

ייעול השקיית עגבניות בבתי צמיחה באזור הבשור
סיכום תוצאות מעונת סתיו 2011- אביב 2012

דני הראל, משה ברונר, דובי צהר, ליאנה גנות, אליק סלפוי רמי גולן ומירון סופר- מו"פ דרום
שלי גנץ וליאור אברהם-שה"מ
שלמה אילני- מועצת הירקות

1. תקציר

לממשק ההשקיה השפעה ניכרת על הצלחת הגידול מבחינת איכות וכמות היבול ומבחינת עלות התשומות. השקיה עודפת תגרום לבזבז משאבים (מים ודשן), זיהום הקרקע בעודפי דשן והמלחה. לעומת זאת השקיה בחסר עלולה להביא את הצמח למצבי עקה ולפגוע בכמות היבול המתקבלת. בשני המקרים נפגעת יעילות תהליך היצור ורווחיותו. בכדי למקסם את הרווחיות ולהפחית הפגיעה בסביבה אנו נדרשים להשתמש בידע וכלים שיאפשרו את שיפור ממשק ההשקיה תוך התחשבות בתנאי הגידול הייחודיים לאזור הגידול. **מטרות ניסוי זה היו:** א) לאסוף נתוני צריכת מים של עגבניות משתילה סתוית הגדלות בחממה תחת יריעות פוליאיתילן על מנת לחשב מקדם גידול שיהיה יעודי עבור מגדלי העגבניות בבשור ובחבל שלום. ב) להשוות בין כמות ואיכות הפרי המתקבלת מהשקיה עפ"י מקדמי גידול שהתקבלו מניסוי מאזני המים (סעיף א) לבין חלקות שהושקו עפ"י מקדמי הגידול המומלצים ע"י שה"מ. ג) להשוות את כמות ואיכות היבול מהחלקות שהושקו עפ"י מקדמי הגידול (א ו-ב) לחלקות בהם נוהלה ההשקיה לפי נתוני תכולת המים בקרקע כפי שנאספה ע"י טנסיומטרים דיגיטליים. מתוצאות הניסוי עולה כי מהלך צריכת המים החל מיום השתילה ועד לסיום הניסוי מראה מגמת עליה בצריכת המים עד לשיא שמתקבל בשלב חנטת ומילוי התפרחות הראשונות. לאחר מכן חלה ירידה מסוימת בכמות המים הנצרכת והתייצבות בצריכה לאורך תקופת הקטיפה. הפחתה או הוספה של – 20%-15% מכמות המים המרבית שנצרכה ע"י הצמחים בליזימטר לא פגעה או הוסיפה לכמות היבול שהתקבלה אולם הפחיתה את יעילות השימוש במים מבחינת ק"ג פרי שהתקבל לכל מ"מ מי השקיה ופגעה בקצב הצטברות הפרי בשלבי הגידול האחרונים.

2. מבוא

באזור הבשור ופתחת שלום מגודלים כ-12000 דונם עגבניות בבתי גידול רובם ע"ג קרקע חולית. רוב היבול משווק בשוק המקומי במהלך כל השנה. לכמויות המים (ועמם הדשן) בהם משתמש החקלאי להשקיית החלקות השפעה ניכרת על הצלחת הגידול מבחינת איכות וכמות היבול ומבחינת עלות התשומות. השקיה עודפת תגרום לבזבז משאבים (מים ודשן), זיהום הקרקע בעודפי דשן והמלחה. לעומת זאת השקיה בחסר עלולה להביא את הצמח למצבי עקה ולפגוע בכמות היבול המתקבלת. בשני המקרים נפגעת יעילות תהליך היצור ורווחיותו. בכדי למקסם את הרווחיות ולהפחית הפגיעה בסביבה אנו נדרשים להשתמש בידע וכלים שיאפשרו את שיפור ממשק ההשקיה תוך התחשבות בתנאי הגידול הייחודיים לאזור חבל הבשור (קרקע, אקלים ואגרוטכניקה). על מנת לייעל באופן מרבי את השקיית העגבנייה יש להעריך בצורה עד כמה שניתן יותר מדויקת את צריכת המים של הגידול (ET_c) בתנאים אקלים, קרקע ושיטות גידול נתונות. איסוף נתוני צריכת המים של הגידול ובמקביל חישוב ערכי ייחוס של אוופוטנספירציה (ET_0) מאזור הגידול תאפשר חישוב מקדם גידול (K_c) עבור עגבניות הגדלות באזור הבשור, בקרקע חולית, בבתי צמיחה המכוסים פוליאיתילן או רשתות 50 מש בהתאם לעונת הגידול. את נתוני צריכת המים של הצמח ניתן לכמת בכמה דרכים, עקיפות (מחושבים) או ישירות

(ליזימטרים). בניסוי זה נעשה שימוש בליזימטרים שהוצבו בחממות, בעזרתם נאספו נתוני צריכת המים של הצמחים.

במקביל לשימוש במקדמי גידול וערכי התאדות ייחוס ככלים לקביעת כמות ההשקיה, קיימת האפשרות להשתמש בטנסיומטרים ככלי להכוונת ההשקיה. ניתן לרכוש כיום טנסיומטרים דיגיטליים שמשדרים את ערכי מתח המים בקרקע באופן רציף. נתונים אלה מתקבלים כטבלה או בצורת גרף מתמשך לאורך ציר הזמן ומאפשרים לקבל החלטות לגבי כמות ותדירות השקיית החלקה.

מטרות ניסוי זה היו: א) לאסוף נתוני צריכת מים של עגבניות משתילה סתווית הגדלות בחממה תחת יריעות פוליאתיילן על מנת לחשב מקדם גידול שיהיה יעודי עבור מגדלי העגבניות בבשור ובחבל שלום. ב) להשוות בין כמות ואיכות הפרי המתקבלת מהשקיה עפ"י מקדמי גידול שהתקבלו מניסוי מאזני המים (סעיף א) לבין חלקות שהושקו עפ"י מקדמי הגידול המומלצים ע"י שה"ם. ג) להשוות את כמות ואיכות היבול מהחלקות שהושקו עפ"י מקדמי הגידול (א ו-ב) לחלקות בהם נוהלה ההשקיה לפי נתוני תכולת המים בקרקע כפי שנאספה ע"י טנסיומטרים דיגיטליים.

3. חומרים ושיטות

הניסוי בוצע בחוות הבשור (104 מ' מעל פני הים, $34^{\circ} 23' N$, $31^{\circ} 16' E$), בחממה עם גג מכוסה ביריעות פוליאתיילן וקירות מכוסים רשת נגד חרקים 50 מש. בספטמבר 2011 נשתלו שתילי עגבניה (*Lycopersicon esculentum* Mil.) מורכבים (רוכב מזן 1402 ע"ג כנת רזיסטאר) באדמת חול מקומית (87% חול, 7% סילט, 6% חרסית). ההדשייה בוצעה כמקובל באזור באמצעות מערכת טיפוף (1.6 ל/ש) שתי שלוחות לערוגה, ודשן מינרלי מורכב (שפר 8: 2: 4). הצמחים נשתלו בעומד של 1111 צמחים/דונם ופוצלו לשני ענפים. עונת הגידול והקטיף נמשכה עד סוף יוני 2012. מי ההשקיה היו מי שתיה ממערכת אספקת המים של מקורות המורכבים ממים מותפלים בתוספת מי קידוחים (EC 0.3-0.4, PH 7-7.5).

הניסוי כלל שלושה טיפולי השקיה: 1) חלקות שהושקו בכמות מים זהה לזו שנצרכה ע"י הצמחים בליזימטר שהוצב בסמוך אליהן. חלקות אילו היו את טיפול ה-100% (2) חלקות שהושקו במנת מים שכמותה חושבה עפ"י מקדמי הגידול המומלצים ע"י שה"ם (קניג וזקס 2002) ונתוני אוופטרנספירציית ייחוס מחושבת (פנמאן-מונטיס) שסופקו ע"י השירות המטאורולוגי. מכיוון שמקדמי גידול אלו מתבססים על אוופטרנספירציית ייחוס שמקורה בגיגית תוקנו נתוני הייחוס המחושבים בהתאם. חלקות אילו קיבלו בפועל כ-120% מכמות המים שבטיפול 1. (3) חלקות שבהם הוצבו טנסיומטרים דיגיטליים. כמות ותדירות ההשקיה נקבעו בעזרת פרוטוקול שימוש (יפורט בהמשך) על בסיס נתוני מתחי המים שנאספו ע"י הטנסיומטרים. בפועל קיבלו חלקות אלה כ-85% מכמות המים שניתנה בטיפול 1.

3.1 הפעלת הטנסיומטרים.

מערכת הכוללת 4 טנסיומטרים דיגיטליים מתוצרת חברת מוטס הוצבה בחלקות טיפול 3 כמתואר לעיל. הטנסיומטרים הוצבו בשני עומקים 20 ו-40 ס"מ ובשתי תחנות - שני טנסיומטרים בכל אחד מהעומקים. הנתונים שודרו ורוכזו באופן רציף באתר אינטרנט (www.tensiograph.com). בהתבסס על נתונים אלה ועל פרוטוקול שימוש שהסתמך על ניסיון מצטבר משנים קודמות, הוחלט על כמות ההשקיה שתינתן לחלקות טיפול 3. פרוטוקול הפעולה בטיפול 3 (טנסיומטרים) היה:

(א) . מנת השקיה יומית מינמלית- 1.5 מ"מ. מתחת למנה זו נתנה השקיה דו יומית.
 (ב) השינויים במנת ההשקיה יהיו בני 0.5 מ"מ. שינויים יתבצעו פעמיים בשבוע. (ג) טנסיומטרים בעומק 40 ס"מ יהוו את המדד העיקרי לשינויים במשטר ההשקיה. (ד) טנסיומטרים בעומק 20 ס"מ יהוו מדד לשינויים דרסטיים במידה שיהיו כאלה, במקרים כאלה תהיה תגובה גם יותר מפעמיים בשבוע.
 (ה) מתח של 120 מ"ב בעומק 40 יהיה "המתח הרצוי". עליה של מעל 130 מ"ב תוביל להגדלת מנת ההשקיה. ירידה מתחת ל 110 מ"ב תוביל להקטנת המנה. (ו) יש להתייחס לערך הממוצע של שתי התחנות. (ז) עליה של יותר מ 20 מ"ב (בטנסיומטרים בעומק 20 ס"מ ביום מסוים לעומת יום קודם תוביל להגדלת מנת המים מיד ביום העוקב.
 כל המתחים המצוינים לעיל מתייחסים לערכי המקסימום היומי.

3.2 ליזימטר.

ערכי צריכת מים מרבית של צמחי עגבנייה בתנאי הניסוי נאספו בעזרת ליזימטר ניקוז שהותקן בתוך חממת הניסוי. הליזימטר הורכב מחמישה מארזי פלסטיק שמולאו במצע המורכב 85% טוף 0.8 ו- 15% קומפוסט מזבל בע"ח (נפחי). שטחו הכולל של הליזימטר היה כ 52 מ"ר ונפחו 13 מ³. עומד הצמחים במיכלי הליזימטר היה זהה לזה של הצמחים בקרקע. תכולת המים במצע הליזימטרים נשמרה כל העת ברמת קיבול עציץ, כלומר מים זמינים לצמח ללא הגבלה. זמינות המים הובטחה בעזרת שימוש במערכת בקרה אוטומטית (אירינט, מוטורולה) שתוכנתה בעזרת אלגוריתם באופן שהשקיית המצע תתבצע עם סיום תהליך הניקוז של ההשקיה הקודמת (בשעות היום בלבד). הנקז מהמצעים הצטבר במיכל בו הותקן חיישן מפלס שאיפשר מעקב רציף אחר תהליך ההתנקזות וחישוב של כמות הנקז. נתוני EC ו-PH של הנקז נמדדו גם הם באופן רציף. ליזימטר בעל התכונות המתוארות לעיל, כלומר מיכל מלא במצע מתאים לגידול צמחים בנפח מוגבל, בו נשמרת תכולת מים אופטימלית במצע המנוקז היטב, יכול לשמש כלי יעיל לקבלת ערכי האוופוטנספירציה המירבית של הצמח בתנאי גידול נתונים (Parisi et al. 2009; Danielson and Feldhake 1981; Del-Campo 2007).

נתוני צריכת המים של צמחי הליזימטר (ET_c) ונתוני אוופוטנספירציה ייחוס מחושבת (פנמאן-מונטיס) ומגיגית תקנית (ET_0) שנאספו בחוות הבשור שימשו לחישוב מקדמי הגידול (K_c) המוצגים בטבלה 2. המקדמים חושבו בעזרת הנוסחה:

$$K_c = ET_c / ET_0$$

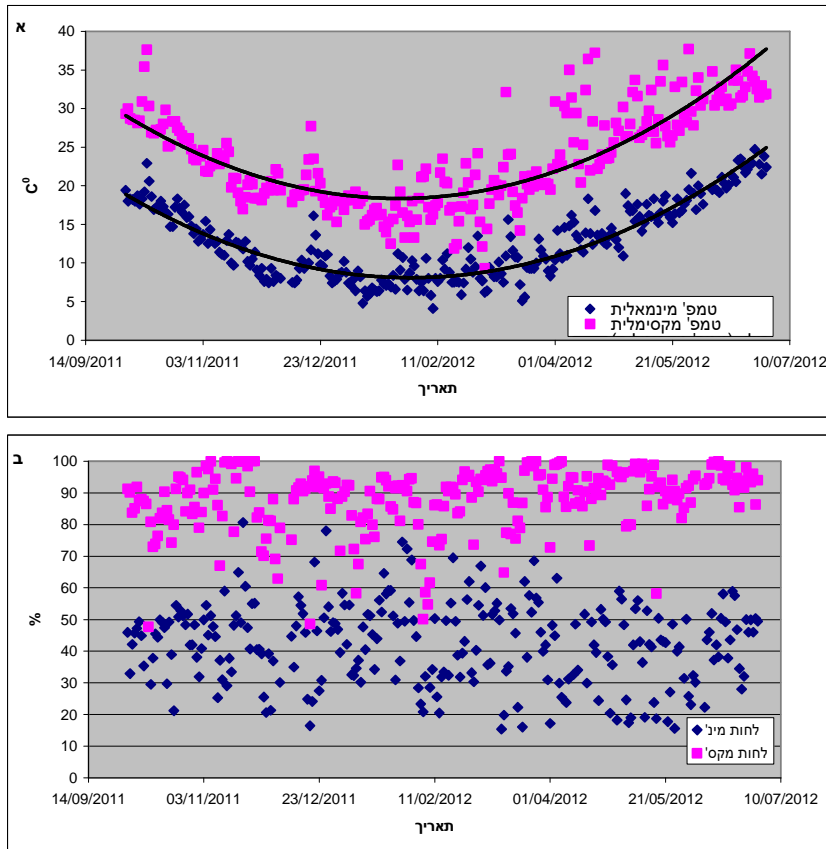
במהלך הניסוי נאספו נתוני כמות ואיכות פרי כללי ובאיכות יצוא, שחור פיטם, סדקים, איכות חיי מדף של הפרי לאחר הדמיית אחסון, קצב הצטברות יבול ויעילות צריכת מים (WUE). יעילות צריכת המים (Water Use Efficiency) חושבה ע"י חלוקת כמות היבול (ק"ג) בכמות המים שסופקה במהלך הגידול (מ"מ).

הניסוי הוצב בתבנית של אקראיות מוחלטת עם ארבע חזרות לכל טיפול. הנתונים נותחו במבחן שונות חד כיווני. הבדלים בשוניות בין הטיפולים נבחנו במבחן Tukey ברמת מובהקות $p=0.05$. מבחן קו-וארינט (ANCOVA) בוצע לבחינת היבול המצטבר בכל אחד מהטיפולים (תוכנת JMP 8).

4. תוצאות

4.1 נתוני אקלים

נתוני טמפרטורה ולחות במהלך תקופת הניסוי מסוכמים באיורים 1, א, ב. הטמפרטורה הגבוהה ביותר, 37.6°C נרשמה במהלך אוקטובר 2011 ואילו הטמפרטורה הנמוכה 4.1°C התקבלה בלילה במהלך חודש ינואר 2012 (איור 1א). במשך כל תקופת הניסוי הלחות היחסית בלילות הייתה גבוהה (80%-100%) בעוד שבמהלך היום נעו ערכי הלחות היחסית בטווח של 20%-60% (איור 1ב).



איור 1. נתוני אקלים שנאספו ע"ה השירות המטאורולוגי בחוות הבשור במהלך הניסוי.
(א) טמפרטורה. (ב) לחות יחסית.

4.2 צריכת המים ומקדמי גידול.

בטבלה מס. 1 מוצג סיכום כמויות המים שניתנו לכל אחד מהטיפולים במהלך עונת הגידול. מהטבלה עולה כי צריכת המים המכסימלית של הצמחים בחממת הניסוי הייתה קטנה בכ-20% מכמות המים המומלצת עפ"י מקדמי הגידול המקובלים (טיפול 2). יעילות צריכת המים (WUE) הטובה ביותר הושגה בטיפול 3 (טנסיומטרים) בו ניתנה כ-85% מצריכת המים המרבית (טיפול 1). יעילות המים הנמוכה ביותר התקבלה בטיפול 2 (המלצות שה"מ) בו ניתנה כמות גבוהה ב-20% מהכמות המרבית אותה צרכו הצמחים.

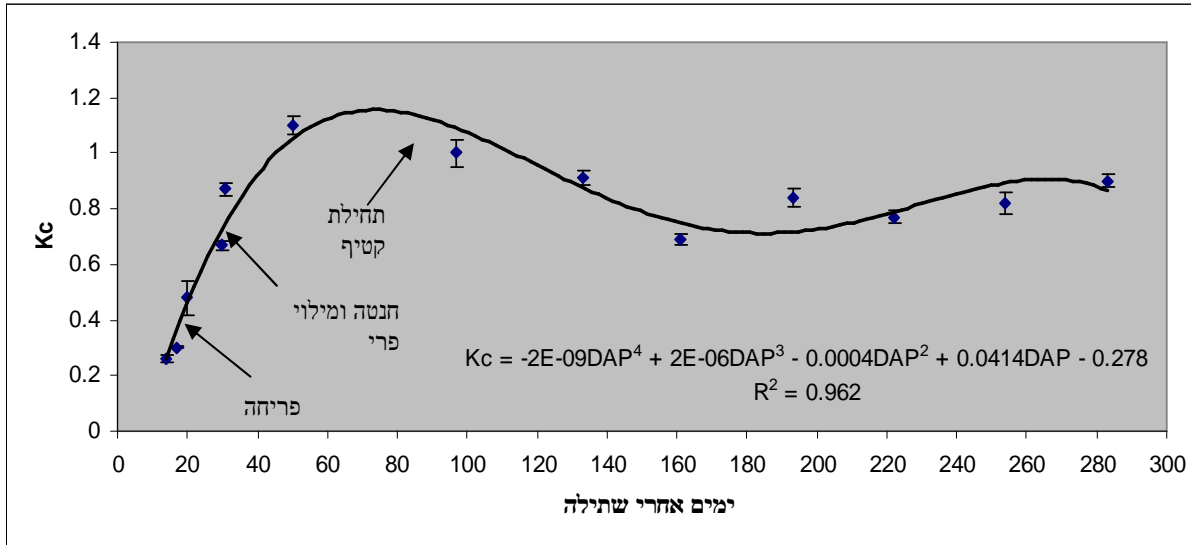
טבלה 1. סיכום ערכי כמות המים שניתנה במהלך עונת הגידול ויעילות ניצול המים .

מס' טיפול	טיפול	מ"מ	%	WUE
1	השקייה עפ"י ליזימטרים	753.1	100	4.72
2	השקייה עפ"י מקדמי שה"מ	912.8	120	3.79
3	השקייה עפ"י טנסיומטרים	606.8	85	5.46

עפ"י הנתונים בטבלה 2 ואיורים 1 ו-2 ניתן לראות כי מהשתילה ובמהלך החנטה ומילוי הפרי של התפרחות הראשונות צריכת המים עולה בהתמדה ועמה גם מקדם הגידול. לאחר מכן במהלך הקטיף פוחתת צריכת המים ונשארת כמעט ללא שינוי במהלך החודשים ינואר- יוני. בטבלה 2 מופיעים שני ערכי מקדם גידול עבור כל אחד משלבי ההתפתחות. ערך אחד חושב כאשר התאיידות הייחוס (ET_0) נלקחה מגיגית תיקנית ואילו הערך השני חושב על בסיס התאדות ייחוס מחושבת (פנמאן-מונטיס). מכיוון שערכי ה- ET_0 שנאספים מגיגית תקנית גבוהים יותר מאשר אלה המחושבים על בסיס משוואת פנמאן-מונטיס, מקדמי הגידול המתקבלים משני אופני החישוב שונים מעט (טבלה 2).

טבלה 2. מקדמי גידול עפ"י שלבי התפתחות.

תאריך	ימים משתילה	שלב גידול	מקדם גידול עפ"י ET_0 מגיגית	מקדם גידול עפ"י ET_0 מחושב	מקדם גידול עפ"י המלצת שה"ם
01/10/2011	11	קליטה והתבססות	0.23	0.3	0.4
08/10/2011	18	פריחה חנטה	0.43	0.57	0.55
21/10/2011	31	חנטה מילוי פרי	0.87	1	0.8
30/12/2012	98	קטיף	0.68	0.8	0.9
01/03/2012	165	קטיף	0.66	0.8	0.9
01/05/2012					
	254	קטיף	0.67	0.86	0.9



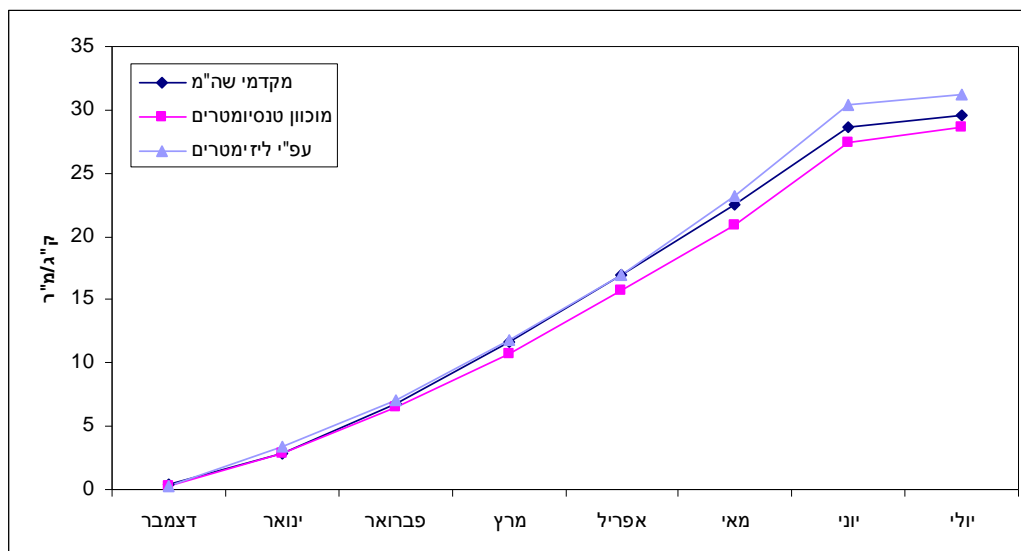
איור 2. מקדם הגידול (K_C) כפונקציה של ימים משתילה. ערכי מקדם הגידול מלווים בקווי שגיאת תקן. משוואה פולינומית מסדר רביעי עבור כל מקדם גידול מוצגת באיור.

4.3 כמות היבול וקצב הצטברותו.

כמות היבול שהתקבלה בכל אחד משלושת הטיפולים (טבלה 3) הייתה דומה וללא שונות מובהקת. הדבר נכון לכל חמשת המשתנים שנבחנו: משקל יבול כולל, משקל יבול באיכות יצוא, פרי סדוק, שחור פיטם ופגיעות אחרות. בחינת קצב הצטברות הפרי (איור 2) לעומת זאת גילתה יתרון מסוים מובהק סטטיסטית ($P=0.043$, $F= 3.1$) לטיפול ההשקיה עפ"י ליזימטרים (100%, טיפול 1) בעיקר בשלבי הגידול האחרונים בחודשים אפריל מאי 2012.

טבלה 3. ריכוז נתוני כמות היבול (ק"ג/מ"ר).

ק"ג/מ"ר										
טיפול	משקל כללי	S.E.	משקל לשיווק	S.E.	סדוקים	S.E.	שחור פיטם	S.E.	אחרים	S.E.
השקיה עפ"י ליזימטרים	35.56	0.37	31.25	0.44	1.22	0.23	0.03	0.02	3.03	0.13
השקיה עפ"י מקדמי שה"ם	34.60	0.56	29.58	0.66	1.07	0.22	0.04	0.03	3.89	0.27
השקיה בהכונת טנסימטרים	33.12	0.98	28.67	1.04	0.83	0.06	0.01	0.01	3.61	0.24



איור 2. קצב הצטברות יבול ראוי ליצוא (ק"ג/מ"ר) במהלך חודשי הקטיפה דצמבר 2011 - סוף יוני 2012.

4.4 חיי מדף

תוצאות בחינת איכות הפרי לאחר תקופת אחסנה המדמה ייצוא מוצגים בטבלה 1. לא נמצאה השפעה כל שהיא של הטיפול על תוצאות בחינת חיי המדף של הפרי.

טבלה 4. סיכום תוצאות בחינת חיי מדף.

טיפול	סדוקים (%)	מוצק (%)	גמיש (%)	רך (%)	רקוב (%)	כתמי צבע (%)	חריגי צבע (%)	ציון איכות (עד 10)
השקיה עפ"י ליז'ימטרים	0	28	46	26	1	0	7	3.8
השקיה עפ"י מקדמי שה"מ	0.13	28	47	25	1	0	5	3.7
השקיה בהכוונת טנסיומטרים	0.13	32	45	23	1	2	3	3.8

5. סיכום

בניסוי נאספו נתונים שמאפשרים חישוב מקדמי גידול להשקיית עגבניות משתילה סתווית באדמה חולית של איזור הבשור. מהלך צריכת המים החל מיום השתילה ועד לסיום הניסוי הראה מגמת עליה בצריכת המים עד לשיא שהתקבל בשלב חנטת ומילוי התפרחות הראשונות. לאחר מכן חלה ירידה מסוימת בכמות המים הנצרכת והתייצבות בצריכה לאורך תקופת הקטיפה. הפחתה או הוספה של 15%-20% מכמות המים לא פגעה או הוסיפה לכמות היבול שהתקבלה אולם הפחיתה את יעילות השימוש במים מבחינת ק"ג פרי שהתקבל לכל מ"מ מי השקיה ופגעה בקצב הצטברות הפרי בשלבי הגידול האחרונים. איכות הפרי והשתמרותו באחסון לאחר הקטיפה לא הושפעה מטיפול ההשקיה. ניהול ההשקיה בעזרת מערכת טנסיומטרים אלקטרוניים משדרים ועל בסיס הפרוטוקול שתואר לעיל הביאה להפחתה בכמות המים שנתנה תוך העלאת יעילות צריכת המים ללא פגיעה מובהקת בכמות

הפרי הכללי. עם זאת כמות המים המופחתת שניתנה בטיפול הטנסיומטרים הקטינה את קצב הצטברות הפרי. השימוש במערכת הטנסיומטרים על פי הפרוטוקול כפי שתואר התגלתה כיעילה למדי. עם זאת יש לזכור שקבלת ההחלטות כמה ומתי להשקות באמצעות נתוני הטנסיומטרים בלבד דורשת מיומנות מקצועית גבוהה יחסית. ניסוי זה הדגים כי ניתן לייעל את ממשק השקיית העגבניות משתילה סתוית באזור הבשור. לשם כך יש להעזר בנתוני התאדות יחוס מחושבת הזמינים לכל ברשת האינטרנט (www.meteo.co.il) ומקדמי גידול המחושבים מנתונים הנאספים בניסויים כגון זה אשר מתבצעים במו"פ דרום. במהלך שנת 2013 אמור להתקיים במו"פ דרום ניסוי המשך שיאסוף נתוני צריכת מיים מעגבניות בשתילת אביב וגידול קיצי בבתי רשת.

6. רשימת ספרות

קניג, א. וזקס מ. (2002). ניהול השקיה לחסכון במים. שה"מ.

Danielson and Feldhake (1981) Urban lawn irrigation and management practices for water saving with minimum effect on lawn quality. Completion Report No. 106, Colorado State University.

Del-Campo, M.G. (2007) Effect of water supply on leaf area development, stomatal activity, transpiration, and dry matter production and distribution in young olive trees. Australian Journal of Agricultural Research. 58,1-7.

Parisi, S., Martani, L., Cola., G., and Maggiora, T. (2009) Mini lysimeters evapotranspiration measurements on suburban environment. Italian journal of Agro meteorology. (3) 13-16.

הבעת תודה

לד"ר אלון בן-גל ממנהל המחקר החקלאי וד"ר אלעד שלה מהשירות המטאורולוגי על עצותיהם המועילות, ולמועצת הצמחים על עזרה במימון ניסוי זה.