

השפעת רשתות צל על צריכת המים, איכות הפרי והמיקרואקלים במטעי תפוח - 2004

יוסף טנאי	המכון למדעי הקרקע, המים והסביבה, מינהל המחקר החקלאי
עמוס נאור	מו"פ צפון, המכון לחקר הגולן
שבתאי כהן	המכון למדעי הקרקע, המים והסביבה, מינהל המחקר החקלאי
ערן רווח	תחנת נסיונות איזורית גילת, מינהל המחקר החקלאי
רות בן אריה	המעבדה למחקר ופיתוח קירור ואיסוס פירות, קריית שמונה בע"מ
רפי שטרן	מו"פ צפון
אברהם גרווח	המכון למדעי הקרקע, המים והסביבה, מינהל המחקר החקלאי

מבוא – רקע מדעי ומטרות המחקר לתקופת הדו"ח

הקטנת כמות הקרינה שתגיע לנוף עשויה להקטין הן את צריכת המים והן את נזקי הצריבה. הדרך הנפוצה להקטנת הקרינה ועומס החום הנובע ממנה היא השימוש ברשת צל שעשויה גם להגדיל את החלק של הקרינה המפוזרת החודרת דרכה כך שהקרינה המגיעה לעלים מוצללים לא תפחת. לרשת הצל השפעה על חדירת רוח לתוך הנוף ועל שטף החום והמסה מפני הנוף, פרמטרים שישפיעו אף הם על שטף הטרנספירציה תחת רשת צל. מצד שני, הורדה חריפה של עוצמת האור יכולה להקטין את קצב הפוטוסינתזה ולפגוע בשל כך בזמינות המוטמעים. כמו כן ירידה בעוצמת האור עלולה לפגוע בצבע הפרי וטעמו ובהתמיינות פקעי הפרי לעונה הבאה.

אם כן קיים סיכוי שכיסוי ברשת צל יגביר את יעילות השימוש במים (WUE) יקטין את נזקי מכות השמש וישפר את מופע הפרי. יחד עם זאת קימת סכנה שהצללת יתר תגרום לנזק ועל כן יש לבצע אופטימיזציה של תהליך הכיסוי על מנת להביא למקסימום את הורדת הטרנספירציה ללא גרימת נזק. במחקר זה מוצע ללמוד את ההשפעה של רשתות צל בטווח רחב של אחוזי הצללה על צריכת המים, פוטוסינתזה, היבול, גודל הפרי, צבעו וטעמו. כן תחקר השפעת הרשתות על משטר הרוחות והמיקרואקלים ותבוצע בחינה של השפעת הרשתות על הפוריות לאורך זמן.

תכנית המחקר תתמקד בנושאים הבאים:

- לימוד ההשפעה של חיפוי מטע תפוח ברשתות צל שונות על צריכת המים, הפוטוסינתזה, היבול ויעילות השימוש במים.
- לימוד השפעת רשת צל על המיקרואקלים ועל התכונות האווירודינמיות של שכבת הגבול.
- השפעת רשתות הצל על היבול ואיכות הפרי לאורך זמן.

המטרות לשנה השנייה היו:

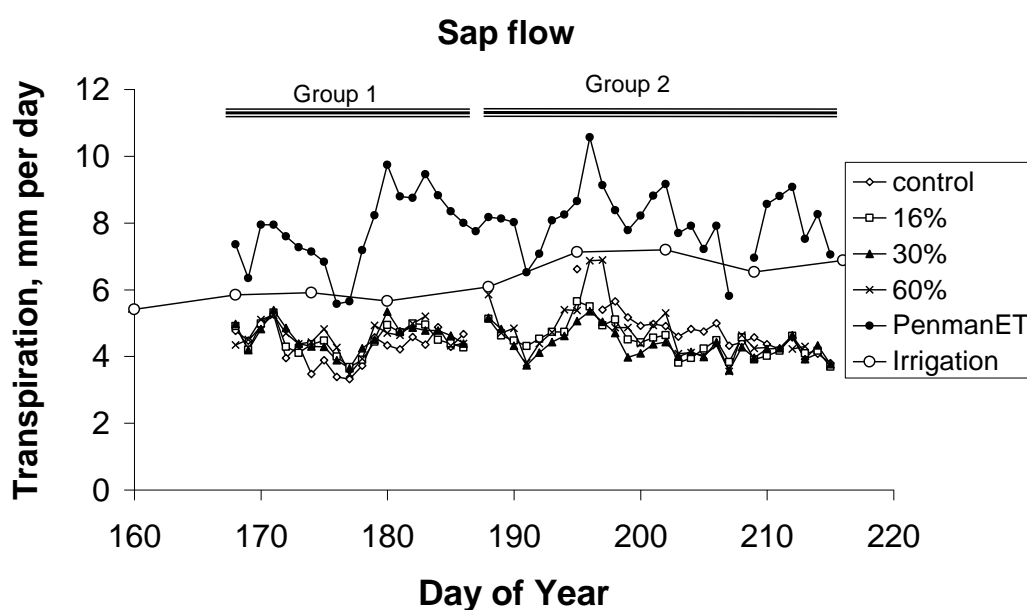
- חזרה על שנה א' - פריסת רשתות בארבעה אחוזי הצללה מעל מטע תפוח. לימוד השפעת אחוזי הצללה על מאפיינים של המטע כגון: צריכת המים, פוטנציאל המים בגזע, קצב פוטוסינתזה ויבול.
- אפיון השפעת רמת הצללה על הטמפרטורה, הלחות ומהירות האוויר.
- ניתוח תוצאות מדידות של מאזן קרינתני של רשתות בעלות אחוזי הצללה שונים.

פירוט הניסויים שבוצעו בשנה השנייה והתוצאות

כללי: הניסוי במלכיה מבוצע על תפוח זהוב בוגר על כנת חשבי. המטע נטוע בכיוון צפון דרום ומירווח הנטיעה 1.85 X 4.5 מ'. בניסוי ארבעה טיפולים הבוחנים רשתות באחוזי צל שונים (16%, 30%, ו-60% צל) בהשוואה לבקורת. כל חלקת ניסוי בנויה מארבע שורות צמודות בנות שישה עצים כל אחת.

א. צריכת מים של מטע תפוח, השקייה ופוטנציאל מים בגזע מתחת לכיסויי רשת שונים

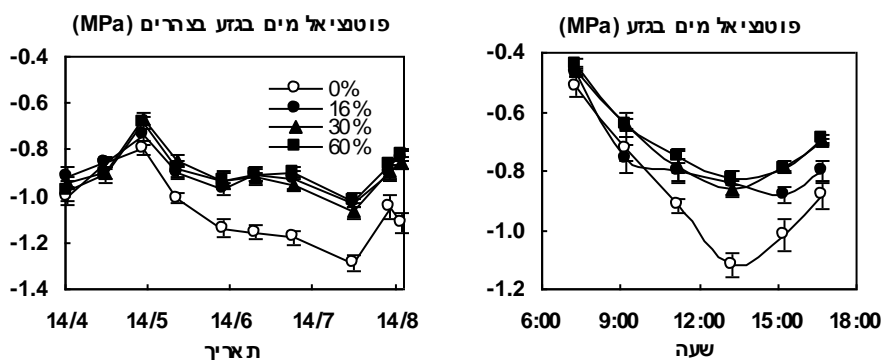
נמדדה צריכת מים של עצים בניסוי הצללה ברשתות שונות במלכיה בקיץ 2004. נמדדה זרימת מים בגזע בעזרת מערכות פולס חום ב - 32 עצים, 16 עצים שונים בכל תקופה, בשתי תקופות: האחת מיום 168 (16.6) עד 186 (4.7) והשניה מיום 188 (6.7) עד 216 (3.8). הרשתות היו פרושות מעל למטע במשך כ - 5 וחצי חודשים, מיום 123 (2.5) עד יום 289 (15.10). בכל תקופה נמדדו 4 עצים בכל אחד מהטיפולים 16%, 30%, 60% וביקורת ללא רשת. מחוץ למטע הוצב תורן מטאורולוגי שמדד קרינה, טמפרטורה, לחות ומהירות וכוון רוח במשך כל תקופת הניסויים באתר.



איור 1: זרימת מים בגזע כפי שנמדדה ב - 32 עצים (4 עצים בכל טיפול; שתי קבוצות של 16 עצים) ע"י שיטת פולס החום. כן מוצגות מנת המים היומית במטע ומנת המים המחושבת לפי פנמן.

איור 1 מציג את הטרנספירציה היומית למשך שתי תקופות המדידה וכן את הטרנספירציה הפוטנציאלית המחושבת לפי משוואת פנמן-מונטית, שחושבה על סמך המדידות המטאורולוגיות. כמו כן מוצגת בגרף מנת המים היומית שניתנה בפועל המטע. ראשית ניתן לראות כי לא היה הבדל מובהק בין הטרנספירציה שנמדדה בטיפולים השונים וביקורת. למרות שהיתה עליה מתונה במנת המים היומית בין יוני (כ - 6 מ"מ ביום 174) ליוני (כ - 7 מ"מ ביום 202), עלייה זו לא באה לידי ביטוי בזרימת המים בגזע ובצריכת המים המחושבת לפי פנמן - שנשארו פחות או יותר קבועות במשך כל תקופת המדידה. פוטנציאל המים בגזע נמדד על עלים מכוסים. איור 2 מציג את פוטנציאל המים בגזע שנמדד בתקופת הניסוי - מהלך יומי (ימין) והפוטנציאל בשעות הצהריים (שמאל). ניתן לראות מן האיור כי יש הבדל מובהק בין טיפולי הצללה לבין הביקורת ללא רשת. פוטנציאל המים בגזע בצהריים היה גבוה מ-1.0MPa. בכל טיפולי הרשתות במשך רוב העונה בעוד שבטיפול הביקורת היה פוטנציאל מים החל מחודש יוני נמוך יותר בכ-0.3MPa. בעקום היומי

התקבל פוטנציאל המים בגזע נמוך יותר ברשת 16% בשעות הבוקר המאוחרות ובשעות אחר הצהריים המוקדמות בהשוואה לשתי הרשתות האחרות. תוצאות אלו אינן בהתאמה עם הממצא באיור 1 כי צפוי שעבור עצים דומים הטרינספירציה תהיה פרופורציונלית לפוטנציאל המים בגזע, אבל לרשת הצל לא נמדדה השפעה על הטרינספירציה (איור 1). ייתכן כי ההבדל נובע עקב הבדל בשטח העלים שהתפתח בין עצי הביקורת לעצים המוצללים.



איור 2 :

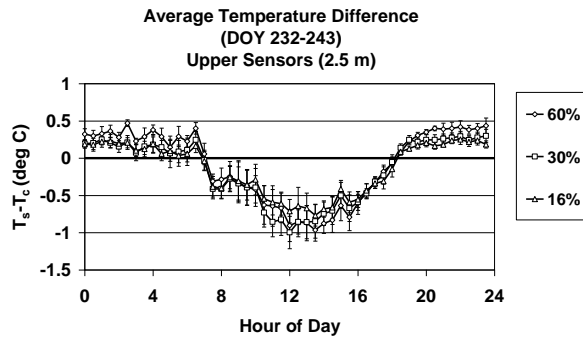
פוטנציאל מים בגזע בטיפולי הצללה וביקורת. מהלך יומי (ימין) וערכי הפוטנציאל בצהריים (שמאל). ניתן לראות כי בביקורת העץ יותר צמא.

ב. השפעת רשתות הצל על הטמפרטורה והלחות

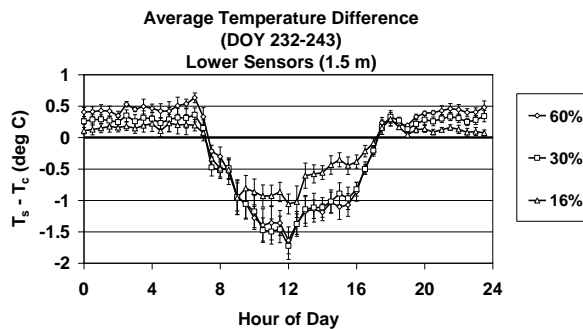
שיטת השפעת רשתות הצל על המיקרואקלים נחקרה במטע מלכיה ע"י מדידת טמפרטורה ולחות של אוויר הנוף בכל טיפול הצללה. טמפרטורת יבש ולח נמדדה ע"י גששי תרמוקפל מסוג T שהותקנו בתוך קופסאות מאווררות המספקות הגנה מפני קרינה ישירה. דגימות טמפרטורה נלקחו במשך 5 הדקות האחרונות בכל חצי שעה, בקצב של 1 מדידה לשנייה ע"י אוגר נתונים מסוג CAMPBELL 23X. הטמפרטורה הממוצעת של 5 הדקות חושבה ונרשמה ע"י אוגר הנתונים. תחת כל טיפול (הצללה וביקורת) שנבחר הוצבו 4 מדידים - סה"כ 16 מדידים. בכל עץ המדידים הוצבו בשני גבהים: גבוה - 2.5 מ' ונמוך - 1.5 מ'. השוואה נערכה בין המהלך היומי של הטמפרטורה והלחות שנמדדו במשך 12 ימים, כאשר כל מדידה יוחסה למדידת הביקורת בגובה המתאים (מדיד נמוך או גבוה). השפעת הרשתות מוצגת ע"י חישוב המהלך היומי הממוצע (12 ימים) של הפרש הטמפרטורה בין המדידים תחת הטיפולים השונים ביחס לביקורת.

תוצאות השפעת הרשתות על הפרש הטמפרטורה בחלק העליון והתחתון של העץ נראית באיורים 3 ו-4 בהתאמה. באיור 3 (אזור עליון) ניתן לראות כי בשעות הלילה, החל מ- 18:30 ועד 07:00 למחרת בבוקר טמפרטורת הנוף תחת הרשת היתה גבוה מזו של הביקורת בשיעור מקסימלי של כ- 0.5 °C, וזאת מכיוון שהרשת מנעה איבודי חום בקרינה לרקיע בשעות הלילה. בשעות היום, לעומת זאת, גרמה הרשת לירידה בטמפרטורה בשיעור מקסימלי של כ- 1 °C וזאת עקב הצללה והפחתת עומס החום על הנוף. לא ניתן להבחין בהשפעה מובהקת של אחוז הצללה על הפרש הטמפרטורה.

באיור 4 (אזור תחתון) ניתן לראות כי השפעת הרשתות על הפרש הטמפרטורה במשך הלילה דומה לזו שבאזור העליון. מצד שני, במשך היום, הרשת הורידה את טמפרטורת אוויר הנוף בכ- 1.5 °C. באזור הנוף התחתון (איור 4) ניתן להבחין בשעות אחר הצהריים בהבדל מובהק בין הרשתות, כאשר לרשתות 60% - 30% השפעה גדולה יותר מרשת של 16%, כצפוי.



איור 3: השפעת רשתות באחוזי הצללה שונים על טמפרטורת האוויר באזור העליון של הנוף. הקווים האנכיים מציינים רווח בר סמך של 95%.



איור 4: השפעת רשתות באחוזי הצללה שונים על טמפרטורת האוויר באזור התחתון של הנוף. הקווים האנכיים מציינים רווח בר סמך של 95%.

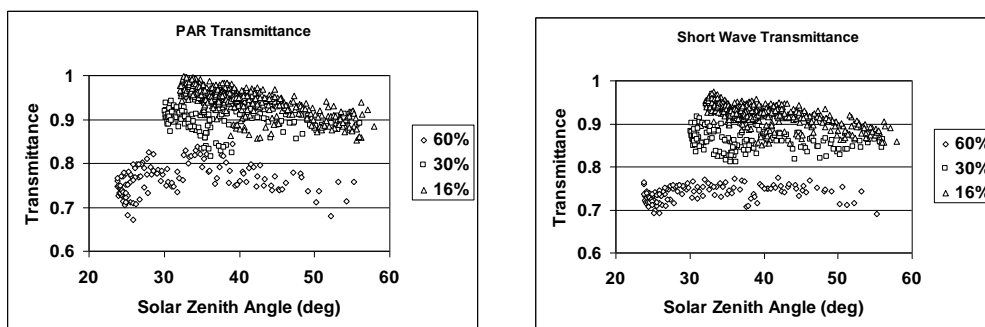
לחות האוויר בוטאה כ - VPD, כלומר, גירעון לחץ האדים. הקטנת VPD מציינת אוויר יבש פחות, ומכאן נטיה להפחתת הטרינספירציה. התוצאות מראות (מפאת חוסר מקום האיורים אינם מוצגים) כי בשעות הלילה היתה עליה קלה (עד כ - 50Pa) בערך של VPD עקב פריסת הרשת, ואילו בשעות היום הקטינו הרשתות את ה - VPD בשיעור של עד 300Pa ביחס לביקורת. הקטנת VPD בשעות היום מרמזת על אפשרות של הקטנת הטרינספירציה.

ג. השפעת רשתות הצל על הרוח במטע

הוצבו שני מדי רוח מסוג Cup Anemometer בגובה של 3 מ' מעל פני הקרקע, האחד באזור טיפול של 30% והשני באזור הביקורת. מהירות הרוח נמדדה כל שניה ונרשמו ממוצעים של 15 דקות. המדידות נערכו לאורך תקופה של 19 ימים. סך הכל נותחו 1566 מדידות של 15 דקות כ"א. נמצא כי ב 57% מהמדידות, הרוח בביקורת הייתה גבוהה מן הרוח תחת רשת הצל. תוצאה זו נמצאת בהתאמה למדידות שעשינו בעבר על הפחתת הרוח תחת רשתות צל מעל הדריס.

ד. ניתוח המדידות של תכונות קרינתיות של רשתות שונות

המדידות התבצעו בשנת 2003 על גג בניין מעבדת המים בבית דגן. נבנה מתקן מיוחד עשוי שלד מתכת במידה 4X4 מ' עליו נפרשו הרשתות. מכשירי מדידה הוצבו מעל ומתחת לרשת למדידת קרינה. המדידות התבצעו ברציפות והחלפת רשתות התבצעה לפי התאריכים בטבלה שנכללה בדו"ח שנה א'. מן המדידות נערכו חישובים של המעבירות של קרינה קצרת גל ושל קרינה פוטוסינתטית. איור 5 מציג את המעבירות לקרינה קצרת גל (ימין) וקרינה פוטוסינתטית (שמאל), כתלות בזווית הזניט. נראה כי המעבירות גדלה ככל שיורד אחוז ההצללה, כצפוי. חוץ מאשר איפיון בסיסי של תנאי הניסוי, תוצאות אלה ישמשו לניתוח תיאורטי של השפעות הרשתות על המטע, וייתכן והמדידות ישמשו לניתוחים נוספים של תכונות הרשתות.



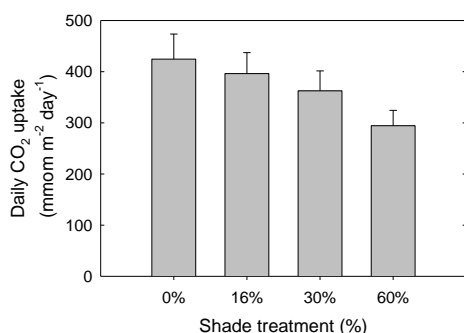
איור 5: מעבירות הרשתות לקרינה קצרת גל (ימין) ולקרינה פוטוסינתטית (שמאל) כתלות בזווית הזניט של השמש.

ה. בחינת השפעת טיפולי הצללה על הפוטוסינתזה, מוליכות העלה וקיבוע פד"ח יומי בתפוח

כללי: במהלך אוגוסט 2004 בחנו שוב את השפעת טיפולי ההצללה על פעילות הפוטוסינתזה של עצים. אחוזי ההצללה שנבחנו כללו 16%, 30%, ו-60% צל. כביקורת שימשו עצים שלא הוצללו כלל. טיפול ההשקיה והדישון במטע היה על פי המלצות האזור. כמו כן בחנו השנה את הקשר שבין טמפרטורת עלווה (נתון שנמצה כמושפע מטיפולי הצל) וקיבוע הפד"ח לעלים. הבדיקה נעשתה בתא גידול מבוקר אקלים על עלים בוגרים של עצי תפוח בני שנתיים.

מדידות: בדיקות הפוטוסינתזה, והטרנספירציה נערכו בעזרת מכשירי LI-COR 1600, ו-LICOR 6400. כל המדידות נעשו על עלי שמש בוגרים (עלים שפנו לכיוון השמש). כל הערכים המובאים הינם ממוצע \pm סטיית תקן של 8-12 מדידות לטיפול.

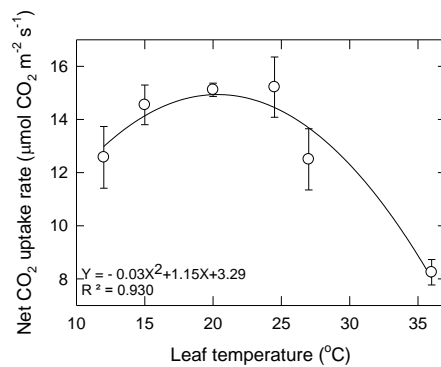
תוצאות: ערכי הפוטוסינתזה היומיים המרביים נמדדו עבור עצים מטיפולי הביקורת (איור 6). נתונם אלו אינם תואמים את המדידות מהשנת 2003 בהם טיפול ה-16% היה המיטבי.



איור 6: השפעת טיפולי ההצללה על סך הקיבוע היומי בעצי תפוח. הערכים המובאים הינם ממוצע וסטיית תקן של 8-12 מדידות לטיפול.

מדידות לבחינת אחוזי ההצללה אליהם נחשפו העצים בפועל הבהיר את מקור השוני בתוצאות. בעוד שב-2003 אחוזי ההצללה של הרשתות השונות היו בדומה לנתוני היצרן, ב-2004 צברו הרשתות אבק ותכונותיהם הספקטרליות השתנו. עצים שגודלו תחת רשתות של 16%, 30%, ו-60% צל, נחשפו בפועל להצללה ברמה של 45%, 50%, ו-75% צל, בהתאמה. לגבי אופן השפעת טיפולי ההצללה על טמפרטורת העלה וערכי הטרנספירציה, המגמות היו בדומה לנתונים של 2003. טיפולי ההצללה הובילו לירידה בטמפרטורת הנוף של העצים, כאשר השוני בערכי סך הטרנספירציה היומי בין הטיפולים השונים לא היה מובהק (תוצאות אינן מוצגות). מאחר ונמצא כי לרשת השפעה על טמפרטורת עלווה, נבחן הקשר שבין טמפרטורת העלווה ותהליכי הפוטוסינתזה בתנאים מבוקרים (איור 7). נמצא כי טמפרטורת האופטימום בתפוח הינה סביב ה-21 מעלות צלזיוס. ככול שטמפרטורת העלה מעלה מעל לערך זה (בדומה למתרחש

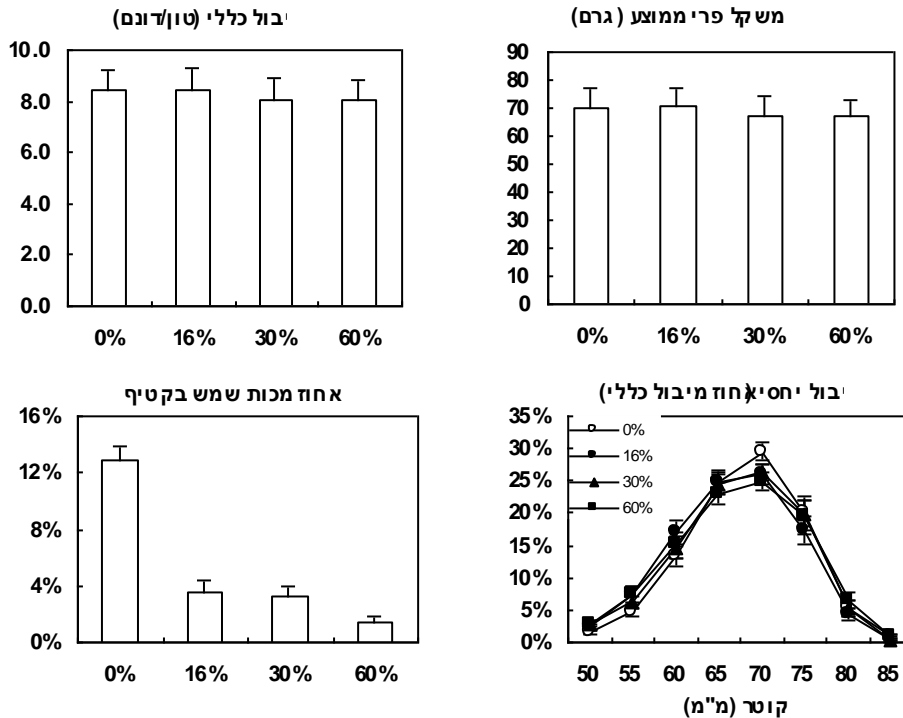
בחודשי הקיץ) נצפה לפגיעה ביעילות תהליך הפוטוסינתזה של הצמח. שילוב נתוני עקום התגובה לטמפרטורה ביחד עם נתוני התגובה לאור מ-2003, יאפשר לבנות מודל שיחזה את השפעת הרשת על הפעילות הפוטוסינתטית של העצים.



איור 7 : השפעת טמפרטורת העלווה על הפוטוסינתזה בתפוח. הערכים המובאים הינם ממוצע וסטיית תקן של 8-12 מדידות לטיפול.

1. יבול ואיכות הפרי

היבול הכללי ומשקל הפרי הממוצע היו דומים בכל הטיפולים (איור 8 למעלה) אך נראית מגמה של הסטת התפלגות גודל הפרי בביקורת לעבר פרי גדול יותר. אחוז מכות השמש ברשתות היה נמוך משמעותית מהביקורת (איור 8, למטה משמאל) ועיקר הירידה קורית כבר ב-16% צל.



איור 8: היבול

הכללי (למעלה משמאל), משקל הפרי הממוצע (למעלה מימין), התפלגות גודל הפרי (למטה מימין) ואחוז מכות השמש (למטה משמאל) בביקורת ובטיפולים המכוסים ברשת באחוזי צל 16, 30 ו-60.