



1998-2000

תקופת המחקר:

307-0274-00

קוד מחקר:

שפור איכות פרחי ורדים בעונת הקיץ ע"י בקרת טמפרטורה ולחות בחממה

שם

QUALITY IMPROVEMENT OF ROSE FLOWERS DURING THE SUMMER BY CONTROL
OF GREENHOUSE TEMPERATURE AND RELATIVE HUMIDITY

המחקר:

מוסד: מינהל המחקר החקלאי, ת.ד. 6 בית דגן 50250

חוקר ראשי: דר' אהוד דיין

מאמרים: 4

חוקרים שותפים: פרופ' נפתלי זיסלין, מר אלי מתן, דר' מרסל פוקס, מר אברהם גרווה, מר ניסים פינס, דר' צבי פלאוט, דר' אלק סולפוי

תקציר

הצגת הבעיה: חלק גדול מן הפדיון של חממות הורדים בישראל מופק מן הפרחים המשווקים בקיץ. הפרחים בעונה זאת הם בעלי איכות נמוכה- הגדלה של האיכות הפרחים עשויה להגדיל את הפדיון. ירידת האיכות מיוחסת בעיקר לטמפרטורות הקיץ הגבוהות בחממה ולשיעורי לחות נמוכים המלווים אותן אבל החקלאים מתקשים לשפרה באמצעים המקובלים.

מטרת התוכנית: לאתר את המנגנון המסב את הנזקים וברור שיטות לשיפור איכות הפרחים. תוצאות: בדיקה שבמהלכה הופחתה הטמפרטורה הממוצעת בחממה- על ידי צינון במזגן בשעות לילה בקיץ - הגדילה את כמות הפרחים אך גם היא תרמה רק מעט לאיכותם. יעילותם של טיפולי הצינון - הטלת צל וצינון במזרון לח- המקובלים לצינון בשעות היום, הייתה פחותה. גם היא התבטאה בעיקר בשיפור הכמות. השפעת טיפולי הצינון הייתה ניכרת בעיקר בקיץ המאוחר והתעצמה עם הזדקנות הצמחים.

ההסברים לתופעות מבוססים על שינויים מורפולוגיים ופיזיולוגיים שהיו צמודים להן. ביבולים ובאיכויות הפרחים שהתקבלו מכל הטיפולים הסתמנו השפעות גיל, שינויים עונתיים וגלי קטיף שבמהלכם לעליה בכמות הפרחים נלוותה ירידה באיכותם- סימן לתחרות בין התכונות. השינויים שחלו עם הגיל העונה וגל הקטיף לו גם עליות וירידות בשיעורי הטרנספירציה. טיפולי הצינון המקובלים הפחיתו גם את הטרנספירציה של הצמחים וגם השפעתם על הטרנספירציה הייתה תלויה בגיל, עונה ומועדי קטיף.

ההסברים המוצעים לשינויים שחלו באפקטיביות טיפולי הצינון רואים בשינויים המורפולוגיים והפיזיולוגיים סימנים לכך שבגיל מבוגר ובעיקר בחלק השני של הקיץ- הצמחים נקלעו למצוקה מבחינת משק המוטמעים והטרנספירציה. בגלל מחסור במוטמעים הצמחים התקשו ליצור פרחים איכותיים ובגלל ירידה בשטפי הטרנספירציה, כמויות החום שהורחקו על ידי טרנספירציה קטנו וביצועי החממה היו תלויים יותר בעזרת טיפולי הצינון. לעומת זאת כשהצמחים היו במיטבם - למשל בחלק הראשון של הקיץ, ובמיוחד כשהצמחים צעירים- הצמח סבל פחות מן התחרות על המוטמעים והצמחים עשו טרנספירציה שהרחיקה את רוב אנרגיית הקרינה שנבלעה בהם. במצבים אלה מזרון לח או צל הפחיתו את הטרנספירציה של הצמחים- ולא היו יעילים בשיפור ביצועי המערכת.

מסקנות והמלצות: שיטות הצינון המקובלות אינן יעילות בחממת ורדים שבה הצמחים חיוניים-מצננים את עצמם בטרנספירציה, ומשק המוטמעים שלהם מאוזן. כדי לשפר את יעילותם של אמצעי הצינון יש להתאים אותם ואת מועדי הפעלתם למצבים המורפולוגיים והפיזיולוגיים של הצמח.

שיפור איכות פרחי ורדים בעונת הקיץ על ידי בקרת טמפרטורה ולחות בחממה

דוח סופי לתוכנית מחקר מס 307-0274-99

מגיש : אהוד דיין.

חוקר ראשי: פלאוט, צ., (חוקר ראשי).

חוקרים: מרסל פוקס: י. פרסנוב מתן. מ. דינר, נ. פינס, י. מוג'ירה.

מבצעים: סולפוי, א. גרווה. דוד שמואל, עירית דורי, ליאנה בן יונס.

□ **מבוא:** חלק גדול מן הפדיון הכללי של חממות הורדים בישראל מופק משיווק פרחים הנקטפים בקיץ.

פרחי הורדים בקיץ- בעלי איכות נמוכה= הפקעים קטנים וחיוורים, הגבעולים קצרים ודקים ובעלי חיי מדף קצרים.

המחיר שאפשר לקבל עבור פרחים מסוג זה מוגבל. שיפור האיכות עשוי להביא הגדלה בתמורה לחקלאי (גני לוינ

1999, פינס 1999).

התופעות מיוחסות לטמפרטורות הקיץ הגבוהות ולשיעורי לחות גמורים אותן בחממה. ההנחה היא שעל ידי

צינון ובקרת לחות ניתן להפחיתם, אולם החקלאים מתקשים למנוע את התופעות בעזרת טיפולי הצינון המסחריים.

אפשר להסביר את הקשר בין הטמפרטורה הגבוהה ובין הירידה באיכות על ידי מנגנונים רבים- למשל הזדקנות

מהירה, השפעות מורפולוגיות דרך תהליכי ההתמיינות של ניצני הענפים או ניצני הפקעים, עיכוב בפוטוסינתזה

(Marcelis-Van Aker 1996). אחד המנגנונים האפשריים כהסבר הוא שהחום גורם האצה בגידול ובנשימה לקיום

ולגדילה וגורר כך מחסור ותחרות על מוטמעים (De Wit et al. 1978). באופן זה החום גורר ירידה גם באיכות וגם

בכמות, מאחר והמוטמעים דרושים גם לגדילה והתפתחות של פרחים איכותיים- עבים, ארוכים ונושאי פקעים גדולים

(Marcelis-van Aker 1994) וגם להתחדשות או המשכיות מאחר שהמוטמעים דרושים להתפתחות "ענפי המים" -

Bottom breaks - ולהתפתחות הענפים השניונים והשלישונים הדרושים כבסיס להתחדשות פרחים איכותיים

(Kool 1996, Ziesline et al 1973, De Vries & Dubois 1983, Marcelis -van Aker 1994). מטרת

התוכנית הייתה לתרום להבנת הקשיים המלווים את שיפור האיכות ולברור שיטות כלכליות לשיפור איכות הפרחים.

שיטות וחומרים:

הניסויים נערכו בתחנת הניסויים הבשור, (31°16'N, 34°24'E). הצמחים גודלו במבנה פלסטיק מדגם "עזרום"

בעל 7 "גמלונים: רוחב כל גמלון 7.5 מ' אורכו 24.5 מ'. קדקודי הגמלונים בגובה 5.5 מ' גובה המרזבים 4 מ'

והכיוון שלהם צפון-דרום. גג החממה כוסה בפלסטיק UVA-IR בעובי 0.1 מ"מ מתוצרת "גניגר". הגג נוקה

פעמיים במשך כל קיץ והוחלף מדי שנה לקראת החורף.

הגידול: בחממה נשתלו "שתילונים של הזן "לונג מרצדס". השתילה נעשתה ב 16 לספטמבר 1996 בארגזי קלקר

1.0 x 0.55 x 0.18 מ'. הארגזים הוצבו, - בשורות עורפיות במקביל למרזב. 4-שורות בכל גמלון. אורך כל ערוגה

20 מ', המרחק בין מרכזי הערוגות: 1.2 מ'. הארגזים מולאו במצע סוף - 0.8 m + חומר אורגני. (המילוי נעשה ב

1995 במצע שכלל 30% זבל מפרדה וגפט ענבים. במהלך 1995-1996 גדל במצע פלפל מן הזן מזורקה) בכל ארגז

נשתלו 14 שתילי ורדים בשתי שורות. (צפיפות השתילה 7.5 צמחים למ"ר). הגידול נעשה בשיטת הכיפוף: ענפים

ישרים ועבים טופחו לפרחים - Flower shoots (FS), ענפים חלשים כופפו ל"שמלה" (Side Shoots (SS)).

מים ניתנו בארבע השקיות שוות- במרווחי זמן שווים. מנת ההשקיה היומית: בקיץ 1997 8 - 10 קוב לדונם ליום, בקיץ 1998 12-16 וב 1999 16 קוב לדונם ליום. במים נמהל דשן "שפר" 5:3:8 בשיעור של 2 ליטר בכל קוב (כ 120 ח"מ חנקן). שיעורי ההשקיה והדשן נועדו להבטיח כ-50% נקז ורמות מוליכות של פחות מ 2 מילימוס במי הנקז. במקרים של PH גבוה במי נקז ניתנה תוספת חומצה חנקתית בשיעור של 100 סמ"ק לקוב מים.

בקרת אקלים : במהלך החורף (מחצית נובמבר- מחצית אפריל) נוהלו בחממה משטרי אוורור וחימום, כמקובל אצל החקלאים: חימום ניתן כאשר הטמפרטורה הייתה מתחת ל 18 מ"צ באוויר שבגובה הפרחים. אוורור לילה ניתן כשהלחות הייתה גבוהה מ 95%, תוך הפעלת אוורור מאולץ לפרק של 5 דקות מדי שעה. במשך עונת הקיץ: (מחצית אפריל -אמצע נובמבר). נבחנה בכל גמלון בחממה שיטת צינון שונה. חלל החממה נחלק, לעת צורך בהפרדה בין טיפולים, לתאים. ההפרדה נעשתה בעזרת מחיצות פלסטיק, שנגללו כלפי מעלה לאורך המרזבים. במהלך הניסויים נבחנו סוגים שונים של שיטות צינון המבוססות על שילובים של אוורור מאולץ, (+/-) מזרון לח, +/- צל) וסוגים שונים של אוורור טבעי ובהם שילובים שונים של אוורור גג, (+/- צל קבוע, +/- צל נייד). ביצועי המערכות המצוננות הושו – לביצועי חלקות שטופלו באוורור גג ("הקש") בלבד. בחלקה מסוימת הופעל מזגן בשעות הלילה כדי לבחון את הפוטנציאל של הורדת ממוצע הטמפרטורות על ידי צינון. פרוט הטיפולים ונקודות הסף של הפעלת מערכות הצינון במהלך השנים מפורטות בטבלה מס' 1 בנספח מס' 2.

אביזרי בקרת אקלים: חימום נעשה בעזרת דוד הסקה, בעל תפוקת חימום 245.000 קק"ש. פיזור החום נעשה מבעד לצינורות אלומיניום בגובה של 0.5 מעל לפני הקרקע, בהיקף הערוגות.

אוורור טבעי (NV): נעשה ע"י גלילה כלפי מעלה של ארבעת וילונות הפלסטיק בהיקף החממה ועל ידי פתיחת חריץ ברוחב 1 מ' לאורך המרזב המזרחי של כל גמלון ופתחים בשטח של 3 מ"ר בקדקודי הגמלונים מצד דרום. **אוורור מאולץ (FV):** הושג על ידי פתיחת וילון דרום והפעלת שני מאווררי יניקה בקודקוד צפון של כל גמלון. המאווררים היו מדגם EUROEMME, קוטר 30" מנוע תלת פאזי של 0.75 כ"ס, 1420 סל"ד, ספיקת המאוורר בהפרש לחצים סטטי של 3 מ"מ מים הייתה 15.000 מ³ לשעה.

מזרון הלח (WP): הוחקן על ידי תוספת המזרון לאוורור מאולץ כנ"ל. המזרון היה מזרון אנכי מתוצרת "מוטרס" שוודיה, שנקבע לאורך כל הדופן הדרומי של גמלון החממה (7.5 מ'). גובה המזרון 1.5 מ', עוביו 0.1 מ'. מפל הלחץ הסטטי של המזרון החדש היה 2 מ"מ עומד מים.

צל: הוטל בעזרת רשתות צל "אלומינט 40%" (תוצרת פולישק ניר יצחק). בחלק מן הטיפולים נפרשו הרשתות מעל המבנה לכל תקופת הקיץ (CS טיפול 4 ב 1997) ובחלקם נפרשו ונגללו מתחת לכיסוי-לפי תנאי המיקרו-אקלים (MS).

צינון לילה (NC): הושג על ידי הפעלת מזגן מפוצל 5 כ"ס בשעות הלילה.

מדידות ודגימה:

כמויות ואיכויות הפרחים בכל טיפול נקבעו על ידי מדידות בפרחים שנקטפו מ 250 צמחים קבועים, שגדלו ב 19 מכלי גידול בשתי ערוגות, במרכז גמלון. בקיץ 1999 נבדקו טיפולי הצינון גם על גבי צמחים שקיבלו טיפולי משנה להפחתת מספר הפרחים. כל טיפול משנה נבדק על גבי 56 צמחים בארבעה מכלים. (בהמשך החלק הדרומי של הערוגות העיקריות).

הפרחים מכל חלקת מדגם: נקטפו מדי יומיים. הפרחים מוינו לקבוצות לפי אורך הגבעולים: 40-50, 50-60, 60-70, 70-80 ס"מ, נשקלו ונספרו. מדגמים של הפקעים מכל קבוצה נתלשו ונשקלו. הגובה והקוטר של חמשה פקעים מיצגים מכל קבוצה נקבע על ידי מדידה במיקרומטר.

תנאי המיקרו-אקלים בכל תא בחממת הניסוי אופיינו ע"י מדידות של:

* טמפרטורות ולחות באוויר בעזרת פסיכרומטרים, בארבעה גבהים: מתחת לנוף (b), באמצע הנוף (m), מעל לנוף (a) וסמוך לפתח האוורור בג המבנה®.

* טמפרטורת העלים נמדדה בעזרת תרמו-קפלים מטיפוס T בעובי 80 מיקרו-מטר שהוצמדו לצד התחתון של העלים. המדידה נעשתה בצד מערב ובצד מזרח של הערוגה בעלים עליונים של גבעולי פרחים (Flowers shoots) וכן בצד מערב ובצד מזרח בעלים מוארים של השמלה (Side shoots).

טמפרטורות הפקעים נמדדה על ידי החדרת תרמוקפלים כנ"ל לפקעים מוארים בגודל זית.

* האואפו-טרנספירציה נמדדה בעזרת ליזימטרים. הליזימטרים הורכבו ממאזניים רגישים שעליהם הוצב מיכל

0.5X0.5X0.25 מלא טוף כנ"ל בו גדלו שמונה צמחים שנשתלו וטופלו בדומה לשאר הצמחים בחממה.

* שטפי קרינה גלובלית ושטפי קרינת PAR ושטפי קרינה נטו נמדדו מחוץ לחממה ובתוכה בכל תא. שטפי קרינה

גלובלית נמדדו בעזרת מכשירי Kip & Zonen The Netherlands CM5, שטפי הקרינה הדיפוזית נמדדו על ידי

מכשירים שפניהם הוסתרו מקרינה ישירה על ידי טבעת זחילה בקוטר 40 ס"מ. שטפי קרינת PAR נמדדו בעזרת

מכשירי Lic-Cor LI-190 SA, שטפי קרינה מתחת לנוף נמדדו על ידי Li 191sa Line quantum sensor ושטפי

קרינה נטו בעזרת מכשירים מטיפוס Siemen Ersking Denmark. שטפי אנרגיה לקרקע נמדדו על ידי HFT-3

heat flow transducer. שטפי קרינה ישירה חודרת נעשתה על ידי מכשירים זקופים שהותקנו מעל לנוף בגובה

המרזב (4 מ' מעל פני הקרקע), של קרינה חוזרת על ידי מכשירים הפוכים שהוצבו באותו גובה. שטפי הקרינה מתחת

לנוף נמדדו על ידי הצבת מכשירי Li-Cor Line quantum sensors על הקרקע. שטפי הקרינה שהגיעו לקרקע

נמדדו בעזרת מכשירים שהוצבו מתחת לנוף הצמחים ושטפי האנרגיה אל הקרקע בעזרת Heat flux plates

שהוטמנו בעומק 2 ס"מ מתחת לפני הקרקע שטפי הקרינה מחוץ לחממה נמדדו בעזרת מכשירים – שהוצבו על גבי

מגדל בגובה 10 מ' מעל גג החממה.

* האינפורמציה שסיפקו החישנים המטאורולוגיים נסרקה מדי דקה, מוצעה ונאגרה מדי 30 דקות- בעזרת רשת של

דטה לוגרים מסוג Campbell Scientific CR-10. פעולות הבקרה- הפעלה והשבתה של אמצעי בקרת האקלים –

נעשתה בעזרת אותה מערכת מכשירים וחישנים.

אנאליזה:

יבולים ואיכויות: חושבו פרמטרים של :

* כמות פרחים: ממוצעים של המשקל, המספר והאורך של פרחים שנקטפו ביום (גרם, מספר וס"מ, למ"ר ליום);

* איכות הגבעול: ממוצעים של המשקל, והאורך של הפרחים שנקטפו ביום (גר' וס"מ לפרח).

* איכות הפקע : ממוצעים של המשקל הגובה והקוטר של הפקעים שנקטפו ביום (גר' , ס"מ, וס"מ לפקע).

כדי לזהות שינויים מחזוריים ומגמות הקשורות בזמן הוצבו הפרמטרים הנ"ל של כמות ושל איכות על ציר הזמן ולכל פרמטר הותאמו עקומות בעזרת אופציות החלקה סטטיסטיות של התוכנה (SPSS Tablecurve 2D, 1997) עיתוי של התחלה, סיום ואורך גל, תקופה או עונה נקבעו לפי נקודות הפיתול בעקומות המוחלקות. גלי קטיפה זוהו כאשר ההחלקה נעשתה באופציה Cubic Smooth. השפעות ומגמות עונתיות זוהו כשהחלקה נעשתה, בשיטת: (Tablecurve 2D, 7-10) Smooth B spline Option: B-spl Fix. Order 8, Knots 13.

יבולים ואיכויות של שנה א' נקבעו לפי ממוצעים של ערכים יומיים שהתקבלו בין 16 באוקטובר 1996 ל-15 באוקטובר 1997. של שנה ב', לפי הערכים שבין 16 לאוקטובר 1997 לבין 15 אוקטובר 1998, ושל שנה ג' לפי הממוצעים שבין 16 לאוקטובר 1997 לבין 15 באוקטובר 1999. ממוצעי "חורף" - חושבו לפי הערכים שבין 16 לאוקטובר ו-15 אפריל. ממוצעי "קיץ" חושבו לפי הערכים שבין 16 לאפריל ו-15 אוקטובר.

היחסים בין החלק הראשון של הקיץ לבין חלקו השני הוערכו לפי היחסים בין ממוצעי נתונים שנרשמו בין ה-16 באפריל-15 ביולי לבין הממוצעים בין ה-16 ביולי-15 באוקטובר.

כ"בקה" = רפרנס = הקש לשיטות הצינון שימשו תוצאות שנתקבלו בהשפעת טיפול האורור הטבעי (NV). פוטנציאל השיפורים של האיכות או הכמות הוערך לפי שינויים בפרמטרים הנ"ל שהתקבלו בחלקות שצוננו במזגן במהלך לילות הקיץ (NC).

תוצאות:

חלק א': יבולים ואיכויות:

הפרמטרים של כמויות הפרחים שנקטפו, (המספר, המשקל והאורך) ופילוגם לפי שנים וחלקי עונה מוצגים בנספח מס' 1 טבלה מס' 1. לפי כל הפרמטרים כמויות הפרחים בחורף עלו עם גיל הצמחים ובקיץ ירדו מעט. השינויים טשטשו את ההבדלים בין קיץ לחורף. בחורף ובחלק הראשון של הקיץ - כמעט ולא התהוו הבדלים בין הטיפולים. פרט לפגיעה שטיפול הצל פגעו ביבולי החלק הראשון של הקיץ. (ציור מס' 1.1-א). ההבדלים הגדולים ביותר בין הטיפולים נתהוו בשנים המאוחרות של הניסוי ובמיוחד בחלק השני של הקיץ - כאשר יבולי הקיץ בחלקות הרפרנס היו נמוכים. בחלקים אלה של העונה הצינון הפוטנציאלי (טיפול צינון במזגן = במהלך הלילה) שיפר את היבולים ביותר מ-60% בהשוואה ליבולים שהתקבלו באותה תקופה בעזרת אורור גג (=הקש). השיפורים שהושגו בעזרת טיפולי הצינון המקובלים (שכללו שילובים שונים של אורור טבעי, מאולץ, מזרון לח וצל), היו נמוכים יותר. בעזרת הטוב בשילובי המזרון הושגה הגדלה של קרוב ל-40% ביבולי שנה ב' (בהשוואה להיקש). בחלק זה של העונה נזקפו שיפורים גם לזכות הטיפול בצל. (ציור מס' 1.1-א)

הפרמטרים המתארים את איכויות הגבעול והפקע: של הפרחים הקטופים מוצגות בנספח 1 בטבלאות 2 ו-3 בהתאמה. בשנה הראשונה איכויות החורף היו גבוהות בהרבה מאיכויות הקיץ. עם הגיל (ועם העלייה הנ"ל בכמויות החורף) איכויות החורף פחתו. התנודות גרמו גם פחיתה בהבדלי האיכות בין חורף לקיץ. בחלק בראשון של הקיץ איכויות הפרחים היו גבוהות יחסית לאלו שבחלק השני של הקיץ. (ציור מס' 1.2-א) בחלק זה של העונה כמעט שלא נתגלו הבדלים בין הטיפולים - להוציא פחיתה מסוימת בכמויות הפרחים בהשפעת הצל. בחלק השני של הקיץ - יצרו

כמה טיפולי צינור שיפורים מסוימים גם באיכויות הפרחים. ההבדלים היו גדולים במיוחד בשנים המאוחרות יותר כאשר היבולים בחלקות ההקש היו נמוכים. השיפורים הניכרים ביותר הושגו בעזרת הצינור הפוטנציאלי וגם הם לא עלו על 15%. גם לצינור במזרון או צל היו בתקופות אלה השפעות חיוביות כלשהן (5%).

יחסים בין כמויות לאיכויות: בציור מס' א-2 מוצגות דוגמאות לשינויים ההדדיים בפרמטרים של כמות ובפרמטרים של איכות לפי אותו ציר זמן. כדוגמא לשינויים בפרמטרים של כמות מוצג קצב הקטיפה של הפרחים במערכת בעלת אוורור גג וכדוגמא לשינויים באיכות- האורך הממוצע שלהם. תמונות דומות נתקבלו תוך הצגת פרמטרים אחרים של כמויות איכויות גבעול ופקע ותוך הצגת משתנים שנאספו במערכות הצינור האחרות.

כדי לאפשר מעקב אחר היחסים שנתהוו בין כמויות ואיכויות הגבעול והפקע הותאמו לנתונים –עקומות מוחלקות בשיטות סטטיסטיות (לפי שיטת ההחלקה ניתן להבחין בנתונים שני סוגי שינויים:

שינויים עונתיים: כאשר מתאימים לנתוני האיכות והכמות עקומות ב Smooth B-spline Fix. Order 8, Knots

13. (ציור מס' א-2) אפשר להראות שמאמצע החורף הממוצעים העונתיים של היבולים והאיכויות גדלים אולם מתחילת הקיץ האיכויות יורדות ומגיעות לשפל באמצע הקיץ. מגמות הירידה העונתית באיכויות הפרחים, כוללות ירידה באורך הגבעול וגוררות (ראה הסבר להלן) ירידה פתאומית גם בכמויות. הירידה של אמצע הקיץ באיכות הפרחים הולמת את המגמה הגלית של העקומה המוחלקת בעוד הצניחה של אמצע הקיץ בכמויות קוטעת את המבנה הגלי הסימטרי של עקומות הכמות. הירידות בכמויות ובאיכויות גורמות לכך שבאמצע הקיץ (~ב 16 יוני) גם הכמויות וגם האיכויות של הפרחים מגיעות לשפל בו זמני. אירוע זה בולט בשנים האחרונות יותר מבראשונות. על פי אירוע זה אפשר לחלק את הקיץ לשתי תקופות שוות: קיץ מוקדם 15 אפריל – 15 יוני וקיץ מאוחר 16 יוני – 15 אוקטובר.

גלי קטיפה כאשר מתאימים לאותם נתוני כמות ואיכות עקומות ב Cubic smooth (ציור מס' א-2) אפשר להראות שהיבולים ואיכויות הפרחים משתנים ב"גלי קטיפה". הגלים המתארים את כמויות הפרחים, בקיץ (16 אפריל – 15 לאוקטובר) קצרים (30-35 ימים), תדירים- (יותר מ 5 גלים במהלך הקיץ) ובעלי אמפליטודות נמוכות- המתארות ניבה ללא הפסקות אך גם ללא יבולי שיא גבוהים. בחורף –הכמויות נעות בגלים ארוכים (65-70 ימים), מעטים (פחות מארבעה) אך יש להם אמפליטודות גבוהות המתארות הפסקות בניבה ויבולי שיא גבוהים יחסית לממוצע העונתי. העקומות המתארות את השינויים הגליים בפרמטרים של האיכות מתארות גלים בעלי מופע הפוך לגלי הכמות- כאשר כמות הפרחים עולה- הפרמטרים של האיכות יורדים, כאשר הכמות יורדת- הפרמטרים המציגים איכות עולים. נקודות השפל בכמות – מקדימות את נקודות השיא באיכות וההפך. בציור 3.1-א מוצגים הפרמטרים של האיכות מול הפרמטרים של הכמות, כפי שנמדדו במהלך אחד הגלים בכל מערכות הניסוי. נתונים שנמדדו במהלך הפאזה העולה של גל הכמות מוצגים בנפרד מנתונים שנמדדו במהלך הפאזה היורדת. אפשר לראות שעליה בכמות גוררת ירידה באיכות וההפך. כאשר במקום הנתונים המדוּדים מציבים את היחסים המחושבים על ידי העקומות המוחלקות של גלי האיכות ו גלי הקטיפה הכמותי מתקבלים מעגלים. בציור מס' א-2.3 מוצגים המעגלים המתארים את יחסי הכמות והאיכות של מספר גלים. הציור מראה שהגלים עוברים דפורמציה עם הגיל, במהלכה מתארך ציר הכמות ומתקצר ציר האיכות.

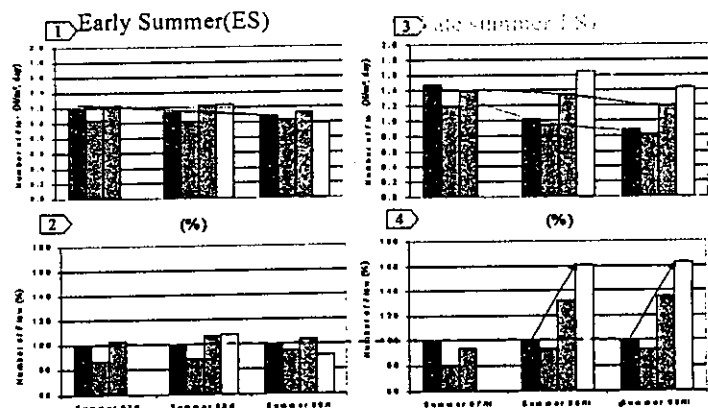
בציור מס' א-3.3 מוצגים הערכים שחושבו על ידי עקומות הכמות והאיכות שהותאמו ב Smooth B spline לשם הבלטת השפעות העונה (במקום הערכים של העקומות המתארות גלי קטיפה). גם לפי ערכים אלה מתקבלים מעגלי

תחרות. הנתונים המאפיינים את יחסי האיכות והכמות בעונות הקיץ - (חלקים אדומים בכל מעגל) נמצאים תמיד ברבע הימני והתחתון של האיור (כמויות גבוהות יחסית ואיכויות נמוכות) בעוד שהיחסים בחורף נמצאים ברבע עליון ושמאלי. מעגלים המתארים שנים מאוחרות יותר - נדחקים כלפי מטה.

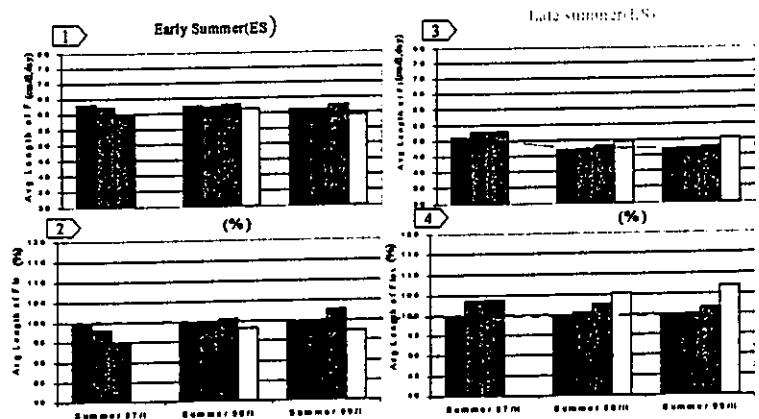
הטבלאות והציורים שהוצגו נועדו להבליט את העלייה שחלה עם הגיל ביבולי החורף, הירידה ביבולי הקיץ, הירידה שחלה באיכויות החורף והעלייה (המסוימת) באיכויות פרחי הקיץ. טשטוש ההבדלים בין קיץ לחורף, הדעיכה שחלה עם הזמן בגלי הקטיפה ובגלים המתארים את השינויים העונתיים בכמויות ובאיכויות (ציור 2) וכמו כן בשינויים החלים ברדיוסים ובצורה של המעגלים המתארים איכויות כנגד כמויות (ציור 3).

ציור מס' 1-1 : השפעת אמצעי צינון על כמויות ואיכויות הפרחים בקיץ מוקדם ובקיץ מאוחר.
ציור מס' 1.1 מספרים ממוצעים של הפרחים שנקטפו בכל יום בקיץ המוקדם (משמאל) ובקיץ מאוחר (מימין). עמודות אדומות מסמנות יבולים שנקטפו מחלקות של "הקש" (אוורור גג) עמודות ורודות מחלקות של צינון לילה (פוסנציאל) עמודות אחרות יבולים שנקטפו מחלקות שטופלו באמצעי צינון מקובלים. בחלק התחתון מוצגים היחסים בין הכמויות שהתקבלו בטיפול הצינון לבין אלה שהתקבלו בחלקות הקש.
בציור 1.2 השפעת אמצעי צינון על איכות (אורך ממוצע של גבעולים) הפרחים בקיץ.

ציור מס' 1.1



ציור מס' 1.2

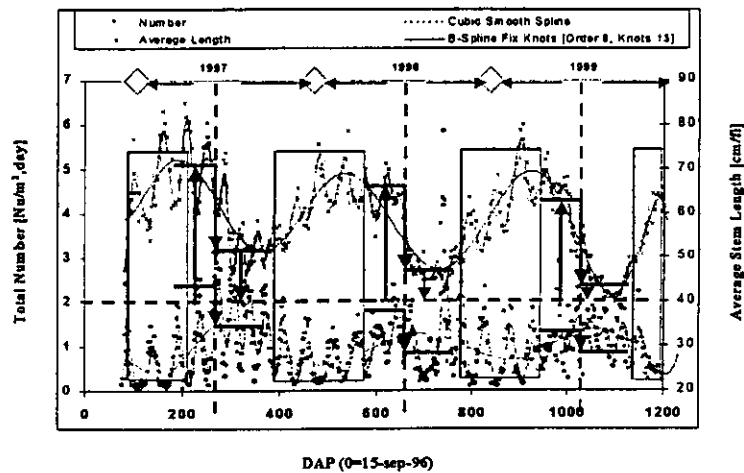


ציור מס' א-2: שינויים עם הזמן בכמויות הפרחים (מס' הפרחים למ"ר ליום: בעיגולים ירוקים) ובאיכויות הפרחים (האורך הממוצע של גבעולי הפרחים = צלבים סגולים). שינויים עונתיים בכמות מוצגים על ידי קו רציף חום ובאיכות על ידי קו שחור. גלי קטיפה בכמויות מוצגים על ידי קו שבור אדום ובאיכות על ידי קו שבור סגול. מלבנים בעלי רקע כהה מסמנים את עונות החורף.

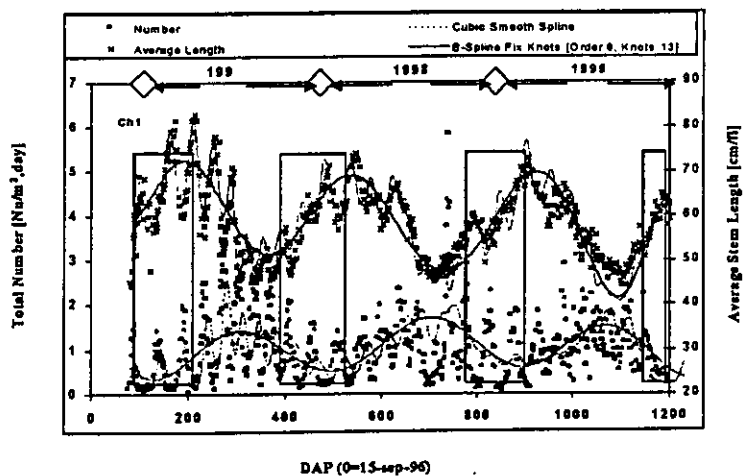
ציור מס' א-2.1: הקש: מערכת מאווררת אוורור גג.

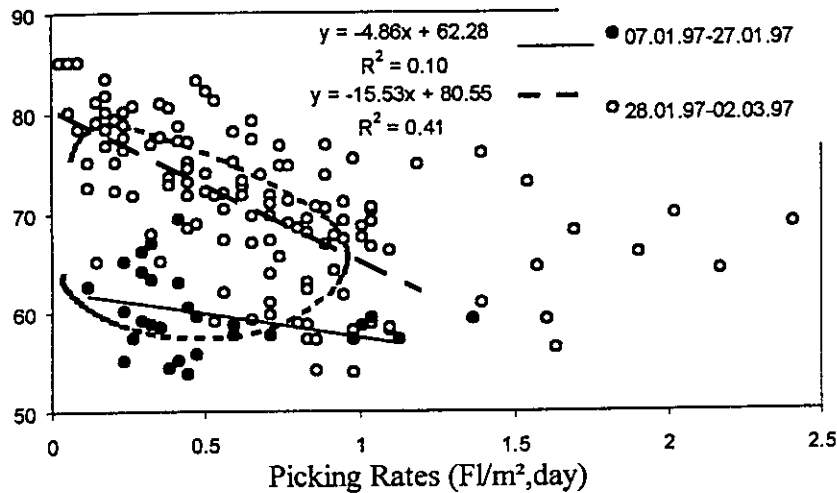
ציור מס' א-2.2: צינור פוטנציאלי = מערכת מצוננת בלילה (99-98).

ציור מס' א-2.1

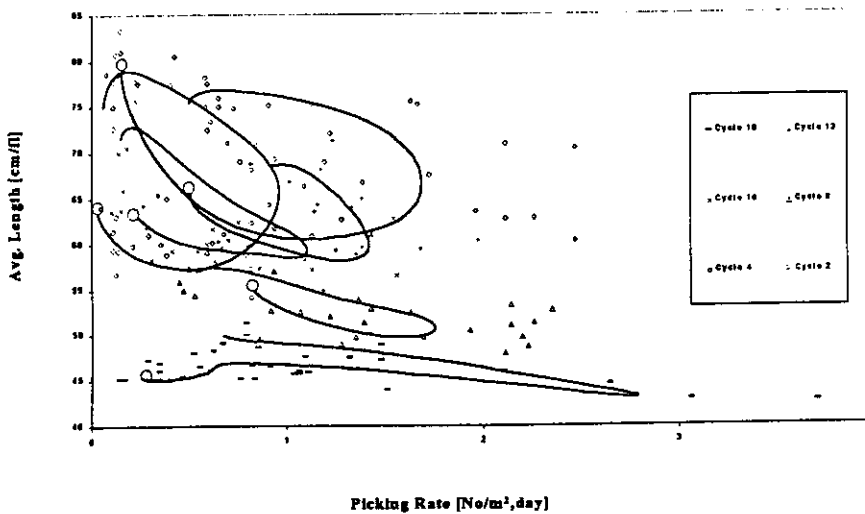


ציור מס' א-2.2



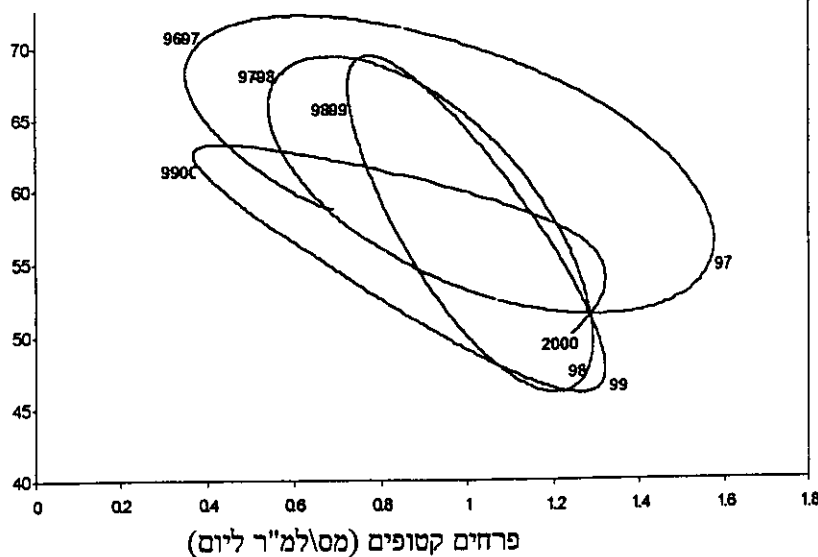


ציור מס' א-3: שינויים באיכויות הפרחים (אורך ממוצע של גבעולים: ס"מ/פרח) (Y) כנגד שינויים בכמויות הפרחים (מס' ל"ר ליום) (X).
 בציור א-3: במהלך גל קטיף: 7 לינאר 1997 – 2 למרץ. התנאים באספו בשבע מערכות מיקרואקלים שונות. היחסים מתחילת גל הקטיף ועד שיאו (ב 28 לפברואר 1997) מצוינים בציורים מלאים. המודל הליניארי שהותאם לערכים אלה (קו מלא) היה בעל שיפוע שלילי (-4.85) (המעיד על ירידה באיכויות הפרחים – עם העליה בכמויות הפרחים שנקטפו ליום. היחסים שנמדדו כאשר יבולי הפרחים ירדו (החל מן ה 29 לפברואר, עיגולים ריקים) מתוארים על ידי המודל הליניארי בעל שיפוע שלילי חזק יותר (-15.53) (המעיד שככל שמספר הפרחים שנקטפו- היה גבוה יותר איכותם עלתה. הקו המרוסק המעגלי ה העבר לפי היחסים בין עקומות מוחלקות המתארות את גלי הקטיף.



בציור מס' א-3.2 מוצגים המעגלים המתארים את יחסי הכמות ואיכות במספר גלים. הציור מראה שעם הגיל הגלים עוברים דפורמציה שבמהלכה מתארך ציר הכמות ומתקצר ציר האיכות. ציור מס' 3.3: היחסים בין כמויות לאיכויות לפי עקומות שהותאמו לערכים המדווחים כדי לתאר את השינויים העונתיים. החלק הכחול בכל מעגל מציג את היחסים בעונת החורף בכל שנה והחלק האדום את היחסים שהתהוו בחלק

אורך ממוצע של פרח (ס"מ לפרח)



חלק ב: מיקרואקלים

הנחה: לפי הידע הפיזיולוגי שבידינו, את הקשר בין היבולים ואיכותם לתנאי האקלים צריך לחפש בעיקר דרך תנאים ממוצעים- לתקופות ארוכות - יום, שבוע, חודש או אפילו עונה. ההשפעה של פילוג בנתוני מיקרו- אקלים במהלך תקופות קצרות, - וכמו כן חשיבותם של אירועים חד פעמיים, קשה לאיתור ומאד קשה להצגה במסגרת מוגבלת זאת. הדבר יעשה במסגרות מתאימות אחרות).

טמפרטורות ממוצעות:

נקודות הסף לפיהן הופעלו אמצעי הצינון השונים בכל שנה, מפורטות בנספח מס' 2 טבלה 1. ממוצעים יומיים של הנתונים שנמדדו במהלך חודשי הקיץ בהשפעת הטיפולים והצורפים שהופעלו בניסוי- מוצגים בנספח מס' 2, טבלה מס' 2. (נתונים מפורטים יותר ניתן לקבל בתחנת הניסויים הבשור).

טבלאות 3 ו 4 בנספח 2 נערכו- מתוך טבלה מס' 2 לשם הבלטה והדגמה: כדי לאפשר השוואה בין מספר משטרי אוורור וצינון נבחרים: -אוורור גג (=הקש), צל ומזרון לח קובצו (מתוך טבלה מס' 2) הטמפרטורות הממוצעות שנמדדו - במהלך הקיץ בשעות יום, - באוויר, על פני העלים ובפרחים. כדי להבליט את ההבדלים בין קיץ מוקדם לאלה שנתקבלו במאוחר הוצגו הטמפרטורות הממוצעות של חודש יוני (כמייצגות של קיץ מוקדם) ושל חודש אוגוסט (כדי לייצג קיץ מאוחר). הציורים מס' 1-ב- 4 נערכו לפי הטבלאות הנ"ל.

הנתונים בציור מס ב-1 מראים שההבדלים בין הטמפרטורות שנוצרו בהשפעת טיפולי הצינון טיפולים לבין ההקש היו קטנים ועברו שינויים עם גיל הצמח וחלק העונה. בקיץ מאוחר (באוגוסט), בכל החממות וכל האתרים היו הטמפרטורות הממוצעות גבוהות ב 2-3 מ"צ יותר מאשר בקיץ מוקדם (ביוני). מצד שני בהשוואה לטמפרטורות שנמדדו במבנה שטופל באוורור גג (הקש)- שני טיפולי הצינון (מזרון וצל) הפחיתו מן הטמפרטורות בקיץ המאוחר יותר מאשר בקיץ המוקדם. אפקטיביות הטיפולים מבחינת הפחתת הטמפרטורות, הייתה מרובה יותר בשנים המאוחרות של הניסוי יותר מבשנה ראשונה. טמפרטורות האוויר בחממה מאווררת אוורור גג היו דומות לאלה של העלים - ואלה היו בד"כ נמוכות ב 1-2 מ"צ מטמפרטורות הפקעים. טיפולי הצינון (צל ובעיקר מזרון לח), הפחיתו בהשוואה לאוורור גג, בעיקר את טמפרטורות האוויר ורק מעט את טמפרטורות העלים. טמפרטורות הפקעים היו בכל המערכות גבוהות מאלה של האוויר והעלים. שיעורי ההפחתה שהסבו טיפולי הצינון- בטמפרטורות הפקעים, - יחסית לטמפרטורות פקעים תחת אוורור גג- היו בד"כ דומים לשיעורי ההפחתה שהושגו על ידי אותם טיפולים באוויר. יעילותם של טיפולי הצל בהפחתת טמפרטורות הפקעים, הייתה דומה ליעילותם של טיפולי הצינון במזרון.

השפעת הטרנספירציה והעלווה של הצמחים על מאזני האנרגיה בחממה:

נספח מס' 3 מסכם את הקשרים בין מאזני ושטפי האנרגיה בחממה לבין שטפי הטרנספירציה, ובין אלה לבין ההרכב, השטח, המורפולוגיה והתכונות הפיזיולוגיות של העלווה. הנספח מתאר את הקשר הקיים בין הטרנספירציה ובין מאזני האנרגיה ושטפי האנרגיה באוויר ובשאר מרכיבי המערכת בחממה. הנספח מראה ששיעורי הטרנספירציה היומית בחממה השתנו בהתאם לעונה, לגיל, לגלי הקטיפ ולעוד שינויים בשטח העלים בהרכב, במורפולוגיה ובפיזיולוגיה של העלווה:

א. שינויים התלויים בעונה: הטרנספירציה השתנתה בהתאם לשינויים באקלים. הטרנספירציה למשל עלתה, עם עליית הקרינה בקיץ וירדה עם ירידת הקרינה בחורף. בחורף שיעורי הטרנספירציה ליחידת אנרגיה של קרינה היו

גבוהים מאלה שבקיץ – תוצאה אפשרית של הגברת הטרנספירציה בחורף על ידי חום מוחש וקוונקציה. שיעורי הטרנספירציה בקיץ מאוחר היו נמוכים: בכ 4 מגה גאול למ"ר ליום מאשר בקיץ מוקדם: שיעורי הטרנספירציה היומית שנמדדו בחממה מאווררת אוורור גג בקיץ מוקדם של 97, 98 ו 99 היו: 17.5, 16 ו 12 מגה גאול למ"ר ליום ואילו בקיץ המאוחר של אותן שנים היו רק 12.5, 11.0 ו 7.5 מגה גאול. שיעורי קרינה בקיץ מאוחר נמוכים בכ 3 מגה גאול משיעורי הקרינה שנמדדו בקיץ מוקדם. ראה נספח 2 טבלה 4. שיעורי הקרינה הנמוכים יחסית של הקיץ המאוחר מהווים רק הסבר חלקי לכך ששיעורי הטרנספירציה בקיץ מאוחר נמוכים מאלה שבקיץ מוקדם. ההסבר המלא קושר את הירידה שחלה באמצע הקיץ בטרנספירציה לשינויים מורפולוגיים ושינויים בהרכב הקמה, דומה מאד לשינויים הגליים, הדומים ל שינויים ב"גלי קטיפה".

גלי קטיפה: בנספח 3 צוין הקשר בין השינויים הגליים בכמות הפרחים, בשטח העלים ובמספר וסוג הפרחים לטרנספירציה.

שינויים התלויים בגיל: שיעורי הטרנספירציה של הצמחים ירדו עם גיל הצמח: בחממה מאווררת, ממוצע הטרנספירציה בקיץ של 97, 98 ו 99 היו: 15.0, 13.5 ו כ 10 מגה גאול למ"ר ליום ובחורפים שרדפו קיצים אלה: 98-97, 99-98 ו 2000-99 היו: 10, 8 ו 6 מגה גאול למ"ר בהתאמה. (ראה נספח 2 טבלאות 2 ו 4).

הבדלים בשטפי טרנספירציה ובמאזני אנרגיה בין מערכות צינון:

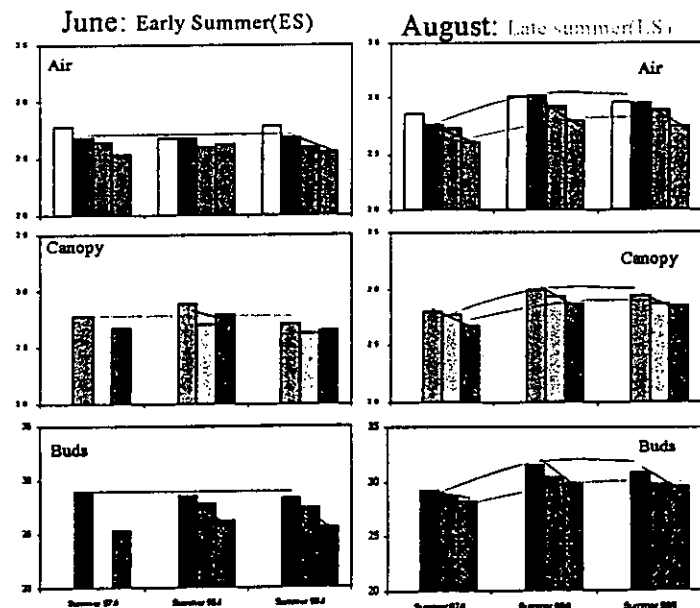
לטרנספירציה חלק גדול בסילוק עודפי אנרגיה בכל מערכת ולפיכך בקביעת יעילות כל אחת ממערכות הצינון. בציור מס' ב-2 מוצגים הטרנספירציה וכן השטפים ומאזני האנרגיה האחרים במספר מערכות צינון כפי שנמדדו לאורך קיץ 98. הציור מראה שהפעלת מזרון לח או הטלת צל- קיזוז מן הטרנספירציה של הצמחים ומשום כך הגדילו את כמות החום שנשארה במערכת ל"טיפול" של מערכת הצינון. גם מן הממוצעים של שטפי האנרגיה - קרינה גלובלית, קרינה נטו ושטף חום כמוס (טבלאות בנספח 2: מס' 2 ומס' 4). ניתן לראות שבכל המערכות שיעורי הטרנספירציה – והחום הכמוס- באוגוסט היו נמוכים מאלה שביוני. עם השנים הופחתה הטרנספירציה שנמדדה בכל החממות. הפחיתה בטרנספירציה גרמה לצמצום הפרשי הטרנספירציה בין הטיפולים בהשוואה לטרנספירציה שנמדדה בחממה מאווררת באוור גג: הטרנספירציה בחממה שעליה הוטל צל הופחתה בכ 20% בשנה הראשונה ובחממה מצוננת במזרון לח אפילו בכ 30% ואילו בשנה האחרונה הצללה וגם מזרון לח הפחיתו מן הטרנספירציה פחות מ 10%. השנים לא השפיעו על שיעורי הקרינה שנמדדו מחוץ לחממה וגם לא על שיעורי הקרינה שחדרו לחממות ולכן חלו בכל מבנה שינויים בקרינה נטו ובכמויות החום המוחש שנמדדו (ראה ציור מס' ב-2) ושחושבו לפי נתונים אלה (ציור מס' ב-3).

ההפרש שבין כמויות הקרינה בחוץ- לבין שיעורי החום הכמוס שאבדו בטרנספירציה, מכונה בדו"ח זה "עומס החום המוחש". הפרש זה אמור לשמש כמדד להערכת כמויות האנרגיה שיש לסלק באמצעי צינון "מלאכותיים" מאחר והצמח אינו יכול להיפטר מהן על ידי הפיכתן לחום כמוס. ציור ב-3 מראה – שבשנים הראשונות, - הערכים האלה היו גבוהים בחממות שבהן הופעלו טיפולי צינון נוספים לאוורור גג, ונמוכים דווקא בחממות אוורור גג שבהן לא הופעלו מערכות הצינון האלה. בשנים מאוחרות - עם התקדמות הגיל- ירדה גם הטרנספירציה של הצמחים בחממות אוורור גג- ולכן גדלו גם בהן שיעורי "עומס החום המוחש" שחושבו והצטמצמו ההבדלים בין הטיפולים שאותם ניתן היה לאפיין לפי הפרמטר הזה בשנים הראשונות.

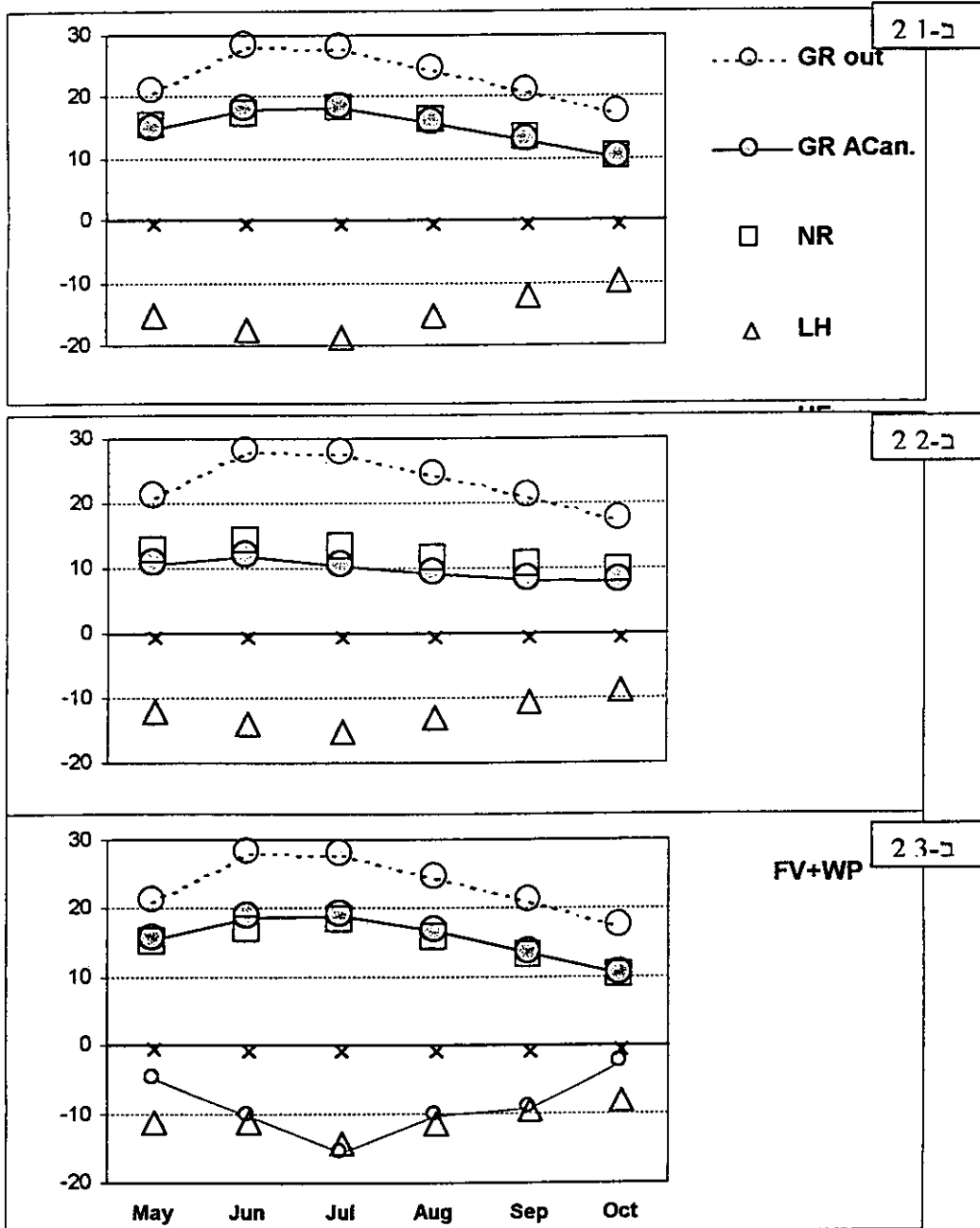
בציור מס' ב-4 מוצגות השפעות העונה, הגיל, ושיטת הצינון על כושר הצינון של העלווה. כושר הצינון נאמד לפי הפרשים בין הטמפרטורות הממוצעות של העלים בחלק התחתון של העלווה ובין הטמפרטורות הממוצעות של האוויר הנכנס לחממה. הפרשים שליליים מורים שהעלים צוננים יותר מן האוויר הנכנס (תוצאה אפשרית של טרנספירציה נמרצת המצננת את העלים) ותורמים לצינון החממה. הפרשים חיוביים מעידים שהעלים חמים יותר מן האוויר הנכנס ותורמים לחימום החממה. בחלק המוקדם של הקיץ ההפרשים היו שליליים יותר מאלה שבחלק מאוחר. עם הגיל, ההפרשים השליליים שאיפנו את הערכים בחממות בעלות אוורור גג הלכו ופחתו ובסוף הקיץ הפכו לחיוביים. טיפולי הצינון בעיקר מזרון לח- לא הושפעו כמעט מן הגיל ומן העונה- כתוצאה מכך גדלו ההפרשים שנוצרו בין טיפולים מצוננים לטיפולים בלתי מצוננים.

בציור ב-5 מוצגים ממוצעים יומיים של טמפרטורות הפקעים בשני חלקים של הקיץ. טמפרטורת הפקעים בחלק השני הן גבוהות יותר מאשר בחלק הראשון. הפרשי הטמפרטורה עלו בשנים המאוחרות והגיעו ל 2-3 מ"צ מאשר בחלק הראשון. בתקופות אלה היו טיפולי הצינון יעילים יותר בהפחתת טמפרטורת הפקעים- (יותר מ 1.5 מ"צ בחלק השני לעומת פחות ממעלה בחלק הראשון), וללא ספק גם נחוצים יותר.

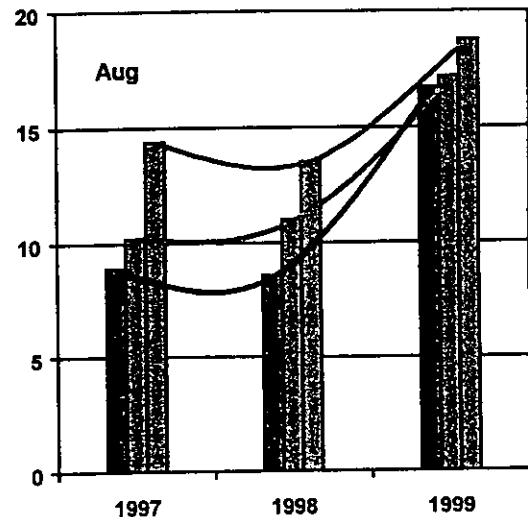
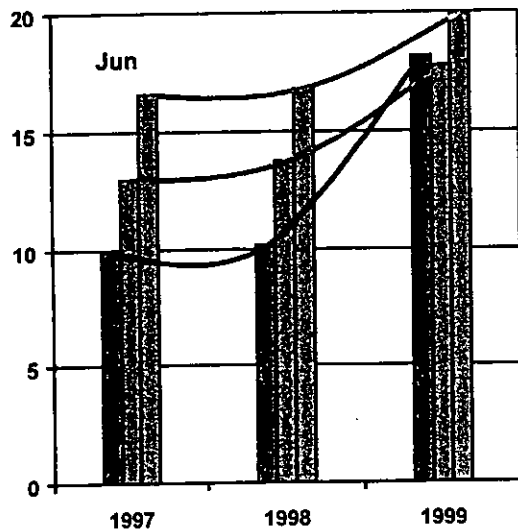
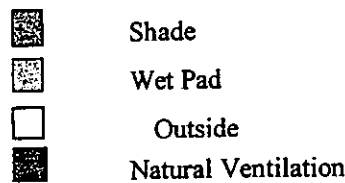
ציור מס' ב-1: טמפרטורות שנמדדו בשעות היום באוויר שמחוץ לחממה ובחממה- באוויר על פני העלים ובפקעי פרחים-, בהשפעת שיטות צינון שונות. הטמפרטורות שנמדדו מחוץ לחממות ובתוכן בקיץ המאוחר, היו גבוהות יותר מאלה שנמדדו בקיץ מוקדם. בחלק הראשון של הקיץ- בחממה מאווררת אוורור גג ללא טיפולי צינון - טמפרטורות האוויר היו גבוהות יותר מטמפרטורות האוויר שמחוץ לחממה. בחלק השני של הקיץ מצב זה חזר על עצמו רק בשנה הראשונה, בשנים המאוחרות האוויר בחממה היה חם יותר מזה שבחוץ. בשני חלקי הקיץ טיפולי הצינון הפחיתו את טמפרטורות האוויר סביב הצמח, אולם רק בחלק השני של הקיץ הייתה לטיפולים השפעה גם על טמפרטורות הגוף



ציור מס' 2-ב: ממוצעים חודשיים של שטפי אנרגיה בשעות היום, בחממה בעלת אוורור גג (ציור 2.1), חממה שעליה נטוי צל (2.2.) וחממה מצויידת במזרון לח (2.3). עיגולים חלולים וקווים מרוסקים מציינים את שטפי הקרינה הגלובלית מחוץ לחממה. עיגולים מלאים מסמנים קרינה גלובלית מעל לקמה. ריבועים- קרינה נטו, צלבים שטפי אנרגיה לקרקע ומשושלים את שטפי האנרגיה שאבדו בטרנספירציה.



ציור ב-3: ממוצעים של עומס החום המוחש המחושב לחממות מאווררות אוורור גג ולחממות שבהן הופעלו אמצעי הצללה או צינן במזרון. הציור משמאל: בקיץ מוקדם (חודש יוני). מימין בקיץ מאוחר (חודש אוגוסט). בכל ציור שלוש קבוצות של עמודות קבוצה לכל שנה נערך הניסוי: 97, 98 ו 99. בכל קבוצת עמודות- עמודה לכל טיפול: אדומה-לאוורור גג (הקש) ירוקה לחממה שצוננה על ידי צל וכחולה לחממה שצוננה בעזרת מזרון לח. הקווים מחברים טיפולים דומים שנערכו בשנים שונות.

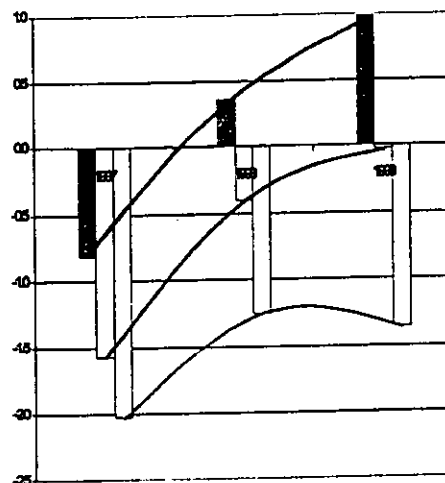
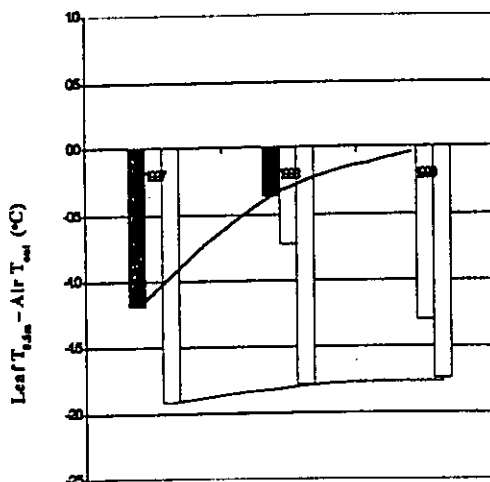


$$\text{Sensible Heat load} = \{ \text{Global Radiation(Out)} \} - \{ \text{Lysimeter-LH}(\lambda) \} \quad [\text{mJ/m}^2, \text{day}]$$

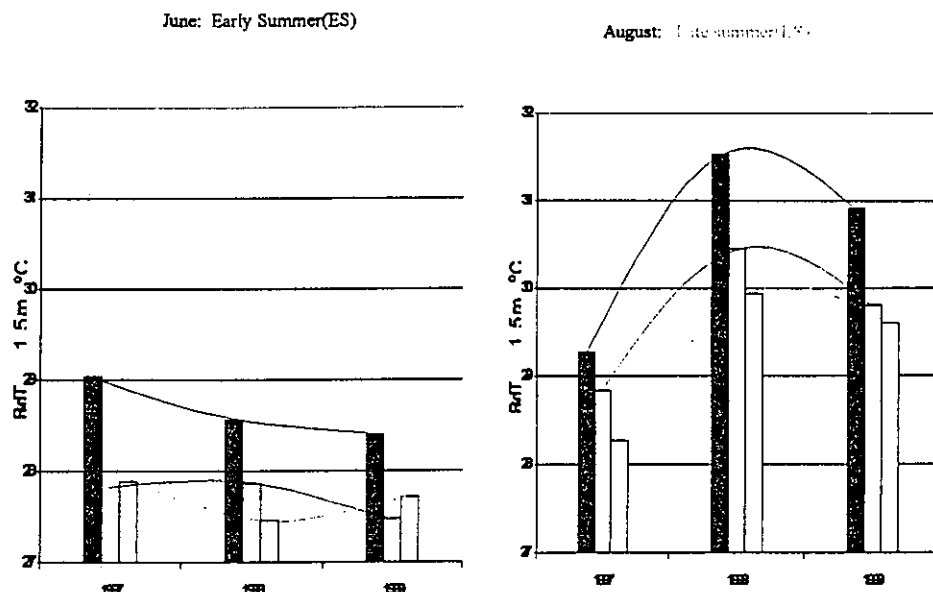
ציור מס' 4- : השפעת גיל עונה וטיפול צינן על ההפרשים בין טמפרטורות על פני עלים של Side shoots לבין טמפרטורות מחוץ לחממה. הציור משמאל: בקיץ מוקדם (חודש יוני). מימין בקיץ מאוחר (חודש אוגוסט). בכל ציור 3 קבוצות של 3 עמודות: קבוצה לכל שנה שבה נערך הניסוי: 97, 98 ו 99. עמודה לכל טיפול: אדומה-לאוורור גג (הקש) ירוקה לחממה מוצללת וכחולה לחממה בעלת מזרון לח. הקווים מחברים טיפולים דומים שנערכו בשנים שונות.

June Early Summer(ES)

August Late Summer(LS)



ציור: ב-5 השפעת גיל עונה וטיפול ציגון בחרים על טמפרטורות הפקעים. הציור משמאל: בקיץ מוקדם (חודש יוני). מימין בקיץ מאוחר (חודש אוגוסט). בכל ציור 3 קבוצות של 3 עמודות: קבוצה לכל שנה שבה נערך הניסוי: 97, 98 ו 99. עמודה לכל טיפול: אדומה-לאורור גג (הקש) ירוקה לחממה מוצללת וכחולה לחממה בעלת מזרון לח. הקווים מחברים טיפולים דומים שנערכו בשנים שונות.



דיון:

התוצאות שהוצגו למעלה, מתארות את ה"ביצועים" החקלאיים של בית הצמיחה ואת מאזני ושטפי אנרגיה במערכות אלה. הובלטו תופעות פיזיולוגיות ופיזיות שפירושן והקשר האפשרי ביניהן עשויים לספק משמעות לתוצאות שנתקבלו ואף להצביע על אפשרויות משולבות לשפר את ביצועי המערכת מבחינת איכות הפרחים בקיץ. התופעות שהובלטו בהקשר לביצועים חקלאיים:

1. קיומם של "תאחיזה וחילוף" בין פרמטרים של כמות לפרמטרים של איכות פרחים: כאשר היבולים נמוכים יחסית (למשל בחורף) הם היו מלווים איכויות פרחים גבוהה אולם בד"כ התחלפו - בעת חילופי העונה בין החורף לקיץ, עם התקדמות הגיל של הצמחים ובמהלך כל גל קטיף, - ביבולים גדולים יותר אך בעלי איכות פחותה.
2. "מודל התאחיזה והחילוף" בין הפרמטרים של הכמות לבין הפרמטרים של האיכות "נשבר" כאשר באמצע הקיץ, איכויות הפרחים פוחתת למינימום וגורמת לכך (ראה להלן) שגם כמות הפרחים צונחת.
3. לטיפול ציגון הייתה, בשנה הראשונה, השפעה זניחה יחסית- מבחינת השפעה על איכויות וכמויות היבולים. לצל הייתה אפילו השפעה מזיקה. אבל עם גיל הצמחים ובעיקר בחלק השני של הקיץ, (כאשר איכויות וכמויות היבולים היו נמוכות) עלתה חשיבות רעילות טיפולי הציגון - והייתה ניכרת. עם זאת גם כאשר השפעת טיפולי הציגון התחזקה היא התבטאה, בעיקר בכמויות הפרחים ופחות באיכויות הפרחים.

הסברים: את התופעות שתוארו אפשר להסביר בעזרת שני מנגנונים המשלימים זה את זה:

- א. כתוצאה של שינויים החלים במשק המוטמעים של הצמחים.
- ב. כתוצאה של שינויים פיזיולוגיים ומורפולוגיים בצמחים הגורמים שינויים מאזני האנרגיה של מרכיבי המערכת, בעיקר דרך הטרנספירציה.

א. הסבר תופעות כתוצאה של שינויים במשק המוטמעים של הצמחים:

1. **תאור המנגנון:** היחסים המתוארים למעלה בין פרמטרים של כמות לבין פרמטרים של איכות ובעיקר החילופים המאפיינים את היחסים בין איכות לכמות, עם הגיל, במהלך חילופי העונות או בעת התהוות גלי קטיף, נעשים בתבנית מעגלים המזכירה התנהגות במערכות של טורף נטרף, ביקוש והצע לפי מודלים של תחרות שגובשו על ידי Volterra 1931, De Wit 1978, Lotka 1925. בהתנהגות זאת אין הוכחה אולם יש מקום לסברה שהחילוף מעיד על כמות מוטמעים מוגבלת ועל תחרות על מוטמעים בין התהליכים הבונים איכות לבין אלה היוצרים כמות. בתנאים אלה (של מנת מוטמעים מוגבלת): כאשר הצמח מפרנס רק מספר קטן יחסית של גבעולי פרחים, כל ענף נהנה מהספקה סדירה של כמות מוטמעים גדולה יחסית ומגיע לממדים המורפוגנטיים שלו. לעומת זאת כאשר מספר הענפים על הצמח הוא גבוה, ובמיוחד כאשר מהירות ההתפתחות שלהם גבוהה – מנת המוטמעים המועברת לכל סעיף מוגבלת, והצמח אינו יכול לבנות אלא סעיפים בעלי איכות נמוכה. כאשר התחרות בשיאה – נפגע תהליך ההנצה של הסעיפים החדשים – ומתחיל מחזור חדש (De Wit 1983).

מספרם הגבוה של הפרחים המרובים וקצב הצימוח הגבוה שלהם בראשית הקיץ – (תוצאה אפשרית של טמפרטורות מיטביות ושיעורי הקרינה הגדלים – המשחררים רבים מן ה Auxillary buds מעיכוב Zieslin et al. 1973). יוצרים בצמח מבלע חזק ותחרות על מנת המוטמעים המוגבלת תהליך המביא לדלדול משק המוטמעים. נראה שגם אם טיפולי הצינון האטו את הגדילה של כל סעיף, ותרמו לכך שכל סעיף יינה מתוספת כלשהי של מוטמעים – תרומת ההאטה לפרמטרים של האיכויות הייתה קטנה מלהתבטא באמצעי המדידה ולכן השפעתם החיובית של טיפולי הצינון לא הייתה ניכרת.

באמצע הקיץ – כאשר מספר הפרחים הגדלים וקצב גדילתם ונשימתם הגיע לשיאו – הגיע גם המחזור במוטמעים לשיאו – הפרחים שנוצרו היו קצרים. רובם היה קצרים אפילו מ 40 ס"מ ולכן לא הוגדרו כ"פרחים". החקלאי מסיר או מכופף גבעולים כאלה. על ידי פעולה זאת, (אפשרות אחרת, בגלל המחזור במוטמעים) קטן מספר הניצנים המתעוררים לגדול מחדש. מכינס כזה מסביר גם את הפחיתה החלה – בו זמנית – גם באיכות וגם בכמות הפרחים וגם את הירידה הפתאומית בכמויות הפרחים הקוטעת את המבנה הגלי הסימטרי ואת מודל החילוף בין כמות ואיכות שהזכרו למעלה.

2. הסבר תופעות בעזרת מנגנון המבוסס על תנודות במשק מוטמעים:

מדוע עולה אפקטיביות טיפולי הצינון עם הגיל? בגיל מתקדם יותר, מספר הגבעולים שנושא הצמח, אפילו בחורף, הוא רב יותר מאשר בשנה הראשונה, תוצאת ההתפצלות המרובה יותר של ה"חנכיות" בשלד הבסיס. בקיץ המוקדם של צמח כזה נוצר עומס גדול של פרחים, תחרות קשה יותר על מוטמעים המותירה בסופו של גל הפרחים, צמח מותש יותר וזקוק יותר לעזרתו המאוששת של תהליך הצינון.

מדוע, באמצע הקיץ עולה האפקטיביות של טיפולי הצינון? בשלב זה הצמח מדולדל ממוטמעים וכל גורם, שיקל עליו חשיבותו מרובה. בשלב זה, כשמספר הענפים מועט, ההאטה שמסבים טיפולי הצינון לצימוח, עשויה להתבטא בתוספת מוטמעים ניכרת לכל ענף.

מדוע מתבטאת השפעת טיפולי הצינון בכמויות הפרחים ולא באיכויות? יש להניח שהטיפול מסייעים להתארכות הגבעולים. אולם ההתארכות מתבטאת קודם כל בכך שיותר ענפים גדלים מעבר ל 40 ס"מ ונכנסים לקטיגוריה של פרחים. כלומר השיפור באיכות מתבטא בפרמטרים של כמות.

ב. הסבר השינויים בביצועי הצמחים כתוצאות של השינויים במאזני ושטפי אנרגיה:

1. תאור המנגנון: ההסבר מבוסס על ההכרה במשקלם של הצמחים ביצירת האקלים ובהשפעתם על מאזני האנרגיה בחממה דרך הצל והחפיף שהם מספקים לקרקע ובעיקר דרך הטרנספירציה. כאשר ענפי הפרחים הם ארוכים, עתירי צל, חיוניים ומדיתים וכאשר חלקם של ענפים חיוניים כאלה בכלל אוכלוסיית הענפים היוצרת את נוף הצמחים, הוא גדול. בסיסי הצמחים והקרקע מוצלים ושיעורי החום הכמוס המורחקים בטרנספירציה הם גדולים מספיק כדי לקזז חלק גדול- ואף את כל האנרגיה הנבלעת בצמחים. כאשר חלקם של הענפים האלה בנוף הצמחים יורד, נחשפים בסיס הצמחים ואף הקרקע שבמרכז הערוגה ועולה חלקם של ענפי ה Side shoots שהעלים שלהם זקנים יותר ועושים פחות טרנספירציה. בגלל שיעורי הטרנספירציה הנמוכים יותר ובגלל הטמפרטורה הגבוהה יותר של העלים והאזורים החשופים- גדלה כמות החום המוחש הנשאר בחממה.

ראינו שהאפקטים של "טיפול הצינור המקובלים" (=מזרון לח, צל) על טמפרטורות הצמחים ועל ושטפי האנרגיה בחממה- היו קטנים במיוחד בתחילת הניסוי. וכמו כן שהאפקטיביות של הטיפולים האלה גדלה עם הגיל ובמיוחד בחלק השני של הקיץ. הראינו שהאפקטיביות השתנתה בתאחיזה להתמעטות והתנוונות שחלו עם הגיל וחלק העונה בחלקו החיוני של נוף של הצמחים.

עוד ראינו שטיפול הצינור השפיעו בעיקר על טמפרטורת האוויר וטמפרטורות הפקעים- שאין להם פיוניות ואינם מסוגלים לצנן את עצמם. הטיפולים השפיעו פחות על טמפרטורות העלים- שעשו טרנספירציה וציננו את עצמם.

◊ עוד ראינו שברוב המקרים "טיפול הצינור המקובלים" הפחיתו טרנספירציה- וחלק מן האפקט המצנן שלהם מוסמס לפיכך בגלל ההפחתה שגרמו לטרנספירציה.

◊ השפעת טיפולי הצינור על טמפרטורות הצמחים הייתה ניכרת יותר בגיל המבוגר יותר ובחלק השני של הקיץ.

את רוב התופעות והשינויים בשטפי האנרגיה ובתגובות הפיזיות במערכות אפשר לקשור:

1. לירידה שחלה עם הגיל בטרנספירציה של הצמחים – ובהקשר לה שינויים גם בגודל וגם בכיוון של שטפי האנרגיה האחרים בחממה.

2. לשינויים גלויים אחרים בטרנספירציה של הצמחים, שהיו קשורים במבנה ובפיזיולוגיה של ה Canopy בכלל זה גם ירידה ניכרת בטרנספירציה באמצע הקיץ, ושינויים נלווים במאזני האנרגיה של מרכיבים שונים במערכת (כמו בערכים המוחלטים וביחסים בין טמפרטורות המכסימום של העלים) שהיו קשורים בשינויים המורפולוגיים והפיזיולוגיים בצמחים.

2. הסברת התופעות דרך מנגנון השינויים במאזני ושטפי האנרגיה:

מדוע עולה אפקטיביות הטיפולים עם הגיל? בשנים הראשונות, או בחלק הראשון של הקיץ, בסיסי הצמחים והקרקע מוצלים, הטרנספירציה של הצמחים נמרצת ויש בה כדי להפחית ל 80%-100 משיעורי האנרגיה הנבלעת בצמחים. בשנים ובחלקים האלה של העונה- הטרנספירציה בחממות בעלות אוורור גג ממסכת את פעולתן של מערכות הצינור. הפעלת מזרון לח או הטיית צל מפחיתות בשנים אלה בשיעורים של 40% (מזרון לח) ו 30% (צל) מן הטרנספירציה של הצמחים באוורור גג ולכן הם בעלי יעילות נמוכה כאמצעי צינון בהשוואה לאוורור גג. בצמחים זקנים יורד חלקה של העלווה הרעננה והמדייתת, וגדל חלקם של ה Side shoots שעליהם זקנים יותר ומדייתים פחות. חלקה של הטרנספירציה בתהליכי הצינור יורד ועולה חשיבותם ויעילותם של טיפולי הצינור.

מדוע עולה אפקטיביות הטיפוליים באמצע הקיץ? באביב – נוצרים בחממה פרחים מרובים, המטילים צל רב על בסיסי הצמח אולם מותירים לאחר הקטיפה שלף חשוף לקרינה הגבוהה שבבסיסיו מתפתחים סעיפים מועטים וקצרים. השינויים גורמים לכך שבבסיסי הצמח חשופים לקרינה, בתוך אוכלוסיית הענפים המרכיבה את הגוף יורד חלקם של ענפי הפרחים הרעננים והמדייתים ועולה חלקם של ענפי השמלה – הזקנים. הטמפרטורות של העלים של ה Side shoots עולה וטמפרטורות האוויר נקבעות לפי הטמפרטורות שלהם.

המסקנות- הנסמכות על הסברים כנ"ל:

- 1: על ידי הפחתה של הטמפרטורה הממוצעת (למשל על ידי צינון לילה) ניתן לשפר את איכויות הפרחים בחממה.
 2. אפקטיביות הצינון תגדל ככל שהתחרות על המוטמעים תקטן – כך שהאטה בהתפתחות כל גבעול תזכה אותו במנת מוטמעים משמעותית מבחינת יצירת איכות. את התחרות על המוטמעים אפשר להקטין למשל על ידי שליטה והפחתה של מספר הענפים המתפתחים על הצמח בראשית הקיץ.
 3. חלק מבעיות האיכות של הפרחים בקיץ, ייפתר גם ללא צינון, על ידי גידול מאוזן מבחינת משק המוטמעים והיחסים בין כמות לאיכות- למשל (שוב) על ידי הפחתה של מספר הענפים הגדלים על הצמח בקיץ מוקדם. ההפחתה אמורה למנוע עקת מוטמעים ולמנוע בין השאר את הסימפטום של אמצע הקיץ שכלל ירידה בו זמנית באיכות וכתוצאה מזה גם בכמות הפרחים.
 4. אמצעי הצינון המקובלים, מפחיתים את הטרנספירציה של הצמחים. יעילותם של אמצעים אלה בשיפור איכויות הפרחים תלויה בתכונות המורפולוגיות והפיזיולוגיות של קמת הצמחים:
- ◊ משקלם וחשיבותם של טיפולי הצינון היא נמוכה כאשר החקלאי משקיע ומתחזק קמה בריאה, רעננה, מלאה (ללא חשיפה של בסיסי הצמחים והקרע) שמסוגלת לצנן את עצמה ומאזנת מבחינת משק המוטמעים - (דוגמאות: מטע צעיר, מטע בראשית הקיץ). בתנאים אלה - טיפולים מסוימים, למשל צל, יש אפילו השפעה שלילית בגלל שהוא מפחית גם טרנספירציה וגם פוטוסינתזה..
 - ◊ כדאיות ההפעלה של אמצעי צינון היא גבוהה יותר אם החקלאי אינו יוצר בחממה קמה רעננה בריאה ומלאה. (דוגמאות – קמה של צמחים זקנים, ובמיוחד בחלק השני של הקיץ, קמה חולה או קמה שבה משק המוטמעים והמורפולוגיה – משתנים בגלים – ואינם מאוזנים). בתנאים אלה אפילו צל עשוי לעזור.

מסקנות מעשיות:

1. שמירה על עלווה מלאה, חיונית, מאזנת מבחינת משק המוטמעים ומבחינת הרכב מורפולוגי של ענפים, חשובה ועשויה לחסוך את ההוצאות והסיכון הכרוכים בהפעלת אמצעי צינון מקובלים.
2. הפחתה בטמפרטורה הממוצעת של הצמחים- למשל על ידי צינון בלילה- עשויה לשפר איכות וכמות פרחים בקיץ.
3. בחממה מאווררת אוורור גג, כאשר הקמה בחממה מלאה, מדייתת, בעלת תכונות מאוזנות מבחינת משק המוטמעים ומבנה מורפולוגי ניתן להיפטר- בעזרת דיות- מרוב כמויות האנרגיה שחודרת בקרינה ובלעת בצמחים. בתנאים אלה הסיכון וההוצאות הכרוכות בהפעלת אמצעי הצינון- אינם מוצדקים.
4. בעת השימוש באמצעי הצינון המקובלים- מזרון לח, צל- מופחתת הטרנספירציה של הצמחים. כאשר הקמה בעלת תכונות בריאה ומדייתת כנ"ל יעילותם של טיפולי הצינון האלה היא נמוכה.

5. כאשר קיים קושי ביצירה וקיום של קמה בעלת תכונות כנ"ל- למשל כאשר את הקמה תוקפות אקריות או מחלות- ניתן לשפר את איכות פרחי הקיץ גם על ידי אמצעי הצינון המקובלים.
6. אפשר ליעל ולחסוך מהוצאות השימוש באמצעי הצינון המקובלים – אם הפעלתם תוגבל לתקופות ושעות שבהן כושר הצינון העצמי של הצמחים בטרנספירציה- מוגבל.

כיווני מחקר מומלצים ברקע מסקנות אלה:

- ◊ הגברה והבטחה של יכולת הצמח לצנון עצמו כל חלקי הקיץ: על ידי גיבוש משטר גידול שיבטיח המבנה המורפולוגי בצמח ובאופן זה קיום של עלווה מלאה, רעננה ומדייתת בכל חלקי הקיץ-
- ◊ גיבוש משטר גידול שיבטיח הנצה מאוחרת וחדוש מאוחר של סעיפים לשמלה ולפרחים- מבלי להיקלע למשברים של אמצע הקיץ.
- ◊ פיתוח אמצעים להפחתת הטמפרטורה הממוצעת- באמצעים שאינם מתחרים ואינם מרסנים טרנספירציה- למשל צינון לילה במזגן או מזרון לילה, התזה.
- ◊ פיתוח אמצעים להערכת כושר הצינון העצמי של הצמח והפעלת אמצעי הצינון רק בחלקי עונה וזמן שבהם אין הצמח מסוגל לצנון את עצמו בטרנספירציה.

מקורות:

- פינס נ. 1999 : דרך הורד. הוצאת ניו יורק ניו יורק.
- גניליון ר. 1999: השפעתם של גורמי סביבה ועלי גביע על גדילה ומבנה מורפולוגי של פרחי ורדים. ע.ג. מוגשת לפקולטה לחקלאות של האוניברסיטה העברית.
- Dayan, E., Enoch, Z.H., Fuchs, M., and Zipori I., 1986: Suitability of greenhouse building types and roof cover materials for growth of export tomatoes in the Besor region of Israel. II. effect on fresh and dry matter production. Biotronics 15: 71-79.
- Dayan, E., Van Keulen, H., Jones, J.W. and Challa, H., 1993: Development, calibration and validation of a greenhouse tomato growth model. I. Description of the model. Agricultural Systems. Agric. Syst. 43: 145-163.
- Dayan E., Fuchs M., Plaut Z., Presnov E., Grava, A., Matan E., Solphoy A. Ben-Unas, L., Dori, E., Shmuel D., Mugira U., Pines N. 1999: Cooling of roses in greenhouses. In the proc. Of the 3rd millennium international conference and british Israeli workshop. Sept 5-8, Agritech. Haifa. 15.
- De Vries D.P. & Dubois L.A.M. 1983: Relations between basal bottom breaks and harvested shoots in own-rooted hybrid tea-rose seedlings and their clones. Gartenbauwiss 57:64-68.
- Jones, G.H., 1996: Plants and Microclimate. Cambridge university press.
- Kool M.T.N. 1996: System development of glasshouse roses. Thesis. Agric. University. Wageningen.
- Marcelis-van Acker C.A.M. 1999: Effect of assimilate supply on development and growth potential of axillary buds in roses. Annals of Botany 73, 415-420.
- SPSS inc. 1995: Table Curve 2D, version 4 for windows 95, user Manual. 7-10.
- Wit, C.T. de et al., 1978: Simulation of assimilation, respiration and transpiration of crops. Simulation Monographs. Pudoc, Wageningen.
- Ziesline N., Halevy A.H. and Biran I. 1973: Sources of variability in greenhouse rose flower production. J.Am.Soc.Hortic. Sci. 98:321-324.

שיפור איכות פרחי ורדים בעונת הקיץ על ידי בקרת טמפרטורה ולחות בחממה

סיכום לפי שאלות מנחות

1. מטרת התקופת הדו"ח: חלק גדול מן הפדיון הכללי של חממות הורדים בישראל מופק משיווק פרחים הנקטפים בקיץ. פרחי הקיץ- בעלי איכות נמוכה ושיפור האיכות עשוי להגדיל פדיון. הירידה באיכות מיוחסת לטמפרטורות הקיץ הגבוהות ולשיעורי לחות נמוכים המלווים אותן בחממה, אולם החקלאים מתקשים לשפרה באמצעי צינון מקובלים. מטרת התוכנית הייתה לאתר את הסיבה לאיכות הנמוכה ולקשיים בשיפורה ולברור שיטות לשיפור איכות הפרחים.

2. עיקרי הניסויים והתוצאות: נבחנו שיטות אוורור וצינון מקובלות- אוורור מאולץ, מזרון לח וצל בהשוואה לגידול בחמה מאווררת אוורור גג. פוטנציאל הצינון נבחן על ידי הפחתת הטמפרטורה הממוצעת בחממה על ידי צינון לילה בעזרת מזגן. הצינון במזגן שיפר את ביצועי הצמחים, בעיקר מבחינת כמות הפרחים. שאר השיטות היו יעילות פחות. אפקטיביות השיטות הייתה גבוהה יותר בקיץ מאוחר יותר מבמוקדם והתעצמה הגיל של הצמחים. השינויים באפקטיביות הצינון היו צמודים לשינויים פיזיולוגיים ומורפולוגיים בצמח.

3. מסקנות מדעיות והשלכות: לפי השינויים המורפולוגיים והפיזיולוגיים שליוו את התוצאות והתופעות הנ"ל נקבע שאפקטיביות של טיפולי הצינון הייתה מוגבלת כאשר בחממה התפתח פרחים מרובים – למשל בראשית הקיץ-- בשל המחסור במוטמעים שנוצר לתהליכים הבונים איכות. הפחתה של מספר הפרחים בתקופות כאלה, עשויה להגדיל את יעילות שיטות הצינון. השינויים באפקטיביות טיפולי הצינון המקובלים (צל ומזרון לח) קשורה גם בהפחתה שהם גורמים בטרנספירציה ובכושר הצמחים לצנן את עצמם. שיפור מצב המים בצמחים עשוי להסוך את הצורך בצינון ואילו הפעלת שיטות הצינון רק בשעות ובחלקי עונה שבהם הצמח מתקשה לדיית ולצנן את עצמו תגדיל את יעילות השיטות האלה.

4. בעיות שיש לחפש להן פתרון ושינויים בתוכנית העבודה- לפי הממצאים: יש לפתח שיטה לוויסות בין כמות ובין איכות הפרחים. יש לכלול בפיתוח אפשרות להעריך עד כמה ומתי הפחתה בכמות הפרחים תסיע להגדלת איכותם, באיזו שיטה אפשר - לווסת בין כמות ואיכות והאם ברקע משק המוטמעים כדאי להפעיל מערכת צינון. במטרה להגדיל את יעילותן של שיטות הצינון ואת איכות הפרחים- יש להגדיר תקופות והמצבים שבהם טיפולי צינון יעילים וכדאי להפעילם ותקופות ומצבים שבהם כדאי יותר לסייע לטרנספירציה של הצמח.

5. פרסומים:

- Dayan, E., M. Fuchs, Z. Plaut, E. Presnov, A. Grava, E. Matan, A. Solphoy, U. Mugira, and N. Pines. [2000]. Cooling of roses in greenhouses. The proceeding of the International conference on "Greenhouse Techniques towards the 3rd Millennium". (Teitel M., and Bailey, B.J. (eds)), *Acta Hort.* 534: 351-360.
- Dayan, E., Fuchs M., Plaut Z., Presnov E., Matan E., Solphoy A. [2000]. The effect of cooling method, age and season on amount and quality of greenhouse roses. The Proceeding of the IFAC Conference on *Modelling and Control in Agriculture, Horticulture and Post-Harvested Processing "Agricontrol 2000"*, (van Straten, G.(ed)) conference preproceeding: 225-230.
- Presnov, E., Dayan E., Plaut Z., Matan E., Fuchs M. [2000]. Rose flower production in greenhouses. . *The proceeding of the International conference on Greenhouse Techniques towards the 3rd Millennium.* (Teitel M., and Bailey, B.J. (eds)), *Acta Hort.* 534: 335-341
- Plaut, Z., Dayan E., Grava A., Matan E., Dori E., Presnov E., Ben- Unas L. [2000]. Water relations of rose organs and their relation to flower development and quality. *The proceeding of the third International Symposium on Rose Research and cultivarion.*, Preprint of *Acta Hort.* 31-39 (Accepted for publication).

Symbols

H	Sensible heat (W/m^2).
λE	Latent heat of evapotranspiration (W/m^2).
R_n	Net radiation (W/m^2).
ρ	Air density (kg/m^3).
γ	Psychrometric constant. ($kPa/^\circ C$).
C_p	Specific Heat ($kJ/kg, K$).
$e_{(.)}$	Air vapor pressure (kPa).
$e_{(Tl)}$	Leaf vapor pressure (kPa)
T	Temperature ($^\circ C$).
r_i	Air Exchange resistance in - out (s/m).
X	Air exchange (Nu/ hour).
Z	Average height of greenhouse (m).

Subscripts:

- c Canopy (1.5 m above soil surface).
- o Incoming air (out).
- i Greenhouse air (inside , 1.5 m above soil surface).

Abbreviations

- AE = Air Exchange
- AR = Absorbed radiation.
- CS = Continuous shading.
- FS= Flower shoots.
- FV = Forced ventilation.
- GH = Greenhouse.
- GR = Global radiation:
 - Out=out.
 - Acan=Above canopy.
 - Ucau=Under canopy.
- HF = Heat flux.
- Imp – Imposed
- LH = Latent heat
- K- B: Kip Beneath Crop
- MS = Movable shade.
- MJ= Mega Joule.
- MS= Moveable shading.
- NC =Night cooling (Air conditioner)
- NR = Net radiation.
- NV = Natural ventilation.
- PAR – Photo Active Radiation
- PAR-B: PAR Beneath Crop
- Ref – Reflected
- Res = Resistance
- SS= Side Shoots.
- Trans – Transparent
- RH = Relative humidity.
- VH = Latent heat of vaporization from wet pad.
- VP = Vapor pressure.
- VPD = Vapor pressure difference ($e_{(i)} - e_{(o)}$ or $e_{(i)} - e_{(o)}$).
- WP = Wet Pad.