויות להשתנות ולהשפיע על התחשיב המוצג כאן.

מהשוואה של העלויות השנתיות מתקבל, כי השימוש במזוט זול מהשימוש בסולר עבור כל שיטות החימום ובכל גודל חממה. העלויות הנמוכה ביותר לחממות ששטחן גדול מ-5 דונמים מתקבלת, כאשר החימום נעשה על ידי מים בצנרת פלסטיק - 13,700 ש"ח/דונם לשנה. לגבי אותו גודל של חממה, חימום באוויר הוא השיטה היקרה ביותר - 14,800 ש"ח/דונם לשנה. כאשר שטח החממה קטן מ-5 דונמים, החימום באוויר זול מהחימום בצנרת, והעלות היא 16,400 ש"ח/דונם לשנה. הערך המספרי הגבוה יותר המתקבל במקרה זה נובע מהעובדה שמערכת החימום מותקנת בשטח קטן, ולכן העלות לדונם גדולה מזו בחממות גדולות.

רצוי להדגיש, שההבדלים בין העלויות בחימום על ידי צינורות העשויים מחומר שונה אינם

**מ. טייטל, א. גבו, ח. פסטרנק,**  
המכון להנדסה חקלאית,  
מינהל המחקר החקלאי

### תקציר

נאספו נתונים על עלויות הרכיבים העיקריים של מערכות חימום לחממות. אלו כללו תשתית (חיבור חשמל, לוח חשמל, חדר דוודים), מערכת החימום והתקנתה, והוצאות שוטפות כמו אנרגיה (דלק, חשמל) ותחזוקה. נאמד משך החיים של כל השקעה ששימשה בחישוב החזר ההון, כלומר: שווה הערך של העלות השנתית של ההשקעה. לצורך זה נלקחה ריבית ריאלית של 6%. סיכום החזרי ההון של כל העלויות נתן את העלות השנתית של כל שיטת חימום.



בשל מעבר החום בקרינה בין הצנרת והעלים, טמפרטורת העלים באזור התחתון של הצמח, הסמוך לצנרת המים, גבוהה מטמפרטורת האוויר למשך זמן רב יותר במשך הלילה - ממשך הזמן המתקבל בחימום על ידי אוויר. הטמפרטורה הגבוהה מטמפרטורת האוויר אינה מאפשרת התעבות על העלווה. בשתי שיטות החימום נראה, כי טמפרטורת העלים נמוכה מטמפרטורת האוויר באזור העליון של הצמח. תוצאות הניסויים מצביעות על קבלת פירוס טמפרטורת אוויר שונה לגובה החממה בכל אחת מהשיטות. בעוד שבחימום על ידי צנרת מים חמים האוויר באזור התחתון של הצמח חם מזה שבאזור העליון לאורך כל מחזורי החימום במשך הלילה, הרי שבחימום על ידי אוויר, בזמן שהמערכת פועלת, האוויר באזור התחתון חם מזה שבאזור העליון, והמגמה מתהפכת כאשר מערכת החימום עוברת

## ההבדלים במיקרואקלים של החממה, הנובעים משיטות החימום השונות, יכולים לגרום לקצב שונה של התעבות המים על הצמח - ולכן גם להבדלים בהתפתחות המחלות

למצב OFF. האפשרות לקבל חימום אחיד באזור התחתון של הצמח טובה יותר בחימום על ידי אוויר מאשר בחימום על ידי צנרת - בשל התנועה המאולצת של האוויר. מהתוצאות עולה, כי אין הבדל ניכר בין שתי השיטות בכמות החום הנדרשת על מנת לשמור על טמפרטורה רצויה (16 - 18 מ"צ) בגובה 2 מטרים מהקרקע.

האחרים, ולכן גם להבדלים בהתפתחות המחלות. על מנת לבחון את שתי שיטות החימום הללו נערכו ניסויים בחממה ניסויית לגידול ורדים בפקולטה לחקלאות ברחובות, ובחממה מסחרית שבה מגדלים ורדים במושב סגולה שבחבל לכיש. הפיקוד על מערכת החימום בכל הניסויים היה מסוג OFF-ON, כפי שנעשה ברוב החממות בארץ. כאשר משתמשים בפיקוד מסוג זה וקיים הפרש של מעלה או יותר בין הגבול התחתון לבין הגבול העליון של הטמפרטורה הנקבעת בחממה, יתקבל חימום מחזורי. מספר המחזורים הוא פונקציה של מזג האוויר מחוץ לחממה. כתוצאה מירידה ניכרת בטמפרטורה החיצונית או הגברה במהירות הרוח, החממה תאבד כמות חום גדולה יותר, ומערכת החימום תעבור לעבודה במחזורי חימום בתדר גבוה או למצב של חימום רציף. תוצאות הניסויים מצביעות על כך, שכאשר הפיקוד על מערכת החימום הוא מסוג OFF-ON, האינרציה התרמית הגבוהה של הצנרת והמים שבתוכה גורמת לשמירת טמפרטורת אוויר גבוהה, בסמוך לצמח, זמן ממושך יותר מאשר בחימום על ידי אוויר חם. הבדל זה מתקבל במקרים, שבהם ההשוואה נעשית בין מערכות חימום בעלות הספק חימום שווה בחימום רציף במצב יציב. בחימום על ידי אוויר, מיד עם הפסקת החימום עולה האוויר החם מהאזור התחתון - למעלה, וסביבת הצמח מתקררת. כתוצאה מכך, מספר מחזורי החימום הנדרש במשך לילה גדול יותר בחימום על ידי אוויר בהשוואה לחימום על ידי צנרת במערכת המקבלת פיקוד OFF-ON.

כמו כן עולה מהניסויים שבחימום על ידי אוויר, הלחות המוחלטת בסביבות הצמח, בזמן שהמערכות נמצאות בפעולה, גבוהה ב-10% לערך מאשר בחימום על ידי צנרת. העלייה בלחות המוחלטת בחימום על ידי אוויר מתרחשת בזמן שמערכת החימום נכנסת לפעולה בכל מחזור חימום. כשהמערכת יוצאת מפעולה, הלחות המוחלטת יורדת לערכים שהיו בתחילת מחזור החימום. העליה בלחות, המתרחשת בגלל התאדות מהצמחייה וכפי הנראה גם מהקרקע, צורכת כ-10%-20% מסך האנרגיה המסופקת לחממה.

החממה. מכלל החממות בארץ, רק במעטות מאוד החימום נעשה בעזרת צינורות (אלומיניום, ברזל, פלסטיק), שבהם מוזרמים מים חמים. בשנים האחרונות, עם התרחבות מגוון הגידולים הנענים לחימום, מתעורר הצורך לבחון את

## רוב החממות בארץ מצוידות בתנורי אוויר חם המפזרים אוויר בשרוולים מחוררים ומיעוטן - במחליפי חום ובפיזור ישיר לחלל החממה. חימום הנעזר בהזרמת מים חמים - אינו נפוץ, אך לאחרונה הוא מקבל תנופה עם המעבר לחממות גדולות

שיטות החימום הקיימות. סקר של שיטות חימום לחממות בישראל נעשה לפני כעשר שנים, אך בעבודה היא לא נעשתה השוואת השפעות של שיטת החימום על המיקרואקלים בחממה. בחימום בצנרת מים חמים, מנגנון המעבר של החום הוא בעיקרו באמצעות קרינה והסעה חופשית; ואילו בחימום באוויר חם המנגנון העיקרי הוא הסעה מאולצת. נוכח ההבדל במנגנוני מעבר החום קיימת סבירות רבה למציאת הבדלים במיקרואקלים של סביבת הצמח. ההבדלים יכולים להתבטא בטמפרטורה שונה של העלים ובלחות שונה בסביבת הצמח. שינויים אלה יכולים לגרום לקצב שונה של התעבות מים על העלים ועל חלקי הצמח