

שיפור הכוונת ההשקיה ע"י התאמת ספיקת מפזרי המים לנפח העץ במטע על

פי מפוי ממוחשב בסריקה אוירית.

משה מירון, מיג"ל,

שבתאי כהן, המכון לקרקע מים וסביבה,

אמוץ חצרוני, המכון להנסה חקלאית

תקציר

על מנת לבחון את הקשר בין מבנה וגודל הנוף לבין צריכת המים של העץ, נערך נסוי בגיזום מטע לנפחי נוף שונים בחוות מתתיהו. העצים במתתיהו נגזמו מחדש במדורג לגבה 2-4 מטר וברוחב 1-2 מטר בהתאמה, ונשמרו בממדים אלה לאורך העונה. נמצא קשר ליניארי בין היטל הצל על הקרקע לבין טפולי הגיזום. ההשקיה ניתנה על פי לוח מקדמים להתאדות אור יום, לפי המלצות שה"מ, ב60, 80 ו 100% מהמלצות אלו ובקורת לא גזומה ב 100%. פוטנציאל המים בגזע היה גבוה יותר ככל שהעצים היו יותר קטנים, כלומר מאזן המים הפנימי היה חיובי יותר, בגלל צריכת מים קטנה יותר באותם תנאים אטמוספריים. גם מדידת זרם העצה הצביע על אותה תופעה. נתוני הטנסיומטרים לא אפשרו הסקת מסקנות בגלל שונות מרחבית ואבניות הקרקע. משקל ואיכות היבול הגיבו לטפולי הגיזום וההשקיה כשלעצמם, והצביעו על ניצול יותר טוב של המים בעצים הקטנים בהשקיה מוקטנת. הקטנת מספר הפירות עם גיזום העץ הוותה גורם מגביל נוסף, לכן מסקנה זו אינה חד-משמעית. חתימת הצל על הקרקע של העצים במפוי בעזרת עגלת שנבנתה לשם כך התפלגה נורמלית, עם סטית תקן של 16% מהמוצע. התאמת ספיקות מפזרי המים לחתימת הצל על הקרקע לא גרמה שנוי מקביל בפוטנציאל המים בגזע, והוסק שלמרות שנויים במנת המים עד 50%, עקת המים בעצים לא הושפעה מכך, ולכן התאמת ספיקת המפזרים לגודל הנוף הצליחה.

מבוא:

צריכת המים של מטע נטוע בשדרות רווחות - בשורות שאינן מכסות את כל השטח כמו בתפוח ואגס - תלוי בגודל נוף העץ. גם במטעים צפופים יותר קיימת שונות רבה בין העצים, שאינה נגרמת מההשקיה אלא מגורמים רבים אחרים. בצורות השקיה הנהוגות, המים מסופקים בצורה אחידה לכל החלקה, ללא התחשבות בשונות הצריכה בין שורות העצים, והעצים הבודדים בשורה, על פי גודלם. השקיה פרטנית ע"י התאמת ספיקת מפזר המים באופן ייחודי לכל עץ, או לכל שורה, יכול ליעל במידה רבה את השמוש במים. ברוב ממשקי הנהול הרווחים מנת המים ניתנת לפי צריכת העצים הגדולים, כמקדם בטחון למנוע עקות כלשהם. מעבר להשקיה פרטנית במקרים אלה תביא חסכון משמעותי במים. גם בממשקים חסכוניים יותר של צריכה ממוצעת, חלוקה אופטימלית של המים בין העצים הבודדים תשפר את היבולים, תמנע עקות בעצים הגדולים ותמנע עודפי מים והפסדי ניקוז בעצים הקטנים. עודפי מים אלה גורמים לא אחת לנוון העצים ומותם.

למרות שאין שום קושי טכנולוגי בהתאמה של מספר מפזרי המים וספיקתם לכל עץ, יישום ממשק של השקיה פרטנית מותאמת לכל עץ תתאפשר מבחינה נהולית רק כאשר ניתן יהיה למדוד באופן יעיל את נפח העץ ולמפות את המטע בצורה מדויקת, בהוצאה נמוכה, וניתנת לעדכון לפי הצורך. שיטת מדידת גודל עץ בסריקה אווירית והפקה מהירה של מפות דיגיטליות, הנמצאת בפתוח מתקדם על ידי מציעי המחקר במסגרת המו"פ האירופי, תאפשר יישום ישיר של מפוי לצרכי הכוונת השקיה בכל רמת פירוט של המטע, עד לכל עץ באופן פרטני.

המחקר התיאורטי והאמפירי בנושא התאמת צריכת המים לגודל העץ בשדרות רווחות הוא מצומצם יחסית. המודלים של אמדן צריכת המים מבוססים יותר על LAI מאשר על הגיאומטריה של השורה ונפח העץ. לקראת יישום של השקיה פרטנית יהיה צורך לבחון את המודלים הקיימים ולהתאים את המקדמים הספציפיים לתנאי המטעים בארץ. מטרת המחקר: התאמת נוהל מיפוי פוטוגרמטרי ממוחשב בסריקה אווירית למדידת נפח העץ במטע לצרכי הכוונת השקיה, ובחינת צרכת המים ותגובות המטע להשקיה בלתי אחידה לפי התאמת מפזרי המים לנפח הנוף.

מטרות המחקר לשנה הראשונה: לבחון ולאמת מודלים של תלות התאדות בנפח ובגיאומטריה של הנוף.

מתודולוגיה שנה ראשונה: נסוי ראשי בחוות מתתיהו ובנוסף מדידות גודל נוף בנסויי השקיה וספים בצפון: רשתות צל במלכיה, אנטיטרנספירנטים בברעם, מדדי השקיה במרום גולן, השקית אגס מופחתת בראש פניה. בחינת הקשר בין צריכת המים וגודל הנוף בעזרת שני מודלים של התאדות בנוף שדרה. בדו"ח זה יסוכם הנסוי הראשי במתתיהו. שאר הנתונים ינותחו בהמשך בדו"ח משלים.

מטרות המחקר לשנה השנייה: מנתוח תוצאות השנה הראשונה התברר כי אין די בהנמכת העץ על מנת להקטין באופן פרופורציוני את השטח המאדה, ויש להקטין גם את חתימת הצל (קליטת הקרינה) על הקרקע. אי לכך בשנה השנייה נאלצנו לחזור על מטרות השנה הראשונה.

מתודולוגיה שנה שנייה: נסוי ראשי בחוות מתתיהו בלבד, תוך עיבוד עצים דרסטית יותר והעמקה בבדיקות.

מטרות המחקר לשנה השלישית: לאור תוצאות השנה השנייה, ובגלל הקושי לבצע טיסות וצילומי אוויר בחוות מתתיהו, הוחלט להעמיק את המחקר בכיוון של הקשר בין קצבי האדוי והיטל הצל על הקרקע, ופתוח מיכון מתאים המחליף את צלומי האוויר. בהמשך בחינה מעשית של התאמת מפזרי מים לקצב האדוי הצפוי לפי מידת הכסוי של הקרקע.

מתודולוגיה שנה שלישית: שיטות המדידה ומפוי כסוי הצל כמו בשנה השנייה. הפעלת המכון היעודי – עגלה למפוי הצל לאורך שורה. החלפת ספיקת מפזרי המים לפי מפוי כסוי הצל שנתקבל בעזרת העגלה.

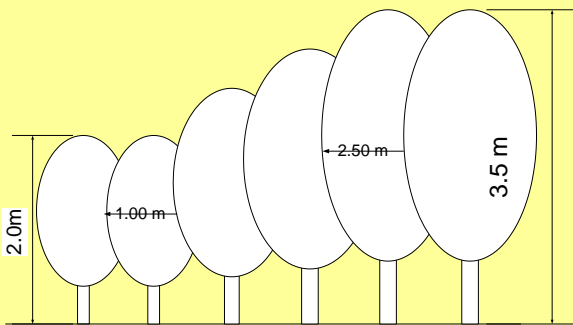
פירוט הניסויים – נסוי מתתיהו:

מקום ותנאי הסביבה:

הנסוי נערך בחוות מתתיהו בהרי הגליל, בגובה של 700 מ', מאחר ולא נותרו כמעט שטחי תפוח בעמק החולה. הקרקע חרסית קלה, גירית, אבנית, בעומק עד 90 ס"מ. טמפרטורות קיץ בין 16 – 34 מע"ץ התאדות אור יום של 7.0-7.8 מ"מ ליום (8.0-9.0 מ"מ ליממה). בחלקה התנהל בעבר נסוי של שיטות השקיה לנפחי שרשים ובחינת מקדמי התאדות. הניסוי הנוכחי הותקן על גב טפולים ללא עבר של עקה. השטח רושט מחדש בשתי שלוחות "רעם" מווסתות 2.4 לוש' שתי טפטפות למטר.

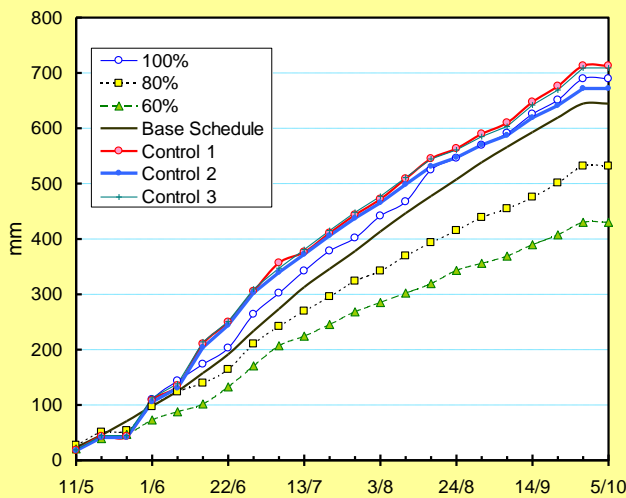
טפולי הניסוי:

ששה עצים בשתי שורות של הזן גראני-סמית נגזמו בדרוג עולה של 0.5 מטר, מ 2.0 ועד 4.0 מטר גובה, ו 1.0 עד 2.5 מ ברוב, במדרגות של 0.5 מ. (איור 1), על מנת לייצר בצורה שיטתית נפחי נוף שונים. כיוון שהשטח עבר topping ל 4.0 מטר מוקדם בעונה, גודל העצים ה"גדולים" היה נמוך יחסית. השטח עבר גזום ירוק ביוני וביולי על מנת לחזור ולהקטין את הנפח של העצים ה"רזים" ברוב. זוגות השורות



השכנות משני הצדדים לא נגזמו, אך הושקו באותם משטרי השקיה כשורות שוליים. שלושה משטרי השקיה הופעלו על חלקות העצים הגזומים: 60%, 80%, ו 100% מכמויות המים המוקצבות על פי המקדמים להתאדות הנמדדת בחוות מתתיהו (התאדות אור יום). טפול הביקורת לא נגזם והושקה ב 100%.

כמויות המים ומהלך ההשקיה בשלשת הטפולים מובאים באיור 2. כמות המים מתחילת ההשקיה



איור 2: מהלך ההשקית תפוח בהתאמה לגודל העץ מתתיהו 2003

הדיפרנציאלית ועד הקטיף הגיע ל 640 מ"מ בהשקיה מלאה, ול 60% ו 80% מזה בהשקיות החסר.

המערכת עבדה רוב הזמן כהלכה.

מדידות ומעקבים:

מדידת נפח העץ: נפחי העצים נקבעו בשיטה של חתכי קרינה במרווחים של 0.5 מטר בציר ה Y (אורך השורה) ו Z (גובה העץ), ובמרווחים של 0.016 מטר בציר ה X (בניצב לשורה).

חושבו חתכי הרוחב של קליטת הקרינה לכל העץ ולמעטפת החיצונית שלה, וכן אחוז קליטת הקרינה על בסיס שטח קרקע.

קליטת קרינה כמדד לגודל העץ. אחוז הקרינה שנבלעה בנוף נקבעה בעזרת אותו מיכשור, ושיטות כמו נפח העץ בגובה פני הקרקע. לאור נתוח ממצאים משנים קודמות, קליטת קרינה בגובה פני הקרקע נמצאת בקורלציה טובה לנפח הנוף של עצי תפוח בעיצוב המקובל, ונמצאת ביחס ישר לקליטת האנרגיה ע"י הנוף. רטיבות הקרקע נמדדה אחת ליומיים לפני ההשקיה בטנסיומטרים תוצרת Terra Tech אוסטרליה, בעומקים 45 ו 75 ס"מ. ליד כל אחד מארבעת העצים הגזומים לגודל הרצוי הוחדר זוג טנסיומטרים בניצב לטפטפת, בארבעת החזרות הראשונות של כל טפול השקיה.

זרם העצה (sap flow): על מנת להעריך את זרם האדוי בכל עץ, הותקנו מכשירי "פולס חום" לתקופות של שבועיים - שלשה, בשתי חזרות של טפולי ההשקיה. המכשירים הותקנו על הצד הדרומי של הגזע בארבעת העצים הגזומים, וקריאת הנתונים ועבודם נעשה מרחוק בעזרת חיבור טלפוני אלחוטי. התוצאות תורגמו לאחר כיוול לערכים של מהירות זרימה: ליטר/לעץ/יום.

פוטנציאל המים בגזע (XWP): מדידות תא לחץ נעשו בשעות אחר הצהריים המוקדמות בארבעה מועדים, בתאום עם מדידות זרם העצה, בשיטות התקניות הנהוגות במו"פ צפון.

שקילת יבול והתפלגות הפרי לגודל: היבול נקטף ונשקל בנפרד מכל עץ, בכל טפול וחזרה. נקטפו פירות גם מהביקורת המסחרית הבלתי גזומה, שהושקתה מלא. כל הפירות משורה אחת מכל עץ נשמרו למיון פרטני, השאר אוחד למיכל קטיף מכל חלקה. המיון בוצע בבית האריזה בקבוץ ברעם.

עגלה למפוי כסוי הצל על פני הקרקע. במכון להנדסה החקלאית נבנתה עגלת מפוי בתחליף למפוי האווירי.



תמונה 1. תאור עגלת המפוי. משמאל ומלמעלה: מראה כללי, גלגל כוון מרווח דיגום, עיניות מד קרינה, ידית הבקרה. למטה: העגלה בפעולה, עם מוט אור ידני מקביל להשוואת הקריאות.

העגלה מורכבת (תמונה 1) ממרכב ארבעה גלגלים, עליו מורכב בניצב מוט אור עם 12 עיניות (פירנומטרים

ומדי קרינה PAR של LI-COR) הניתנות לשנוי המרווחים ביניהן. בתצורה הנוכחית ששת העיניות

הפנימיות לכוון העץ היו במרווחים של 24 ס"מ (בהנחה שקרוב לעץ השונות בצל קטנה היותר, והחיצוניות

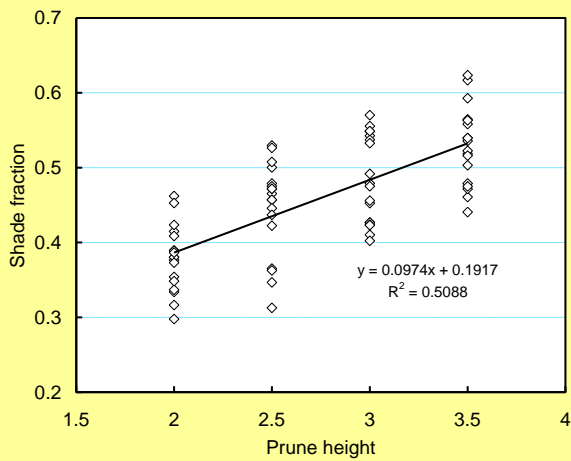
במרווחים של 16 ס"מ. בקצה המוט מורכב קטע צנור גמיש של 20 ס"מ לשמירת המרחק אל מרכז השורה ולאפשר מעבר ליד הגזעים. המערכת האלקטרונית מבוססת על בקר-אוגר נתונים Campbell CR10X. קביעת מיקום העגלה היא יחסית לשורה ולכל עץ בשורה, בהנחה שבכל מטע קיימת מפת נטיעה מדויקת ואין צורך באמצעי אתור אחרים. גלגל כוון מרווח הדיגום משמש להפעלת הקריאה בנסיעה רצופה לאורך השורה ע"י ברגי ההדק המוכנסים לחורים במרווח הנבחר ומפעילים הדק מגנטי קבוע על המסגרת. לידית הבקרה שלושה מצבים: מכובה, ידני, והפעלה אוטומטית מגלגל מרווח הדיגום. קריאה ידנית ליד העץ מחזירה את מונה המרווחים ל 1 או למספר מוקלד מהמסוף הידני, למניעת שגיאה מצטברת מאי-דיוקים והחלקות גלגלים.

מפוי ההצללה נעשתה על קובץ התוצאות בגליון Excel ע"י חישוב קרינה מדודה \ קרינה פוטנציאלית. הקריאה היחסית בעיניות בלתי מכוילות מאפשרת שמוש בכל ציוד מצוי. כיוול כל עינית על המוט לקרינה מלאה נעשית אחת לכמה זמן באור שמש מלא מחוץ לשורה. מעקב אחרי שנויים יחסיים בעצמת הקרינה הנכנסת נעשית בין הכיולים ע"י העיניות העוברות בחלק הלא מוצל בין השורות.

השקיה בספיקות מפזרים מותאמת לכסוי הצל: לאורך קטעי השורה הלא גזומים בנסוי (בזנים טופרד וסמותי, ובבקורות ללא גזום בגרני) מופו כל העצם, ואותרו העצים בהם כסוי השטח גדול או קטן ב 25%, 37.5% ו 50% מהממוצע. בעצים אלה הוספו או נסתמו 2-4 טפטפות בהתאמה, כאשר בהצבה המצויה של שמונה טפטפות לעץ כל מדרגה מייצגת הוספה\הורדה של טפטפת. לא ראינו טעם להוסיף או להוריד פחות משתי טפטפות (25%) על מנת לקבל אפקט ניתן למדידה.

תוצאות ודיון

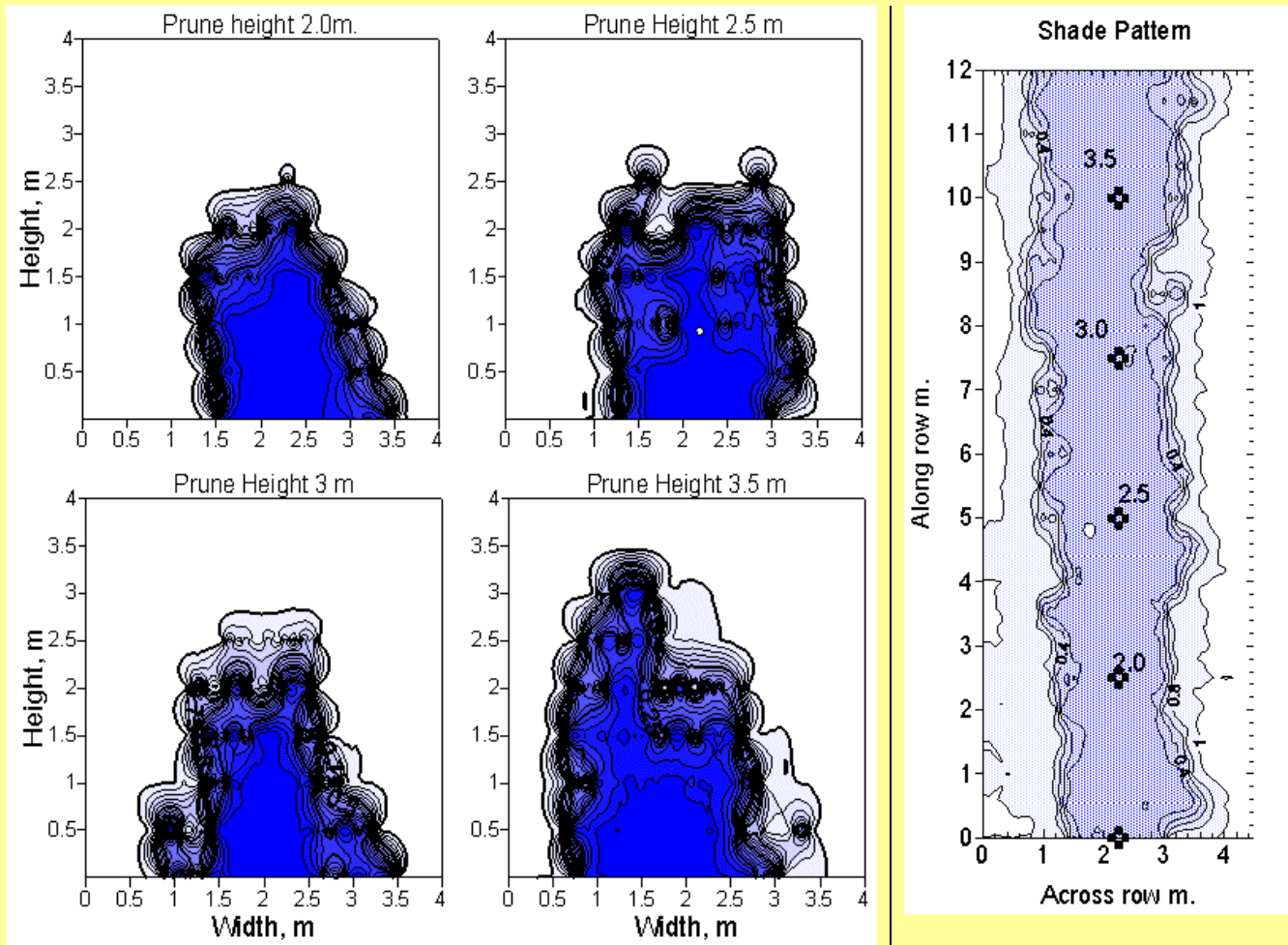
הנחת העבודה הנסיונית שמאחורי הטפולים היתה כי ע"י השקיה מדורגת, ימצא בכל טפול גודל עץ, בו כמות המים הניתנת מתאזנת עם הצריכה. אם צריכת המים קטנה יותר בגלל נפח נוף יותר קטן, עקום ההתייבשות של שכבות הקרקע העמוקות תצביע על הצריכה המוקטנת באותו אופן היכולת לקיים XWP רצוי גם בתנאי השקיה מוגבלת, או התפלגות גודל הפרי בקטיף תעיד אף היא על הקשר בין גודל העץ לצריכת המים.



נפח הנוף וגודל העץ. דוגמה של גודל הנוף, כפי שנמדד ע"י חתכי קרינה וחתימת הצל על הקרקע מוצגים באיור 3. הקשר בין גודל הנוף הנומינלי ("גובה גיזום") וחתימת הצל על הקרקע (איור 4). מראה כי טפולי עצוב הנוף לקבלת עצים בגודל משתנה היו יעילים הפעם, אם כי השונות נשארה די גדולה, ונשארו חריגים רבים. חתימת הצל חושבה כחלוקת חתך הרוחב המוצל תחת העץ במרווח הכללי בין השורות

איור 4. הקשר בין גובה הגיזום לבין חתימת הצל על הקרקע 2003.

**Row 3, 0.6 Schedule
27/05/02**



איור 3. חתכי קליטת קרינה, וחתימת צל על הקרקע של עצי גראני סמית לפי גיזום לגבהים שונים (איור לדוגמה)

מפוי אווירי לא ניתן היה לבצע ב 2003 בחוות מתתיהו בגלל מגבלות בטחון.

מפוי חתימת הצל במדידה ישירה ובעזרת עגלת המפוי: תאור ממוצע ההצללה לעץ במדידה ישירה בעזרת

מוט האור ובעזרת עגלת המפוי לחדירת הקרינה, על רקע גובה הגיזום הנומינלי ב 18 חלקות מובא באיור

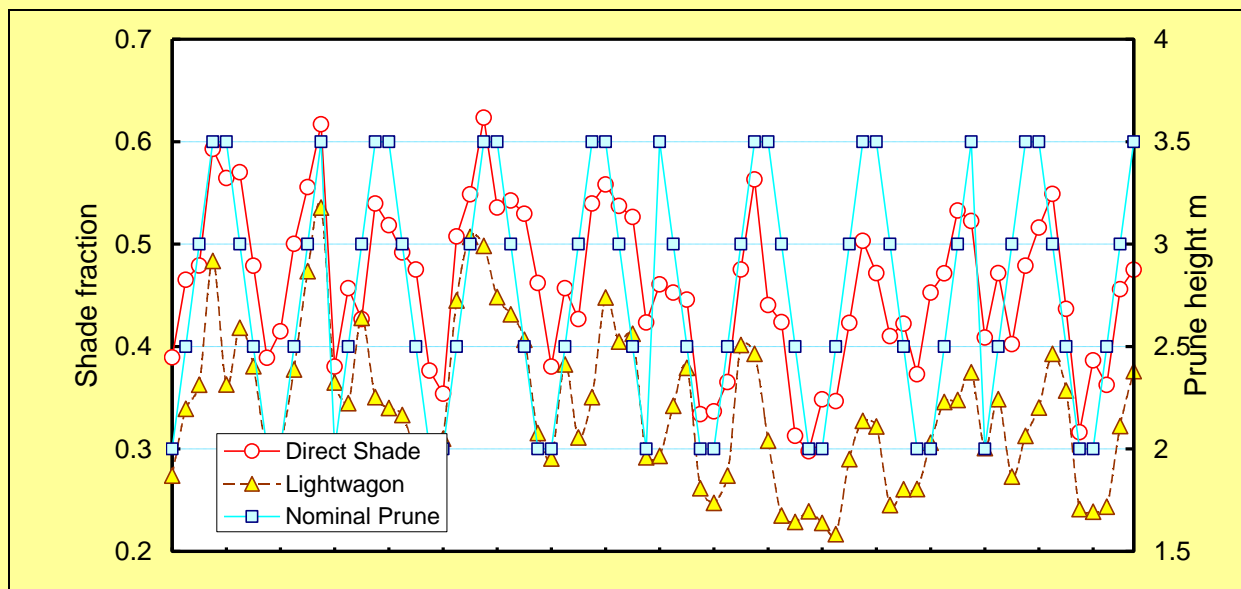
5. חתימת הצל בשתי השיטות עוקבת באופן דומה אחרי השונות שנוצרה בעזרת הגיזום אם כי לא

במדויק. המתאם בין מפוי ישיר ומפוי בעגלה (איור 6). הוא :

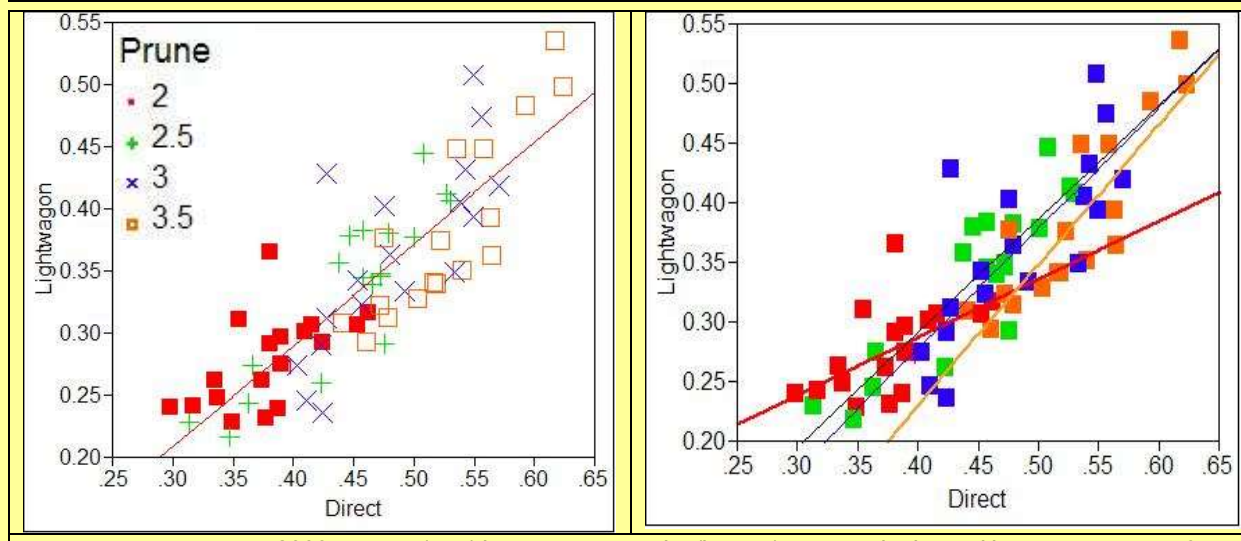
$$\text{Lightwagon LI} = 0.820 \text{ Direct LI} - 0.037, R^2 = 0.713$$

משתמע מכך שהעגלה רואה 18% פחות צל מאשר המדידה הישירה, וזה מתבטא ביו השאר בכך שכלל

שהגיזום הנומינלי נמוך יותר, כלומר ככל שרוחב השורה צר יותר, קוו הרגרסיה נוטה כלפי מטה. גם אם



איור 5. מדידה ישירה של ההצללה על הקרקע מול המפוי בעזרת עגלה, על רקע גובה הגיזום הנומינלי, מתתיהו 2003.



איור 6. הקשר בין מפוי הצללה בעגלה למפוי ישיר: (משמאל) ולפי גובה גיזום נומינלי (מימין), מתתיהו 2003.

נתעלם מהשנויים בגובה השמש ובצמוח שנוסף במשך השבועיים הפרש בין המדידות, נראה שהרגישות הנמוכה יותר של העגלה נבעה מהמרווח הגדול יותר בין העיניות באזור הקרוב לגזע. זה בא לבטוי יותר

בשורות הגזומות באופן צר יותר.

506 מתוך 689 עצים שמופו בארבעה ימי

עבודה היו בלתי גזומים, משלושה זנים:

גראני סמית, טופרד וסמותי. הסטיה

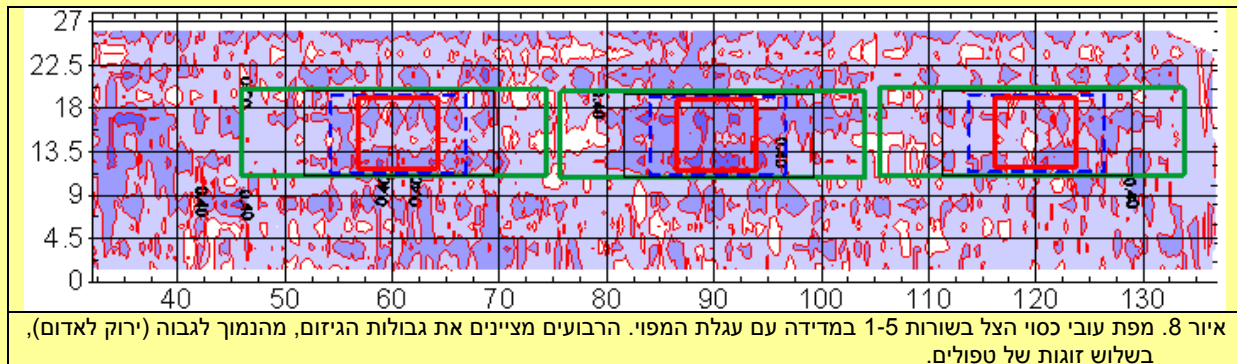
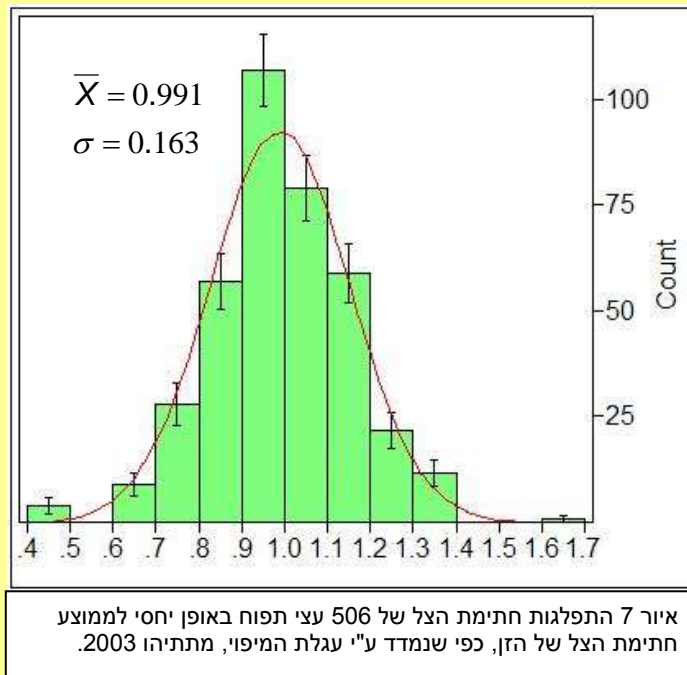
שלם מהממוצע האופייני לזן (מבוטא

כשבר) מתפלגת נורמלית (איור 7).

טבלה 2. שנויים במספר הטפטפות לעץ, מתתיהו 2003.

טפטפות	מספר עצים	אחוז
+ 4	2	0.4%
+ 3	10	2.0%
+ 2	48	9.5%
ללא שנוי	376	74.3%
- 2	58	11.5%
- 3	8	1.6%
- 4	4	0.8%

המ



פה הסכמתית של עובי כסוי הצל בחמשת השורות הראשונות (איור 8) מציגה את תמונת הפיזור המרחבי

של כסוי הצל בקטע קטן של המטע, וזאת להמחשת הנתונים הסטטיסטיים. ניתן לזהות את טפולי הגיזום

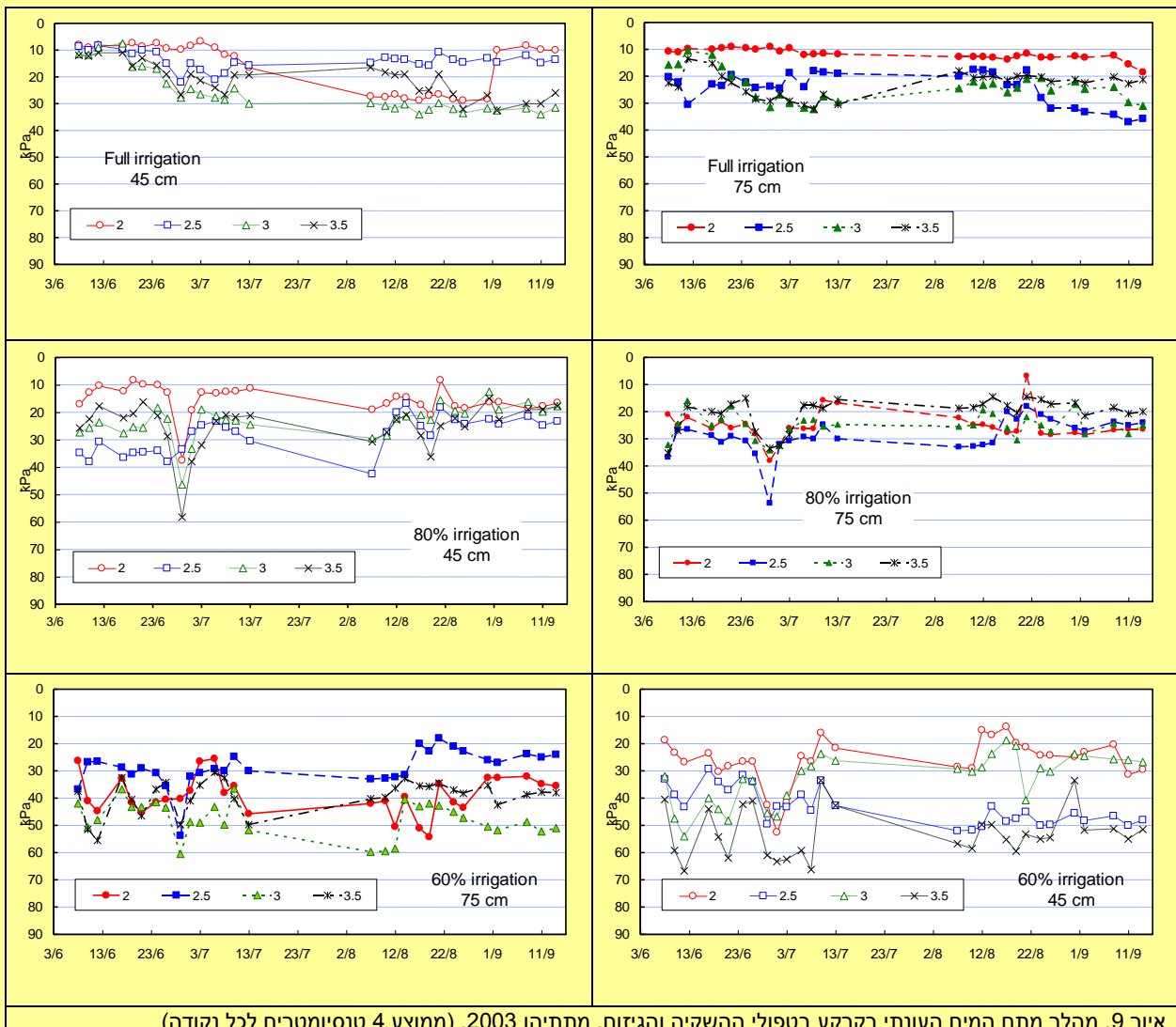
הטפולים בשורות 3-4, אם כי לא כל העצים הלא גזומים מכסים את השטח באותה מידה, ולא כל העצים

הגזומים "רזים" ממש. השפעת הגורמים המקומיים, קרקעיים ואחרים, ניכרת מעבר לטפולי הגיזום.

פירוט מספר העצים שספיקת מפזרי המים שונתה על ידם (טבלה 2) מראה שב 25% מהעצים היה צורך

להגדיל או להקטין ספיקה ב 25% או יותר. משמעות הדבר, שבנתוני החלקה הזו ניתן ליעל את השמוש

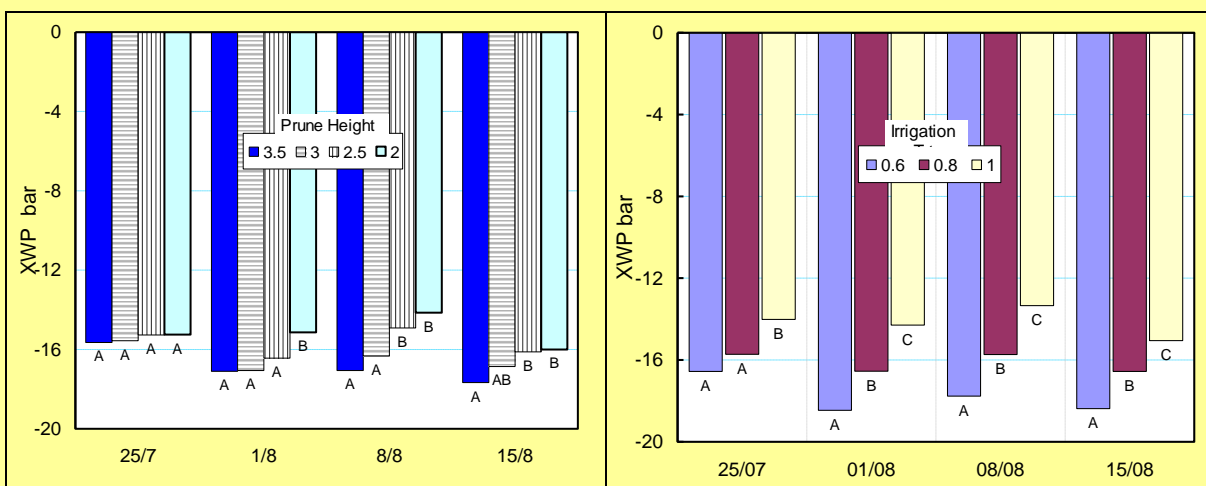
במים – התאמת הספיקות לצריכת העץ – בקרוב ל 7.5%, לאחר סכום המכפלות המתאימות



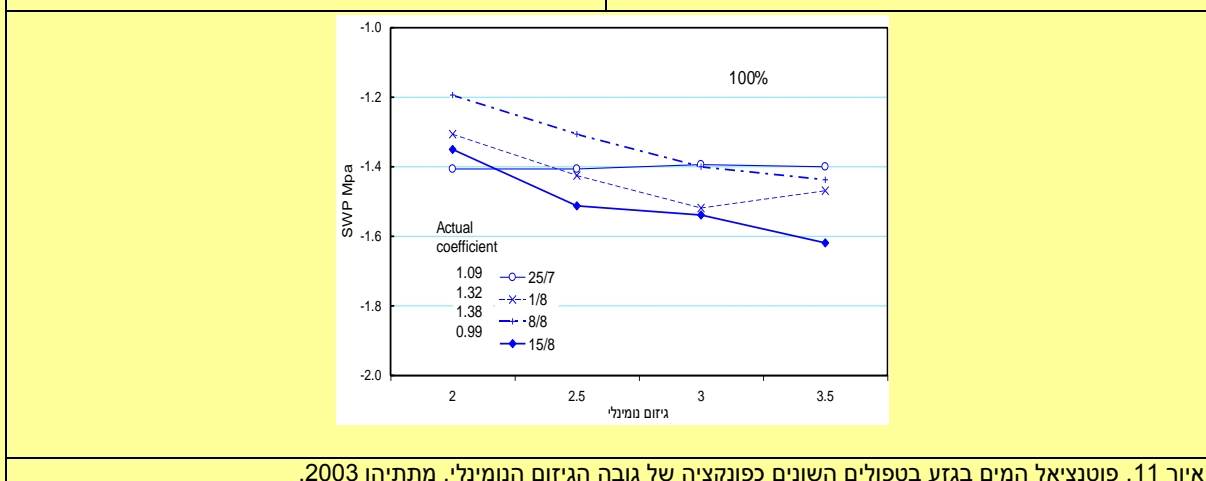
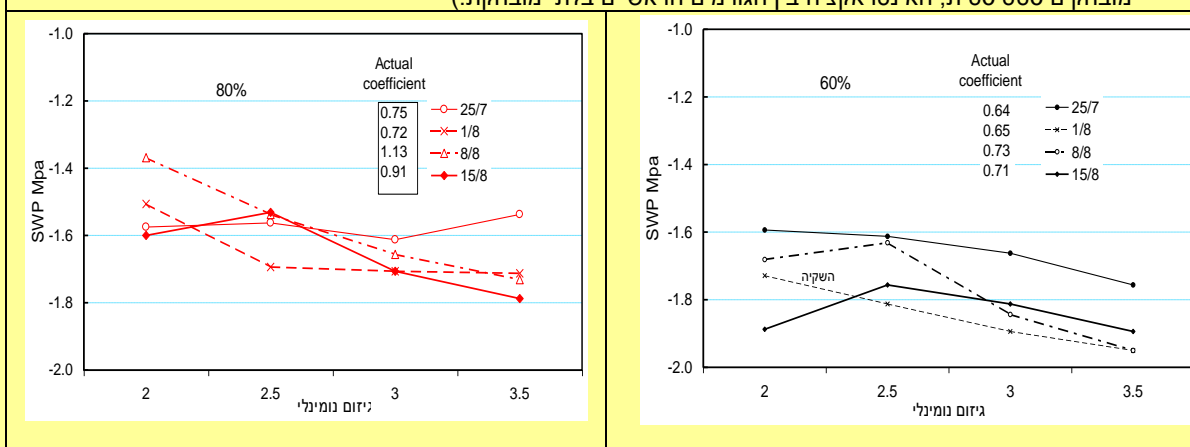
איור 9. מהלך מתח המים העונתי בקרקע בטפולי ההשקיה והגיזום, מתתיהו 2003. (ממוצע 4 טנסיומטרים לכל נקודה)

מהלך רטיבות הקרקע (איור 9). מראה כי משטרי ההשקיה הדיפרנציאליים באו לבטוי מתחילת המדידה ביוני. מצד שני נתוח הנתונים על פי גובה הגיזום הנומינלי, מראה כי בחלק מהטפולים ובחלק מהזמן אכן העצים הקטנים יותר אכן צרכו פחות מים, ולכן מתח המים בקרקע רפה יותר מתחתם. מצד שני התמונה אינה חד משמעית והשוונות המקומית של הקרקע ומיצוב מפזרי המים ביחס לטנסיומטר הבודד באדמה האבנית של חוות מתתיהו, מהווים גורם מפריע ומקשה על המדידה. מאחר ותוצאות אלו חוזרות על עצמן שנה שלישית, נראה כי לא ניתן להסיק מסקנות חד משמעיות מקריאות הטנסיומטרים, בניגוד לציפיות בתחילת הנסוי.

פוטנציאל המים בעצה בטפולי הנסוי, מנותח לפי גובה גיזום נומינלי (איור 10), היה גבוה יותר בכל מועדי הדיגום ככל שנפח הנוף היה קטן יותר, וההפרשים היו מובהקים מלבד הדיגום הראשון. טפולי ההשקיה היו מובהקים בכל המועדים, השפעת הגומלין טפול X גיזום בלתי מובהקת בכל המועדים.



איור 10. פוטנציאל המים בגזע בשלושה מועדים, בממוצעים לפי משטרי השקיה וגובה גיזום נומינלי. (אותיות זהות מציינות טווחים מובהקים סטטיסטית, האינטראקציה בין הגורמים הראשיים בלתי מובהקת).



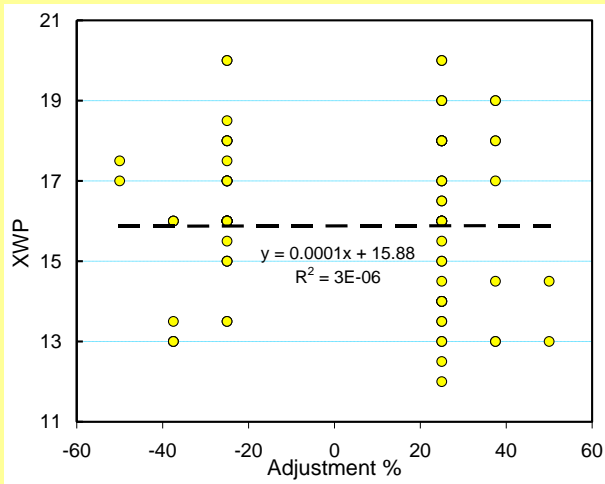
איור 11. פוטנציאל המים בגזע בטפולים השונים כפונקציה של גובה הגיזום הנומינלי, מתתיהו 2003.

הצגת פוטנציאל המים בכל טפול וגובה גיזום (איור 11), מראה שבמרבית התאריכים והטפולים כל שהעצים גדולים יותר, עקת המים קשה יותר. המסקנה היא שככל שהעץ גדול יותר, צריכת המים שלו גדולה יותר, ומנת מים נתונה המספיקה לעץ קטן יותר להחזיק פוטנציאל מים נתון, אינה מספיקה לעץ גדול יותר לקיים את אותו פוטנציאל מים. תוצאה זו חוזרת על עצמה זו השנה השניה.

פוטנציאל המים בעצים ששונתה בהם ספיקת המפזרים מובא באיור 12. הנתוח כולל 92 עצים בשלושת

הזנים בהם ההשקיה היתה מלאה, ללא הטפולים הדיפרנציאליים. הפיזור האקראי לגמרי של

הפוטנציאלים, ללא קשר לשנוי בספיקת המפזרים מעיד כי צריכת המים של העצים תאמה את חתימת



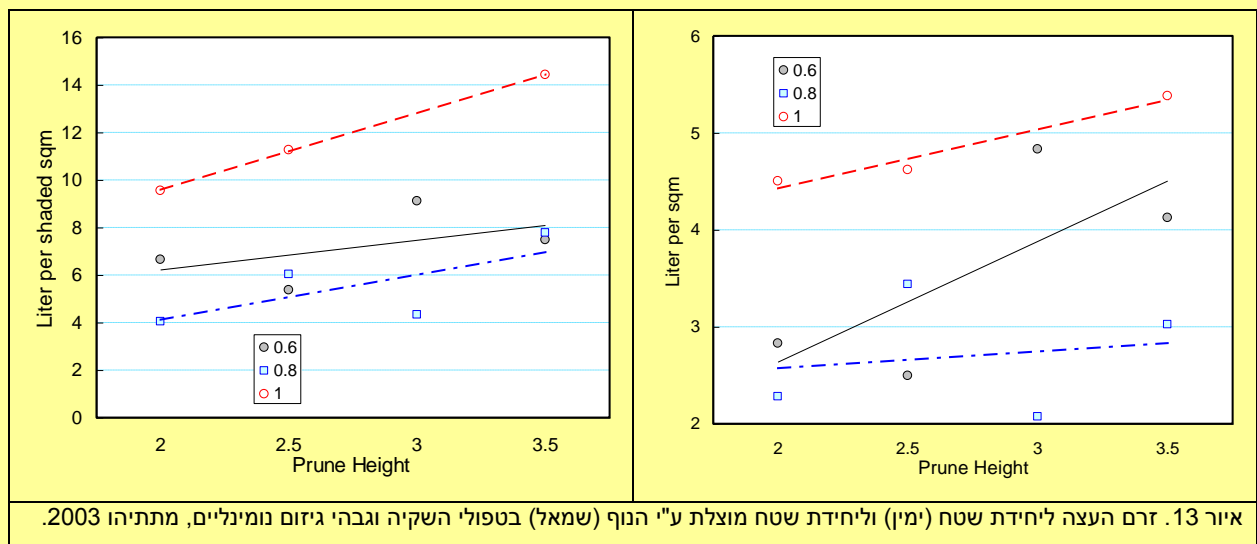
איור 12. פוטנציאל המים בגזע (-bar) בעצים שהושקו בהשקיה מלאה, כפונקציה של שנוי ספיקת המפזרים לידם, מתתיהו 2003. (n=92)

הצל על הקרקע. אם זה לא היה כך, הרי הקטנת ספיקת המפזרים מרבע ועד מחצית היתה גורמת לירידה חדה בפוטנציאל המים, והגדלת הספיקות לעליה חדה. זו ההוכחה החותכת ביותר שקיבלנו בנסוי זה להנחת העבודה ההתחלתית, כי צריכת המים היחסית של העץ תלויה בחתימת הצל על הקרקע בשעות הצהריים.

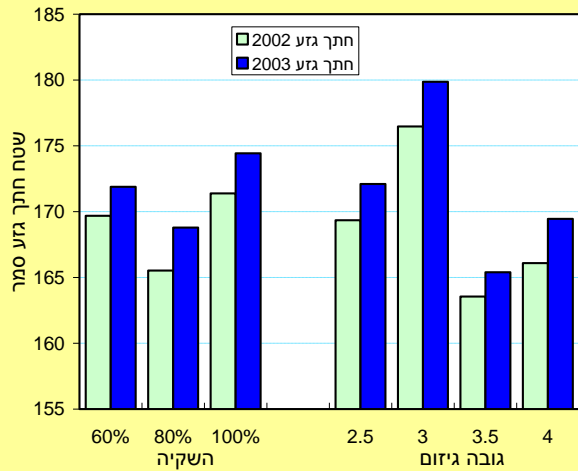
מדידות זרם העצה במחזור הראשון (25/7-10/8)

צלחו, אם כי גם סט הנתונים זה לא היה לא מלא

בגלל תקלות וחריגים. בנתוח פקטוריאלי "השקיה X גובה גיזום נומינלי", גובה הגיזום והשפעת הגומלן מובהקים אך ההשקיה אינה מובהקת. הנתוח נעשה על שני נתונים: זרם העצה ליחידת שטח פיזית לפי מרווחי הנטיעה (ביחידות של ליטר/מ"ר), ולפי שטח מוצל בלבד (ליטר/מ"ר שטח מוצל). בבחינת התוצאות (איור 12) מראה את השפעת גודל העץ על זרם העצה – ככל שהעץ גדול יותר, מאדה יותר מים, הן על בסיס יחידת שטח פיזית, והן על בסיס יחידת שטח מוצלת ע"י הנוף.



איור 13. זרם העצה ליחידת שטח (ימין) וליחידת שטח מוצלת ע"י הנוף (שמאל) בטפולי השקיה וגבהי גיזום נומינליים, מתתיהו 2003.



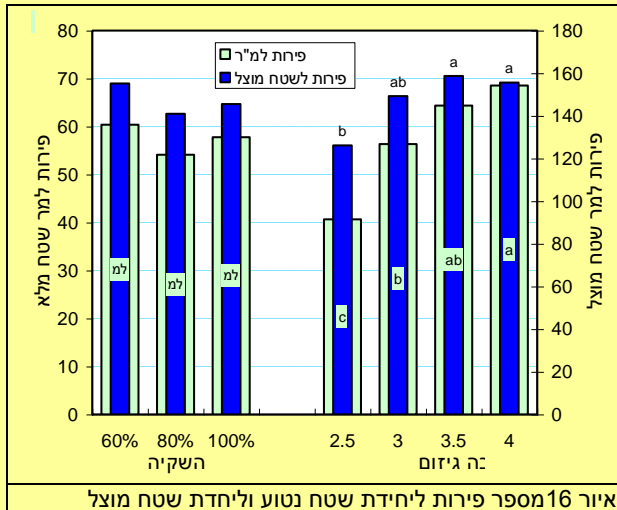
איור 14. שטח חתך הגזע בסוף עונות 2002-3 בטפולי השקיה וגיזום בחוות מתתיהו.

שטח חתך הגזע בסוף עונות 2002 ו2003 (איור

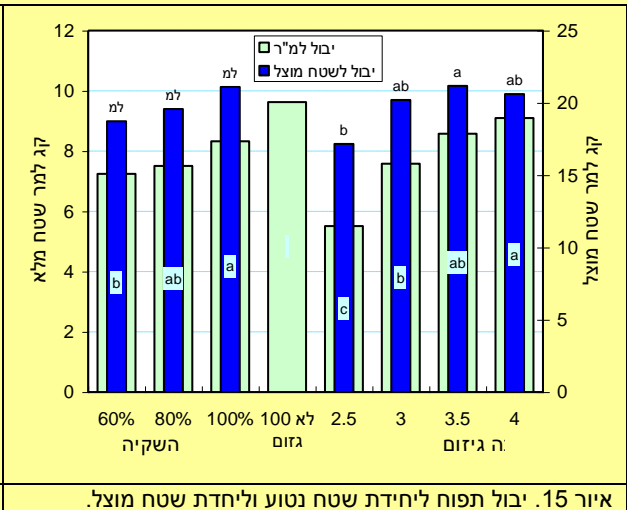
14) לא הושפע ממשטרי ההשקיה והגיזום. הגידול השנתי היחסי (תוספת ביחס לשטח המקורי), מדד וגטטיבי מרכזי בגידול עצים הושפע מטפולי ההשקיה, אך לא מטפולי הגיזום (לא מובא בצירוף).

יבול התפוחים (איור 15). על בסיס שטח נטוע

(העמודות הרחבות) היה כ 9 טון בבקורת הלא



איור 16 מספר פירות ליחידת שטח נטוע וליחידת שטח מוצל

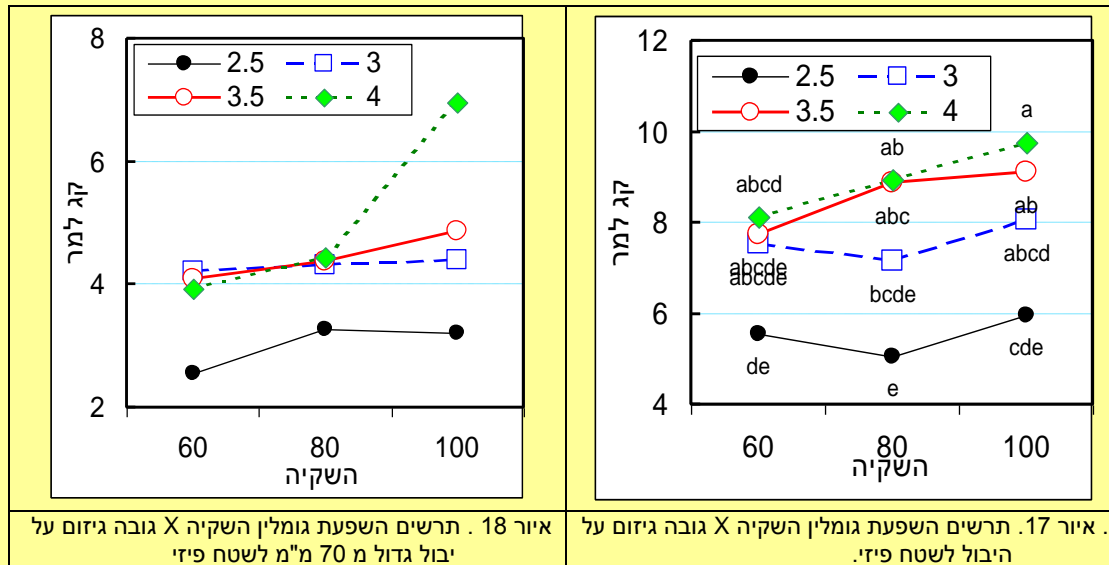


איור 15 יבול תפוח ליחידת שטח נטוע וליחידת שטח מוצל.

גזומה בהשקיה מלאה, וכטונה אחת פחות בעצים הגזומים באותה רמת השקיה. השפעת ההשקיה היתה מובהקת, יותר מים נתנו יותר יבול. השפעת הגיזום היתה גם מובהקת, ועל עצים קטנים יותר היה פחות יבול.

נתוח היבול על בסיס השטח המוצל, כלומר קליטת הקרינה (ובמשתמע גם האדוי מהנוף) מראה הבדלים הרבה יותר קטנים בין משטרי הגיזום ומשטרי ההשקיה.

מספר הפירות נגזר מגובה הגיזום (איור 16) והוא מובהק, וכמובן אין לו קשר למשטרי ההשקיה. גם כאן, אם ניחס את מספר הפירות להיטל הצל, כלומר לשטח קליטת הקרינה של העץ, ההבדלים מצטמצמים, אך לא נעלמים.



בבחינת השפעת הגומלין השקיה X גודל נוף (איור 17) קיבלנו השנה את התגובה הצפויה: בעצים הגזומים יותר (2.5 ו 3.0 מטר) הקטנת הנוף אמנם הקטינה את היבול, אבל הקטנת מנת המים לא הורידה אותו. במילים אחרות: הוספת מים מ60% ל100% לא הוסיפה יבול בעצים בעלי הנוף הקטן, ורק בעצים הבלתי גזומים כלל (4מ) היתה תגובה ליניארית להוספת המים. תוצאה זאת כשלעצמה אינה חד משמעית, כיוון שהקטנת הנוף הורידה את פוטנציאל היבול ע"י הקטנת מספר הפירות.

יבול פרי גדול גם הוא אינדיקטור טוב להשפעת ההשקיה (איור 18). ואכן התמונה דומה לזו של היבול הכללי: גם כאן התגובה להגדלת מנת המים היתה בעצים בעלי הנוף הגדול.

ד. סכום ומסקנות:

בעונת הניסויים השלישית חזרנו על התכנית המתוקנת של העונה הקודמת בעצוב נכון של העצים לגודל נוף מדורג. מדידות קליטת הקרינה מראות אכן תאימות סבירה בין גובה הגיזום הנומינלי של הטפולים לחתימת הצל על הקרקע.

בעונה זו יושמו 640, 512 ו384 מ"מ מים בטפולי 100%, 80% ו60% המלצות ש.ה.מ. ביחס להתאדות אור יום.

מעקב הטנסיומטרים מראה כי הטפולים היו יעילים, אך לא קבלנו בצורה ברורה את התגובה הנדרשת להוכחה של הקטנת צריכת המים עם הקטנת גודל הנוף. זאת כנראה בגלל הקושי במדידה מדויקת דיה בתנאי הקרקע האבנית בחווה.

פוטנציאל המים בגזע היה מדורג בהתאם לצפוי במשטרי ההשקיה, וכן היה גבוה יותר בעצים הקטנים מאשר בעצים עם הנוף הגדול ביותר, כלומר גרעון המים בעצה היה גדול יותר ככל שהנוף היה גדול יותר. מדידות זרם העצה במדגם של 14 עצים הראתה גם השנה את השפעת גודל הנוף על זרם הטרנספירציה, גם בחישוב לפי שטח נטוע וגם בחישוב לפי שטח מוצל על הקרקע. שטח חתך הגזע לא הגיב לטפולי הנסוי. הגידול היחסי של החתך כן הגיב לטפולי ההשקיה, אך לא לטפולי הגיזום.

נמצא תחליף מעשי למפוי אווירי ע"י עגלה מיפוי מצוידת במדי קרינה, אוגר נתונים וגלגל עוקב מרחק התקדמות. התקבלה תאימות טובה בין מדידות צל ישירות בעזרת מוט קרינה לבין המדידה בעגלה, כאשר העגלה מדדה כ 18% פחות כיסוי, מסיבות שהתבררו בדיעבד, וניתנות לתיקון בעתיד. על פי מפוי זה, חתימת הצל על הקרקע של 507 עצים לא גוזמים בחלקה התפלג נורמלית סביב הממוצע האופייני לכל זן עם סטית תקן של 16% מהממוצע. במפוי פרטני נמצא כי 1/8 מהעצים היו בכסוי של 25% ופחות מהממוצע, ואותו מספר בכיסוי של 25% מעל הממוצע. לאחר חישוב השנוי בספיקות, התאמת מפזרים לגודל הנוף ייעל את ההשקיה ב 7.5% בקירוב, בנסוי זה.

לא היה קשר בין בפוטנציאל המים בגזע למנות המים ששונו עד כדי $\pm 50\%$. ניתן להסיק מכאן שספיקות המפזרים אכן הותאמו לצריכת המים של העצים, והשנוי בספיקה לא השפיע על רמות העקה. בעונות הניסוי קודמות הודגמה וכומתה באופן חלקי השפעת גודל הנוף על האדוי היחסי, על מנת לאפשר שעורי השקיה פרטניים לפי גודל העץ. בעונה הנוכחית הוכחה ההתכנות של התאמה כזאת, כולל אמצעי המדידה וההערכה.

ה. פרסומים מדעים ב 2003 - אין.

ו. סיכום עם שאלות מנחות

1. מטרת המחקר לתקופת הדוח תוך התייחסות לתכנית העבודה:
מטרת השנה השלישית היתה לבצע הלכה למעשה את התאמת מפזי המים לפי גודל נוף העץ ולבחון את הכוונת הנחת העבודה.
2. עיקר הנסויים והתוצאות שהושגו בתקופת הדו"ח:
הנסוי העיקרי היה בחוות מתתיהו, בשני מסלולים: האחד, בשיטה של גיזום עצים לגדלי נוף שונים, ומתן מנות מים מדורגות, על מנת לכמת את תגובת העץ; והשני, התאמת ספיקת מפזרי המים להיטל הצל על הקרקע, בהנחה שהיחס ישר. התוצאות הוכיחו כי הנחת העבודה היתה נכונה.
3. המסקנות המדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו.
המסקנה העיקרית שמסתמנת היא האפשרות להשתמש בחתימת הצל על הקרקע, כמדד פשוט לבצוע, לכימות מקדם התאדות הנורמטיבי של הגידול למידת הכיסוי, וכמדד לשנוי ספיקות המערכת בשורות שלמות, או בעצים

בודדים. מדידת היטל הצל בסיס הנוף בעזרת עגלת המפוי הופך את השיטה לשימה בתנאים מסחריים. לאור התוצאות החיוביות מתבקש המשך המחקר לביסוס התוצאות בכיוון של יישום, אך המחברים לא הגישו תכנית המשך לאור מגבלות לוח הזמנים של הגשת התכניות.

4. הבעיות שנתרו לפתרון ולא השנויים שחלו במהלך העבודה, והתייחסות המשך המחקר לגביהם:
הבעיה העיקרית שנתקלנו בה היא העדר אפשרות לצלום אווירי, ופתרנו אותה ע"י בניית עגלת מפוי צל.

5. הפצת הידע
הפצת הידע התמקדה בהצגת התוצאות במערכת ההדרכה והמצוע, בשרות שדה ובמו"פ צפון, ובקידום הטמעת העקרון של התאמת ההשקיה לגודל הנוף במערכת ההדרכה.

הבעת תודה: עורכי המחקר מודים לצוות חוות מתתניהו ובמיוחד ליובל עוגני ומוטקה אלקלעי על הבצוע המדויק בשטח. כן נתונה תודתנו לגבי וולרי אורלוב וילנה פזיניץ על המאמצים במדידות חתכי הקרינה והסיוע למחקר במעבדה.