

בחינה מדש של לוח המים והתאמת המקדמים להתאדות אור יום ("פנמן").

ניסוי ברעם 2000 - התאמת מקדמים.

מ. מירון, מ. פרס, ש. כהן, י. גרינבלט, ש. כפיר, י. ציפריס

ע. קאופמן, ל. פזיניץ וג. מלמן

מבוא

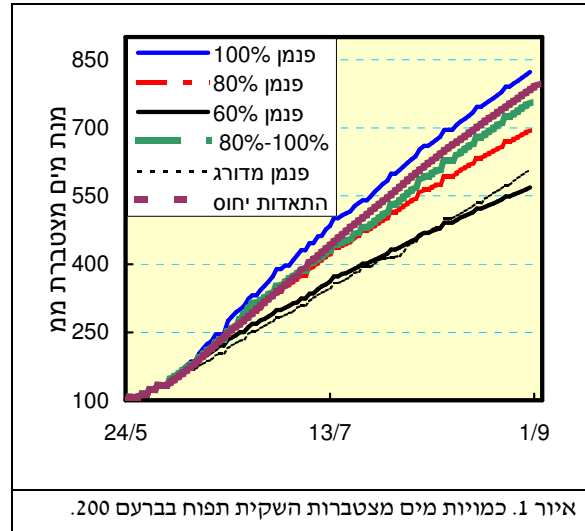
ההמלצות הנוכחיות בארץ להשקיית תפוחי עץ מבוססות על הרעיון שיש להתחיל את העונה בהשקייה במקדם התאדות נמוך ולהעלות את המקדם בהדרגה עד סוף הקיץ. ההגיון לנוהג זה הוא כפול: כסוי הנוף והתפתחות הפרי הדרגתית עד סוף הקיץ, ובהתחלת הקיץ קיימים מאגרים בקרקע שרצוי שהעץ ינצלם. לאחרונה, הועלו ספקות בנושא. במחקרים שנעשו לאחרונה נמצא שגודל נוף העץ וצריכת המים שלו ניכרים כבר בתחילת העונה בתחילת יוני. כמות מים הנשארת בקרקע לאחר החורף אינה כללית לכל מטע ותלויה בעונת הגשמים ולזמינות מי הקרקע העמוקים. כמות זו קטנה במיוחד במטעי תפוחי של הגליל העליון והגולן הגדלים על גבעות עם קרקע רדודה וסלעית. שנת התכנית הראשונה היתה בקיץ 1999. בקיץ 2000 נבחנה שניית השקיה לפי המקדם המדורג ("מודל שירות שדה"), כלומר עליה ממקדם נמוך של 0.3 בתחילת הקיץ למקדם של קרוב ל 1.0 בסופו, מול השקיה במספר מקדמים קבועים.

שיטות

הניסוי נערך במטע קיבוץ ברעם בגליל העליון (גובה 780 מ'). הזן סמוטי, והמטע במדרון בשיפוע 4° במפנה צפון מזרחי, כוון השורות מזרח-מערב. קרקע בינונית חומה בעומק משתנה 65-90 ס"מ לפי המיקום על המדרון. מרחקי נטיעה 2.5 X 4 מ' והעצים בוגרים (נטיעה של 1990 בערך) בעיצוב גביע. ההשקיה בטפטוף בשתי שלוחות רע"ם 2.3 לוש, 0.68 מ בין הטפטפות. המטע חולק לחלקות שבכל אחד 4 שורות של 4 עצים כ"א. נבדקו יבולים של 4 העצים המרכזיים בכל חלקה בהתחשב בעצי הגבול. השטח חולק ל- 5 בלוקים שבכל אחד מהם 5 חלקות (חלקה לכל טיפול). מיקומי הטיפולים בבלוקים נבחרו באקראי. עד תחילת יוני ההשקיה היתה אחידה בכל הטיפולים לפי המקדם המדורג, ע"מ להכניס דשן ראשוני. החל מאמצע יוני הופעלו 5 טיפולי השקיה:

מס	מקדם עד אמצע יוני	מקדם עד הקטיף	התאדות ייחוס
1	מדורג	מדורג (הסבת המקדמים לפנמן)	התאדות אור יום ("פנמן") מתניהו
2	מדורג	0.8 עד מחצית יולי, 1.0 עד קטיף	"
3	מדורג	קבוע 0.6	"
4	מדורג	קבוע 0.8	"
5	מדורג	קבוע 1.0	"

לאור התוצאות של 1999 הוחלט להשמיט את טפול ההשקיה לפי גיגית, בהיותה מיותרת וחוזרת על עצמה, ולהפעיל במקומו מקדם מדורג של 0.8 ו 1.0.



התאדות אר יום לפי נוסחת פנמן חושבה מנתונים מטאורולוגיים מתחנה מטאורולוגית אוטומטית הנמצאת בחוות מתתיהו הסמוכה. התחנה מודדת קרינה גלובלית, טמפרטורה ולחות האויר, ומהירות רוח בגובה 2 מ'. מכיוון שההמלצות האזוריות בנויות על בסיס גיגית הושוו נתונים רב שנתיים של גיגית לאלה של נוסחת פנמן עבור תחנת מחקר מתתיהו והיחס ביניהם שימש לתיקון המקדם המדורג בטיפול 2. היחס הרב שנתי בין נוסחת פנמן להתאדות מגיגית הוא 0.89.

קטיף: העצים נקטפו בתחילת ספטמבר. הפרות של כל עצי השקילה (4 עצים) בכל חלקה נקטפו לתוך מכלים נפרדים ומוינו בנפרד בבית האריזה. התקבלו משקל ומספר פרי כללי, וחלוקה לפי קוטרים. **מדידות:** טנסיומטרים הותקנו בעומקים 30-45 ו 60-75 ס"מ, תלוי בעומק הקרקע, במרחק 20 ס"מ בניצב לטפטפת.

נמדדו נפח הנוף וחתכי קרינה בנוף באמצע היום.

נמדד הקוטר של 20 פירות בכל חזרה פעם בשבועיים כדי לעקוב אחרי קצב גידול הפרי. נתון הקוטר תורגם לנפח פרי לפי נוסחה אמפירית מותאמת לזן.

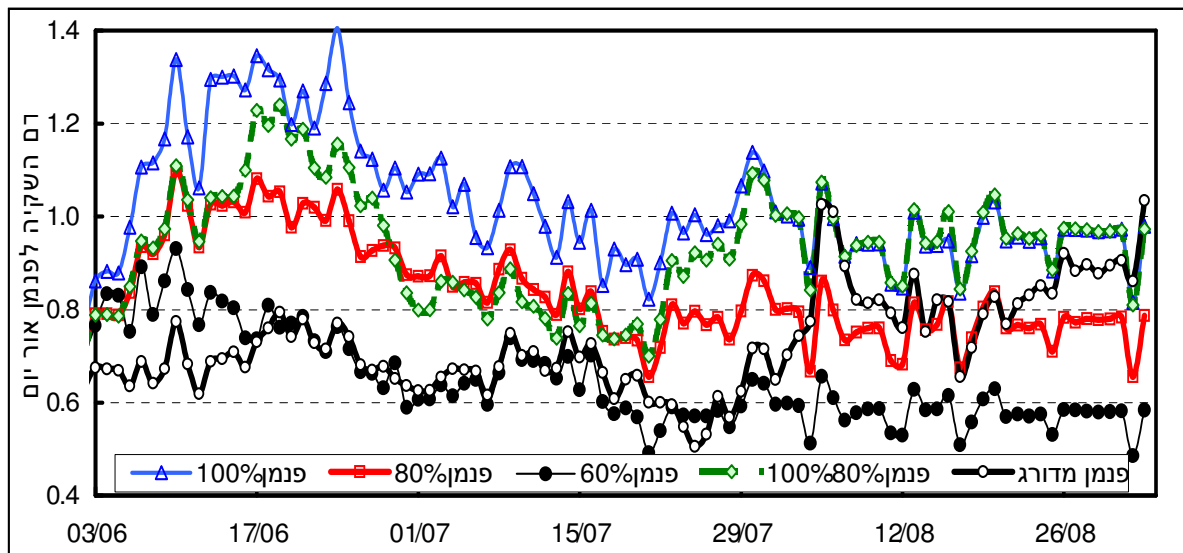
כן נמדד השנוי בקוטר הפרי עם מד קוטר אלקטרוני רציף ("פיטק" יד מרדכי).

פוטנציאל המים בגזע נמדד אחת לשבוע.

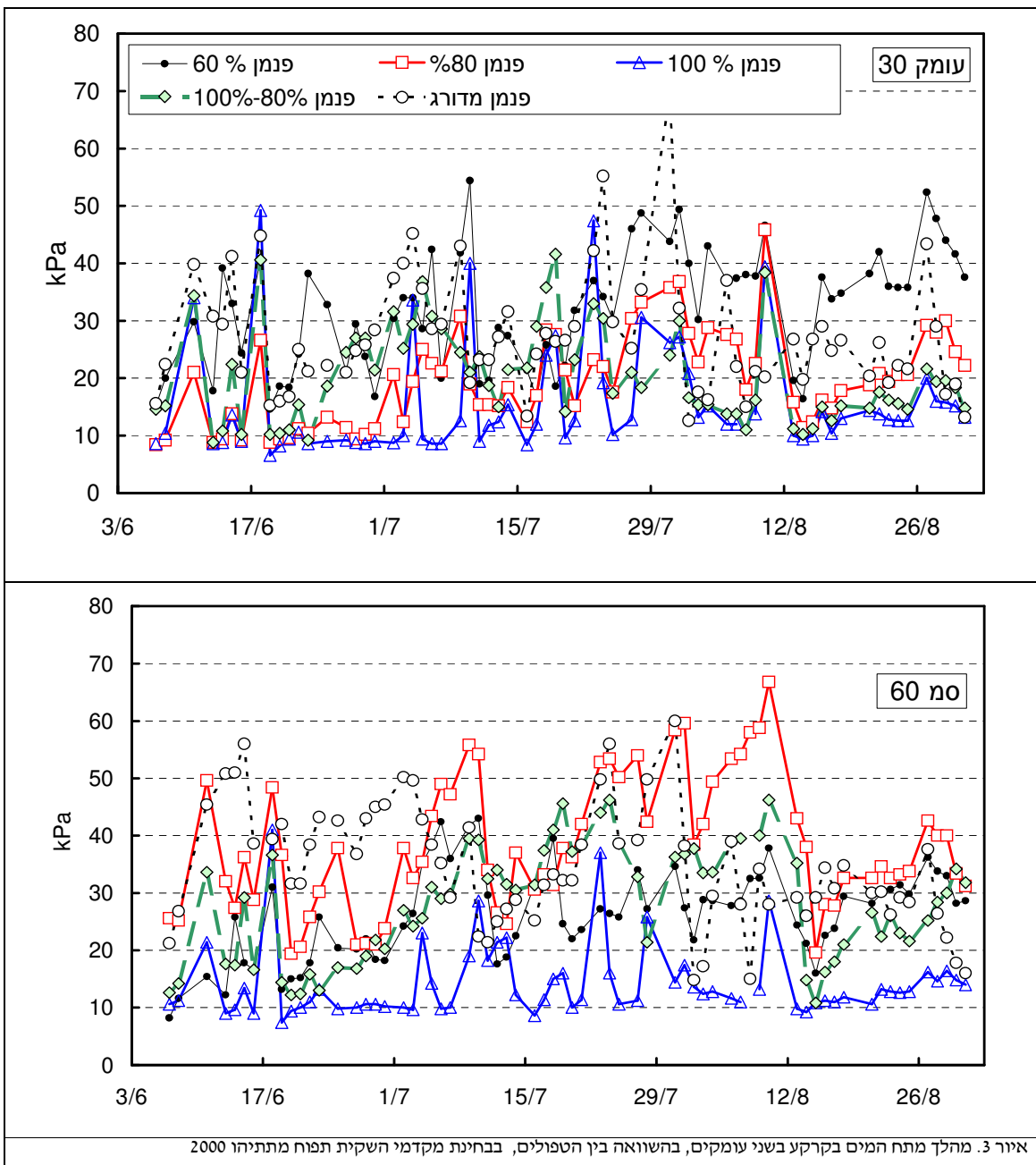
תוצאות

מהלך ההשקיה: מנות המים העונתיות (איור 1) היו 560, 695 ו 825 מ"מ במקדים קבועים של 0.6, 0.8 ו 1.0. 755 מ"מ במשתנה 1.0-0.8. הטפול המדורג סבל מתקלות בבקר ההשקיה ומד המים בחלק מהעונה, וקבל כמות קטנה מהמתוכנן. יש לצין שהכמות של 825 מ"מ במקדם 1.0 גבוהה מהמקובל בשנים האחרונות בגליל, וגם ממה שניתן בברעם אשתקד.

מקדמי ההתאדות (איור 2). היו גבוהים בתחילת העונה, אך מראשית יולי מנות המים ניתנו לפי המקדם המתוכנן.



איור 2. ממוצע רץ של מקדמי ההתאדות בטפולי השקית תפוח ברעם 2000.



נתוני הטנסיומטרים בשני עומקים, בהצגה השוואתית בין הטפולים מובאים באיור 3.

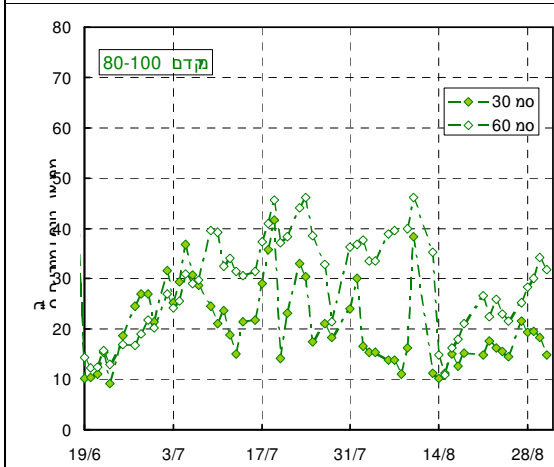
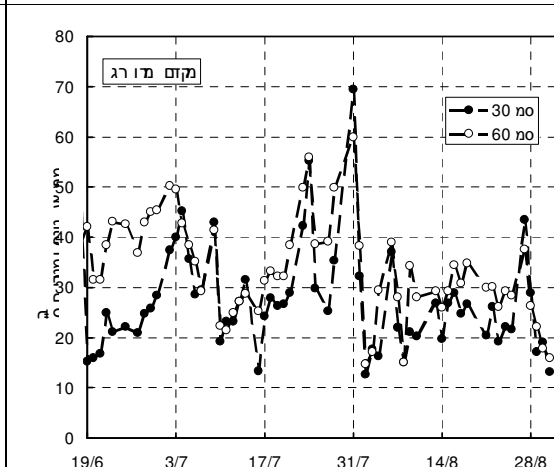
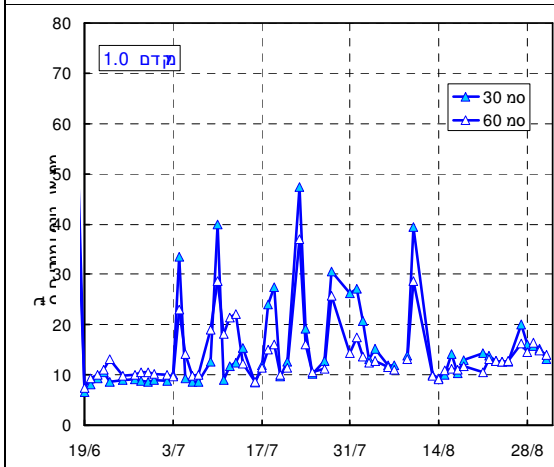
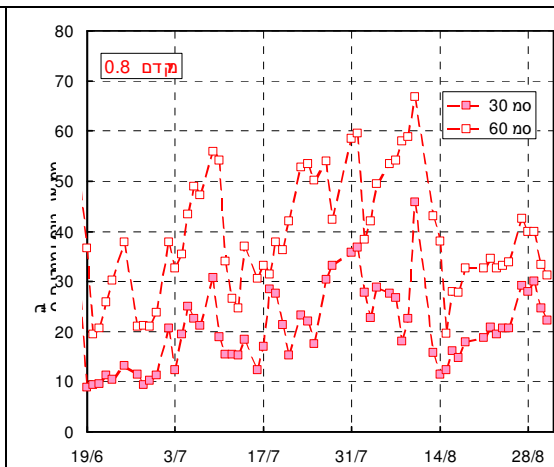
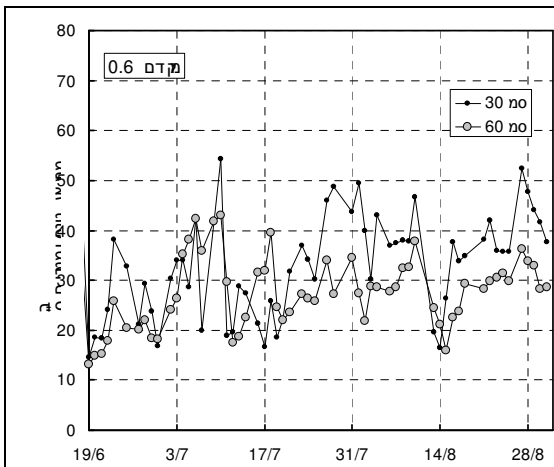
בטפול מקדם 1.0 (100% התאדות אור יום) בבוקר שלפני ההשקיה בשני העומקים בולט מאד מתח המים הנמוך ביותר, לרוב מעל קבול שדה וסביב ל 10 kPa. ראשית דבר זה מעיד כי כמות המים שניתנה לא נוצלה עד כדי ירידה מתחת לקבול שדה בשכבה העליונה. שנית מתח המים הנמוך וחוסר ההתייבשות ההדרגתית בשכבה התחתונה מצביעים על עודפי מים בהשקיה המתנקזים אל מתחת לבית השרשים. בראשית יולי עברנו להשקיה פעמיים ביום, על מנת להקטין את עודפי הנקוז, וניתן להצביע על הצלחה חלקית, מאחר ובטפול זה היו עודפי ניקוז גם בהמשך.

בשאר הטפולים בשכבה העמוקה מתח המים עולה בהדרגה ונשמר בדרך כלל מעל 25 kPa. מדי פעם, ובמיוחד ב 14/8 ניתנו מנות מים גדולות יותר לכל הטפולים על מנת להרטיב חזרה את כל נפח בית

השורשים. מיד אחרי זה הקרקע בעומק חוזרת ומתיבשת, כלומר אין הרטבה נטו של השכבה הזאת ואין כנראה הפסדי ניקוז.

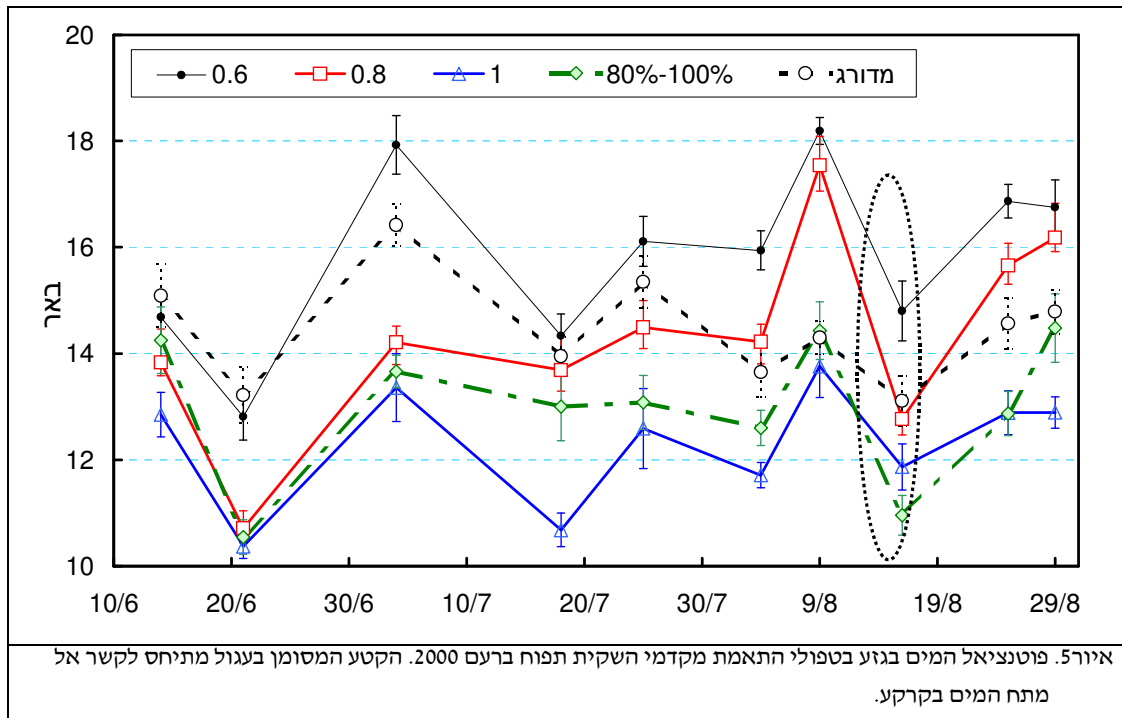
בטפול 0.6 (60% התאדות אור יום) מתח המים בשכבה העליונה גבוה בדרך כלל משאר הטפולים, כצפוי. ניתן להבחין כי טפול 0.8 נמצא באופן מתמיד בין 0.6 לבין 1.0.

בטפול המדורג כאמור היו תקלות השקיה, והן משתקפות במהלך מתח המים. בטול 0.8 - 1.0 ניתן לראות את הירידה במתח לאחר המעבר למקדם 1.0 באמצע יולי.



איור 4. קריאות הטנסיומטרים בעומק 30 סמ (סימנים מלאים) ו-60-75 סמ. (סימנים ריקים) בטפולי התאמת מקדמי השקית תפוח, ברעם 2000.

נתוני הטנסיומטרים בכל טפול, בהשוואה בין עומקים מובאים באיור 4. למען בהירות התמונה. ניתן לציין שבטפולים שסבלו מעקה (מדורג ו 0.6) הפער בין המתח בשני העומקים קטן יותר כי שתי השכבות

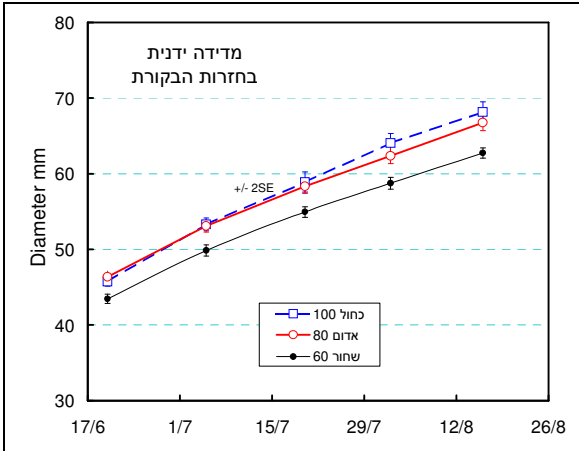


מתייבשות. גם בטפול 1.0 הפער קטן כי כל החתך רטוב. בטפולי 0.8 השכבה העליונה נשארת רטובה למדי אך השכבה התחתונה הולכת ומתייבשת.

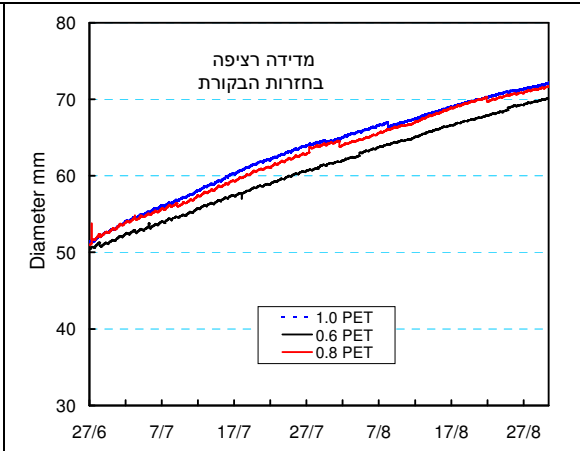
פוטנציאל המים בגזע (איור 5). היה בתחום 10-13 באר במקדם 1.0, ערך הנחשב לרצוי, אך לא מקובל בד"כ במטעי הגליל. במקדם 0.6 היה הפוטנציאל הנמוך (הייצוג השלילי הנכון) ביותר, סביב 16 באר, כצפוי בתנאי עקת מים. במקדם 0.8 ובמדורג 0.8-1.0 הפוטנציאל היה בין שניהם, בסדר גודל של 13-14 באר, ערכים מקובלים במטעי הגליל. העלאת המקדם בטפול 0.8-1.0 ל 1.0 שיפר אך במעט את פוטנציאל המים בסוף העונה. הטפול המדורג כאמור סבל מתקלות השקיה ורוב הזמן סבל מעקת מים הניכרת בפוטנציאל המים בגזע.

הפוטנציאלים הגבוהים בכל הטפולים ב 16/8 (מסומן בעגול) באים אחרי מנת המים הגדולה שניתנה ב 14/8 להשוואת הנפחים המורטבים. הערכים הנמוכים (גבוהים שלילית) במדידה לפני כן מתיחסים אף הם לתקלת השקיה באותו יום - כפי שניתן לראות בעקומי הטנסיומטרים באיורים 3 ו 4.

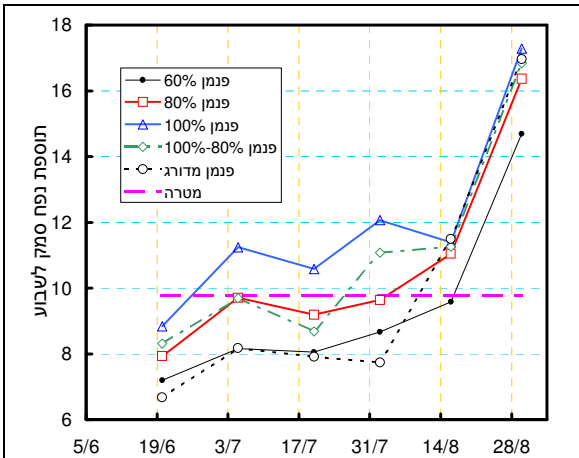
במעקב דו-שבועי אחר גידול הפרי (איורים 4 ו 5) קצב הגידול המהיר ביותר היה במקדם 1.0, ללא עקת מים, והאטי ביותר במקדם 0.6, בעקת המים הקשה יותר. מקדם 0.8 צבר נפח באמצע ביניהם, והמקדם המשתנה כאמור סבל מעקת מים רוב העונה. קצבי הצבירה נפרדו בין הטפולים מוקדם מאד, והיו די קבועים באמצע העונה, כאשר מקדם 0.8 עוקב אחר קו המטרה, 0.6 מתחתיו ו 1.0 מעליו. העלאת המקדם בטפול 0.8-1.0 ל 1.0 גרמה עליה בקצב גידול הפרי, אך בגלל הזמן הקצר שנותן, לא היתה לכך השפעה על הגודל הסופי. בסוף אוגוסט היתה עליה חדה בקצב הגידול בכל הטפולים, כנראה בהשפעת מזג אוויר יותר נוח.



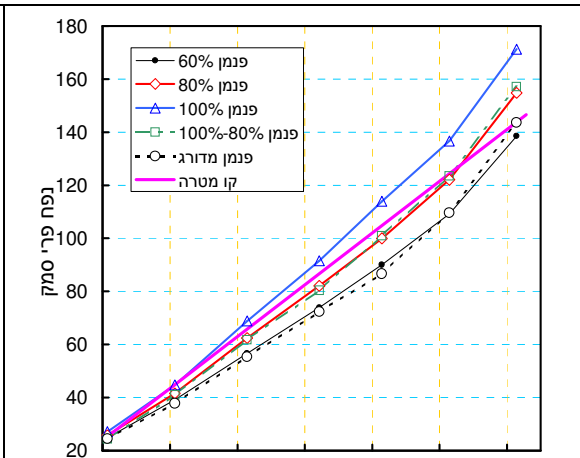
איור 9. קצב גידול נפח הפרי בהשקית תפוח ברעם 2000.



איור 8. צבירת נפח פרי בהשקית תפוח ברעם 2000.



איור 7. קצב גידול נפח הפרי בהשקית תפוח ברעם 1999.

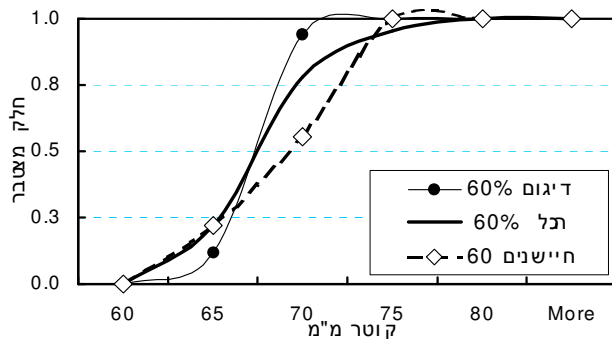


איור 6. צבירת נפח פרי בהשקית תפוח ברעם 1999.

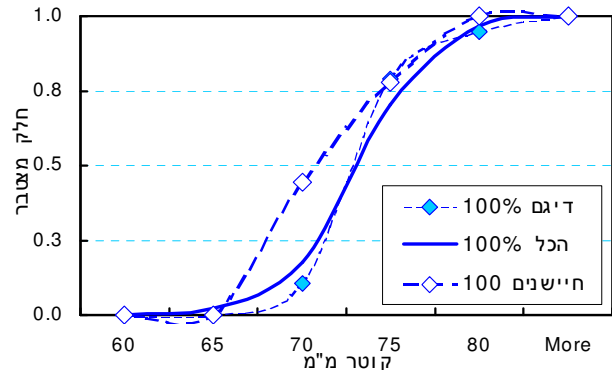
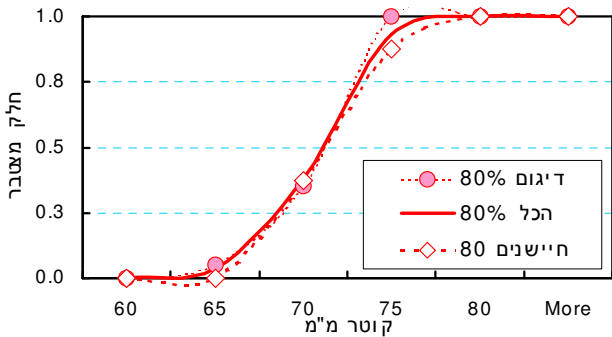
מדידה רציפה של קוטר הפרי נערכה בעקבות בדיקת התכונות של השמוש במתקן המדידה לפני שנה. המדידה נערכה בחזרה אחת של טפולי 0.6, 0.8 ו 1.0 על שני עצים. באיורים 8 ו 9 מובאות התוצאות של המדידה הידנית (20 פירות) והמדידה הרציפה (8-10 פירות). המגמות דומות מאד בכך שטפולי 0.8 ו 11.0 כמעט חופפים וטפול 0.6 קטן יותר, אך כי אין התאמה מספרית מדויקת.

מבחינה טכנולוגית נתקלנו בשתי בעיות בשמוש בחיישנים אלה לאורך זמן: נפילה מהפרי בערבות נעור חזק - רוח, מעבר כלים, והצורך להזיז את החיישן על הפרי הגדל, על מנת לוודא שהוא מודד את הקוטר ולא נשאר במקום גבוה יותר. בסוף העונה הוספנו שרשרת חוליות לטבעות האחזיה ובכך פתרנו את נפילת החיישן. נשאר הצורך להזיז את החיישן לעתים למרכז הפרי, פעולה פשוטה שאינה מהווה טרחה מיותרת.

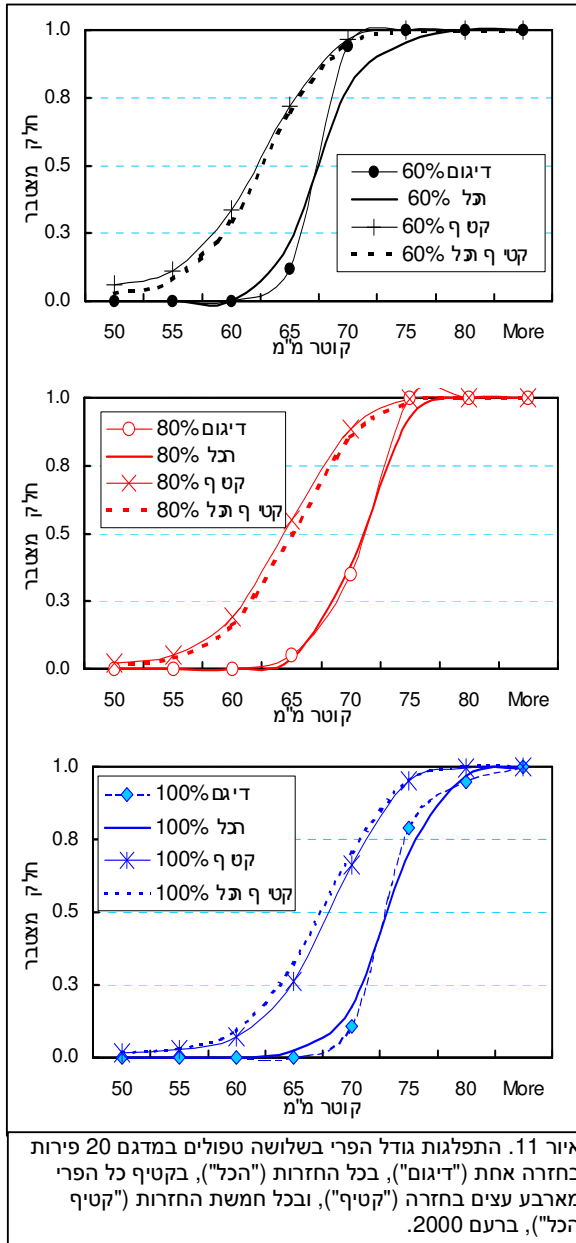
מידת הייצוגיות של המדגם הנמדד, ידני או אלקטרוני, וגודל המדם המינימלי מהווים עניין מיוחד להפעלת שיטות ניטור גודל פרי. מכיון שכל הפירות שנקטפו מוינו לגודל לכל חזרה, וכן לכל המדגמים, הידניים והאלקטרוניים קיימת התפלגות מדויקת לגודל, בוצע עבוד סטטיסטי, שתוצאותיו מובאות להלן.



באיור 10 מובאת ההתפלגות המצטברת של גודל הפרי במדגם הידני של 20 פירות בחלקה שבה הותקנו החיישנים, והתפלגות 8-10 פירות של הפירות המותקנים. כן מובאת ההתפלגות של 100 הפירות מכל החזרות ביחד. ניתן לראות שכמעט ואין הבדל בהתפלגות 20 פירות מארבעה עצים סמוכים לזו של 100 פירות שנאספו מ חמש חזרות על פני המטע כולו. כנראה שבמטע אחיד יחסית ניתן להסתפק במדגם הרבה יותר קטן מ 100 פירות, אם כי קשה לקבוע כמה גדול מ 20 הפירות לפי תוצאות אלה.

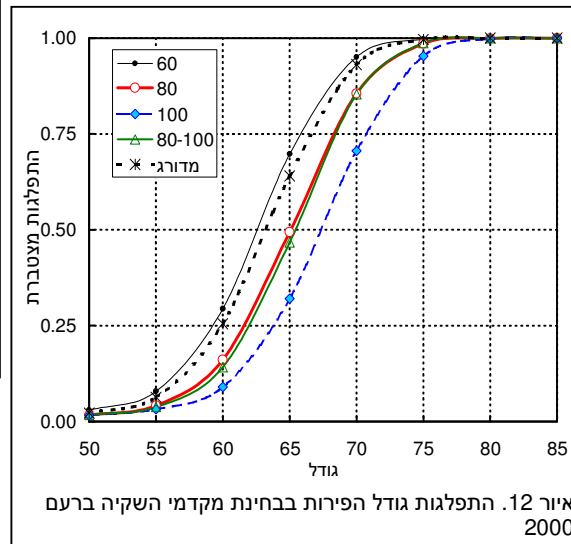


איור 10. התפלגות גודל הפרי במדגם 20 פירות בחזרה ("דיוגום"), בכל החזרות ("הכל") ובפירות שהותקנו חיישנים ("חיישנים")



מידת הייצוגיות של מדגם ידני לעומת קטיף כל הפירות מנותחת באיור 11. נראה ששיטת הדגימה לצורך מדידה ידנית של "פרי מייצג, בגובה נוח לגישה" אינה מייצגת את כלל הפירות על העץ. אחוז גדול מאד של פרי קטן אינו נכלל במדגם הזה, והחציון של המדגם גדול ב 5 מ"מ ויותר מאשר החציון של כלל הפירות.

התפלגות גודל הפרי הקטוף (כלל הפירות הקטופים והממוינים מכל העצים) מובא באיור 12. התגובה היחסית בגודל הפרי למקדמי ההשקיה, ולמשטר המים של העץ בעקבותיהם, דומה מאד לדגום הידני: מקדם 0.6, והמקדם המדורג הפרי הקטן יותר, מקדם 1.0 הפרי הגדול



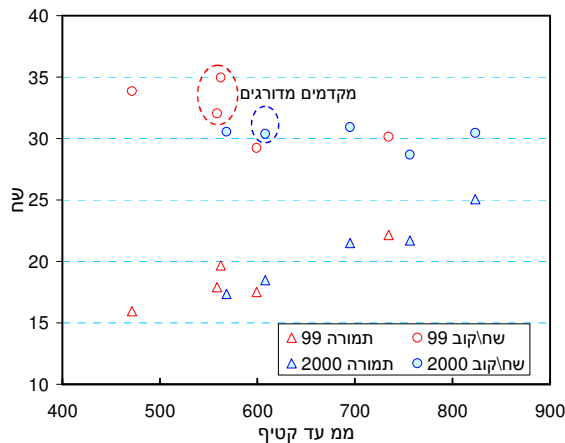
ובמקדם 0.8, ו0.8-1.0 גודל הפרי בין שני אלה, חופף

כמעט זה על זה. לא נתחנו מבחינה סטטיסטית, אך זו התפלגות האוכלוסייה כולה, ולא של מדגם ממנה, לכן נתוח כזה מיותר.

היבולים ממוצעים לטפול (טבלה 2) לא נבדלו סטטיסטית, וקשה למצוא השפעה של משטרי המים. מספר הפירות לעץ הוא גורם חשוב ביותר בגודל היבול, אך אינו תוצאה של טפולי ההשקיה אלא של גורמים בלתי תלויים. לעומת זאת גודל הפרי, ובמיוחד ההתפלגות לגודל הם התוצאה העיקרית של משטרי ההשקיה, ניסינו לנרמל את תוצאות הנסוי ע"י שתי פעולות:

0.6	0.8	1.0	מדורג -0.8 1.0	מדורג רציף	מקדמי השקיה לאור יום
6.016	7.331	6.894	7.172	7.306	יבול טון/ד'
484	516	452	528	570	מס פירות
95%	103%	89%	101%	112%	ביחס למוצע
10,400	12,900	15,000	13,100	11,100	ערך משוקלל למס פירות, שחודונם
568	695	823	756	608	מים (אפריל-קטיף) ממ"ע/דונם
18.3	18.5	18.3	17.3	18.2	תמורה למים, שח' ממ"ע
-	19.4	18.1	14.1	16.8	תמורה שולית למים, שח' ממ"ע נוסף
1.64	1.81	1.94	1.84	1.70	מחיר ממוצע לק"ג משוקלל שחוקג

- נרמול היבול למספר הפירות הממוצע של הנסוי כולו, ברמת החזרה;
- חישוב ערך היבול, לפי דווחי בית האריזה, על בסיס היבול המשוקלל, כאשר ההתפלגות נשמרה. כמובן שנרמול כזה מושפע מתנאי השוק, ותוקפו מוגבל מבחינת הזמן והתנאים. התוצאות מובאות בטבלה



איור 13. תמורה לדונם (באלפי שח, בשער בית האריזה) ותמורה בשח'לממ"ע מים במנות מים עד הקטיף בהתאמת מקדמי התאדות ברעם 1999-2000.

2, לאחר הורדת הוצאות האריזה והשווק המשווערות (כ 40%) מערך היבול.*

התמורה לדונם היתה ב 44% גבוה יותר במקדם 1.0, 15,000 שח, לעומת מקדם 0.6, 10,400 שח, מה שצריך להתבטא באופן חריף עוד יותר כאשר מסתכלים על התמורה נטו לאחר נכוי כל ההוצאות. בתנאי השוק והגידול הנוכחיים המים היו הגורם המגביל העיקרי בקבלת תמורה נאותה לדונם. חשוב לציין שההשוואה על בסיס משוקלל למספר פירות למוצע נותנת יתרון ניכר למקדם 1.0, בו עומס הפרי היה רק 89% מהממוצע, והפירות היו אולי גדולים יותר גם בגלל זה. על בסיס שקלול ליבול של 7.0 טון/ד' ומכפלה במחיר מחושב לק"ג מטבלה 2 היתרון היה קטן יותר.

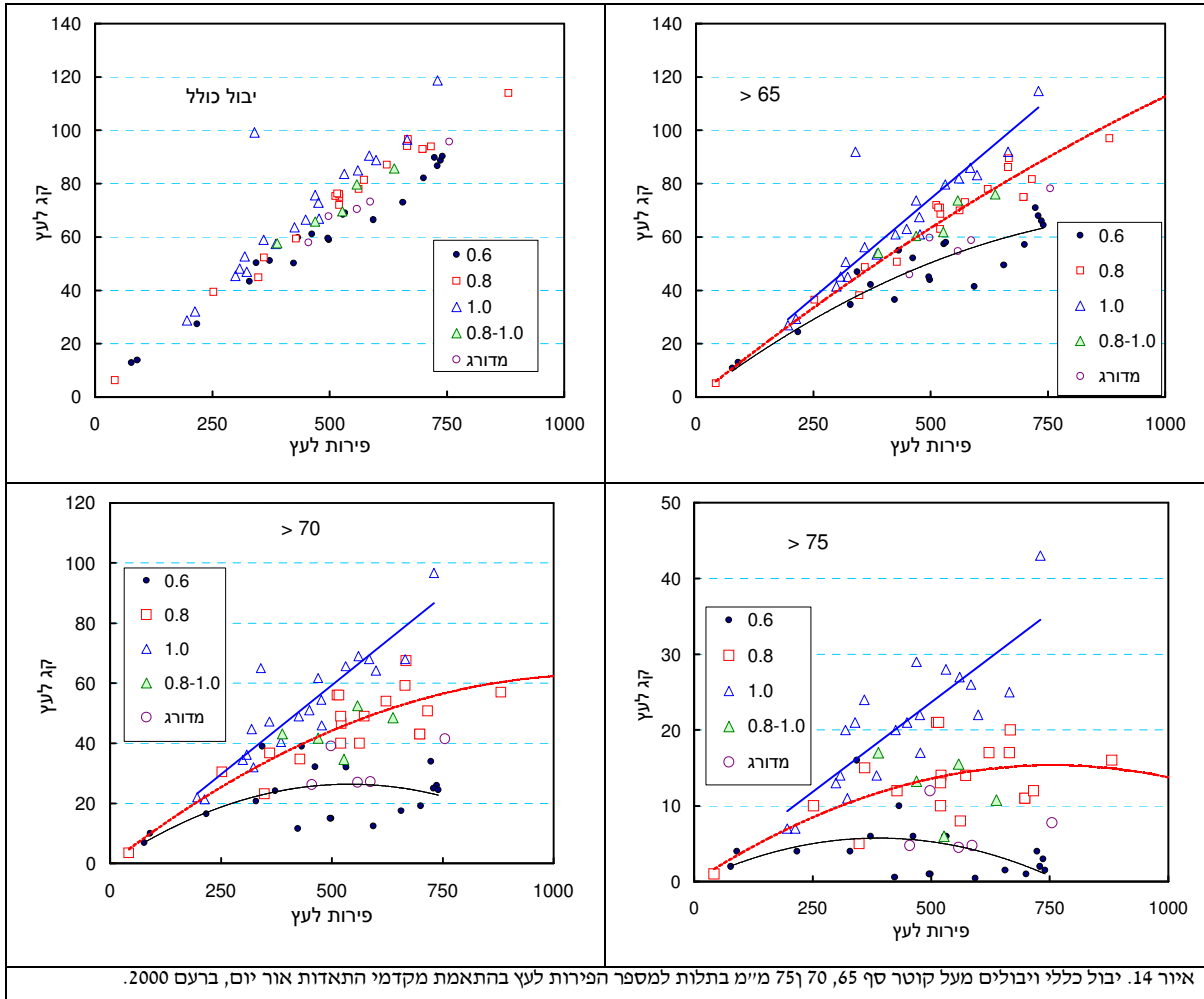
בנתוח של התמורה למים, נראה שהתמורה הממוצעת היתה קבועה, כ 18 שח לממ"ע. התמורה השולית (ביחס ל 568 ממ"ע/ד' במקדם 0.6) היתה ב הגבוה ביותר במקדם 0.8.

במקדם המדורג 0.8-1.0 התמורה לדונם היתה דומה למקדם 0.8, אך בגלל תוספת המים של כ 70 מ"מ, התמורה לממ"ע והתמורה השולית למים היו נמוכים יותר. העלאת המקדם בששת השבועות האחרונים לא תרמה לא ליבול ולא לגודל הפרי.

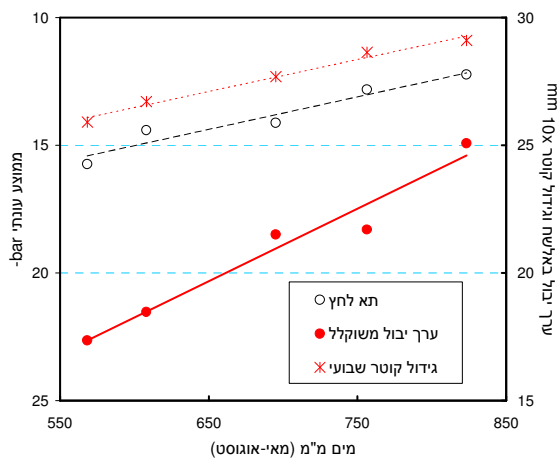
* אזהרה: המספרים המובאים הם מדד השוואתי בלבד, ואין להסיק מהם שום מסקנות על רווחיות המטע או על הכנסות הנוטע.

מגמת התמורה לדונם ולכמותיות המים דומה מאד בשתי עונות הנסוי (איור 13 על בסיס מחיר השוק ולא בשער המטע!). על סמך שתי עונות הנסוי ניתן לומר כי בתנאי המטע והזן בברעם, בעומסי היבול של 6.5- 7.5 טון/ד':

- א. במקדמים קבועים התמורה לדונם עלתה עם תשומות המים ;
- ב. התמורה לממ"ע מים היתה דומה ;
- ג. התמורה למים תלויה אינה כמותית בלבד אלא תלויה גם בעתוי וחלוקת המנה לאורך העונה.



בנתוח הקשר בין יבול הפירות עומס הפרי ומקדמי ההשקיה (איור 14) יש ענין מיוחד בשנת הבצורת הנוכחית. נראה שמגודל פרי 65 ומעלה התגובה למים במקדם 0.6 נמצאה כבר בעומס סביב 250-300 פירות לעץ, ובמקדם 0.8 סביב 300-400 פירות. ככל שספי הגודל הרואיים לשווק גבוהים יותר, עומס הפרי בו נתקבלה תגובה למים היה נמוך יותר. נראה שמתחת למקדם 0.6 - כ 500 מ"מ בעונה, קשה יהיה לקבל פרי גדול מעל 200 פירות לעץ - כ-2.5 טון ו' מעל גודל 65. המגמות וספי הגודל דומים מאד לאלו של העונה הקודמת.



איור 15. מדדי עקה, ערך יבול מול כמויות מים בהתאמת מקדמי התאדות להשקית תפוח ברעם 2000.

השוואת התגובה של תא הלחץ וקצב גידול הפרי כמדדי עקה (בערך עונתי ממוצע) וערך היבול כמדד תגובה לכמויות המים בטפולים השונים (איור 15). מראה שהערכים מסתדרים באופן קווי מול כמויות המים. מכאן ניתן ללמוד כי קצב גידול הפרי יכול להיות מדד עקה טוב לצורך הכוונת השקיה לקבלת תוצאות כלכליות רצויות.

סכום ומסקנות

- א. בשימוש במקדם של 1.0 להתאדות אור יום, מחושבת לפי נוסחת פנמן, הגענו בנסוי זה בכמות מים עונתית של 823 מ"מ עד קטיף ליבולים שווי הכנסה של 15,000 שח לדונם בשער המטע. במקדם קבוע 0.8 בכמות של 700 מ"מ להכנסה של כ 13,000 שח, ובמקדם קבוע 0.6, ב570 מ"מ מים להכנסה של 10,500 שח, במחירי עונת השווק 1999-2000. השקלול לפי מספר פירות לעץ מעוות במקצת את תוצאה לטובת מקדם 1.0, אך היתרון קיים בכל מקרה.
- ב. טפול ביניים, של מקדם 0.8 בתחלית העונה ועליה למקדם 1.0 מאמצע יולי, אמנם חסך כ 70 קוב מים לדונם, אך בנגוד לכוונה המקורית לא הביא לגידול פרי או תוספת הכנסה משמעותית לעומת מקדם 0.8 רצוף.
- ג. טפול המקדם המדורג המקובל סבל מתקלת השקיה, ולא ניתן להסיק מסקנות בעונת 2000.
- ד. בנתוח התגובה לכמויות מים בעונות 1999-2000 נמצא:
- א. במקדמים קבועים התמורה לדונם עלתה עם תשומות המים ;
 - ב. התמורה הממוצעת למ"מ מים היתה דומה בכל רמות ההשקיה ;
 - ג. התמורה למים אינה כמותית בלבד אלא תלויה גם בעתוי וחלוקת המנה לאורך העונה.
- ה. הכוונת השקיה לפי קצב גידול הפרי נראה כבמדד הכוונה יעיל ופשוט יחסית. מכשיר אלקטרוני למעקב רציף אחר גידול הפרי נבדק גם השנה, ועבר תהליך של שיפור ולמידה, שהופך אותו לאופרטיבי לקראת השנה הבאה.
- ו. נתוח התפלגות גודל הפרי במדגמים קטנים ובינוניים מול כל הפרי הקטוף מראה:
- א. מדגם של 20 פירות במטע אחיד לצורך מדידת קוטר ("פרי אחיד בגובה העיניים") אינו שונה בהתפלגות מ 100 פירות.
 - ב. ההתפלגות לגודל של הפירות שסומנו למדידה שונה מאד מהתפלגות הפרי בקטיף, בו נמצא הרבה פרי שמתעלמים ממנו בשעת הסימון. לצורך הערכת התפלגות לגודל של הפרי בקטיף ואריזה יש צורך לבצע דיגום שיטתי ולא מוטה של הפירות על מגזר שלם של העץ, מלמעלה ועד למטה.
- ז. נמצאו פונקציות הקושרות ספי גודל פרי לשווק עם עומסי פרי לעץ ומשטרי ההשקיה. פונקציות דומות בצורתן וקרובות בערכיהן (לא הובאו בדו"ח זה) התקבלו גם בעונת 1999.
- ח. נראה שנוסחאות החישוב והמקדמים המוצעים מכילים בתוכם מספיק "מקדמי בטחון" מובנים על מנת לאפשר השקיה בטוחה, ללא צורך להוסיף כמויות מים נוספות. בשנה של מגבלות מים חמורות, יש לכך משמעות מיוחדת.