

דו"ח מסכם לתכנית מחקר מספר 10-0326-304

אופטימיזציה של השקיית תפוח מחופה ברשת צל

Optimization of apple irrigation under shading screens

מוגש לקרן המדען הראשי במשרד החקלאות

ע"י

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 רווה	תחנת ניסיונות אזורית גילת, מינהל המחקר החקלאי
אברהם גרווה	המכון למדעי הקרקע, המים והסביבה, מינהל המחקר החקלאי

Josef Tanny, Institute of Soil, Water and Environmental Sciences, ARO, Volcani Center, P.O.B. 6, Bet Dagan 50250. Email: tanai@volcani.agri.gov.il

Amos Naor, R&D North, Institute of Golan Research, P.O.B. 97, Kazrin 12900, Email: amosnaor@research.haifa.ac.il

Shabtai Cohen, Institute of Soil, Water and Environmental Sciences, ARO, Volcani Center, P.O.B. 6, Bet Dagan 50250. Email: ywshep@volcani.agri.gov.il

Eran Raveh, Gilat Regional Research Station, Ministry of Agriculture, Email: eran@agri.gov.il

Avraham Grava, Institute of Soil, Water and Environmental Sciences, ARO, Volcani Center, P.O.B. 6, Bet Dagan 50250.

יולי 2011

תמוז תשע"א

הממצאים בדו"ח זה הנם תוצאות ניסויים.

הממצאים אינם מהווים המלצות לחקלאים.

חתימת החוקר: _____

<u>תוכן עניינים</u>	<u>עמוד</u>
תקציר	2
מבוא – רקע מדעי ומטרות המחקר לתקופת הדו"ח	3
פירוט עיקרי הניסויים והתוצאות לתקופת הדו"ח	3
סיכום עם שאלות מנחות	16

תקציר

הצגת הבעיה: הקיצוץ במכסות המים למטעים והעלייה המשמעותית במחיר המים עלולים לפגוע ברווחיות המטעים ולפיכך יש חשיבות רבה ליעול השימוש במים. רמות הקרינה הגבוהות בארץ גורמות להעלאת צריכת המים, לקבלת מכות שמש בפרי ולפחיתת גודל פרי בחלק מהמקרים. לכן נראה ששימוש ברשת צל יכול לשפר את יעילות השימוש במים.

מטרות המחקר: המטרה העיקרית של מחקר זה הייתה לבצע אופטימיזציה של מנת ההשקיה/סף פוטנציאל המים בגזע להשקיה בתפוח תחת כיסוי ברשתות צל.

שיטות עבודה: הוצב כיסוי רשת בגוש גדול אחד ובו בוצע עקום תגובה למים עם ארבעה טיפולי השקיה שנקבעו לפי ספי פוטנציאל מים בגזע. משני צידי הגוש בוצע עקום תגובה זהה למים ללא כיסוי ברשת. בשנה הראשונה (2009) נמדדו במטע המכוסה והחשוף פוטנציאל מים בגזע, מנות מים, ערכי פוטוסינתזה, טרנספירציה ברמת העלה, טמפרטורת עלים, מוליכות פיוניות, יבול וגודל פרי. בשנה השנייה (2010), בנוסף לחזרה על המדידות שבוצעו בשנה הראשונה, נמדדו זרימת המים בגזע ומשתני מיקרואקלים בטיפול המכוסה והחשוף.

תוצאות עיקריות: בשנה הראשונה יושמו בהצלחה ארבע רמות של פוטנציאל מים בגזע ע"י השקיה במנות מים שונות. נשמרו ערכי קריאות תא לחץ של 10, 13, 16 ו-21 אטמוספירות. באחת מרמות המים נמצא כי תחת הרשת ניתן להפחית את מנת המים בכ-10% ולשמור על אותו פוטנציאל מים בגזע. היבול הכללי ומשקל הפרי הממוצע עלו ככלל עם מנת ההשקיה. לא נמצאה השפעה מובהקת של הכיסוי ברשת על הפרמטרים הנ"ל, כנראה בגלל שהמטע היה בשנת שפל. קצב פוטוסינתזה עלה עם מנת המים והיה גבוה יותר בטיפולים ללא הצללה. בשנה השנייה, חזרנו על הניסוי ובנוסף מדדנו זרימת מים בגזע העצים בטיפול ההשקיה הקיצוניים בסוף יולי ואוגוסט כפי שעשינו בניסויים ב-2008 ו-2007. תוצאות מדידות אלה היו דומות לאלה שקיבלנו ב-2008. כלומר בטיפול היבש צריכת מים הייתה נמוכה מאוד ולא היו הבדלים בשה"כ צריכה יומית מתחת ומחוץ לרשת. הבדל במהלך היומי בשני מקרים אלה חזר על עצמו ודורש עיון, למרות שלא נראה שיהיה לזה משמעות להמלצות ההשקיה. ברמת ההשקיה הגבוהה צריכת המים היומית מתחת לרשת הייתה נמוכה ב-15% מזו שמחוץ לרשת, בדומה לממצא מ-2008 (14%). ירידה זאת נובעת בעיקר מפיגור בצריכת מים בבוקר וירידה מוקדמת יותר בצריכה אחה"צ. בשעות של אמצע היום ההבדלים לא היו מובהקים. הבדלים אלו נראים קשורים לאופי עבירות קרינה ע"י הרשת, שמעבירה יחסית פחות קרינה כשזווית השמש נמוכה. בכל מקרה, המשמעות של ממצאים אלו היא שכנראה ניתן לחסוך בהשקיה מתחת לרשת ברמות הגבוהות. מאחר ולא התקבלו הבדלים ביבול בין המטע המכוסה והחשוף נראה כי ניתן להגדיל את יעילות השימוש במים תחת הרשת.

מסקנות והמלצות לגבי יישום התוצאות: השנה הראשונה הייתה שנת שפל של המטע, ולכן תוצאות ההשפעה על היבול עדיין לא היו מובהקות. לכן השפעות אלו נבחנו גם בשנה השנייה בה נשמר עומס פרי קבוע. בסיכום, נמצא שיש פוטנציאל לחסכון במים בשיעור של בין 10% ל-15% מתחת לרשת. ממצא זה התקבל בשנתיים של מדידות שטף המים בגזע של העצים, ובמדידת פוטנציאל המים בגזע בשנה הראשונה.

מבוא – רקע מדעי ומטרות המחקר לתקופת הדו"ח

מדינת ישראל נמצאת בתהליך מתמשך של קיצוץ במכסות המים למטעים, דבר העלול להביא להקטנת השטח הנטוע בנחלה. הקטנת השטח הנטוע לנחלה והעלייה המשמעותית במחיר המים יפגעו ברווחיות המטעים ולפיכך יש חשיבות רבה ללימוד יעול השימוש במים. קרינת השמש היא מקור האנרגיה העיקרי לאידוי מים מהעץ. רמות הקרינה בארץ הן עודפות לפוטוסינתזה של העץ, גורמות לצריבות של עלים, קבלת מכות שמש בפרי ואולי אפילו לירידה בפוטוסינתזה כפי שנצפה בהדרים. בנוסף, המגמה להקטין את מידות העצים במטעי התפוח גורמת לכך שחלק ניכר יותר מהפירות חשוף לקרינה ישירה, דבר ההופך את נזקי מכות השמש לבעיה כלכלית בלתי זניחה. רשת צל תקטין את הקרינה ומהירות הרוח ותגדיל את לחות האוויר בקרבת העץ ולכן צפויה להתקבל ירידה בצריכת המים, מניעת מכות שמש ושיפור בפוטנציאל המים שיביא להגדלת הפרי. שימוש ברשת בעלת צבע בהיר, יגרום להגדלת החלק של קרינה מפוזרת החודרת דרכה כך שהקרינה המגיעה לעלים מוצלים לא תפחת. בניסויים קודמים שערכה קבוצת המחקר שלנו התקבלה עליה משמעותית בפוטנציאל המים בגזע עקב כיסוי ברשת צל ועולה האפשרות שניתן יהיה לשמור על מצב מים אופטימאלי תחת רשת הצל במנת מים מופחתת. לפיכך יש מקום לבצע אופטימיזציה של השקית תפוח תחת רשתות צל; בניית עקום תגובה של תפוח למנת מים/פוטנציאל המים תחת רשתות צל וללא רשת צל תאפשר להעריך בצורה כמותית את תרומת הרשת לביצועי התפוח ולהתאים ספים חדשים של פוטנציאל המים בגזע תחת רשת במידת הצורך. מטרת המחקר היא לבדוק את האפשרות של הפחתת צריכת המים של תפוח על ידי כיסוי מטע ברשת צל. המחקר הוא רב תחומי, מבוסס על עבודה של שלוש קבוצות מחקר וכולל אספקטים פיסיקליים, פיסיולוגיים והורטיקולטורים הקשורים להשפעת הרשתות על הגידול והמיקרו-אקלים.

מטרות המחקר:

לימוד השפעת מנת המים על המאפיינים הבאים של המטע: צריכת המים, פוטנציאל המים בגזע, טרנספירציה, קצב פוטוסינתזה, התנגדות פיוניות ויבול. ההשפעה תיבחן על מטע מחופה ועל ביקורת ללא רשת. כמו כן תחקר השפעת מנת המים על הטמפרטורה ולחות האוויר באזור הנוף המכוסה והנוף החשוף.

פירוט עיקרי הניסויים והתוצאות לתקופת הדו"ח

א. כללי

הניסוי בוצע במטע תפוח מסחרי של קיבוץ עין זיוון ברמת הגולן. גובה המטע מעל פני הים הינו 970 מטרים. המטע נטוע בכיוון צפון דרום ומרווח הנטיעה היה 1.5 X 4.0 מ'. בניסוי שני טיפולי הצללה: אחד מחופה ברשת צל לבנה שקופה 20% צל והשני ללא רשת. כיסוי הרשת הוצב בגוש גדול אחד כאשר משני צידי הגוש בוצע עקום התגובה למים ללא כיסוי ברשת. ממדי החלקה המכוסה ברשת היו 44 מ' בכיוון צפון – דרום, ו- 110 מ' בכיוון מזרח-מערב. הרשת הוצבה בגובה של 4.5 מ' מעל פני הקרקע. ממדי שתי החלקות עם הטיפולים ללא רשת, היו 16 מ' בכיוון צפון - דרום ו- 110 מ' בכיוון מזרח - מערב. חלקות אלו נמצאו מצפון ומדרום לגוש המכוסה. מפה סכמאטית של המטע נראית באיור מס' 1.

בכל טיפול (מטע מכוסה וחשוף) הופעלו ארבעה טיפולי השקיה הבוחנים רמות שונות של פוטנציאל מים בגזע. בשנה הראשונה של המחקר הקודם (2007), מקדם ההשקיה בטיפול ההשקיה הנמוכה תוכנן להיות 55% אך שונה ל- 30% במחצית חודש יולי 2007 כיוון שפוטנציאל המים בעצים לא ירד משמעותית. לכן הוחלט במחקר הנוכחי לא לקבוע מראש מנות מים אלא לכוון את מנת ההשקיה כך שיתקבלו ארבע רמות שונות של פוטנציאל מים בגזע. הניסוי תחת הרשת נערך בשש-שבע חזרות בבלוקים באקראי והניסוי ללא רשת בוצע בשבע חזרות (שלוש-ארבע חזרות מכל צד של הגוש המכוסה). סה"כ נבחנו 26 חלקות מחופות ו- 28 חלקות ללא חיפוי. בכל חלקה היו שניים או שלושה עצי מדידה מוקפים בשני עצי גבול מכל צד לאורך השורה ושורת גבול מכל צד.

		צפון	
		←	
חלקה	חלקה	חלקה	חלקה
1 (3)	1 (4)	13 (1)	15 (3)
2 (2)	2 (2)	14 (2)	16 (4)
3 (4)	3 (3)	15 (4)	17 (1)
4 (1)	4 (1)	16 (3)	18 (2)
5 (1)	5 (3)	17 (3)	19 (1)
6 (4)	6 (1)	18 (2)	20 (4)
7 (3)	7 (2)	19 (1)	21 (2)
8 (2)	8 (4)	20 (4)	22 (3)
9 (1)	9 (4)	21 (3)	23 (2)
10 (3)	10 (3)	22 (4)	24 (4)
11 (4)	11 (2)	23 (2)	25 (1)
12 (2)	12 (1)	24 (1)	26 (3)
13 (4)		25 (3)	27 (1)
14 (1)		26 (4)	28 (4)

איור 1: מפה סכמטית של החלקות במטע בעין זיוון. ליד כל מספר חלקה רשומה בסוגריים רמת ההשקיה. 1 – רמה נמוכה ביותר. 4 – רמה גבוהה ביותר. התאים המנוקדים מציינים את החלקות המחופות ברשת צל.

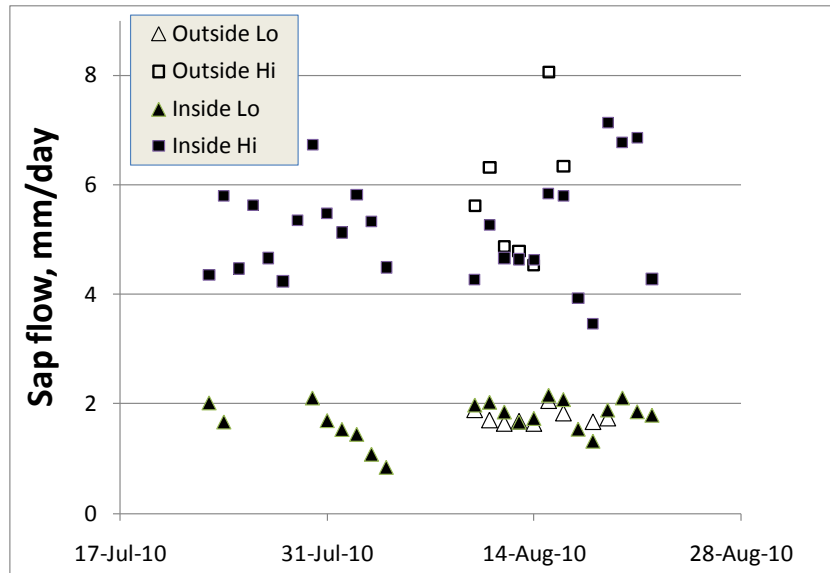
א. השפעת מנת ההשקיה וההצללה על זרימת המים בגזע (מדידות ב-2010)

שיטות: נמדדה זרימת מים בגזע של עצים בשתי רמות ההשקיה הקיצוניות תחת הרשת ובביקורת ללא רשת. המדידות נערכו בשיטת דיסיפצית החום ("גראניה") בשנת 2010 מיום 190 (9.7) עד יום 234 (22.8). בכל אחד מארבעת הטיפולים נמדדו 9 עצים, כלומר 36 עצים סה"כ. בעיבוד נלקחו ממוצעים יומיים של טיפולים כאשר היו 6 או יותר עצים עם מדידות תקינות בטיפול.

חיישני "גראניה" מודדים את הזרימה הממוצעת בעצה עד לעומק 2 ס"מ. רוב הזרימה עוברת בעומקים אלו וקצב הזרימה פוחת עם העומק בעץ עד עומק של כ-5 ס"מ (Cohen et al., 2008). היחס בין המדידה ב-2 ס"מ החיצוניים לבין הזרימה המלאה מתואר ע"י פונקציה אינטגרלית שפתרנו לאחרונה (קנטי, 2010). בניסויים אחרים עם השיטה הזאת במינים עצים (אורנים והדרים) מצאנו שהזרימה הנמדדת היא שליש עד רבע מסה"כ הזרימה בגזע. לכן נעשה ניסוי כיוול של השיטה לעצי תפוח. מספר עצים בוגרים בחביות הועברו לבית דגן. אלו הוחזקו בתנאים טובים בחממה למשך תקופת הסתגלות. לאחר מכן הם הועמדו על מאזניים אלקטרוניים ונשקלו במקביל למדידות זרימה בגזע. היחס בין המדידות נתן מקדם תיקון של 2.9. יחד עם התיקון הגיאומטרי (לפי האינטגרל לעיל) התיקון הוא כ-3.7. ניתן לתקן את הנתונים שהוצגו בדוחות הקודמים של הפרוייקט שלנו עם המקדם הנ"ל. בדו"ח זה אנו מציגים תוצאות לאחר התיקונים, שאמורים לאפיין את הזרימה המלאה בגזעים.

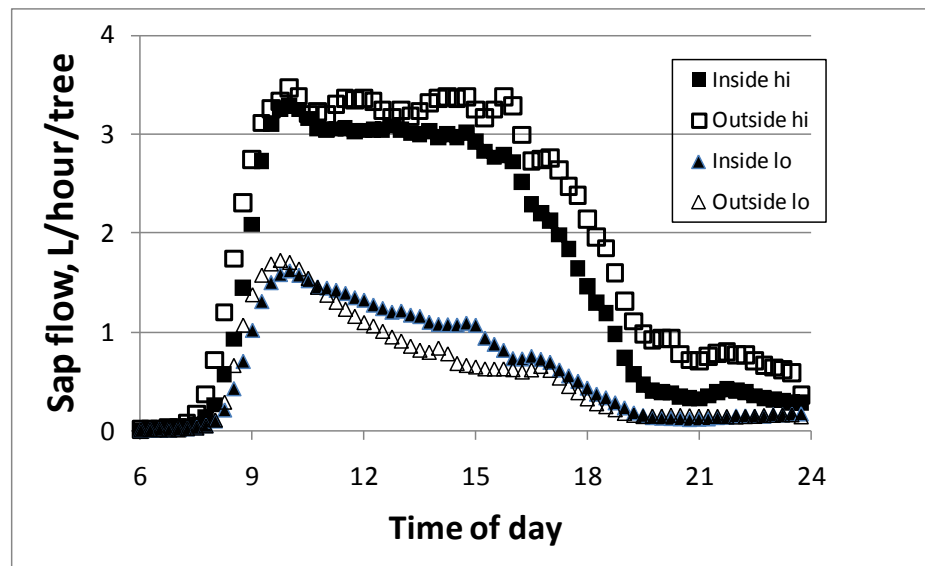
תוצאות:

איור 2 מציג את זרימת המים הממוצעת היומית (ממוצע על לפחות 6 עצים עם מדידות תקינות באותו טיפול באותו יום) במהלך יולי ואוגוסט 2010 בשתי מנות המים, עם וללא רשת צל. לראשונה בניסוי זה התוצאות מובאות כצריכה יומית אבסולוטית, במ"מ ליום. בתקופה הראשונה המערכת שמחוץ לרשת לא עבדה בצורה תקינה. ההבדלים בין הטיפולים דומים לאלו שהתקבלו ב-2008 (ראה דו"ח קודם). בתוצאות 2007 נמצא מגמה שבמנת מים מלאה (100%) זרימת המים במטע החשוף הייתה גבוהה מזו שבמטע המכוסה. ב-2008 מגמה זאת הייתה מובהקת והסתכמה בכ-14%. במנת המים המופחתת, לא היו הבדלים בסך צריכת מים יומית בין מתחת ומחוץ לרשת בכל השנים כפי שנצפה גם ב-2010.



איור 2. סה"כ זרימה יומית בגזע עצי תפוח בניסוי, בשני טיפולי ההשקיה הקיצוניים מתחת לרשת (inside) ומחוץ לרשת (outside).

ב-2010 (איור 2) ההפרש בין זרימת המים במנה הגבוהה בין הטיפול החשוף למכוסה (ממוצע של 6 ימים) היה 0.3 ± 0.8 מ"מ ליום, או 15% מהצריכה של העצים מחוץ לרשת. כפי שצוין לעיל ב-2008 ההפרש היה 14% מהצריכה. במנת המים המופחתת ההבדל בין מתחת לרשת למחוץ לרשת היה כשליש מזה ולא מובהק. נראה שבמשטר הצמאה העצים מתחת ומחוץ לרשת צרכו את כל המים הזמינים ולכן לא היו הבדלים בין הטיפולים (ראה גם למטה).



איור 3. מהלך יומי של זרימה בגזע בארבעת הטיפולים. הנתונים הם ממוצעים עבור 6 ימים שבהם יש נתונים טובים מ-6 עד 8 עצים בכל טיפול. הימים היו בלי עננים ומזג אוויר חם, 10-15 באוגוסט, 2010.

איור 3 מראה מהלך יומי ממוצע של זרימת המים בגזע ב-4 ימים באוגוסט 2010. עיון במהלך זה עוזר להבין את המשמעות של ההצללה וגם הפחתת ההשקיה. בהשקיה מלאה (100%) באמצע היום הזרימה בגזע מתחת ומחוץ

לרשת לא הייתה שונה באופן מובהק. כמו כן, משעה 10 עד 15 (במשך 5 שעות) הזרימה בגזע כמעט ולא השתנתה. ההבדל בין המוצלל לביקורת היה רק בתחילה וסוף היום. בבוקר הזרימה בחוץ עלתה לפני הזרימה מתחת לרשת, ואחרי ירדה אחרי זה שמתחת לרשת. בהשקיה הנמוכה, ניתן גם להבחין בעליה וירידה יותר מוקדמות בחוץ לעומת מתחת לרשת, אבל ההבדל בין שני הקווים יותר קטן. בנוסף, בהשקיית חסר אין התייצבות בזרימה באמצע היום, אלא הזרימה הגיעה לשיא בסביבות 10 בבוקר ולאחר מכן ירדה. אבל בין 11 ל-15 נפתח פער בין הצריכה בשני הטיפולים כאשר הצריכה מתחת לרשת הייתה גבוהה יותר. הבדל זה הוא על גבול המובהקות אבל קיבלנו אותה תוצאה ב-2008. ייתכן שהבדל זה, המראה על פעילות גבוהה יותר מתחת לרשת באמצע היום, נותן לעצים שם יתרון מסוים, אך נושא זה דורש עיון. בסיכום היומי, בהשקיה הגבוהה בעצים חשופים נמדד 34 ± 8 ליטר ומתחת לרשת 29 ± 4 ליטר, ובהשקיה הנמוכה 11 ± 2 ו- 11 ± 4 ליטר בהתאמה (\pm טעות התקן). בהשקיה מלאה הירידה הממוצעת מתחת לרשת הייתה 14% ב-6 ימים אלה.

דיון:

תוצאות מדידות זרימה בגזע השתפרו במשך הניסוי בגלל שיפורים בטכניקה שלנו, כך שבשנה השנייה של הפרוייקט המקורי (2008) קיבלנו תוצאות שבהחלט משביעות רצון ובשנה האחרונה (2010) היה בידנו מקדם כיוול לתפוחי עץ שאיפשר תירגום התוצאות למספרים אבסולוטים בעלי משמעות חקלאית. אלה הראו על הבדלים מובהקים בין הטיפולים. ההבדלים חופפים את אלו שנמצאו בניסוי 2008, כלומר ההבדל בצריכת המים מתחת לרשת לזה שמחוץ לרשת זניח בהשקייה ברמה נמוכה, אך בהשקייה 100% ההבדל הוא בסביבות 15%, המסתכם באוגוסט בכ-0.8 מ"מ ליום. המהלך היומי הממוצע על פני 6 ימים הראה שעיקר ההבדל בין ההצללה לביקורת בהשקיה מלאה נבע מהעלייה המאוחרת וירידה המוקדמת של הזרימה בתחילה וסוף היום בטיפול המוצלל. תוצאה זאת אולי נובעת מההצללה הנוספת של רשת צל בבוקר ובערב הנובעת מהירידה בעבירות הרשת כשהשמש נמוכה בשמיים. תופעה זאת נבחנה בעבודה שלנו על תכונות רשתות צל (כהן ופוקס 1999, טנאי וכהן, 2010; מולר וחובי, 2010).

בהשקיה מלאה הזרימה התייצבה על אותו ערך כמעט קבוע בשעות הצהריים מתחת לרשת ומחוץ לרשת. מהלך יומי דומה בטיפול הצללה נצפה בניסוי בהדרים (כהן וחובי 1997). ניתן להסביר את ההתייצבות כתגובה איזוהידרית (Isohydric) של העץ שבו הוא מונע ירידה בפוטנציאל מים של העלים מתחת לערך סף מסוים ע"י וויסות של מוליכות העלים (כהן וחובי 2009). ברור שבצל מוליכות העלים תהיה יותר גבוהה בתנאים אלה כפי שצפינו במדידות של מוליכות.

בהשקיית חסר, כלומר בטיפול ההשקיה הנמוכה בשנת 2008 ו-2010, ההבדלים בין הטיפולים לא היו מובהקים, גם בסיכומים היומיים וגם במהלך היום. במיוחד נצפתה עלייה בזרימה בבוקר עד השעות 9 או 10 ולאחר מכן ירידה הדרגתית במשך יתר היום. התנהגות זאת מראה על מחסור במים בקרקע. בתחילת היום העץ מושך מים ומגיע לפוטנציאל מים בעלים שמתחת ממנו הוא לא מוכן לרדת. תכולת המים מסביב לשורשים יורדת ולאחר מכן יש ירידה הדרגתית בפוטנציאל המים בקרקע במשך היום שמורידה באופן הדרגתי את הזרימה בגזע. מכיוון שזרימה בתנאים אלו תלויה בעיקר בזמינות המים בקרקע אין הבדל בין הטיפול המוצלל לחשוף. אלא שמכיוון שניתן להניח שטמפרטורות העלים מתחת לרשת יותר נמוכות, ייתכן ומוליכויות העלים (והפיוניות) יותר גבוהות מתחת לרשת ומוליכות זאת עשויה להביא לעליה בפוטנציאל בטיפולים המוצללים כפי שנמצא בהמשך העבודה.

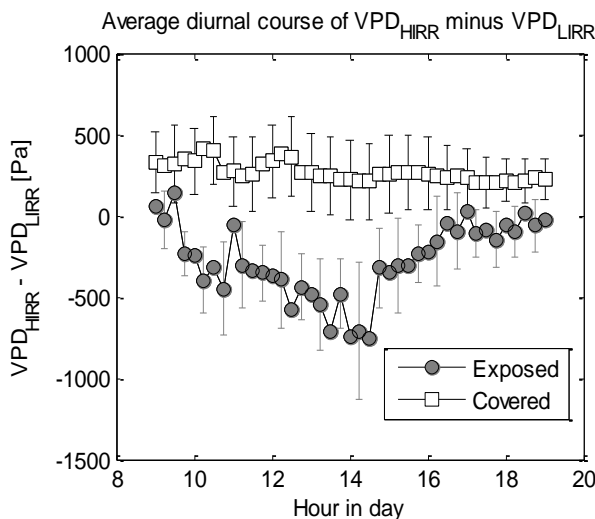
בטיפול היבש ב-2008 ו-2010 נצפה הבדל קטן בצריכת מים בשעות הצהריים בין הטיפול המוצלל לזה שבחוץ. בין 11 ל-15 נפתח הבדל בין הצריכה בשני הטיפולים כאשר הצריכה מתחת לרשת הייתה גבוהה יותר. הבדל זה הוא על גבול המובהקות אבל חזר על עצמו פעמיים. מכיוון שמתחת לרשת טמפרטורת העלים נמוכה יותר, צריכה גבוהה יותר של מים באמצע היום משמעותה מוליכות עלים גבוהה יותר באופן משמעותי. לכן הבדל זה מראה על פעילות פוטוסינתטית גבוהה יותר מתחת לרשת באמצע היום, דבר שנותן לעצים שם יתרון.

ב. השפעת מנת ההשקיה וההצללה על טמפרטורה ולחות האוויר באזור הנוף – ניסויים בשנה השנייה (2010)

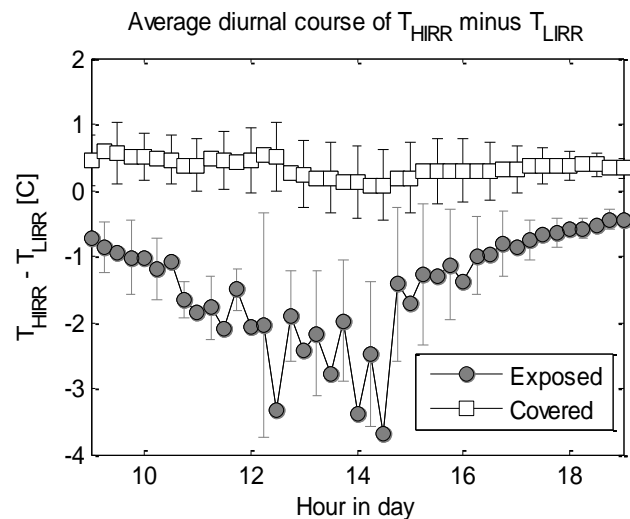
שיטות: נמדדו טמפרטורת גולה יבשה וגולה לחה בנוף בשני טיפולי ההשקיה כפי שנקבעו ע"י ספי פוטנציאל מים בגזע, כלומר בהשקיה נמוכה ובהשקיה גבוהה. בכל טיפול השקיה הטמפרטורות נמדדו בתוך הנוף של עץ אחד תחת הרשת ושל עץ אחד חשוף ובשני גבהים, 1.5 מ' ו-2.3 מ'. סה"כ הוצבו 16 חיישני טמפרטורה. הטמפרטורות נמדדו ע"י חיישני תרמוקפל מסוג T שהיו מוצבים בתוך קופסה מאווררת להגנה מפני קרינת שמש ישירה, תוך יצירת הסעה קבועה ע"י יניקת אוויר. הטמפרטורות נמדדו במרווחי זמן של 30 דקות כאשר בכל 5 דקות אחרונות של פרק זמן זה הופעלו המאווררים והטמפרטורה הממוצעת של הדקה האחרונה נרשמה באוגר הנתונים. החיישנים נמדדו בין 24.07.2010 עד 22.8.2010. עקב בעיות טכניות מדידות שנלקחו באזור החשוף היו תקינות רק ב-5 ימים מתוך תקופה זו (DOY 209,210,215,220,221). השפעת ההשקיה על הטמפרטורה והלחות מוצגת ע"י חישוב המהלך היומי הממוצע של הפרש הטמפרטורה וגרעון לחץ האדים (גל"א) בין המדידים בשני טיפולי ההשקיה בטיפולים עם וללא רשת. מכיוון שלא נמצאו הבדלים משמעותיים בין שני הגבהים, מוצגות כל התוצאות כממוצע של שני הגבהים.

תוצאות:

מוצגים מהלכים יומיים של ממוצעי הפרשים, במונחי טמפרטורה וגל"א, בין איזור ההשקיה הגבוהה לאיזור ההשקיה הנמוכה (איורים 4,5), ובין המטע המכוסה למטע החשוף (איורים 6,7). באיורים להלן מוצג רווח בר סמך של 95% כפי שחושב מסטיות התקן בזמנים השונים.

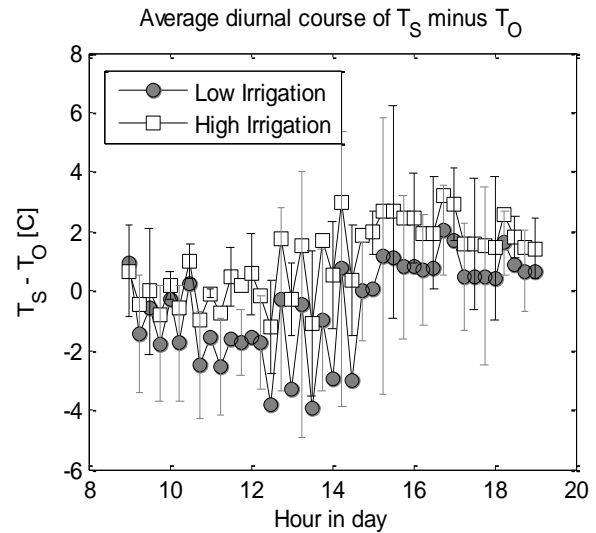
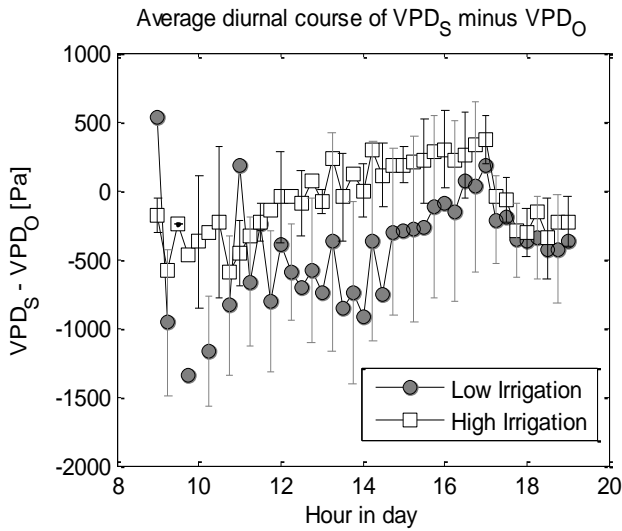


איור 5: מהלך יומי של ממוצעי הפרש בגל"א בין טיפול ההשקיה הגבוהה לטיפול ההשקיה הנמוכה, תחת הרשת ובמטע חשוף.



איור 4: מהלך יומי של ממוצעי הפרש בטמפ' האוויר בין טיפול ההשקיה הגבוהה לטיפול ההשקיה הנמוכה, תחת הרשת ובמטע חשוף.

איורים 4 ו-5 מראים את השפעת רמת ההשקיה על הטמפ' והגל"א, בהתאמה. במטע החשוף ניתן לראות שברמת השקיה גבוהה טמפרטורת האוויר וכן הגל"א בשעות היום נמוכים ביחס לרמת ההשקיה הנמוכה. במטע המכוסה, הטמפרטורה וכן הגל"א שנמדדו באיזור ההשקיה הגבוהה נמצאו כגבוהים יותר ביחס לאילו שנמדדו באיזור ההשקיה הנמוכה. בעוד הפרש זה קבוע לאורך היממה הוא איננו מובהק והינו קטן ביחס להפרשים שנמדדו במטע החשוף. איורים 6 ו-7 המציגים בהתאמה את השפעת הרשת על טמפרטורת האוויר והגל"א אינם מראים הבדלים מובהקים בהפרשים בין המטע המכוסה למטע החשוף לאורך היממה וכן בין טיפולי ההשקיה. ניתן לסכם פרק זה בכך שההשקיה הגבוהה הפחיתה מעט את טמפרטורת האוויר והגל"א במטע החשוף.



איור 7: מהלך יומי של ממוצעי ההפרש בגל"א תחת רשת לטמפ' במטע חשוף, בשני טיפולי ההשקיה.

איור 6: מהלך יומי של ממוצעי ההפרש בטמפ' תחת רשת לטמפ' במטע חשוף, בשני טיפולי ההשקיה.

ד. השפעת מנת המים וההצללה על פוטנציאל המים בגזע

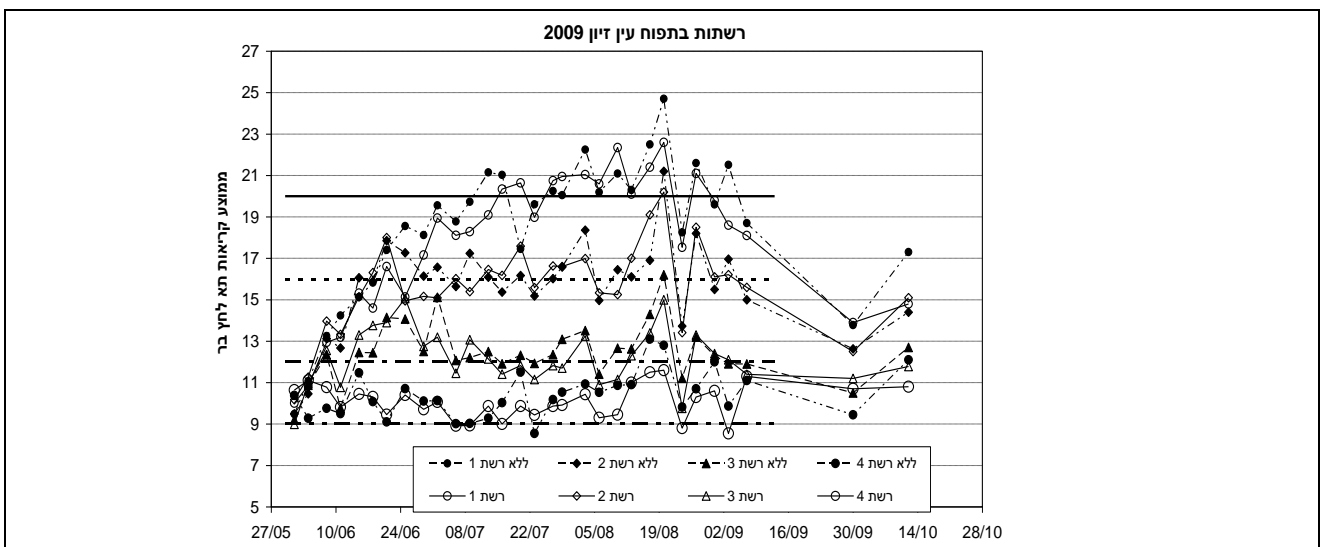
שנה ראשונה (2009)

חומרים ושיטות

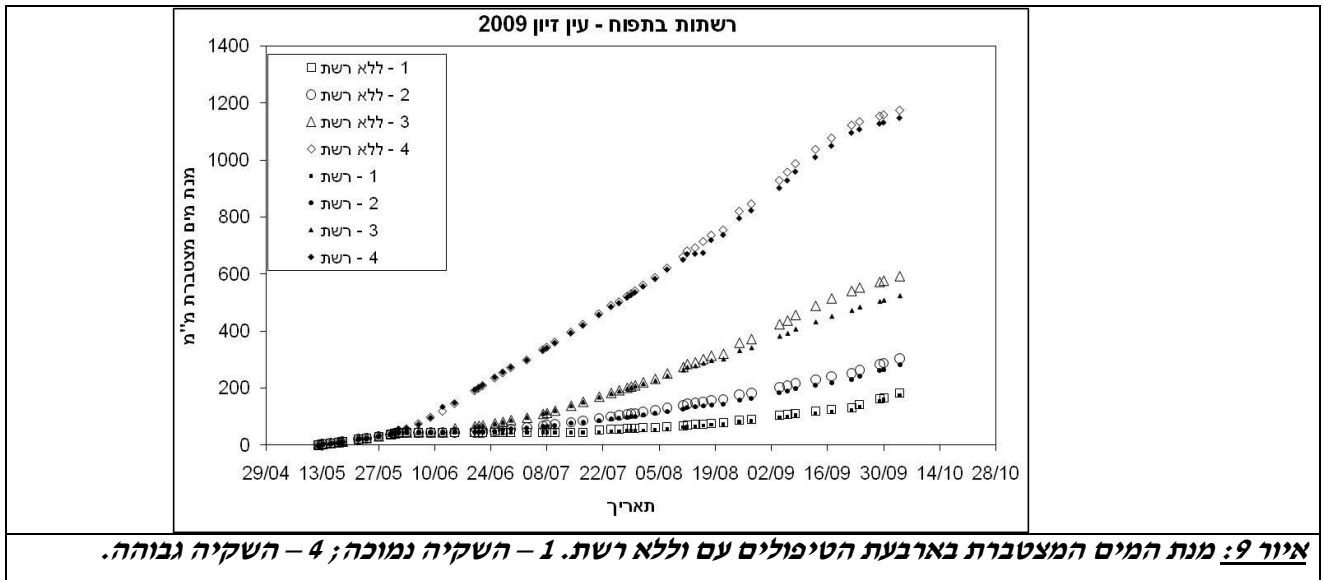
ניתנו מנות השקיה שונות לטיפולים עם וללא רשת, על מנת לשמור על ערכים קבועים של פוטנציאל מים בגזע. בדיקות תא לחץ נערכו פעמיים בשבוע.

תוצאות

בשנת 2009 ניתנה השקיה נפרדת לטיפולים עם וללא רשת על פי קריאות תא הלחץ. כלומר, טיפול 3 לדוגמא, קיבל מנת מים שונה עם וללא רשת, תוך שמירה על אותו פוטנציאל מים. נשמרו ערכי קריאות תא לחץ של 10, 13, 16 ו-21 אטמוספירות (איור 8). מנת ההשקיה ללא רשת הייתה גבוהה במקצת ממנת המים עם רשת כשבטיפול 3 ההפרש היה 10% במצטבר (איור 9). אוגוסט היו 0.16, 0.35, 0.81, 1.52 ללא רשת ו-0.14, 0.31, 0.70, 1.46 עם רשת.

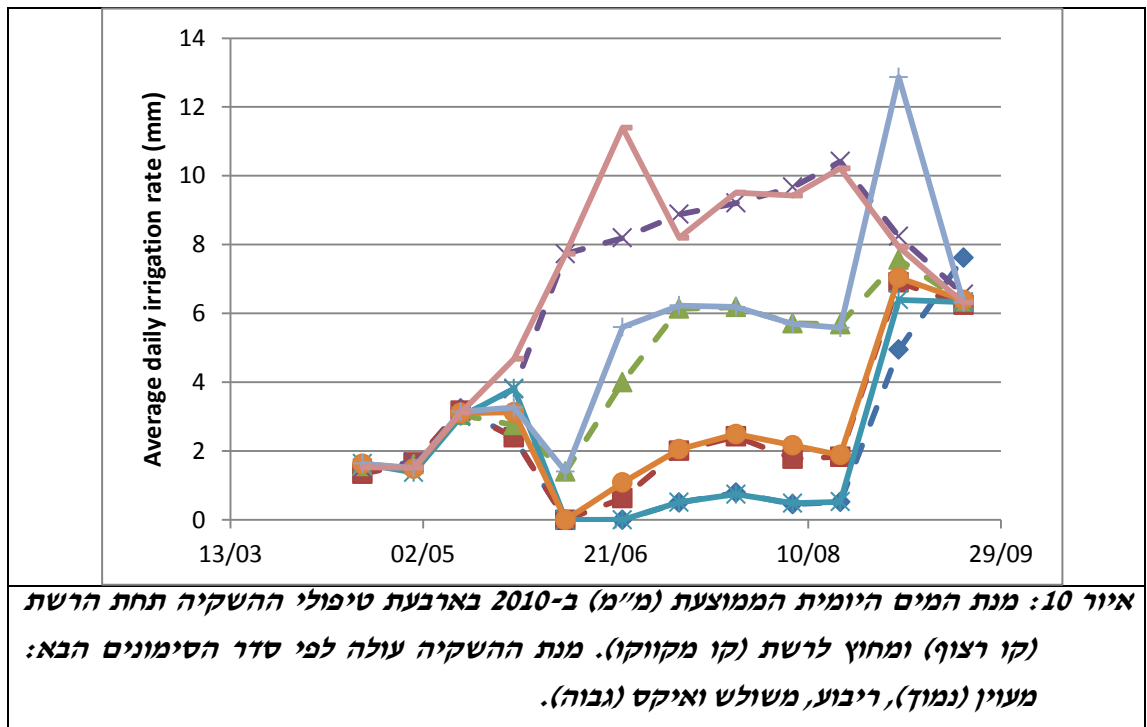


איור 8: ערכי קריאות תא לחץ לאורך תקופת המדידה. ניתן לראות כי הצלחנו לשמור על ערכים קבועים בכל הטיפולים החל מתחילת חודש יולי.

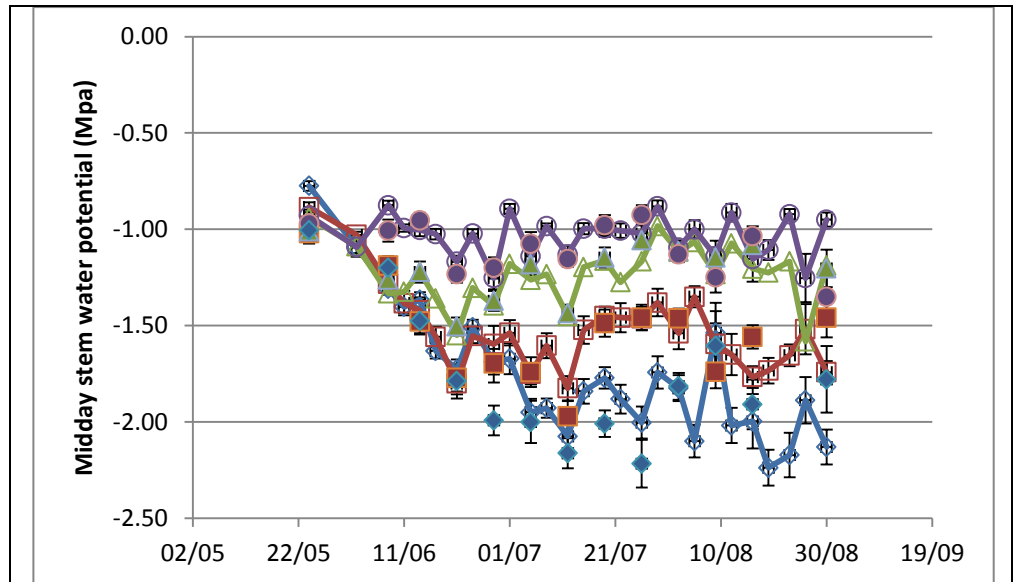


שנה שנייה - 2010

בשנת 2010 ניתנה מנת השקיה זהה תחת הרשת ומחוצה לה בכל אחד מהטיפולים. המנות נקבעו לפי התוצאות של שנת 2009.



איור 10 מציג את המהלך התקופתי של ההשקיה במטע המכוסה ובמטע החשוף. מנת המים העונתית הייתה 335 ו-337, 440 ו-453, 756 ו-845, 1156, 1141 מחוץ לרשת ומתחת לרשת, בהתאמה. חריגה משמעותית במנת המים מצטברת הייתה בטיפול שקיבל 845 מ"מ לעונה עקב תקלה לאחר הקטיף (לא השפיע על תוצאות המחקר). פוטנציאל המים בגזע ירד עם הירידה במנת ההשקיה (איור 11). בטיפול ההשקיה הנמוכה התקבלו ערכים נמוכים יותר של פוטנציאל המים ללא רשת. בשאר מנות ההשקיה לא נמדד הבדל בפוטנציאל המים עם וללא כיסוי ברשת.

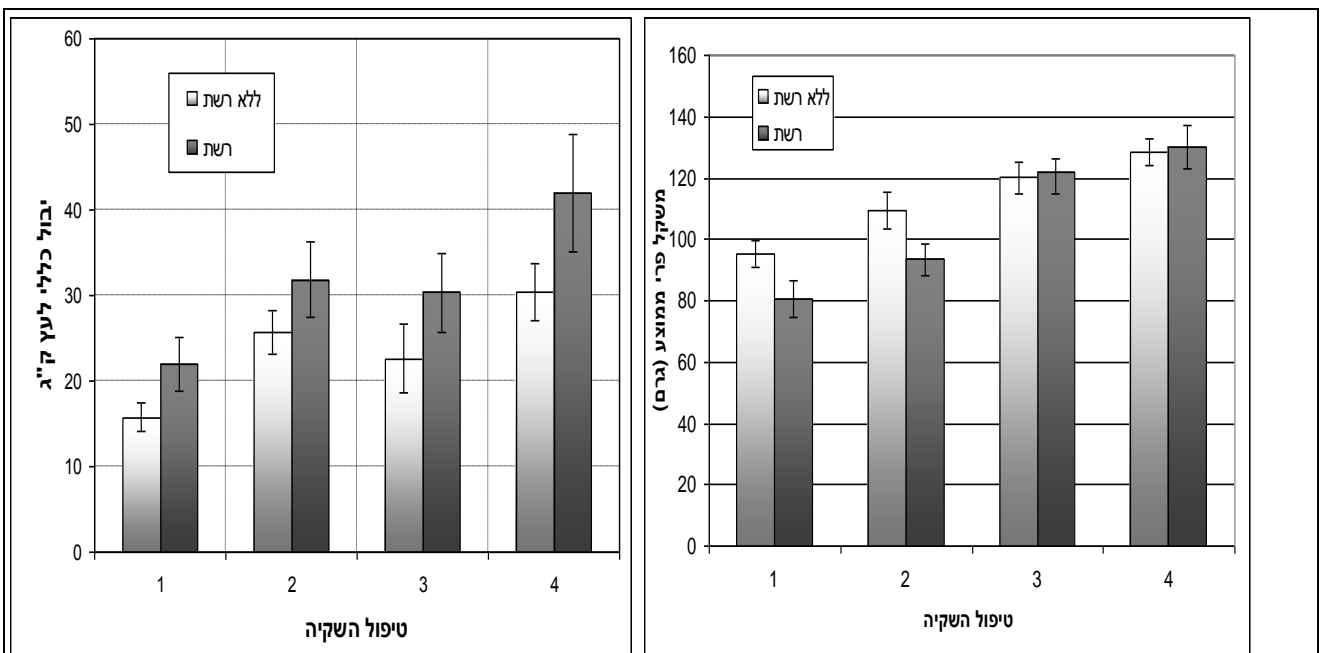


איור 11: פוטנציאל מים בגזע בצהרים בארבעת טיפולי ההשקיה ללא רשת (סימנים מלאים) ומתחת לרשת (סימנים ריקים) ב-2010.

ה. השפעת מנת המים וההצללה על היבול

שנה ראשונה (2009)

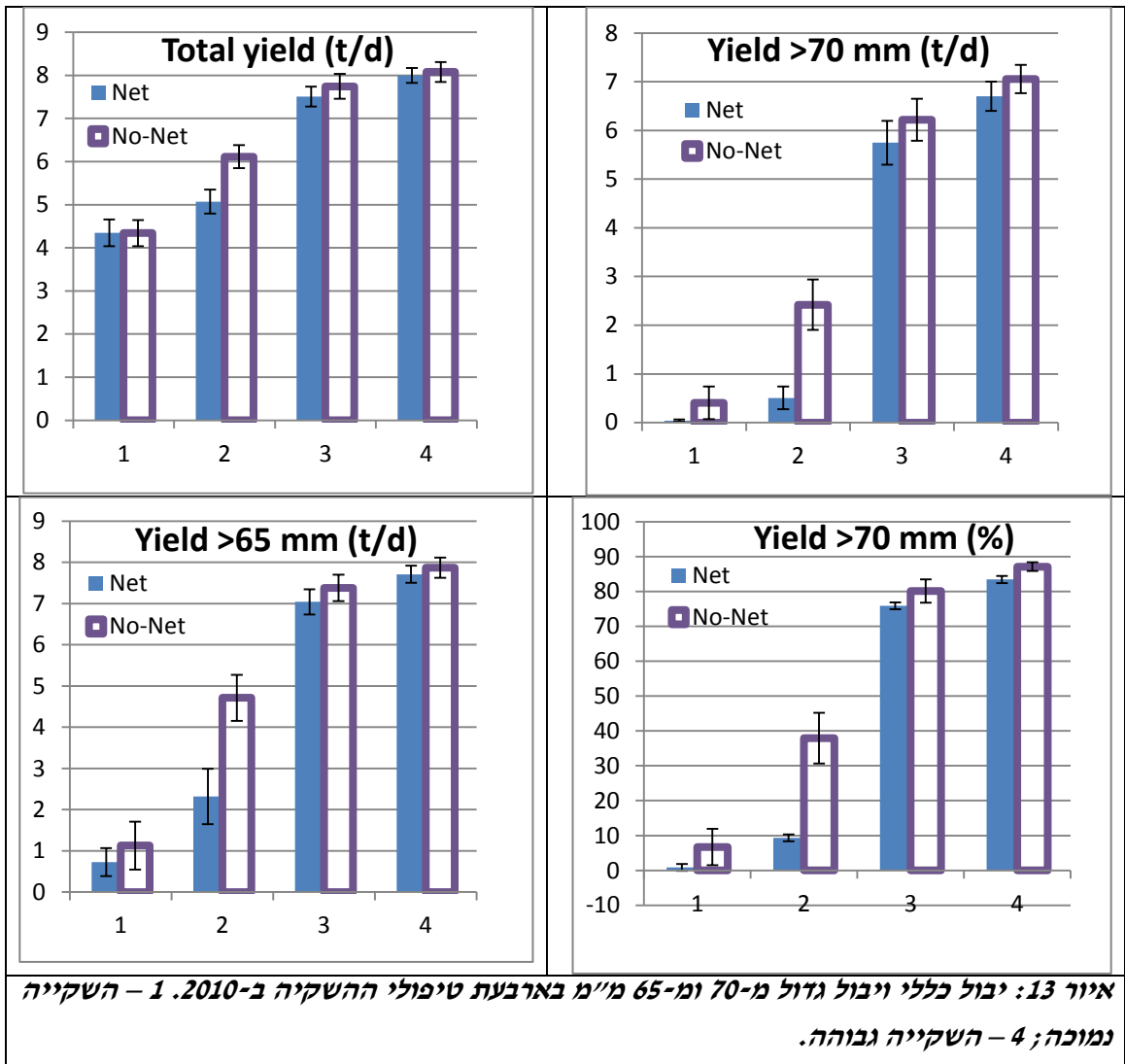
היבול הכללי ומשקל הפרי הממוצע עלו ככלל עם מנת ההשקיה (איור 12). לא נמצאה השפעה של כיסוי ברשת על הפרמטרים הנ"ל. תמונה דומה (גרף לא מוצג) התקבלה ביבול של פרי גדול מ-70 מ"מ ואחוז הפרי הגדול מ-70 מ"מ. חוסר ההשפעה של הרשת נובע כנראה ממספר פירות נמוך ומיבול כללי נמוך יחסית ממנו סבל המטע בשנת 2009.

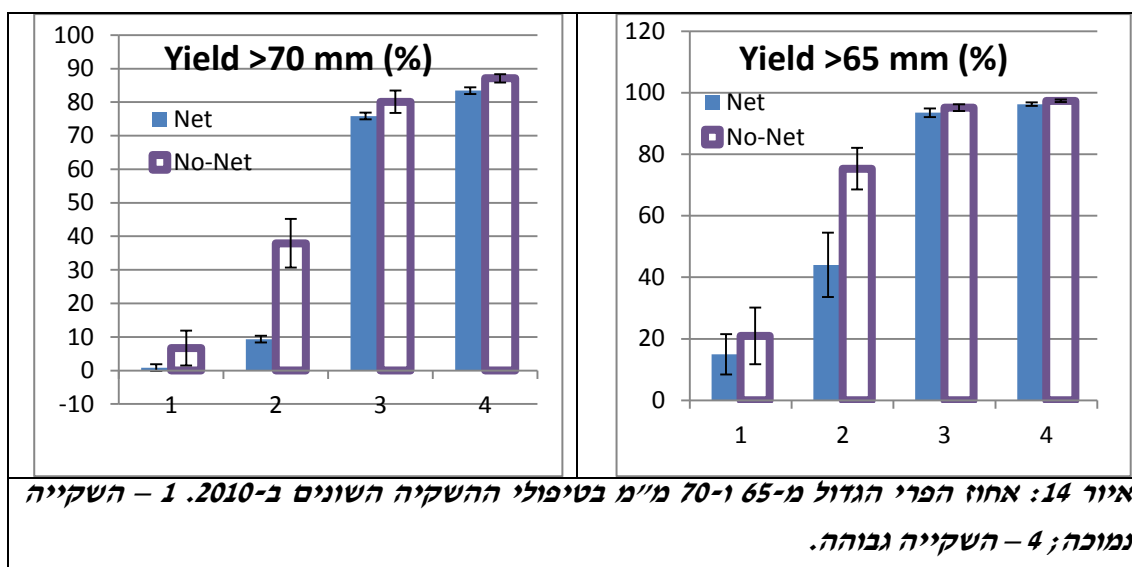


איור 12: השפעת טיפולי ההשקיה על משקל פרי ממוצע (ימין) ועל יבול כללי לעץ (שמאל). 1 – השקיה נמוכה; 4 – השקיה גבוהה. (2009).

שנה שנייה (2010)

בשנת 2010 בוצע דילול ידני בכל הטיפולים לרמה אחידה ובניתוח נעשה שימוש בעצים בעומס פרי דומה בכל הטיפולים. מספר הפירות לעץ היה 292 ו-287 בטיפול המכוסה ברשת ובטיפול ללא כיסוי, בהתאמה. היבול עלה עם עליית מנת ההשקיה עם וללא כיסוי ברשת (איור 13). למעט טיפול ההשקיה מס 2 (איור 13) לא היה הבדל ביבול בין טיפול שכוסה ברשת לטיפול שלא כוסה ברשת. אין היגיון שדווקא טיפול 2 יראה הבדל ולכן נראה שההבדל קשור בשגיאה סטטיסטית. התנהגות דומה נמצאה גם באחוז הפרי הגדול מ-65 או 70 מ"מ (איור 14).





דיון ומסקנות מפרק זה

בעומס אחיד אין השפעה של הרשת על ביצועי העצים. בשנה בה בוצעה השקיה פרטנית לכל טיפול נמצאה בחלק מהעונה ירידה במנת ההשקיה בעצים מכוסים ברשת אך ההבדל היה קטן (כ-10%). ניתן לאמר שכיסוי ברשת צל 20% לא מעלה ולא מוריד את ביצועי העץ ואולי מאפשר הפחתה קטנה בצריכת המים.

1. השפעת הצללה וטיפול השקיה על ערכי הפוטוסינתזה, הטרנספירציה והתנגדות הפיוניות

מטרות

בחינת השפעת רשת הצל ומנות השקיה על תהליכי הפוטוסינתזה ומוליכות הפיוניות בתפוח "זהוב"

חומרים ושיטות

בשתי שנות המחקר, במהלך קיץ 2009 ו-2010 נפרסו רשתות הצללה מעל מקטע ממטע התפוחים, ונבחנה השפעת הצללה ומנות השקיה (100%, 85%, 70%, ו-55% מהמנה המומלצת לאזור; מנות שאמורות לשמר את פוטנציאל המים בעצים סביב ערך של 10, 13, 16, ו-20 אטמוספרות, בהתאמה) על העצים. הבדיקות (שני מחזורי מדידה לעונה) כללו מדידות פוטוסינתזה, מוליכות פיוניות, טרנספירציה וטמפרטורת עלים. הבדיקות (עשר חזרות לטיפול) נעשו בזן "זהוב" בשעות הבוקר המאוחרות (11:00) והתמקדו בעלים מהמעטפת החיצונית של העץ (עלי "שמש"). מדידות הפוטוסינתזה נעשו בעזרת LI-6200 IRGA, ואילו מוליכות הפיוניות נמדדה בעזרת פורומטר LI-1600, (שני המכשירים הינם מתוצרת LI-COR). ציוד המדידה הני"ל שימש גם לקביעת רמת הצללה תחת רשת הצל. ניתוח התוצאות נעשה בתכנת JMP, כאשר נבחנה השפעת שני טיפולי הצל (עם וללא רשת צל), וארבעת טיפולי המים על הצמחים.

תוצאות עיקריות (כולל גרפים והסברים)

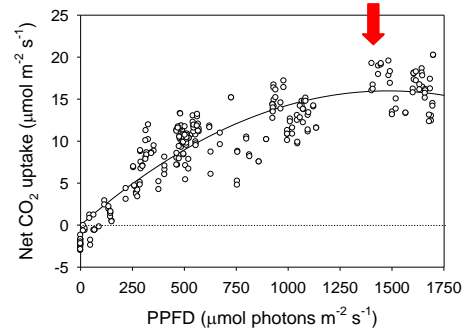
במהלך המדידות רמת הקרינה האופקית שנמדדה במטע תחת הרשת (טבלה 1) היתה בתחום הרוויה לתפוחים ($1500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$; איור 15); מדידות קודמות שנערכו במטע תפוחים במלכיה). רמת קרינה שכזו אמורה לאפשר פעילות פוטוסינתזה מיטבית. הדבר נכון לעלים שאינם מוצלים על ידי עלים שכנים, ופונים ישירות לעבר השמש. חשוב לציין כי בשטח, תנאים אליהם נחשפים עלי השמש מתקיימים רק עבור חלק מהעלים (עלים מהמעטפת החיצונית של הנוף) וגם אז רק בחלק קטן משעות היממה.

טבלה 1. ערכי הקרינה האופקית ואחוזי ההצללה

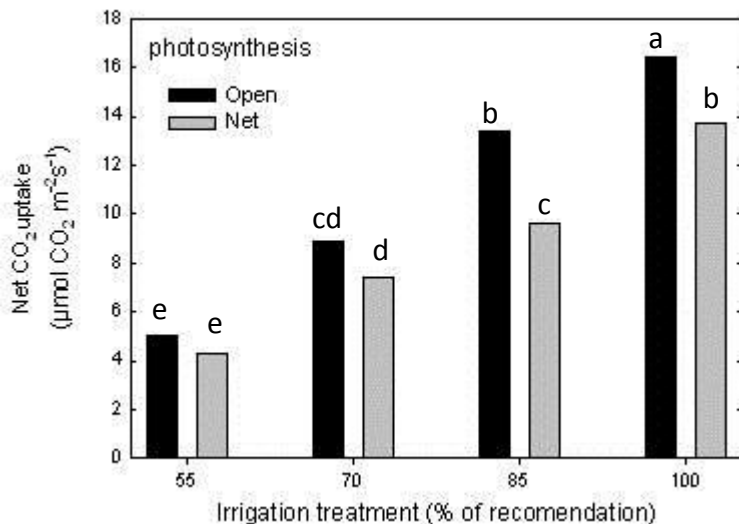
בחלקה. בכל עונה הערכים המובאים אוחדו ומוצאו מאחר ולא נבדלו זה מזה.

איור 15. הקשר בין עצמת הקרינה וקצב הפוטוסינתזה בעצי תפוח. נקודת הרוויה מסומנת בחץ אדום.

Treatment	Average quantum		% of max.	
	(μmole*s-1*m-2)		(%)	
	2009	2010	2009	2010
Net	1533	1382	77	74
open	1988	1859	100	100



נתוני הפוטוסינתזה שנמדדו ב- 2009 במטע (באיור 16) שמשו לבחינת הקשר בין ערכי הטרנספירציה או התנגדות הפיוניות לערכי קיבוע הפד"ח.

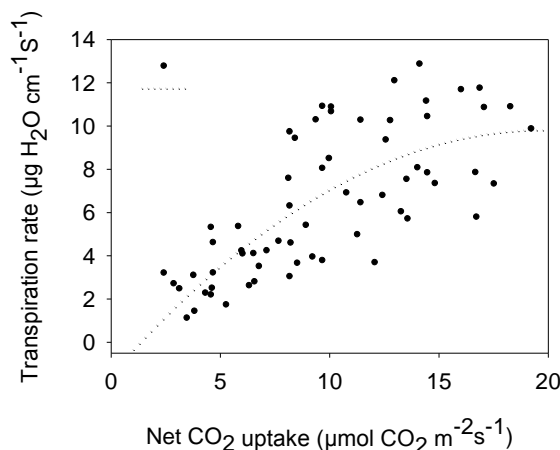
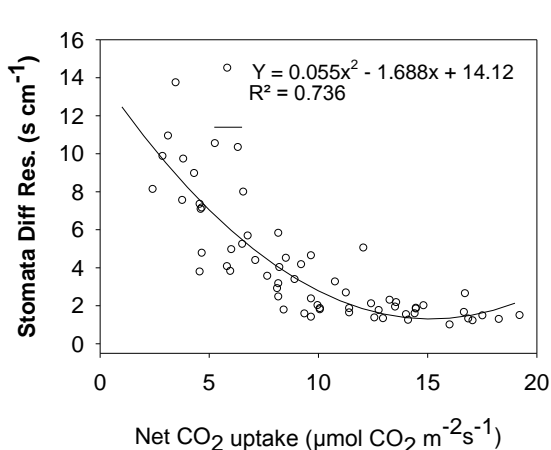


איור 16. השפעת טיפול הצל ומנת ההשקיה על ערכי הפוטוסינתזה במטע. אותיות שונות מציינות שוני מובהק בין הטיפולים ($P < 0.05\%$). נמדדה השפעה מובהקת לטיפול המים והצל על העצים. ככל שחלה ירידה במנת ההשקיה, או ירידה ברמת הקרינה כתוצאה מההצללה, חלה ירידה בקצב הפוטוסינתזה של העצים. הירידה בערכי הפוטוסינתזה כתוצאה מטיפול הצל מקורה בעובדה שגם עלי "שמש" אינם נחשפים לערכי הקרינה המקסימאליים. מנות השקיה פוטנציאל המים בעצים סביב ערך של 10, 13, 16, ו- 20 אטמוספרות, בהתאמה)

נמצא קשר ישיר בין ערכי קיבוע הפד"ח וערכי התנגדות הפיוניות או הטרנספירציה של העצים (איור 17). ככל שערכי הקיבוע עלו, חלה עליה בערכי הטרנספירציה, וירידה בערכי התנגדות הפיוניות. במהלך השנה

הנוכחית לא היה לטיפול הצל השפעה מובהקת על ערכי התנגדות הפיוניות או נתוני הטרנספירציה (איור 18 צד ימין עליון ותחתון בהתאמה). יחד עם זאת, לטיפול מנת המים היתה השפעה מובהקת על ערכים אלו, כאשר מגמת ההשפעה היתה בדומה לנמדד השנת המקר 2009 (איור 18 צד שמאל).

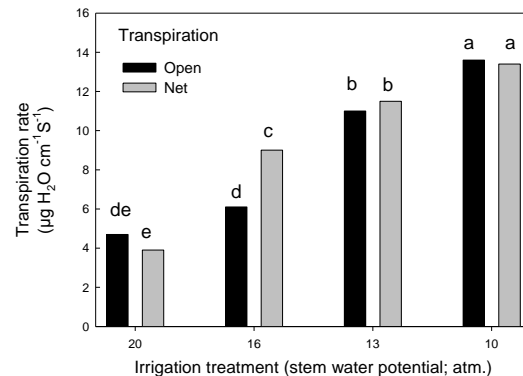
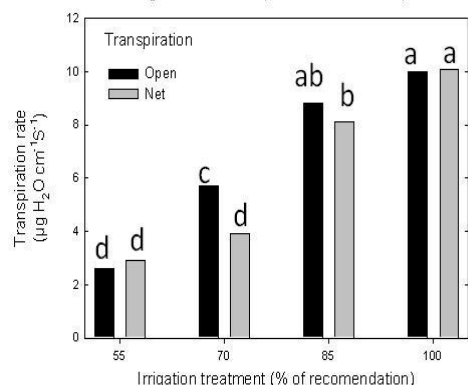
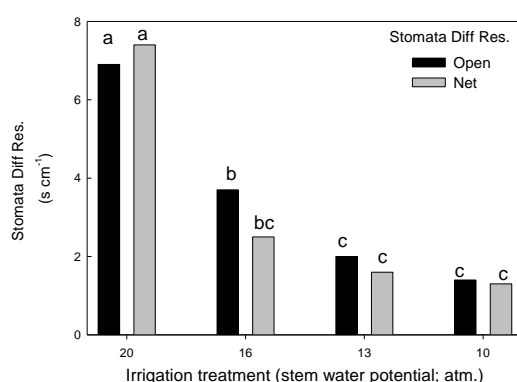
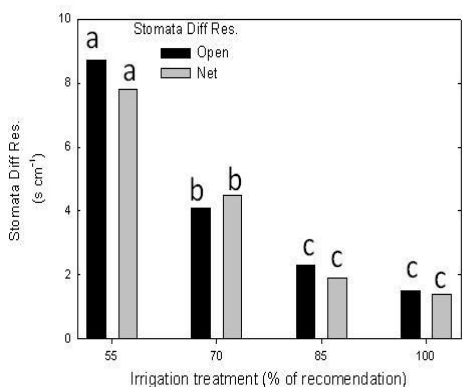
איור 17. הקשר בין ערכי קיבוע הפד"ח לערכי התנגדות הפיוניות (גרף מימין) או הטרנספירציה (גרף משמאל) במטע. נתוני הרגרסיה מופיעים בתוך חלון הגרף.



איור 18. השפעת טיפול הצל ומנת ההשקיה על ערכי התנגדות הפיוניות (גרף עליון), וערכי הטרנספירציה (גרף תחתון) במטע. אותיות שונות מציינות שוני מובהק בין הטיפולים ($P < 0.05\%$). בניגוד לשנת המקר 2009 (נתונים בצמד הגרפים משמאל) בה טיפולי המים נבנו על בסיס אחוז מהמנה המומלצת, בשנה הנוכחית (2010; נתונים בצמד הגרפים מימין) טיפולי המים ניתנו במטרה לשמר את העצים סביב ערך פוטנציאל מים המופיע בציר ה-X. הנתונים הינם ממוצע של שני מחזורי מדידה שאוחדו.

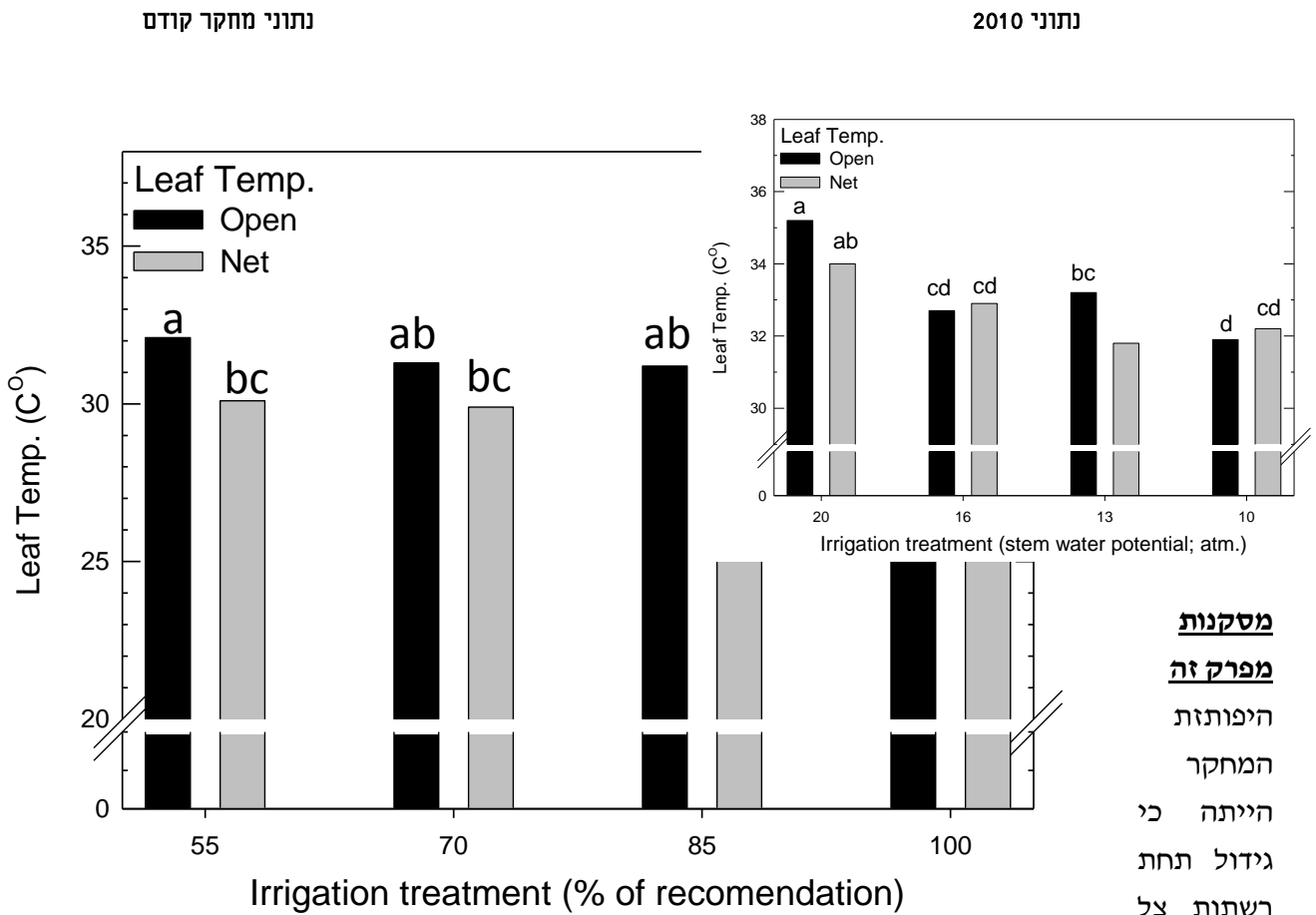
נתוני 2009

נתוני 2010



בדומה למדידות מהשנה שחלפה, צמצום מנות המים הוביל לעליה בטמפרטורות העלה כאשר השפעת ההצללה לא היתה מובהקת (איור 19).

איור 19. השפעת טיפול הצל ומנת המים על טמפרטורת העלים במטע. אותיות שונות מציינות שוני מובהק בין הטיפולים ($P < 0.05\%$). בניגוד למחקר הקודם (נתונים בגרף משמאל) בו טיפולי המים נבנו על בסיס אחוז מהמנה המומלצת, בשנה הנוכחית (נתונים בגרף מימין) טיפולי המים ניתנו במטרה לשמר את העצים סביב ערך פוטנציאל מים המופיע בציר ה-X. שאוחדו.



מסקנות מפרק זה
 היפותזות המחקר היתה כי גידול תחת רשתות צל

(תוך שמירה על תנאי קרינה וטמפרטורה מיטביים) יאפשר חסכון במים מבלי לפגוע משמעותית ביבול. הדבר יכול לנבוע מהפחתת טמפרטורת הנוף ו/או מעצם הורדת רמת הפחת ביבול (מכות שמש ושריטות). בעבודה המוצגת נבחנה השפעת הרשתות על הפעילות הפוטוסינתטית ומוליכות הפיוניות של העצים (משתנים המבטאים את כושר היצור של העצים). מתוך הנתונים שנאספו עולה כי כל עוד נשקה ונגדל את התפוחים על פי המלצות האזור הנוכחיות (מנת מים משקית) טיפול ההצללה מפחית את פעילות הפוטוסינתטית של העצים והאור יהווה גורם מגביל. אנו מניחים כי התופעה תתקיים גם עבור עלים

הנחשפים לקרינה נמוכה מזו אליה נחשפים עלי השמש, מאחר ושם האור מהווה מראש גורם המגביל את הפעילות הפוטוסינתטית. הדבר לא עומד בסתירה לאפשרות שגידול עצים הגדלים תחת רשת עשוי להיות כלכלי, מאחר ולרשתות יכולת להפחית נזקי קרינה או פגמים מכנים בקליפת הפרי.

דו"ח מסכם לתכנית מחקר מספר 10-0326-304

אופטימיזציה של השקיית תפוח מחופה ברשת צל

סיכום עם שאלות מנחות

1. מטרת המחקר לתקופת הדו"ח תוך התייחסות לתוכנית העבודה.

מטרות המחקר תאמו את תוכנית העבודה. כמתוכנן, נחקרה השפעת מנת המים על זרימת המים בעצים, פוטנציאל מים, התנגדות פיוניות, טרנספירציה, טמפרטורת הנוף וגירעון לחץ האדים, איכות הפרי והיבול. ההשפעות נחקרו בטיפול עם הצללה ובטיפול ביקורת ללא רשת.

2. עיקרי הניסויים והתוצאות שהושגו בתקופה אליה מתייחס הדו"ח

הוקם מטע מחופה עם רשת 20% צל ובסמוך לו מטע ביקורת ללא רשת. ברשת ובביקורת הופעלו 4 רמות השקיה שנקבעו לפי ספי פוטנציאל מים בגזע. נערכו מדידות זרימת המים בגזע, טרנספירציה, פוטוסינתזה ומוליכות פיוניות, פוטנציאל מים בגזע ונערך קטיף ומיון של היבול ברמות ההשקיה השונות עם ובלי רשת על מנת לקבל עקומי תגובה של התפוח. נמדדו טמפ' וגירעון לחץ אדים של האוויר סמוך לנוף העצים. נמצא הבדל מובהק של כ- 15% בזרימת המים בגזע בין המטע המכוסה לחשוף בהשקיה המלאה. לא נמצא הבדל מובהק בהשקיה הנמוכה. בשנה הראשונה מדידות פוטנציאל המים בגזע הראו אפשרות של הפחתת ההשקיה בכ- 10% תחת הרשת. ממצא זה לא שוחזר בשנה השנייה בה נערך דילול לשמירת עומס עצים קבוע. במטע החשוף רמת ההשקיה הגבוהה ביותר גרמה לירידה בטמפרטורת האוויר ובגל"א באזור הנוף בשעות היום ביחס לרמת ההשקיה הנמוכה ביותר.

3. המסקנות המדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו.

בוצעו בהצלחה המשימות שתוכננו. נראה כי תחת הרשת ניתן להפחית את מנת ההשקיה מבלי לפגוע כמעט במצב המים של העץ או ביבול. ההפחתה תחת הרשת היא בשיעור של 10-15% ממנת ההשקיה הגבוהה. ממצאים אלו מצביעים על אפשרות הגדלת יעילות השימוש במים תחת הרשתות בשיעור דומה. יישום תוצאות המחקר (כלומר המלצה על הפחתת המים תחת הרשת) יינתן רק לאחר בדיקות נוספות שיערכו ע"י מדריכים חקלאיים בשטח.

4. הבעיות שנתרו לפתרון ו/או השינויים שחלו במהלך העבודה.

במהלך השנה השנייה בוצעה מדידת זרימת מים בגזע בתפוי"ע בשיטת "גראנייה" תוך שימוש, לראשונה, במקדם כיוול לעצי תפוח שאפשר לקבל ערכים מוחלטים של זרימת המים בגזע. התוצאות שהתקבלו נמוכות מעט ממנת ההשקיה שניתנה בפועל. עם זאת בהשקיה הגבוהה נצפתה ירידה בזרימת המים בגזע מתחת לרשת בהשוואה למטע החשוף, שמצביעה על אפשרות הגדלת יעילות השימוש במים תחת הרשת.

5. האם הוחל כבר בהפצת הידע שנוצר בתקופת הדו"ח? לא.

6. פרסום הדו"ח : אני ממליץ לפרסם הדו"ח בספריות ובאינטרנט.