

פיתוח ממשק השקיה מיטבי לשקד בוגר - 2013

Development of irrigation management protocol for mature almond

מוגש לקרן המדען הראשי במשרד החקלאות

ע"י

עמוס נאור – המכון לחקר הגולן ומו"פ צפון

שמואל אסולין, המכון לקרקע ומים, מנהל המחקר החקלאי

ראובן בירגר, מרכז חקלאי העמק

אשר איזנקוט, שה"ם

יוני גל, שה"ם

מוטי פרס, שה"ם

Amos Naor – Golan Research Institute, P.O.Box 97 Kazrin 12900. amosnaor@research.haifa.ac.il

Shmuel Assouline – ARO-Volcani Center. ywshmuel@agri.gov.il

Reuven Birger – The Center for the Valley Growers. reubig@gmail.com

Asher Azenkot - Ministry of Agriculture, Extension Service. azasher@gmail.com

Yoni Gal – Ministry of Agriculture, Extension Service. Yonigal@ortal.org.il

Moti Peres - Ministry of Agriculture, Extension Service. peres@migal.org.il

יוני 2014

סיוון תשע"ד

הממצאים בדו"ח זה הינם תוצאות ניסויים.

תקציר

הצגת הבעיה - בשנים האחרונות חלה עליה משמעותית בשטחי השקד בארץ. מנות ההשקיה המומלצות בארץ והיבולים נמוכים מאשר באיזורי הגידול המודרניים בעולם.

מטרות המחקר – לבנות עקום תגובה למים בשלב צבירת החומר היבש בזרע ולפתח סף פוטנציאל מים לבקרת השקיה. להשוות השקיה שקולחים להשקיה בשפירים.

שיטות ומהלך העבודה – נבנה ניסוי השקיה בלביא עם חמישה טיפולי השקיה בשלב צבירת החומר היבש בזרע. טיפולי ההשקיה הם מצבי מים שונים (פוטנציאל מים בגזע בצהרים בערכים של -1.1, -1.4, -1.8, -2.4MPa, 2.1). בוצעו מדידות פוטנציאל מים בגזע פעם בשבוע ומנות המים תוקנו בתגובה לערכים הנמדדים. הוקם ב-2011 ניסוי המשווה השקיה בשפירים להשקיה בקולחים.

תוצאות עיקריות – היבול עלה עם עליית מנת ההשקיה במים שפירים בעיקר עקב גידול הנוף ותוספת משמעותית של פירות לעץ. היבול בשתי מנות ההשקיה הגבוהות הגיע ל-257 ק"ג/דונם וכיוון שהעצים לא הגיעו לגודל סופי נראה שיבול של 300 ק"ג/דונם הוא יעד סביר. לא נמצא שיפור בהעלאת מנת המים מעבר ל-600 מ"מ בתנאי הניסוי בלביא. ניתן לראות לאורך השנים קריסה של כושר נשיאת הפרי בטיפולי ההשקיה הנמוכים. נמצא מתאם טוב בין פוטנציאל המים בגזע ליבול. הניסוי שמשווה קולחים ושפירים החל במאי 2011 וב-2012 חלה תמותת עצים בטיפול הקולחים והוא הופסק.

מסקנות והמלצות לגבי יישום התוצאות – העלאת מנת המים מגדילה את הנוף ומעלה את מספר הפירות והיבולים. כיוון שהעצים לא הגיעו לגודל סופי נראה שיבול של 300 ק"ג/דונם הוא יעד סביר. ניתן לקבוע סף פוטנציאל מים של 1.7MPa - בתנאי ניסוי לביא. מאופי עקום תגובת היבול לפוטנציאל המים בגזע ניתן לצפות לעליה ביבול עם שיפור נוסף במצב המים.

מבוא

ענף השקד נמצא בתנופת נטיעות משמעותית עם תוספת של 25000 דונם בשנים האחרונות והגיע לכ-37000 דונם. השקד בארץ הורכב בעבר על כנת שקד מר, הושקה במנות של 250-300 מ"מ והגיע ליבול זרעים של כ-100 ק"ג. עם המעבר לכנה 677 (כנה ויגורית) התקבלו עצים גדולים יותר דבר שהביא לעליה במנת ההשקיה. כיום מנות ההשקיה הן כ-450 מ"מ ויבולי הזרעים קרובים ל-200 ק"ג לדונם. השקד בארץ מושקה במנות מים נמוכות משמעותית ממטעי שקד מודרניים באזורים חמים בעולם. כך, בקליפורניה ובאוסטרליה מנות ההשקיה מגיעות ל-1000 מ"מ לעונה, היבולים הממוצעים הם 300 ק"ג/דונם ויבולים גבוהים מגיעים ל-500 ק"ג/דונם. יש הבדל בין הזנים בחו"ל ובארץ אך הבדל בין הזנים לא יכול להסביר את מלוא ההפרש ביבול. מחקרים בחו"ל הראו מתאם גבוה בין עצמת הצימוח/גודל הנוף והיבול הן במטעים צעירים והן במטעים בוגרים; מטעים בוגרים בעולם סוגרים את המירווח שבין השורות בעוד שבארץ הנוף קטן יותר. פוריות השקד הבוגר תלויה בצימוח שכן חלק מהפירות נישאים על ענפים בני שנה ובשל הצורך בחידוש מלאי הדרבנות עקב תמותה משמעותית (כ-60% מדורבנות הפרי מתים תוך שלוש שנים).

נראה שבארץ לא ממצים את פוטנציאל היבול בשקד בשל השקיית חסר היוצרת נוף קטן. התפתחות המלצות השקיית שקד בארץ (עליה מ-250 ל-450 מ"מ/עונה) התבססה על תצפיות מדריכים בהעדר ניסוי השקיה תומך, כך שאין כל הוכחה שמנת המים הניתנת בארץ היא מיטבית. מי ההשקיה העומדים לרשות החקלאים בבקעת יבנאל (מי כנרת ממאגר ומי קולחים) נמצאים ברמות מליחות של 300-400 מ"ג כלור וכתוצאה מהשקית חסר מגיעה מליחות העיסה הרוויה בסתיו עד 850 מ"ג כלור (ניסוי בבקעת יבנאל). נראה שאיכות מי ההשקיה מחייבת מימשק השקיה מתאים לדחיקת מלחים.

הפער הגדול בידע בהשקיית שקד בארץ מחייב ביצוע תהליך לימוד שיטתי ע"י בניית עקומי תגובה למים בתקופות פנולוגיות עיקריות, לפני הקטיף ואחריו. בשלב הבא יהיה צורך לבחון את האינטראקציה של השקיה ומליחות בהשפעתם על פוריות השקד ולהתאים מימשק שטיפת מלחים (פרוס מפזרי מים, תדירות השקיה ותצרוכת שטיפה).

בוצע ניסוי השקיה בו נבנה עקום תגובה של שקד (יבול, צימוח ופוריות רב שנתית) למים מההתעוררות ועד הקטיף. העתקת הטיפול המיטבי לחלקות מסחריות אינה אוטומטית בשל הבדלים בגודל הנוף בין מטעים, איכות מי ההשקיה, הבדלים בתרומת מי הגשמים ויעילות ההשקיה בין חלקות. כל מקדם השקיה יוגדר גם במונחים של פוטנציאל המים בגזע כך שיהיה בידנו עקום תגובה לפוטנציאל המים בגזע – החלפת מקדם

ההשקיה בסף פוטנציאל מים מאפשרת להתגבר על ההבדלים שהוזכרו בין החלקות השונות ובתהליך של ניסוי וטעייה ניתן יהיה להגדיר את מקדם ההשקיה בכל חלקה תוך מדידת פוטנציאל המים בגזע.

מטרות המחקר בתקופת הדו"ח

לבנות עקום תגובה למים בשלב צבירת החומר היבש בזרע ולפתח סף פוטנציאל מים לבקרת השקיה. לבחון השפעת השקיה במי קולחים ובמים שפירים על תגובת השקד.

חומרים ושיטות

תגובת שקד למים שפירים בתקופת צבירת החומר היבש בזרע – בשנת 2008 נבנה ניסוי השקיה במטע לביא בגליל התחתון בזן אום אל פחם בוגר. המטע נטוע במירווח 7 מ' X 7 מ' בכיוון נטיעה מזרח מערב. הניסוי כולל חמישה טיפולי השקיה בחמש חזרות בבלוקים באקראי. בכל חזרה 2 עצי מדידה עם עצי גבול ושורות גבול. שטח כל טיפול כ-3.0 דונם ובסה"כ כ-15 דונם. נבנה ראש השקיה ודישון מפקד בקר השקיה לצורך הניסוי. ציוד ההשקיה הוא שתי שלוחות טפטוף 1.6 ל"שעה כל חצי מטר (שיעור השקיה 0.914 מ"מ/שעה).

טיפול השקיה מיצגים מצבי מים שונים בטווח רחב ומנת ההשקיה בכל טיפול משתנה בטכניקה של ניסוי וטעייה בתגובה למדידות פוטנציאל המים בגזע המבוצעות פעם בשבוע. ערכי פוטנציאל המים בצהרים בטיפולים השונים הם -1.1MPa, -1.4MPa, -1.8MPa, -2.1MPa, -2.4MPa. טיפולי ההשקיה הופעלו בשלב צבירת החומר היבש בזרע ממחצית אפריל וההשקיה מבוצעת כל יום. לקראת הקטיף יובשה הקרקע למניעת נזקים מכנים בניעור. לאחר הקטיף ניתנה מנת מים שתשמור על ערכי פוטנציאל מים בגזע של -2.0MPa בכל הטיפולים. בנוסף לניסוי מבוצעת תצפית השקיה עם מנות מים ברמות שונות ע"י החלפת הטפטוף ויצירת שיעור השקיה משתנה. מנות ההשקיה הן 70%, 100%, 140%, 170% ממנת ההשקיה המשקית ממחצית אפריל. ההשקיה עד אפריל הייתה משקית לצורך מתן דשן בכמות אחידה. התצפית החלה ב-2007.

השוואת השקיה במנות גבוהות במי קולחים להשקיה במים שפירים – בשנת 2011 נבנה ניסוי נוסף ליד הניסוי הקודם ובו נבחנת השקיה בקולחים מול השקיה בשפירים במנות גבוהות. הניסוי נבנה במתכונת של בלוקים באקראי עם שש חזרות.

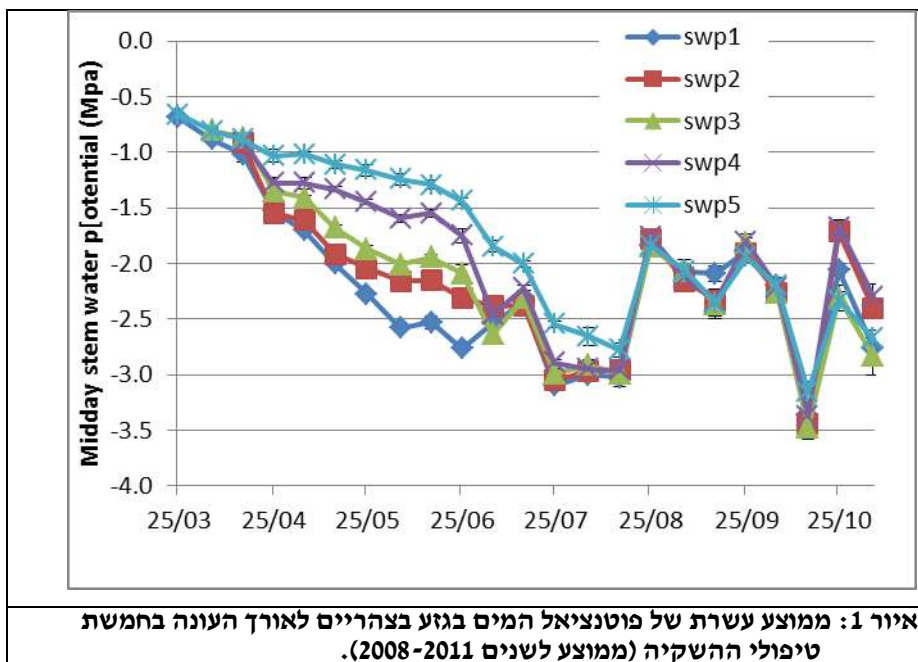
מדידות – מד המים בכל טיפול נקרא מספר פעמים בשבוע. פוטנציאל מים בגזע נמדד על שני קצוות ענפים חד שנתיים לחזרה באמצעות תא לחץ ניד (PMS) המותאם ללחצים של עד 40 אטמוספירות. מבוצעת מדידה רציפה של מליחות בקרקע בניסוי הקולחים. מבוצעות בדיקות עלים ובדיקות קרקע.

קטיף - היבול מכל עץ נקטף בנפרד על ידי מנערת והיבול נאסף לתוך מיכל. היבול הכללי נשקל בשדה ונילקח מידגם של דלי אחד ב-2008 ושני דליים בשנים שלאחר מכן. המידגם הטרי נשקל בשדה והוא יובש בתנור בטמפ' 65 מ"צ. לאחר מכן נספרו הפירות במידגם ובוצעה שקילה של 100-200 זרעים יבשים. נתוני המידגם סיפקו את מספר הפירות לק"ג יבול רטוב ומשקל זרע. מנתונים אלו חושב מספר הזרעים לדונם ומשקל הזרעים לדונם.

צבירת חומר יבש – בוצעה בדיקה של אחוז החומר היבש בזרע ובשומר ב-2007 ובזרע ב-2009. סומנו פירות בגודל אחיד לפני הדגימה הראשונה ובכל מועד נידגמו 15 פירות. ייבוש הפירות נעשה במעבדת שירות שדה בצמח.

שרידות דורבנות - בטיפול הנמוך הבינוני והגבוה סומנו בכל עץ כ-25 דורבנות צעירים נושאי פרי. בוצע מעקב אחר אחוז הדורבנות החיים, אחוז הדורבנות הפוריים ומספר הפירות לדורבן.

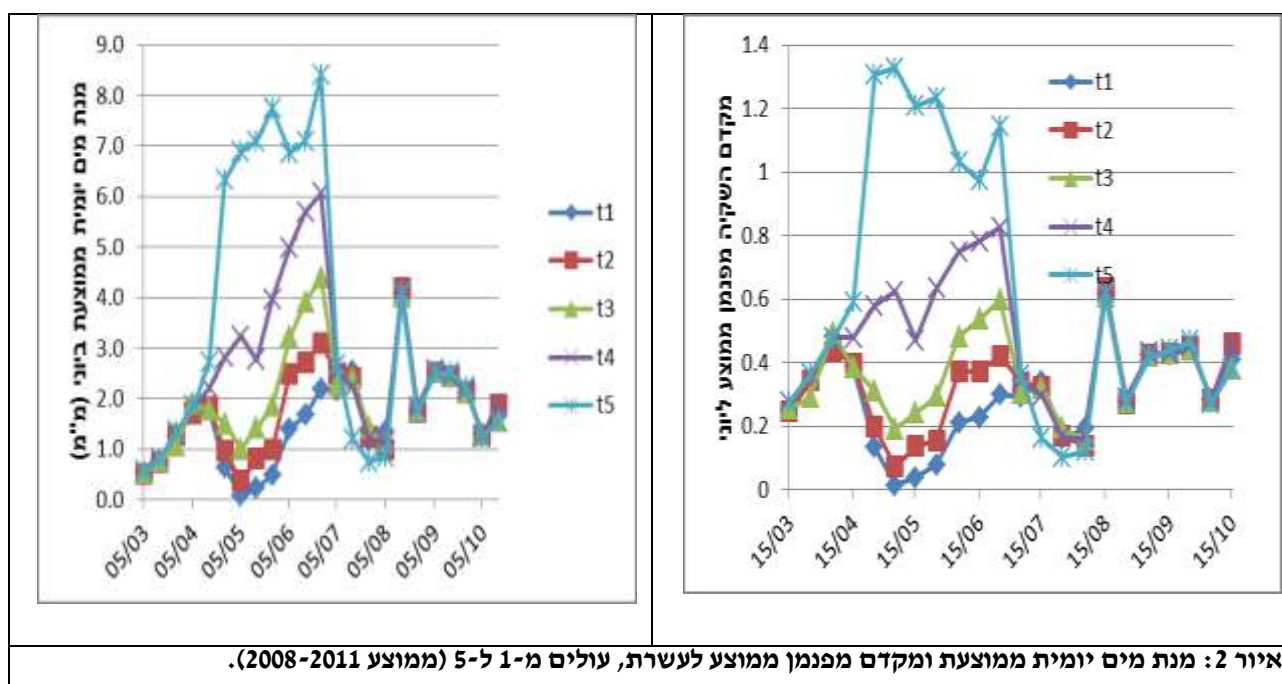
השקיה ודישון – חמשת טיפולי ההשקיה בוצעו בשנים 2008-2011 ולאחר מכן הופסקו שני הטיפולים הנמוכים וקיבלו מנת מים זהה לטיפול 4 במשך שתי עונות. פיצול טיפולי ההשקיה החל בעשרת השלישית של אפריל וההשקיה נעצרה/הופחתה משמעותית בטיפולים הנמוכים עד להגעה ליעד פוטנציאל המים בכל טיפול. בטיפול ההשקיה הגבוה חלה ירידה בפוטנציאל המים בתקופת הפיצול למרות מנות השקיה גבוהות (איור 1) תופעה הידועה בעצי פרי המושקים ללא מיגבלה. טיפול ההשקיה הנמוך הגיע לסף תא הלחץ הרצוי בתחילת יוני. חודש יוני מייצג את התקופה בה כל הטיפולים הגיעו לסף פוטנציאל המים כיוון שביולי בוצע ייבוש הדרגתי של הקרע כהכנה לניעור. מנת ההשקיה היומית בחודש יוני (ממוצע 2008-2011) עלתה מ-1.8 ל-7.5 מ"מ/יום (טבלה 1, איור 2). כשמקדם ההשקיה נע מ-0.25 עד 1.05 ($ET_0=7.1 \text{ mm/day}$). בשנת 2008 ו-2009 ניתנו מנות השקיה גבוהות במיוחד בטיפול ההשקיה הגבוה על מנת לוודא שמגיעים לערך הגבוה ביותר של פוטנציאל המים בגזע. מנת ההשקיה העונתית עלתה מ-364 עד 801 מ"מ (טבלה 2). כאמור, במהלך יולי בוצע ייבוש חלקי של הקרקע כהכנה לניעור ולאחר הקטיף בוצעה ההשקיה בשני שלבים. בשלב הראשון בוצעה הרטבה של הקרקע לפצות על הייבוש שלקראת הקטיף ולאחר מכן ניתנו כ-2.4 מ"מ שהמקדם הוא כ-0.44 מפנמן. בשנים 2012 ו-2013 הופסקו המנות הנמוכות בטיפולים 1 ו-2 והם קיבלו מנה זהה לטיפול 4 שהוא הקרוב לטיפול המסחרי בלביא. מנות הדשן העונתיות לדונם היו 15, 34, 21, 21, ו-39 יחידות חנקן בשנים 2008-2013, בהתאמה ו-14, 14, 34 יחידות תחמוצת אשלגן בשנים 2009-2013, בהתאמה (חסר נתון ל-2008 אך ברור שניתן אשלגן). מנות הדשן ברוב השנים היו נמוכות מהרצוי.



טבלה 1: מנת המים היומית הממוצעת בחודש יוני בחמשת טיפולי ההשקיה בשש שנות המחקר, מנה יומית ומקדם ממוצעים 2008-2011.								
	2008	2009	2010	2011	08-11	Kc 08-11	2012	2013
1	2.1	2.1	2.0	0.9	1.8	0.25	6.2	4.2
2	3.0	3.1	2.7	2.2	2.8	0.39	5.9	4.3
3	4.4	4.7	3.1	3.2	3.8	0.54	3.6	2.6
4	6.1	6.4	4.9	4.9	5.6	0.79	5.9	4.3
5	8.1	8.7	6.5	6.6	7.5	1.05	9.1	6.3

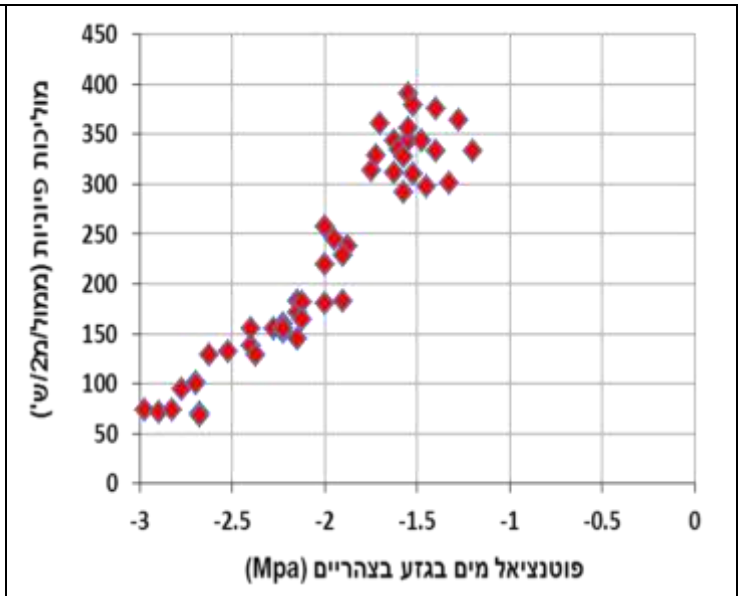
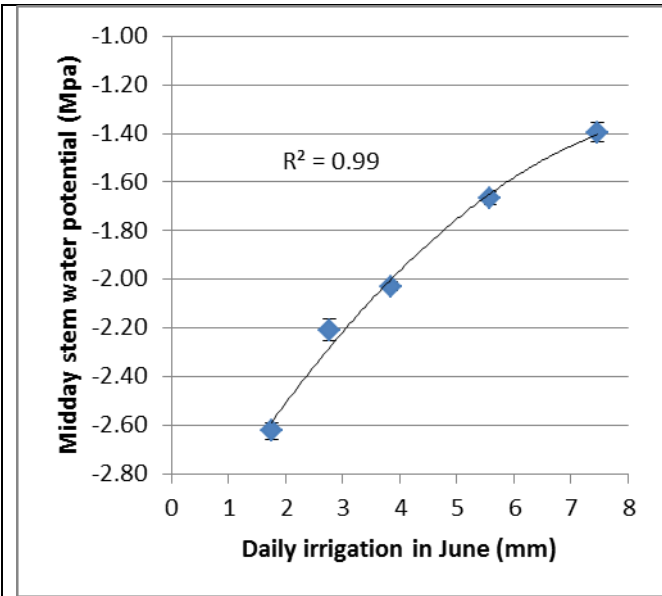
טבלה 2: מנת המים העונתית בחמשת טיפולי ההשקיה בשש שנות המחקר.							
טיפול	2008	2009	2010	2011	08-11	2012	2013
1	280	376	414	385	364	706	641
2	348	421	452	430	413	717	641
3	421	516	500	433	467	556	498
4	563	650	602	604	605	706	640
5	815	802	819	769	801	959	820

מנת המים היומית הממוצעת בחודש יוני (ממוצע לשנים 2008-2011) עלתה מ-1 ל-6 מ"מ (איור 1) ומנת המים הממוצעת בתקופת הפיצול של הטיפולים לשנים אלו נעה מ-70 ל-480 מ"מ.



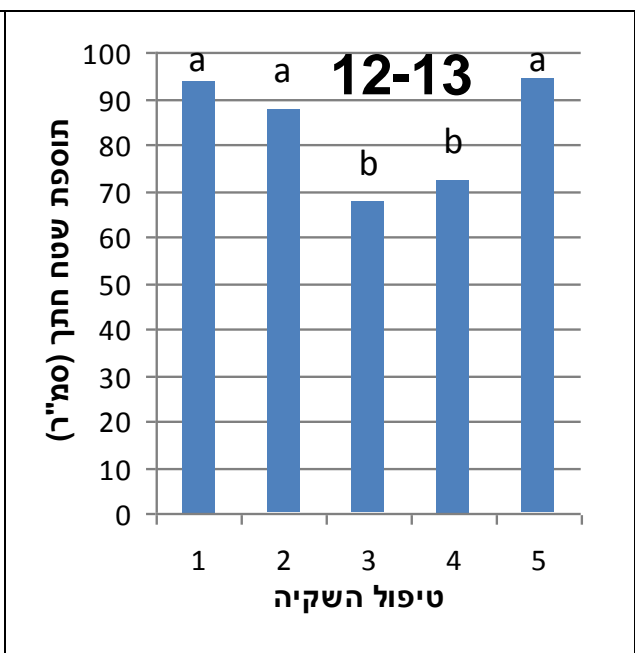
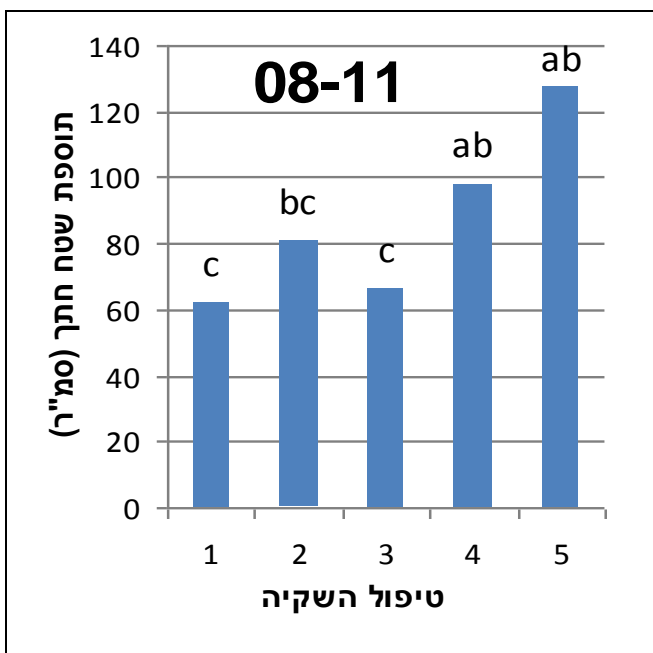
איור 2: מנת מים יומית ממוצעת ומקדם מפנמן ממוצע לעשרת, עולים מ-1 ל-5 (ממוצע 2008-2011).

פוטנציאל מים ומוליכות הפיוניות – פוטנציאל המים בגזע עלה עם העלייה במנת ההשקיה (איור 1) כאשר קצב העלייה דעך עם העלייה במנת ההשקיה (איור 3). מוליכות הפיוניות עלתה בצורה לינארית עם עליית פוטנציאל המים בגזע (איור 3). פוטנציאלי המים הגבוהים התקבלו בטיפולי ההשקיה הגבוהים בהם היה גם נוף גדול יותר (ראה הסעיף הבא) וזה מסביר אולי את הירידה בקצב עליית פוטנציאל המים במנות ההשקיה הגבוהות. קיימות גם אפשרות שעם העלייה במנת ההשקיה יורדת יעילות ההשקיה וחלק גדול יותר יורד מתחת לבית השרשים.

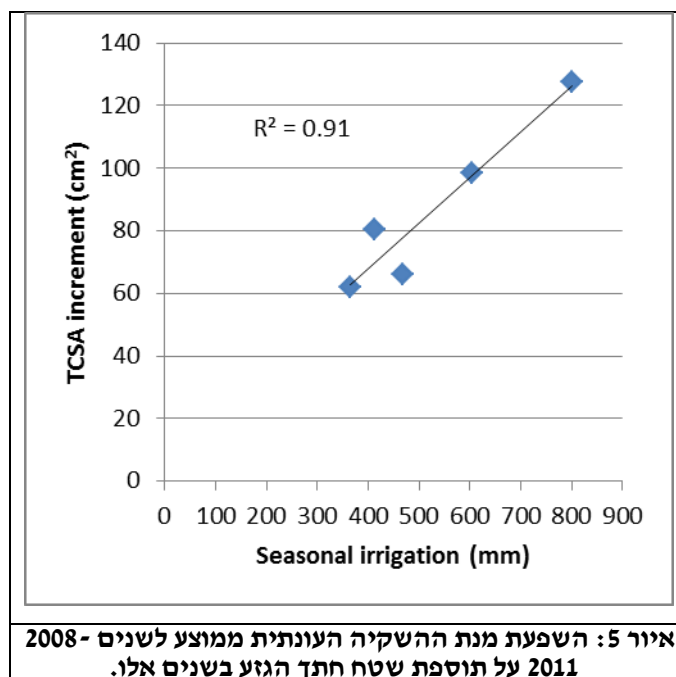


איור 3: השפעת מנת ההשקיה היומית על פוטנציאל המים בגזע (ממוצעים ליוני בשנים 2008-2011). השפעת פוטנציאל המים בגזע על מוליכות הפיוניות.

גודל נוף - במהלך השנים התפתחו הבדלים גדולים בנפח העץ (חזותי, לא נמדד) כשהתקבלה ירידה בנפחו בשני טיפולי ההשקיה הנמוכים בהשוואה למשק ועליה בנפחו בשני טיפולי ההשקיה הגבוהים. הדבר התבטא בצורה חלקית בגידול שטח חתך הגזע (איור 4). פיצול הטיפולים נעשה אחרי שרוב הצימוח העונתי הסתיים ואולי שארית צימוח הנוף בעונה לא מתבטאת בצורה שלמה בתוספת חתך הגזע. תוספת שטח החתך עלתה בצורה לינארית עם עליית מנת ההשקיה (איור 5). בשנים 2012 ו-2013 קיבלו שני הטיפולים הנמוכים מנת מים גבוהה, וזה לטיפול 4 ונראה בהם צימוח גבוה משני הטיפולים שמעליהם וזה לטיפול ההשקיה הגבוהה. גידול הגזע בטיפולים 1 ו-2 היה גבוה מזה שבטיפול 4 בשנים 2012-2013 למרות מנת ההשקיה הזוה כיוון שהנוף בהם היה קטן משמעותית מטיפול 4 ובעצם מקדם ההשקיה היה גבוה יותר בפועל. למרות הפיצוי בשנים 2012-2013 לא נסגר ההבדל בנפח העץ (לא נמדד).



איור 4: תוספת שטח חתך גזע בטיפולים השונים בשנים 2008-2011 ו-2012-2013.



יבולים - בנייתוח הנתונים נערוך שלוש השוואות: בין כל הטיפולים לשנים 2008-2011; שלושת טיפולי ההשקיה הגבוהים לשנים 2008-2013; והתאוששות הטיפולים הנמוכים לאחר חזרה להשקיה גבוהה לשנים 2012-2013.

יבול הזרעים הראה עקום מקסימום ב-2008 כאשר הירידה בטיפולים הגבוהים לא הייתה מובהקת (טבלה 3) היבול הנמוך בטיפולי ההשקיה הגבוהים נבע ממספר פירות נמוך (לא מוצג) דבר שלא נראה סביר בשנת המחקר הראשונה שכן פיצול הטיפולים החל בסוף אפריל כשנשירת הפירות כבר הסתיימה. בטיפולים הגבוהים השומר היה ירוק וגדול ונפח הפרי גדול. קיימת אפשרות שהפירות הגדולים הצטברו בחלק העליון של המיכל בזמן התנועה לעמדת השקילה בגלל נפחם ושלא נעשה ערבוב טוב והייתה הטיה בדגימה לפירות גדולים. בשנים שלאחר מכן הוכפל מידגם הפירות והייתה הקפדה על ערבוב הפרי במיכל לפני הדגימה.

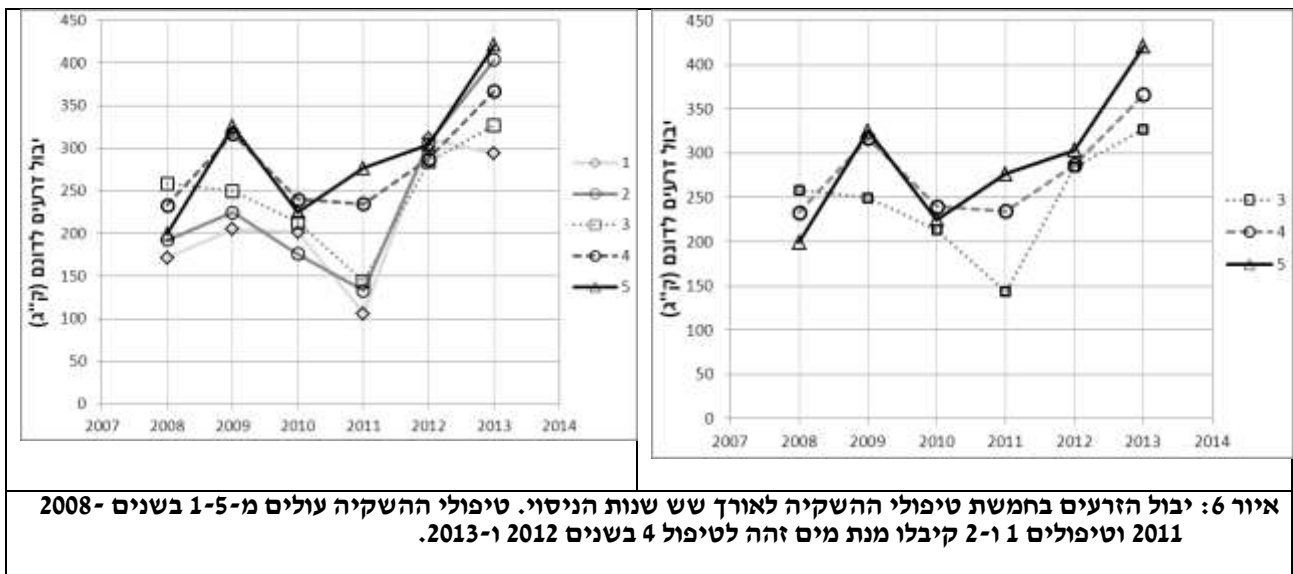
היבול בטיפולי ההשקיה הגבוה הראה סירוגיות קלה בארבע העונות הראשונות (איור 6; טבלה 3) בעוד שטיפולי ההשקיה הנמוכים הראו יבול דומה בשנתיים הראשונות ולאחר מכן חלה דעיכה משמעותית ביבולים. יבול הזרעים הממוצע לשנים 2008-2011 עלה מכ-170 לכ-260 ק"ג/דונם עם העליה במנת ההשקיה (טבלה 3) ללא הבדל בין שני הטיפולים הגבוהים כשהגורם המכריע בקביעת היבול הוא מספר הפירות לעץ (טבלה 4).

. היבול הממוצע בטיפול 3 בשש שנות המחקר היה נמוך בכ-50 ק"ג מטיפול ההשקיה הגבוהה (ירידה של 15%). לעומת זאת היבול הממוצע בשלוש שנות המחקר האחרונות היה 251, 296 ו-334 ק"ג/דונם בטיפולי 3, 4, 5, בהתאמה, פער מובהק של כ-80 ק"ג/דונם. נראה שחסרונו היחסי של טיפול 3 עלה עם השנים.

היבולים בכל הטיפולים היו גבוהים מאד בשנים 2012, 2013 כולל בטיפולי ההשקיה הנמוכים שקיבלו מנת השקיה גבוהה בשנים אלו (טבלה 3, איור 6). טיפולי ההשקיה הנמוכים הראו התאוששות משמעותית לאחר החזרת מנת המים למרות שנפח העץ נשאר עדיין קטן בהשוואה לטיפול ההשקיה הגבוהה. השנים 2012 ו-2013 היו עם יבול מסחרי גבוה בכל הארץ כשב-2012 הדבר הוסבר בצבירת מנות קור רבות וב-2013 כנראה היה מפגש מפרים טוב. טיפולי ההשקיה הנמוכים צמחו בצורה משמעותית ב-2012 יותר מטיפולים אחרים שכן מנת ההשקיה הייתה גבוהה והנוף היה קטן. כנראה צימוחים אלו העלו את היבולים ב-2013 למרות שהפער בנפח העצים לא נסגר. בעצם מדובר בשני סוגי עצים שונים כשבלט בשני טיפולי ההשקיה הנמוכים הרבה צימוחים חד שנתיים בנפח קטן יחסית.

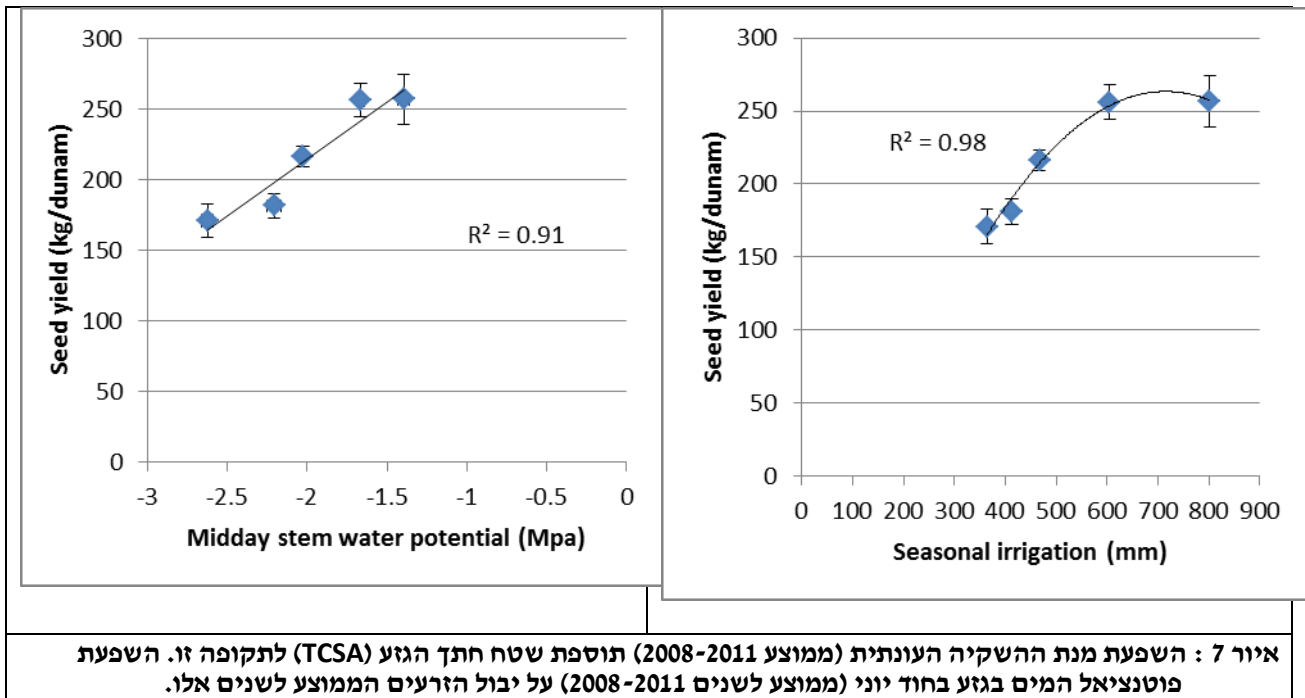
טבלה 3: יבול הזרעים (ק"ג/דונם) בטיפול ההשקיה השונים (מנת מים עולה מ-1 עד 5) בשנים 2008-2013.								
08-13	2013	2012	08-11	2011	2010	2009	2008	טיפול השקיה
215 c	294 b	311 a	171 c	106 b	201 a	205 c	171 b	1
239 c	404 ab	306 a	181 bc	133 b	176 a	224 bc	192 ab	2
246 bc	327 ab	284 a	216 b	143 b	213 a	250 b	258 a	3
280 ab	368 ab	287 a	256 a	235 a	240 a	317 a	233 ab	4
292 a	421 a	304 a	257 a	277 a	225 a	325 a	199 ab	5

טבלה 4: מספר פירות לעץ בטיפול ההשקיה השונים (מנת מים עולה מ-1 עד 5) בשנים 2008-2013.								
08-13	2013	2012	08-11	2011	2010	2009	2008	טיפול השקיה
7360 b	8882 b	9851 a	6337 c	3256 b	7014 a	7765 b	7416 ab	1
8203 ab	12765 ab	9564 a	6722 bc	3959 b	6165 a	8738 b	8027 ab	2
8530 ab	11150 ab	9353 a	7669 ab	4372 b	7483 a	9056 b	9766 a	3
9826 a	14445 a	8904 a	8872 a	7511 a	7804 a	11406 a	8827 ab	4
9772 a	14523 a	9401 a	8723 a	8946 a	6943 a	11945 a	6822 b	5

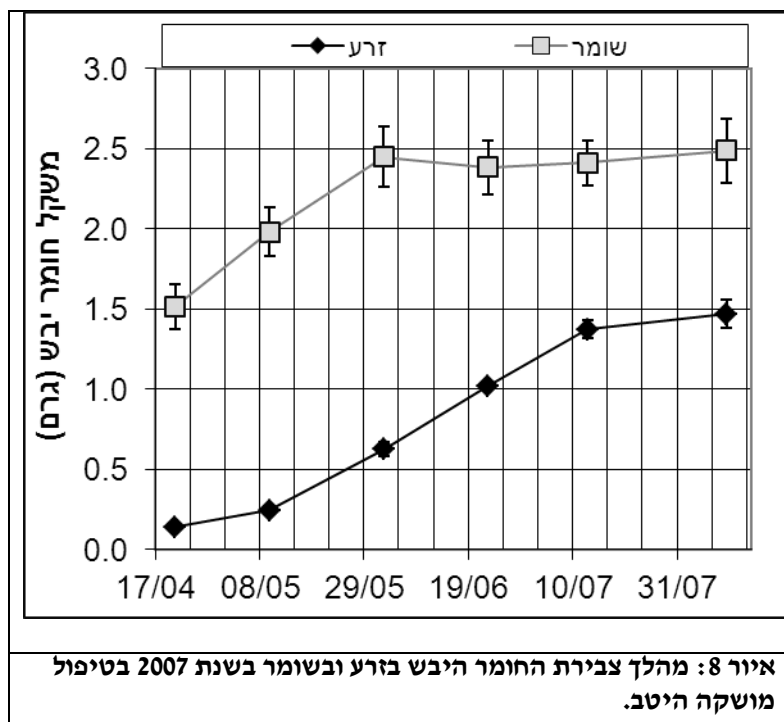


בשנת 2012 התקבל יבול גבוה בכל טיפולי ההשקיה כאשר גובה היבול בשני טיפולי ההשקיה הנמוכים (בעבר) הפתיע בגובהו. לכאורה נראית התאוששות ביבולים תוך שנה אך להערכתנו הדבר נובע מהיבול הנמוך במיוחד בשנה הקודמת בשני הטיפולים הנמוכים ומכך שחורף 2011/12 היה קר במיוחד והיה מיצוי פוטנציאל הפריחה. בשנת 2013 נראה בבירור שכמות היבול בשני טיפולי ההשקיה הנמוכים בעבר נמוכה משמעותית מטיפולי ההשקיה הגבוהים.

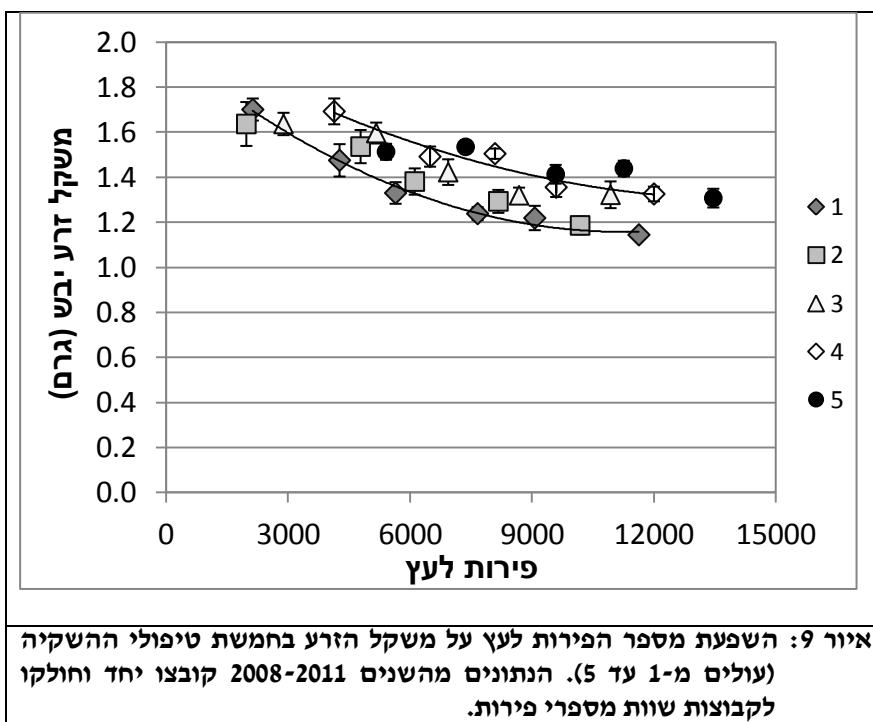
היבול עלה באופן לינארי עם עליית פוטנציאל המים בגזע (איור 7) בעוד שהעליה שלו עם עליית מנת המים העונתית הראתה התכנסות למקסימום. ההבדל בצורת העקום קשור בפער הקטן בפוטנציאל המים בין שני הטיפולים הגבוהים ופער גדול יותר במנות המים (איור 3, 7). נראה שאין יתרון בעליה במנת ההשקיה מעבר לטיפול 4 (טבלה 3, איור 7). נמצא גם קשר לינארי בין תוספת שטח החתך בשנים 2008-2011 ליבול הממוצע לאותן שנים ($r^2=0.64$)



גידול פרי – בתחילת פיצול טיפולי ההשקיה היגיע השומר לכ-60% ממשקל החומר היבש הסופי שלו בעוד שכמות החומר היבש בזרע הייתה כ-10% מהמשקל היבש הסופי (איור 8). עיקר צבירת החומר היבש בזרע חל בתקופת פיצול טיפולי ההשקיה.

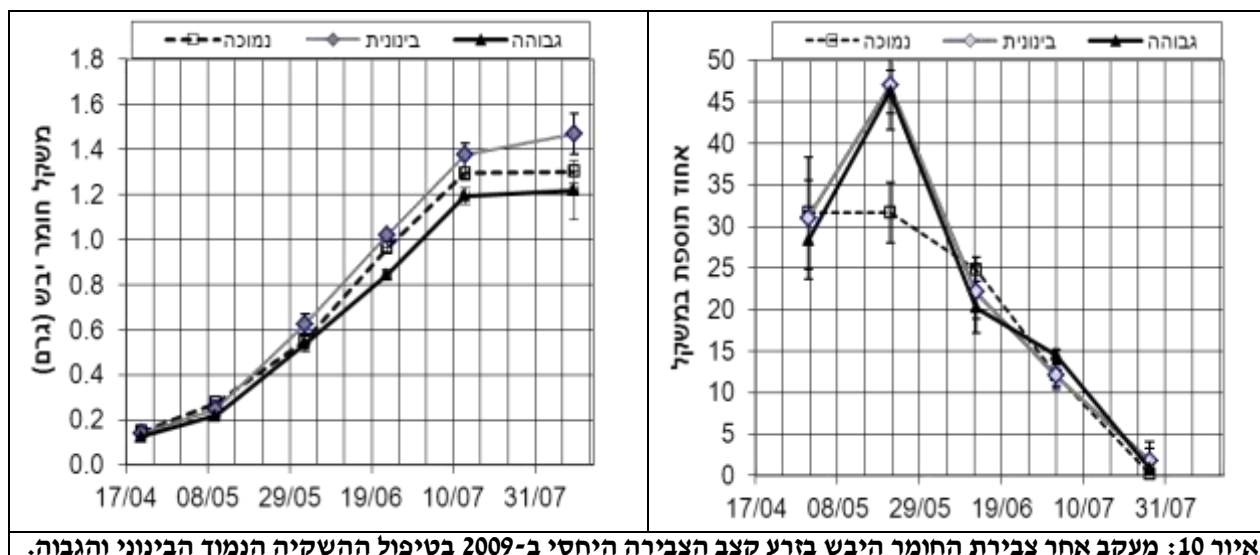


מספר הפירות לעץ הוא הגורם המשפיע ביותר על משקל הזרע אך נראית השפעה ברורה גם של מנת ההשקיה (איור 9). בטיפול ההשקיה הנמוכה התקבלו זרעים קטנים יותר משני טיפולי ההשקיה הגבוהים וטיפולי הביניים הראו ערכי ביניים.

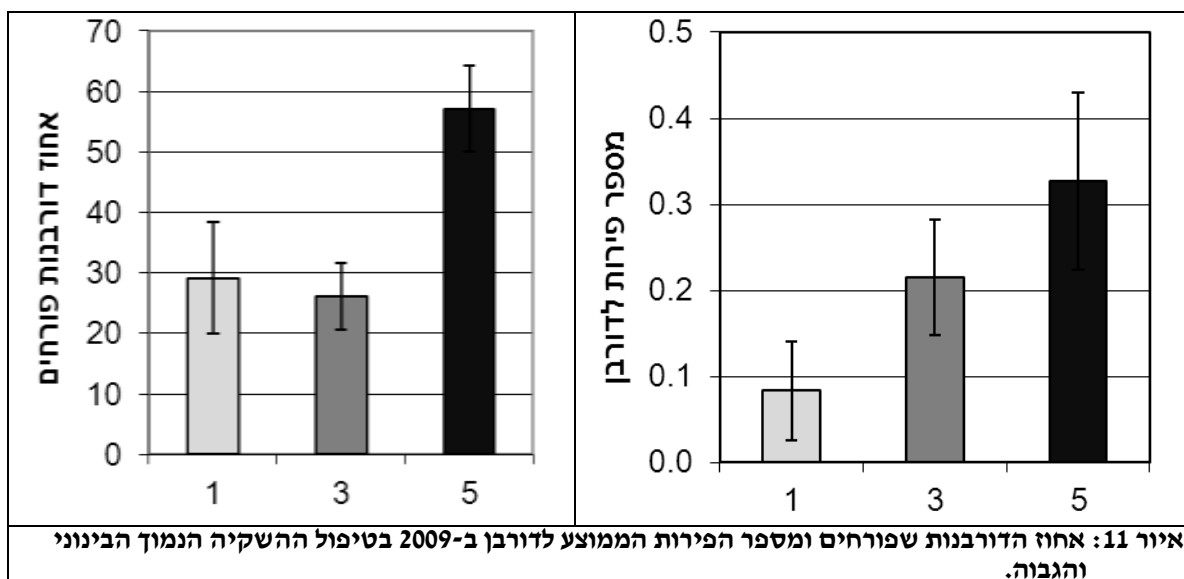


התקבלו הבדלים בצבירת החומר היבש בין טיפולי ההשקיה (איור 10) כאשר המשקל הגבוה ביותר התקבל בטיפול 3 ולאחריו טיפול 1 וטיפול 5. מספרי הפירות באותה שנה היו 7765, 9056 ו-11945 פירות לעץ בטיפולים 1, 3 ו-5, בהתאמה. נראה שהמשקל היבש הנמוך בטיפול הגבוה נובע ממספר הפירות לעץ המשפיע על משקל הזרע (איור 9). בטיפול הבינוני התקבלה צבירה גבוהה יותר של חומר יבש בהשוואה לטיפול הנמוך למרות מספר הפירות הגבוה יותר בטיפול הבינוני דבר המצביע גם הוא על השפעה ישירה של ההשקיה על משקל הזרע (איור 10). אחוז צבירת החומר היבש (relative growth rate) בחודש מאי היה גבוה יותר בטיפול ההשקיה הבינוני והגבוה בהשוואה לטיפול הנמוך (איור 10).

במהלך חודש יולי חלה האטה משמעותית בקצב גידול הזרע בכל הטיפולים (איור 10). לא ברור האם מדובר במהלך טבעי של צבירת החומר היבש בפרי או שהדבר קשור בחלקו לייבוש הקרקע לצורך הניעור שהכניס את העץ לעקת מים חריפה.



שרידות דורבנות – אחוז הדורבנות הפורחים בשנת 2009 היה גבוה יותר בטיפול ההשקיה הגבוה בהשוואה לטיפול הבינוני והנמוך שלא נבדלו (איור 11). נראתה מגמה לא מובהקת של עליה במספר הפירות הממוצע לדורבן עם העליה במנת ההשקיה. מגמה דומה במספר הפירות לדורבן נמצאה גם בשנת 2011 (טבלה 5). אחוז הדורבנות החיים ב-2011 היה כ-35% בטיפול ההשקיה הגבוהה וכ-24% בשני הטיפולים הנמוכים (טבלה 5). אחוז הדורבנות החיים לאחר ארבע שנות מחקר דומה לספרות העולמית אך בניגוד לפרסום בעולם נראתה השפעה שלילית של מנת מים נמוכה על שרידות הדורבנות. ב-2011 הייתה מגמה של ירידה באחוז הדורבנות נושאי הפרי מתוך סך הדורבנות בתחילת הניסוי עם הירידה במנת ההשקיה (טבלה 10). ב-2011 נראה הבדל לא מובהק באחוז הדורבנות החיים שנשאו פרי עם יתרון לא מובהק לטיפול ההשקיה הבינוני.



טבלה 5: נתוני שרידות דורבנות ב-2011 לאחר ארבע שנות מחקר בטיפול ההשקיה הנמוך, הבינוני והגבוה (עולים מ-1 ל-5). פירות לדורבן, אחוז דורבנות חיים אחוז דורבנות עם פרי מסך הדורבנות בתחילת המחקר ואחוז הדורבנות נושאי פרי מהדורבנות החיים.				
טיפול השקיה	פירות לדורבן	דורבנות חיים (% ממספרם בתחילת הניסוי)	דורבנות עם פרי (% ממספרם בתחילת הניסוי)	דורבנות עם פרי (% מהדורבנות החיים ב-2011)
1	0.11 a	23.3 b	7.7 a	34.0 a
3	0.18 a	26.4 b	10.7 a	39.8 a
5	0.26 a	35.8 a	12.1 a	30.9 a

השקיה ובעיות איורור – בנושא זה הצטברו תובנות שאינן מגובות בהוכחות. בניסוי אחר שבוצע בחלקה משובשת צמודה לניסוי העיקרי נערכה השוואה בין השקיה בקולחים להשקיה בשפירים במנות גבוהות. עקב חשש מסכנת המלחה בשל תקלת דישון בחודש מרץ ניתנה השקיה של כ-80 מ"מ. כחודש לאחר ההתעוררות חלה תמותת עצים בטיפול הקולחים ונראה שמי קולחים בקרקעות כבדות יכולים להוות גורם סיכון. בנוסף, חלה ירידה ביבולי טיפול ההשקיה הגבוהה עם המעבר מהחזרה העליונה לתחתונה כשצמוד לניסוי המשווה קולחים לשפירים היבולים היו נמוכים יותר. תצפית על ניסוי ההשקיה העיקרי הראה התחלות של הצהבת עלים בטיפול ההשקיה הגבוהה שההסבר שניתן הוא התחלה של בעיות איורור. המסקנה שלנו היא שבקרקעות כבדות דוגמת זו שבניסוי העיקרי קיימת אולי סכנה של בעיות איורור במנות השקיה גבוהות וכנראה שנושא זה יגביל את היבול המקסימלי.

דיון כללי ומסקנות – המחקר הראה שיש תגובה חזקה של עליה ביבול עם העליה במנת ההשקיה דבר שנבע בעיקר מגידול נפח העץ ועליה במספר הפירות לעץ. הושג יעד יבולים של 260 ק"ג/דונם בממוצע ועל סמך השנים עם יבולים גבוהים, במיוחד 2012 ו-2013 נראה שיעד של 300 ק"ג/דונם הוא בר השגה, ודאי בקרקעות קלות. השקיה גבוהה מעלה את שרידות הדורבנות אבל גם במנות השקיה גבוהות נשארים רק 35% מהדורבנות בחיים לאחר ארבע שנים דבר שממחיש את הצורך בצימוח צעיר לחידוש מלאי הדורבנות.

נראה שהחלקה עדיין לא הגיעה לגודל נוף מקסימלי למרות שש שנות המחקר ולכן לא ניתן לקבוע מהו הטיפול האופטימלי במצב שבו העץ מגיע לנפחו ההמקסימלי.

לא נמצא הבדל בין שני טיפולי ההשקיה הגבוהים מבחינת היבול אבל נמצא יתרון לטיפול הגבוה מבחינת תוספת שטח החתך ונפח העץ. כיוון שידוע הקשר שבין נפח העץ לפוריות אז צפוי עדיין יתרון להשקיה הגבוהה לאורך זמן. יחד עם זאת נשאלת השאלה האם יתרון זה מצדיק תוספת של שליש במנת ההשקיה (כ-200 מ"מ).

אם מתייחסים לטיפול 4 כטיפול האופטימלי אזי היבול עלה מ-171 ל-256 ק"ג/דונם עם עליה מ-360 ל-604 מ"מ/עונה, תרומה של 35 ק"ג יבול לכל 100 מ"מ. בנוסף התקבלה עליה של כ-12% בגודל הפרי בין ההשקיה הנמוכה לגבוהה. פוטנציאל המים בגזע של טיפול 4 ביוני היה 1.7 MPa- ומנת ההשקיה ביוני הייתה 5.5 מ"מ/יום. יש מקום לקחת מקדם בטחון בהשקיה ובסף פוטנציאל המים בגזע שכן ערכים נמוכים מ-1.7MPa- יובילו לירידת יבולים. חשוב לציין כי הקשר בין פוטנציאל המים ליבול לא הגיע לרוויה כך ששיפור בפוטנציאל המים סביר שישפר את היבול. יש מקום לבחון בכל מטע מהו הערך המקסימלי של פוטנציאל המים אליו ניתן להגיע ולקבוע אותו כיעד למצב מים אופטימלי. עקום התגובה של יבול הזרעים למים (איור 7) יכול לשמש לניתוח כלכלי לחישוב מנת המים האופטימלית מבחינה כלכלית.

נראה (ללא הוכחות) שבקרקעות כבדות יוגבל היבול המקסימלי בשל בעיות איוורור במיוחד בשימוש בקולחים.