

דו"ח לתכנית מחקר מספר 05-00-556

## פיתוח מודל אופרטיבי לתכנון מנת השקיה עונתית והערכת יעילות

### השימוש במים במטעי תפוח מסחריים

#### Development of an operative model for planning annual irrigation level and water-use-efficiency evaluation in commercial apple orchards.

מוגש לקרן המדען הראשי במשרד החקלאות ולמו"פ צפון

ע"י

עמוס נאור – המכון לחקר הגולן

שאול נשיץ – המכון לחקר הגולן

אליעזר גולדשמידט – הפקולטה לחקלאות, רחובות

Amos Naor, the Golan Research Institute, P.O.Box 97 Kazrin 12900 E-mail  
[amosnaor@research.haifa.ac.il](mailto:amosnaor@research.haifa.ac.il)

Shaul Naschitz, the Golan Research Institute, P.O.Box 97 Kazrin 12900 E-mail,  
<mailto:nashitz@el-rom.org.il>

Eliezer Goldschmidt, Plant Sciences and Genetics in Agriculture, Faculty of  
Agriculture P.O.Box 12 Rehovot, 76100 [goldsmi@agri.huji.ac.il](mailto:goldsmi@agri.huji.ac.il)

מרץ 2006

אדר תשנ"ו

### תוצאות המחקר אינן מהוות המלצה לחקלאים

#### תקציר

בעית המחקר – יש צורך להתאים את מנת ההשקיה העונתית לרמת היבול על מנת לייעל את השימוש במים. מטרת המחקר לבחון אפשרות ישום המודל האופרטיבי להערכת מנת ההשקיה העונתית במטעים מסחריים של תפוח; לשנות את המודל כך שהמשתנה הבלתי תלוי יהיה מנת המים לתחזוקת העץ.

חומרים ושיטות – נערכו שני ניסויים זהים בגליל (חוות מתיתיהו) ובגולן (אלרום). בניסויים יצרנו (בדיעבד) טווח רחב של מנות מים לכל טון יבול ע"י צרופים של מנות השקיה ומספרי פירות לעץ. טווח רחב זה של אמור לספק נתונים שמהם נחלץ את הפרמטרים של המודל האופרטיבי – מנת מים ליצירת טון יבול ומנת מים לתחזוקת העץ.

תוצאות – נמצא שתגובת התפוחים בגליל ובגולן דומה. התאמנו סיגמואיד לקשר שבין מנת המים לתחזוקת העץ לבין עוצמת צבע היוד (מדד לתכולת עמילן). נתונים דומים התקבלו גם לגבי ההשפעה של מנת המים לתחזוקת העץ על קוטר הפרי, אך בשל השונות לא הצלחנו להתאים סיגמואיד.

הבעיות שנותרו לפתרון – יש לפתור את בעיית השונות על מנת לאפשר התאמת סיגמואיד והערכת הפרמטרים של המודל. יעשה מאמץ בעונה הבאה להקטין את השונות. לצורך זה יבוצעו הפעולות הבאות: לבחור חלקות אחידות במיוחד; תבוצע מדידה של חדירת קרינה לנוף ויבוצע תיקון של נפח העץ; תבוצע בדיקת רטיבות קרקע בקטיף בכל עץ מדידה לתיקון מנת המים שהייתה זמינה לכל עץ; ההשקיה תהיה בשלוש שלוחות על מנת להקטין את השונות בכמות הנקש בין העצים.

**מבוא** – משק המים השפירים בארץ נמצא במצב קשה שכן כמות המים נתונה ומוגבלת והצריכה הביתית עולה בשל גידול האוכלוסייה, ישראלית ופלשתינית כאחד, וכן בשל עליה מתמדת ברמת

החיים. במקביל, יש עליה בכמות מי הקולחים המהווים תחליף חלקי למים שפירים ובשל כך נמצאת חקלאות ישראל בתהליך מואץ של מעבר להשקיה בקולחים. בחלק מהאזורים לא תהיה מגבלת הספקת קולחים שכן הכמות גדולה והשימוש החוזר בחקלאות מצמצם בעיה אקולוגית קשה. הרוב המכריע של המטעים הנשירים מרוכז בצפון הארץ. כמות מי הקולחים בצפון הארץ מוגבלת בשל צפיפות האוכלוסייה וברור שלא ייובאו מי קולחים לאגן ההיקוות של הכנרת. אם כן, גם בעתיד תתבסס השקית המטעים בצפון הארץ בעיקר על מים שפירים ולפיכך צפוי ענף הנשירים בצפון להיות במגבלת מים תמידית, דבר המדגיש את הצורך בהעלאת יעילות השימוש במים (הכנסה לנחלה ליחידת מים).

הקצאות המים למטעים ירדו ב-35% ובניגוד לעבר, לא תתאפשר חריגה מהקצאת המים. במצב זה גמישות היצע המים שואפת לאפס ועל כן גודל השטח המעובד לנחלה יושפע מיעילות השימוש במים. הגברת יעילות השימוש במים תקטין את מימדי העקירה הנובעים מהקיצוץ החריף בהקצאת המים. בנוסף, מחיר המים לחקלאות עולה ויעמוד בעתיד הקרוב על 1.6 ש"ח/מ<sup>3</sup>. אם כן, אנו נכנסים לתקופה בה גמישות היצע המים תהיה נמוכה ועלותם גבוהה. כך הופכים המים למשאב בחסר בעלות גבוהה, דבר שיגביר את המוטיבציה של החקלאים להגדיל את יעילות השימוש במים.

צריכת המים של עצים נשירים מושפעת ממספר רב של גורמים: גודל הנוף המשתנה לאורך העונה ומשפיע על מידת קליטת הקרינה – מושפע מהזן, הכנה ושיטת העיצוב; רמת היבול המשפיעה ישירות על מוליכות הפיוניות ועל כן גם על הטרינספירציה; עומס היבול המגדיר את יכולת הנוף לתמוך בדרישת הפרי למוטמים; פוטנציאל גודל הפרי המשתנה בין עונות בהשפעת משטר הטמפרטורות בשלב חלוקת התאים – יגרום לשינויים בסף פוטנציאל המים לבקרת השקיה; יעילות ההשקיה המושפעת באופן משולב ממנת ההשקיה ותדירותה, ספיקת המפזרים ופריסתם, התכונות ההידרוליות של הקרקע; שינויים בדרישות האטמוספירה למים יגרמו להשתנות צריכת המים מיום ליום. המלצות ההשקיה מתבססות על ניסויים שבוצעו בדרך כלל על צרוף של זן יחיד, כנה יחידה, שיטת עיצוב אחידה ורמת יבול ממוצעת. העדר יכולת להעריך בצורה כמותית את השפעת הגורמים השונים על צריכת המים ומנת ההשקיה משאיר את החקלאי באי ודאות לגבי מנת ההשקיה; לפיכך, התאמת מנת ההשקיה לכל חלקה נעשית בצורה אמפירית ואינטואיטיבית דבר הגורם לבזבוז מים, שכן בשל אי הודאות החקלאי משקה במקדם ביטחון היכול להגיע לעשרות אחוזים.

יש צורך בפיתוח כלים שיאפשרו לחקלאי להתמודד עם אי הודאות כך שניתן יהיה להקטין את מקדמי הביטחון הנהוגים בהשקיית מטעים מסחריים. במחקר המוצע אנו מבקשים לפתח מודל אופרטיבי שבאמצעותו ניתן יהיה להעריך את השפעת רמת היבול על צריכת המים ולהעריך את יעילות השימוש במים במטעים מסחריים. המדובר בכלי עזר משלימים לבקרת ההשקיה היומיומית במהלך העונה שבאמצעותם ניתן יהיה להגדיר את מנת ההשקיה העונתית המשתנה מעונה לעונה (יפורט בסקירת הידע). כמו כן ניתן יהיה לאתר חלקות בהן יעילות השימוש במים נמוכה, לנתח את הגורמים ולהתאים את המימשק האגרוטכני לתיקון המצב.

**חומרים ושיטות** – נערכו שני ניסויים זהים, בגליל (חוות מתיתיהו) ובגולן (אלרום). בניסויים יצרנו (בדיעבד) טווח רחב של מנות מים לכל טון יבול ע"י צרופים של מנות השקיה ומספרי פירות

לעץ. טווח רחב זה אמור לספק נתונים שמהם נחלץ את הפרמטרים של המודל האופרטיבי – מנת מים ליצירת טון יבול ומנת מים לתחזוקת העץ.

ההשקיה התחילה לאחר שלב חלוקת התאים על מנת למנוע מצב של השפעת השקיה/עומס יבול על חלוקת התאים ופוטנציאל גודל הפרי. בכל ניסוי ניתנו שלוש מנות מים (בערך 1, 3, ו-7 מ"מ/יום). בכל טיפול נעשה דילול סלקטיבי שיצר שלוש רמות יבול (בערך 2, 6 ו-12 טון/דונם) – הדילול בוצע בסוף שלב חלוקת התאים (40 יום משיא פריחה). באלרום היו 54 צרופים של מנת השקיה X עומס יבול ובחוות מתיתיהו היו 72 צרופים. נערכו בדיקות רטיבות קרקע בתחילת הניסוי ובקטף. בטיפול ההשקיה הגבוהה נערך מעקב אחר גידול הפירות בשלושת העומסים (למטרה אחרת). נערכו בדיקות פוטנציאל מים בגזע בצהריים לאורך העונה. היבול מכל עץ נקטף ומוין לגודל בנפרד. כך עמדו לרשותנו נתוני מנת המים המצטברת, הבדלים בתכולת המים בפרופיל הקרקע מהאביב לקטף, יבול וקוטר פרי ממוצע.

**תוצאות** - מנות המים שנתנו בפועל היו דומות לתכנון והפערים בין הטיפולים היו גדולים (איור 1). הדבר התבטא בהבדלים בפוטנציאל המים בגזע בצהריים בין הטיפולים (איור 2). פוטנציאל המים בגזע בצהרים בטיפול ההשקיה הגבוהה היה מעל 1.0 MPa - לאורך רוב תקופת גידול הפרי וניתן להגדיר את מצב המים כעקה מינימלית שאינה מגבילה את גידול הפרי. פוטנציאל המים בטיפול ההשקיה הנמוכה התקרב ל-2.5MPa - שמשמעותו עקה חריפה במיוחד (פיוניות סגורות כמעט לגמרי). היבול בכל טיפולי ההשקיה עלה עם מספר הפירות לעץ (כצפוי) ובכל עומס יבול עלה היבול (איור 3) וקוטר הפרי (איור 4) עם עליית מנת ההשקיה. קצב גידול הפרי במנת המים הגבוהה ירד בצורה לינארית עם עליית מספר הפירות לעץ (איור 5). ההבדל בכמות המים בפרופיל הקרקע בקטף בין הטיפולים היה נמוך (טבלה 1) (כ-20 מ"מ בחוות מתיתיהו וכ-30 מ"מ באלרום).

בחורף נידגמו ענפים לבדיקת תכולת עמילן. באופן ראשוני בוצעה הערכה של רמת העמילן ע"י בדיקת עוצמת הצביעה כתגובה לטבילת חתך הענף בIOD.

**דיון** – על פי המודל מחושבת מנת המים לכל טון יבול בצורה הבאה - **(מנת מים עונתית – מנת מים לתחזוקת העץ)/יבול כללי** – קוטר הפרי על פי המודל הוא פונקציה אמפירית של מנת המים לטון יבול. שני הפרמטרים (מנת מים לטון יבול ומנת מים לתחזוקת העץ נאמדים בשיטה של מינימום ריבוע הסטיות. החלפנו את המשתנה הבלתי תלוי למנת המים לתחזוקת העץ – **מנת מים עונתית – יבול כללי X מנת מים לטון**). הסיבה להחלפה היא היכולת לקבל טווח רחב יותר של מנות מים. מנת המים לטון יבול אינה יכולה להיות שלילית בעוד שבמנות השקיה נמוכות מתקבלות מנות מים שליליות שאין להן משמעות.

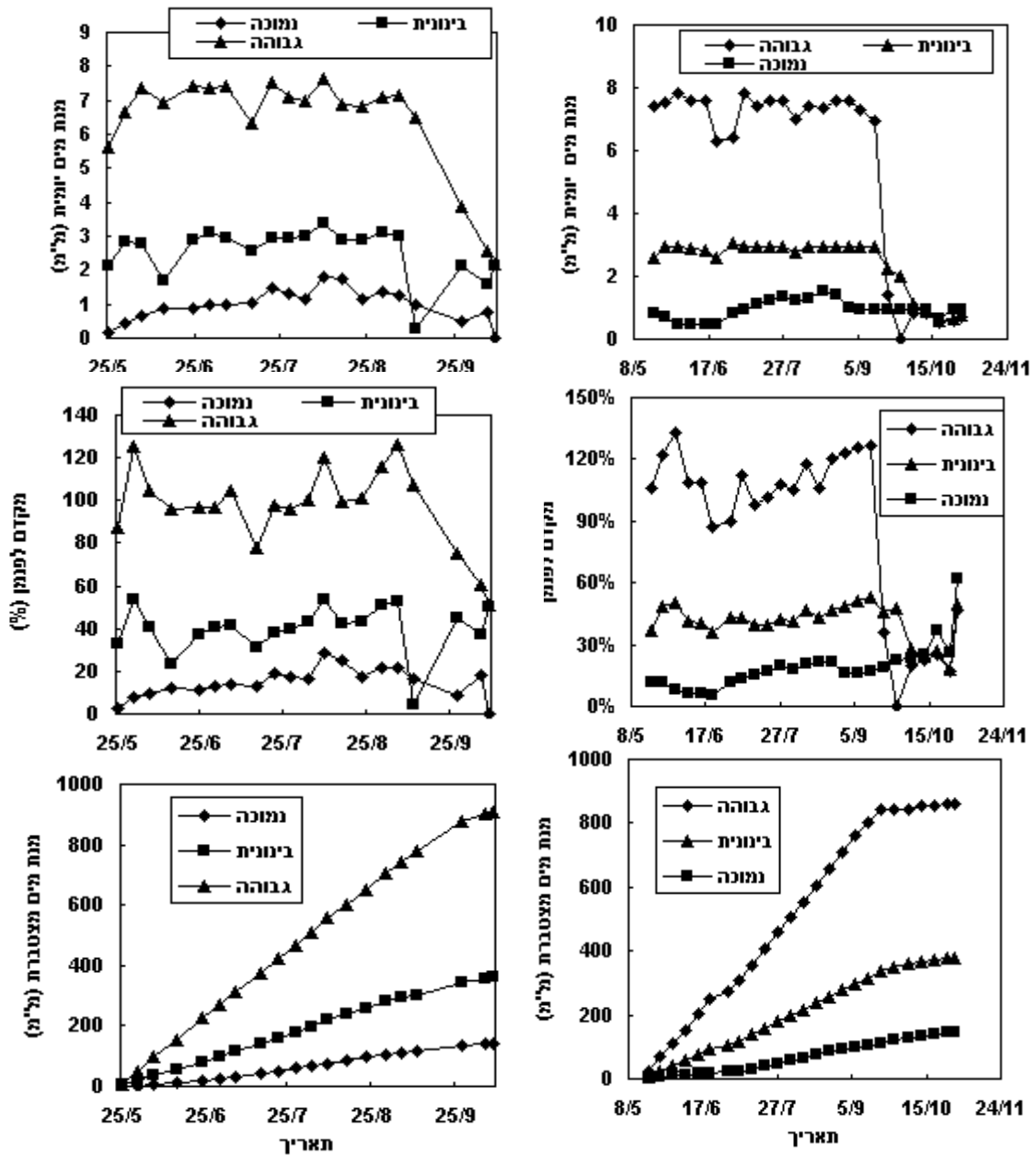
השונויות בנתונים לא אפשרה לאמוד את הפרמטרים של המודל בצורה טובה – באיור 6 מוצג קוטר הפרי כפונקציה של מנת המים לתחזוקת העץ כאשר מנת המים לטון היא 35 מ<sup>3</sup>. נראה ששני המטעים דומים בהתנהגותם. הערך שנבחר למנת המים לטון יבול היה על פי התאמה בעין בניסוי וטעיה. נעשה ניסיון להתאים סיגמואיד (או מודלים בדגם דומה) אך השונויות הגדולה במנות המים לתחזוקת העץ בתחום הנמוך יצרה קווים שאינם מתארים את הירידה החזקה בקוטר הפרי סביב ערכים של 50- (איור 6). התאמנו סיגמואיד לתגובת עוצמת הצביעה בIOD למנת המים לתחזוקת העץ (איור 7 –  $t^2=0.62$ ). ההצלחה בהתאמת הסיגמואיד במקרה של עוצמת הצביעה בIOD נבעה

מהשונות הנמוכה בעוצמת הצביעה ביוד בערכים נמוכים של מנת מים לתחזוקת העץ. עוצמת הצביעה ביוד נמצאת במתאם גבוה עם תכולת העמילן המיצג את תכולת חומרי התשמורת. כיוון שקוטר הפרי אמור לקטון עם הירידה בזמינות המוטמעים (איור 8) נראה שדגם הסיגמואיד אמור ליצג את תגובת קוטר הפרי לשינויים המנב המים לתחזוקת העץ. באופן לא מתוכנן בחירת העצים החלקית לדגימת הענפים (לבדיקת עמילן) הקטינה את השונות ואפשרה התאמת הסיגמואיד (לא ניתן בשלב זה לשחזר את השיקולים בבחירת העצים). על מנת לאפשר התאמת סיגמואיד לתגובת קוטר הפרי לשינויים במנת המים לתחזוקת העץ יעשה מאמץ בעונה הבאה להקטין את השונות. לצורך זה יבוצעו הפעולות הבאות:

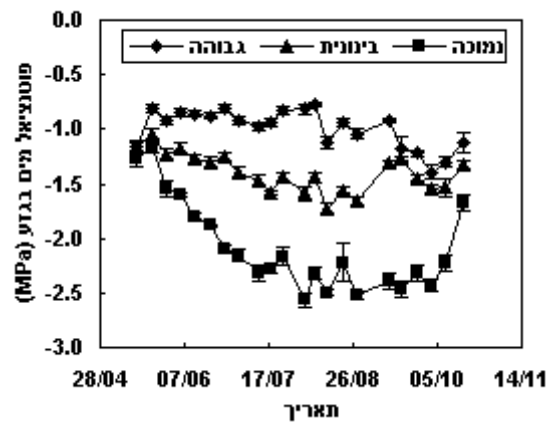
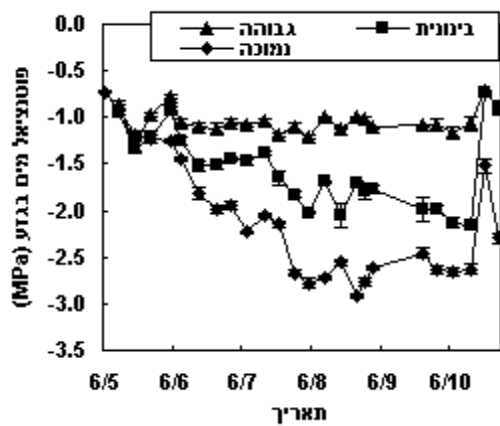
1. יעשה מאמץ לבחור חלקות אחידות במיוחד.
2. תבוצע מדידה של חדירת קרינה לנוף ויבוצע תיקון לנפח העץ.
3. תבוצע בדיקת רטיבות קרקע בקטיף בכל עץ מדידה לתיקון מנת המים שהייתה זמינה לכל עץ.
4. ההשקיה תהיה בשלוש שלוחות על מנת להקטין את השונות בכמות הנקז בין העצים.

**מסקנות** – בשלב זה לא ניתן להסיק מסקנות.

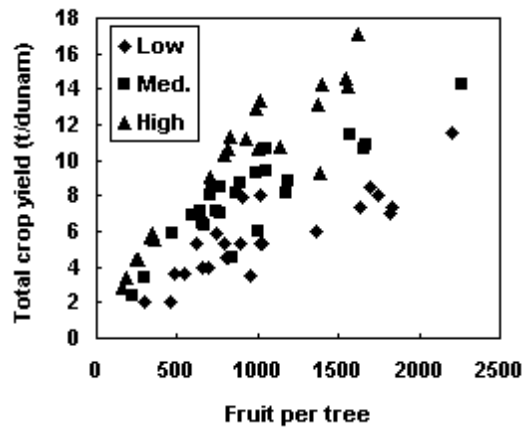
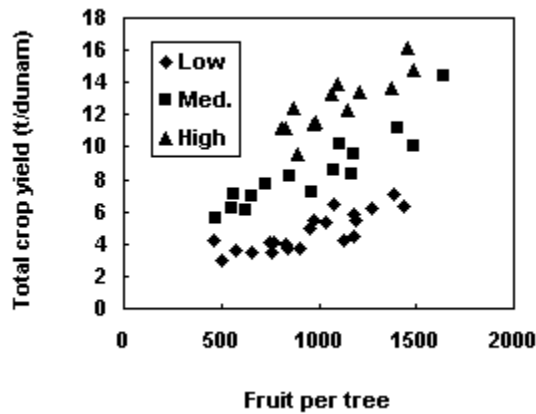
**פרסומים** – אין עדיין פרסומים.



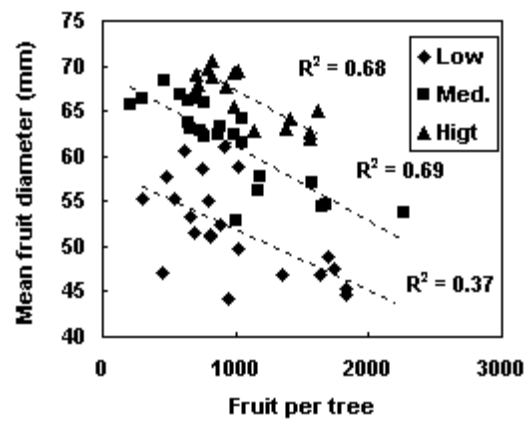
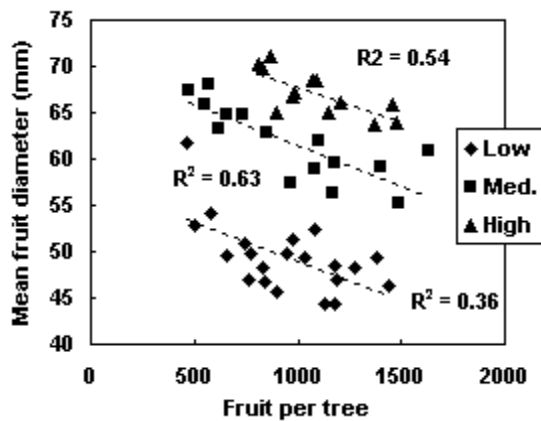
איור 1: מנת המים היומית, מקדם ההשקיה היומי מפנמן ומנת המים המצטברת בשלושת טיפולי ההשקיה בחוות מתיתיהו (עמודה ימנית) ואלרום (עמודה שמאלית).



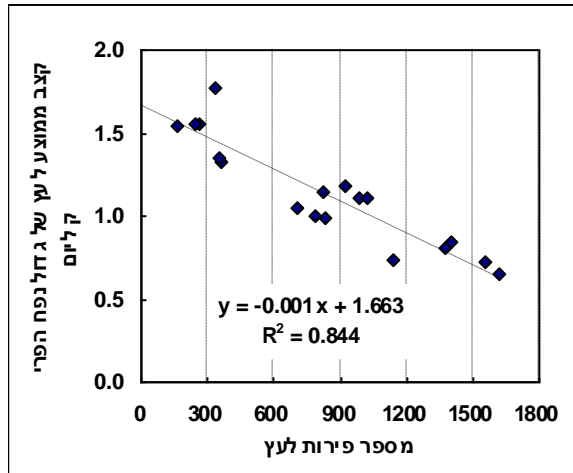
איור 2: פוטנציאל המים בגזע בצהריים לאורך העונה בשלושת טיפולי ההשקיה בחוות מתיתיהו (איור ימני) ואלרום (איור שמאלי).



איור 3: היבול הכללי כפונקציה של מספר הפירות לעץ בשלושת טיפולי ההשקיה בחוות מתיתיהו (איור ימני) ואלרום (איור שמאלי).



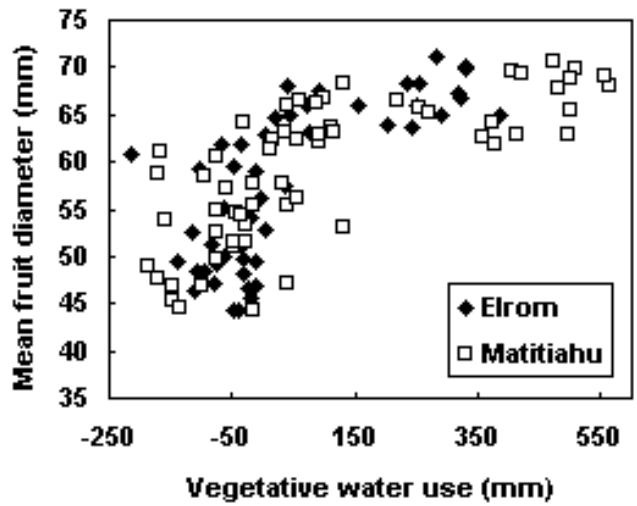
איור 4: קוטר הפרי הממוצע כפונקציה של מספר הפירות לעץ בשלושת טיפולי ההשקיה בחוות מתיתיהו (איור ימני) ואלרום (איור שמאלי).



השפעת מספר הפירות  
קצב גידול הפרי

איור 5:  
לעץ על

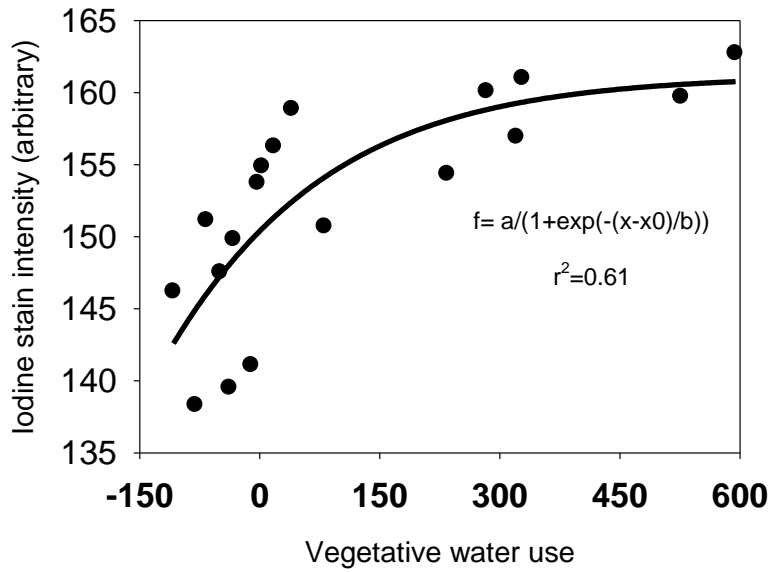
הממוצע בטיפול ההשקיה הגבוהה בחוות מתיתיהו.



מנת ההשקיה  
לתחזוקת העץ על  
הפרי הממוצע

איור 6: השפעת

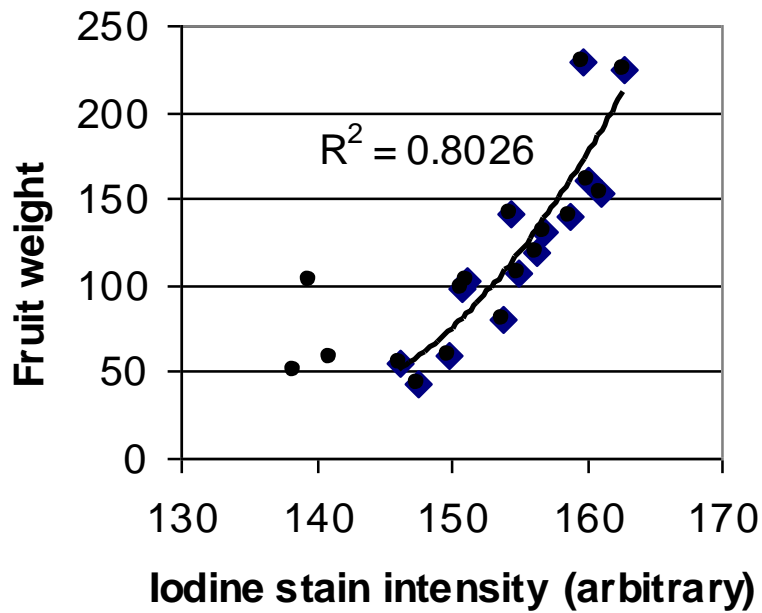
קוטר  
בחוות מתיתיהו ובאלרום. מנת המים לטון יבול היתה 35 מ3 (התאמה בעין בניסוי  
וטעיה).



השפעת  
המים

איור :7  
מנת

לתחזוקת העץ על עוצמת הצבעיה ביוד (מדד לתכולת עמילן) בענפים בינואר 2006.



:8  
השפעת  
עוצמת

איור

הצבע ביוד (מדד לתכולת עמילן) שנמדד בענפים בינואר 2006 על משקל הפרי הממוצע.