

ייעול השקיית בטטה לשיפור איכות יבול הבטטות בנגב המערבי

תוכן העניינים

1	תקציר
1	רקע
3	מהלך המחקר ושיטות העבודה
6	תוצאות ביניים
12	דיון
14	ביבליוגרפיה
	סיכום שאלות מנחות..... Error! Bookmark not defined.

מו"פ דרום, דו"ח סופי 2020-2022

מספר מחקר: 92-014-20

שם התכנית: ייעול השקיית בטטה לשיפור איכות יבול הבטטות בנגב המערבי

חוקר ראשי: טלי אילני

שותפים: נפתלי לזרוביץ, חיישנים וליזימטרים, אוניברסיטת בן-גוריון; אלון בן גל, ליזימטרים ומאזני מים, מנהל המחקר החקלאי, מרכז מחקר גילת; אורי אדלר, ייעוץ אגרונומי, שה"מ זיו מי-טל, ייעוץ אגרונומי, שה"מ.

סטטוס התכנית: דוח סופי

מועד התחלה וסיום התכנית: ינואר 2020 - דצמבר 2022

תקציר

כמחצית מגידול הבטטות (*Ipomoea batatas* L.) בארץ נמצא באזור הנגב והבשור. חקלאי האזור משקים כיום בעיקר בהמטרה ובשנים האחרונות קיימת מגמה למעבר להשקיה בטפטוף. הבטטות זקוקות לכמויות מים שונות בשלבי הגידול השונים אולם ישנו צורך במחקר בשדה שיבחן את השפעת כמויות המים השונות על איכות היבול.

מתוצאות הניסוי בשנה הראשונה נראה כי בשתילה מאוחרת טיפולי הטפטוף יכולים לתת תוצאות טובות יותר בכמות מים קטנה יותר וניתן אף לרדת לכ-70% או להשקות לפי מקדם השקיה של 0.7 מההתאדות המחושבת על פי פנמן. בשנה השנייה לניסוי ראינו כי השקיה בתדירות גבוהה מהנהוג (השקיה יומית לאורך כל זמן הגידול) מגדילה את היבול. בשנה השלישית נמצא כי השקיה בכמויות מים השוות לצריכה או גדולות יותר אינן תורמות להגדלת היבול או לשיפור האיכות. ישנה חשיבות לשמירה על מתח מים קבוע בקרקע ללא יצירת מחזורי הרטבה ויבוש. בקרקע החולית ניתן לשמור על מתח מים כזה בכמויות מים קטנות יחסית (כ-70-90% מצריכת המים של הצמח) בהשקיה יומית.

רקע

היקף גידול הבטטות (*Ipomoea batatas* L.) בארץ גדל בשנים האחרונות (גלעדי וחובריו, 2013) וכיום מגדלים כ-15,000 דונם כמחציתם באזור הנגב והבשור. גידול הבטטות על קרקע חולית, האופיינית לאזור הבשור, מייטיב עם מבנה האשרוש. מחקרים רבים בעולם הראו שלרטיבות הקרקע יש השפעה על איכות

וכמות היבול (Daryanto et al., 2016; Mantovani et al., 2013). שינוי כמות ותדירות ההשקיה בשלבי הצימוח השונים של הבטטה ישפיע לא רק על כמות היבול אלא גם על איכותו. לפי Gajanayake et al. (2013) השקיה בעודף בשלב התמיינות שורשי האגירה (כ-40 יום משתילה) תגדיל את מספר האשרושים ועל ידי כך ייווצרו יותר פקעות. כלומר, בהשקיה בעודף בשלב הראשון, מספר הבטטות הכללי יהיה יותר גדול לאותו שטח יחסית להשקיה בחסר. לעומת זאת, חקלאים מדווחים כי השקיה בעודף בשלבי הגידול השונים דווקא פוגעת בהתמיינות. השקיה בחסר בשלב שבו מתמלאים האשרושים תגדיל את גודל ומשקל הבטטות על ידי הקצאת יותר משאבים לבטטות על חשבון העלווה (Chowdhury & Varma, 1997). כלומר, בהשקיה בחסר בשלב השני, משקל כל בטטה יהיה יותר גדול יחסית להשקיה בעודף (Gajanayake & Reddy, 2016). אולם, ישנו צורך להגדיר את כמות המים הנכונה גם בשלב זה על מנת לוודא זמינות מים מספיקה לצמח. מעט העבודות שהראו את השפעת ההשקיה על איכות היבול הראו כי השקיה בחסר שיפרה את איכות הבטטות בשלב האחסון, הקטינה את הפחת (Thompson et al., 1992) והשפיעה באופן חיובי על אורך ועובי הבטטה - פרמטרים חשובים בשיווק התוצרת (Nogueira et al., 2016). בשלב השלישי גידול האשרושים נעצר והקליפה נבנית ומתייצבת. השלב הזה בנגב נוצר על ידי הפסקת ההשקיה. הסרת העלווה לפני אסיף הבטטות תורמת אף היא להתחזקות קליפת האשרוש.

מרבית הבטטות בעולם גדלות ללא השקיה, אך בנגב זהו גידול קייצי עם צריכות מים גבוהות (לפי המלצות ההשקיה נכון להיום) המצריך השקיה לאורך כל העונה. אי לכך, מרכיב המים הוא ההוצאה הגדולה ביותר בגידול בטטות בנגב (גל ומדלג' 2013). משך כל שלב בגידול הבטטה וכמות ההשקיה המומלצת תלויים בין היתר בטמפרטורה ובזן (Gajanayake et al., 2014). בנוסף, חקלאי הנגב התחילו לעבור להשקיה בטפטוף כאשר ההמלצות של שה"מ לפיהן הם משקים כיום (לפי מקדם התאדות של 0.8-0.9 בתקופת הגידול העיקרית, ו-0.4-0.6 כאשר הצמחים צעירים) הן להשקיה בהמטרה.

הדרך הישירה לכמת מאזני מים בתנאי שדה הינה ליזימטרים נשקלים המשמשים בעיקר ככלי להערכת אווטרנספירציה ופוטנציאל זיהום (Lazarovitch et al., 2006). בליזימטרים אפשר לאפיין ולכמת תהליכים רבים שיש קושי למדוד בדרך כלל בתנאי שדה. למשל, ניתן לאסוף את מי הנקז מהליזימטר ולנטרם, או למדוד שינויים בתכולת רטיבות.

מפגישות שנעשו עם המגדלים הגדולים של בטטות בנגב התברר שיש הרבה אי ודאות בקשר למשטר ההשקיה המיטבי ולזמן השארת הבטטות באדמה אחרי הפסקת ההשקיה. כמו כן, יש רצון גדול של החקלאים שיתבצע מחקר יסודי בכדי לייעל את משטר ההשקיה, תוך דגש על איכות הקליפה ופחת בזמן האחסון.

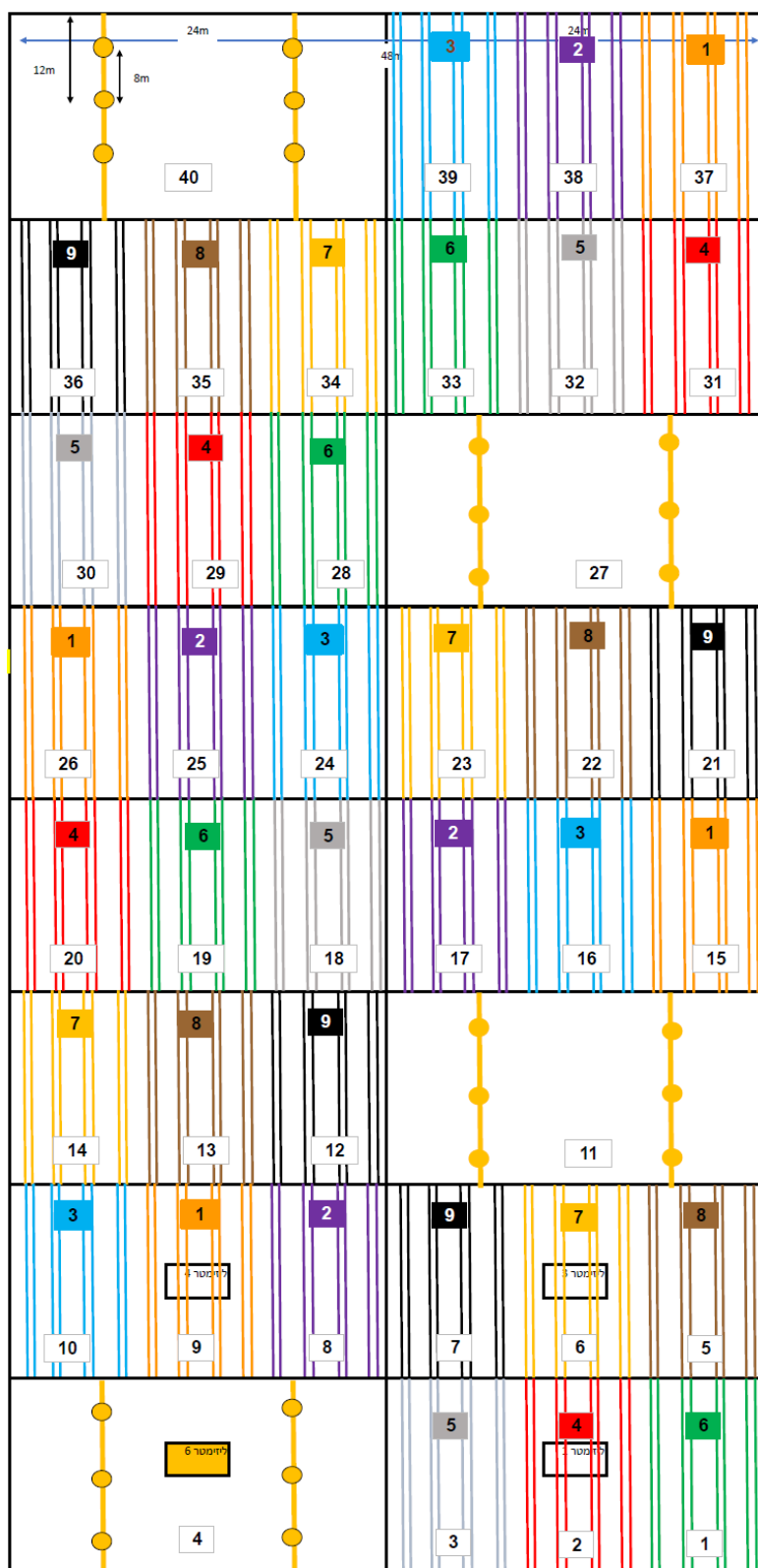
מטרת המחקר בעונת הגידול השלישית היתה מציאת משטר ההשקיה האופטימלי בשלב הגידול הראשון לקבלת התמיינות מרבית של האשרושים. בשלב הגידול השני יבחן שילוב של השקיה בתדירות גבוהה עם כמויות מים מופחתות מהנהוג להפחתת כמויות המים המשמשות להשקיית הבטטה כיום ולקבלת יבול מקסימלי ומזעור פחת באחסון. מאחר וחלק מחקלאי האזור משקים בטפטוף וחלק בהמטרה – נשווה בין משטר השקיה דומה בטפטוף להמטרה.

מהלך המחקר ושיטות העבודה

הניסוי נערך בכל שלושת השנים בחלקות הקבועות במו"פ דרום. כל חלקה בגודל של כ- 10 דונם ובכל אחת ממוקמים 4 ליזימטרים. הקרקע בכל השטח הינה קרקע חולית (בין 85% ל-90% חול). בכל שנה נשתלה הבטטה בחלקה אחרת כך שלא היתה חזרה של גידול על אותו שטח במהלך כל תקופת המחקר. כל חלקה חולקה ל-16 תת חלקות בגודל 24X24 מטר. בעונת הגידול הראשונה הניסוי התבצע על שתי חלקות (כלומר, על 32 תת חלקות) וכלל 4 טיפולי השקיה בטפטוף ו-4 טיפולי השקיה בהמטרה שהחלו בשלב הגידול השני (40 ימים לאחר שתילה) וכללו כמויות שונות של מים בתדירות השקיה אחת ליומיים (100%, 70%, 50% מצריכה ומשקי). בעונת הגידול השנייה הניסוי התבצע על חלקה אחת וכלל 4 תת חלקות שהושקו בהמטרה ו-36 תת חלקות (12 תת חלקות שחולקו כל אחת ל-3) שהושקו בטפטוף בתדירויות השקיה שונות בשלב הגידול הראשון (כל יום בטפטוף ובהמטרה, כל 4 ימים בטפטוף וכל 8 ימים בטפטוף) ובשלב הגידול השני (כל יומיים בטפטוף ובהמטרה, פעם ביומיים בטפטוף וכל 4 ימים בטפטוף). בשנה השלישית החלקה הרביעית חולקה בדומה לשנה השנייה. הטיפולים השונים וחלוקתם בשטח מתוארים באיור 1 וטבלה 1.

טבלה 1. הטיפולים השונים בניסוי ומספרי החלקות לכל טיפול.

חלקות	כמות מים השקיה שלב ב'	כמות מים שלב א' (40 ימים ראשונים)	השקיה	
37,26,15,9	90%	125%	טפטוף	1
38,25,17,8	70%	125%	טפטוף	2
39,24,16,10	50%	125%	טפטוף	3
31,29,20,2	90%	100%	טפטוף	4
32,30,18,3	70%	100%	טפטוף	5
33,28,19,1	50%	100%	טפטוף	6
34,23,14,6	90%	70%	טפטוף	7
35,22,13,5	70%	70%	טפטוף	8
36,21,12,7	50%	70%	טפטוף	9
40,27,11,4	90%	125%	המטרה	10



איור 1. תיאור סכמטי של שטח הניסוי. 10 טיפולים (9 טיפולי השקיה בטפטוף, קווים. טיפול אחד השקיה בהמטרה, עיגולים) כמתואר בטבלה 1 (לכל טיפול מספר בריבועים הצבעוניים). ארבע חזרות לכל טיפול (חלקות ממוספרות בריבועים לבנים).

בשנת הניסוי הראשונה ניתנה ב-40 הימים הראשונים כמות זהה של מים לכל הטיפולים בהמטרה או בטפטוף פעם ביום לפי ההמלצות המישיקיות (5 מ"מ ביום + 0.5 ליטר לקוב מים של 32% אוראן). החל מהיום ה-40 ההשקיה ניתנה פעם ביומיים כאשר כל טיפול קיבל כמות מים שונה. בשנתיים העוקבות עם השתילה ובשבוע לאחר השתילה ניתנה מנת מים של 10 מ"מ במנות קטנות לאורך כל היום על מנת להקל

את הקליטה של הצמחים. לאחר עשרת הימים הראשונים ההשקיה המשיכה בהמטרה או בטפטוף לפי הטיפולים השונים. ההשקיה במהלך העונה השניה היתה בכמות הזהה לצריכה שנמדדה בליזמטרים אך בתדירויות שונות. במהלך העונה השלישית התבצעה ההשקיה לאורך כל העונה כל יום בהתאם לתוצאות שהתקבלו בעונת הגידול הקודמת שהראו כי היבול הגבוה ביותר התקבל בהשקיה מידי יום לאורך כל העונה. מכיוון שלא ניתן דישון ביסוד בחודש הראשון ניתן בהגמעה דשן שפר 7-3-7. לאחר מכן ניתן דשן אמון חנקני 18%. סך כל השטח לא קיבל כמות חנקן שעולה על 15 ק"ג לדונם לכל העונה.

$$\frac{dW}{dt} = I - (ET + D)$$

נתוני צריכת המים של הבטטות חושבו על פי :

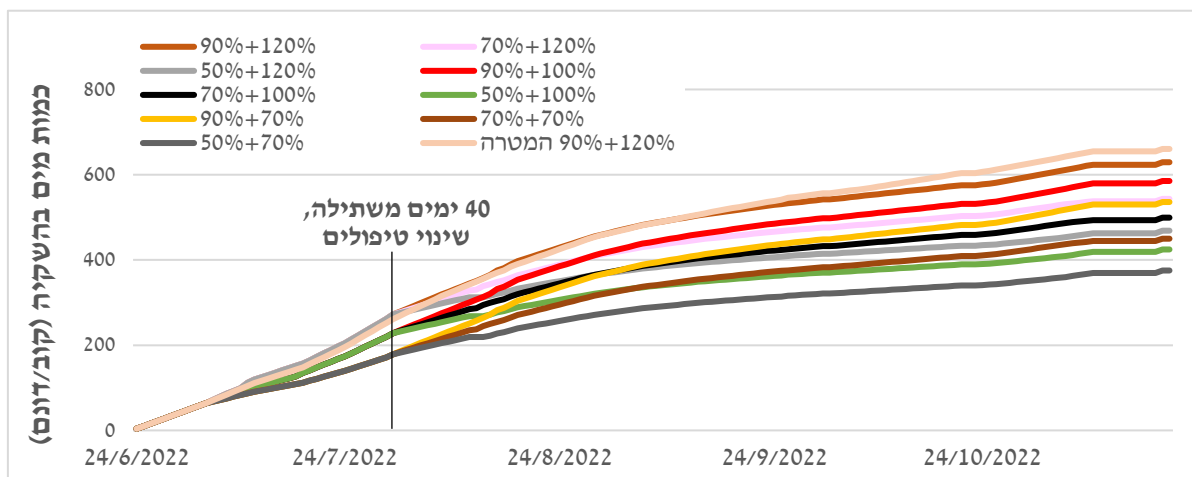
כאשר dW הינו השינוי בכמות המים בליזימטר בו שתולות בטטות כתלות בזמן t , I שטף ההשקיה, D שטף מי הניקוז, ו- ET שטף האוופוטרינספירציה. השקילה (המייצגת את תכולת המים בקרקע) נמדדת כל 10 דקות.

מקדם הגידול של הבטטה בטפטוף ובהמטרה, K_c , חושב לפי שיטת FAO למקדם לגידול יחיד (Allen et

al., 1998) : $K_c = \frac{ET}{ET_0}$ כאשר ET_0 הוא האוופוטרינספירציה המחושבת על פי נוסחאת פנמן מונטיס כפי

שחושבה מהנתונים המטאורולוגיים של תחנה הממוקמת במו"פ דרום.

הטיפולים בעונות הגידול השנייה והשלישית סודרו כך שצריכת המים המחושבת בליזמטרים נמדדה עבור כל טיפול בחודש הראשון ובשלב הגידול השני עבור טיפול ההשקיה שהושקה פעם ביומיים בעונה השנייה ובטיפול שקיבל את כמות המים המקסימלית (90%) בעונה השלישית. צריכת המים שימשה לקביעת כמות המים שניתנה בכל טיפול, ההבדלים בין הטיפולים התבטאו בעונה השנייה בתדירויות ההשקיה אך כל הטיפולים קיבלו כמות זהה של מים (כ-550 מ"מ) ובעונה השלישית התבטאו ההבדלים בכמויות המים השונות (איור 2).



איור 2. כמות המים שניתנה בהשקיה בטיפולים השונים בהם ניתנו כמויות מים שונות כאחוז מצריכת המים שנמדדה בליזמטרים. 40 יום לאחר שתילה היה שינוי בטיפולים. במקרא מצד שמאל – הטיפול שניתן בשלב הגידול הראשון (עד 40 ימים משתילה) ובצד ימין של ה + הטיפול שניתן בשלב הגידול השני.

בעונה השנייה והשלישית, כ-40 יום לאחר שתילה, בתום שלב הצימוח הראשון, נדגמו 3 צמחים (כל הצמח כולל כל הנוף בשתי העונות וכל החלקים מתחת לפני הקרקע בעונה השלישית) מכל חלקה. הדגימות יובשו בתנור ב-60 מ"צ למשך 48 שעות עד להתייבבות במשקלן. הנוף (כל החומר הצמחי מעל פני הקרקע – ענפים

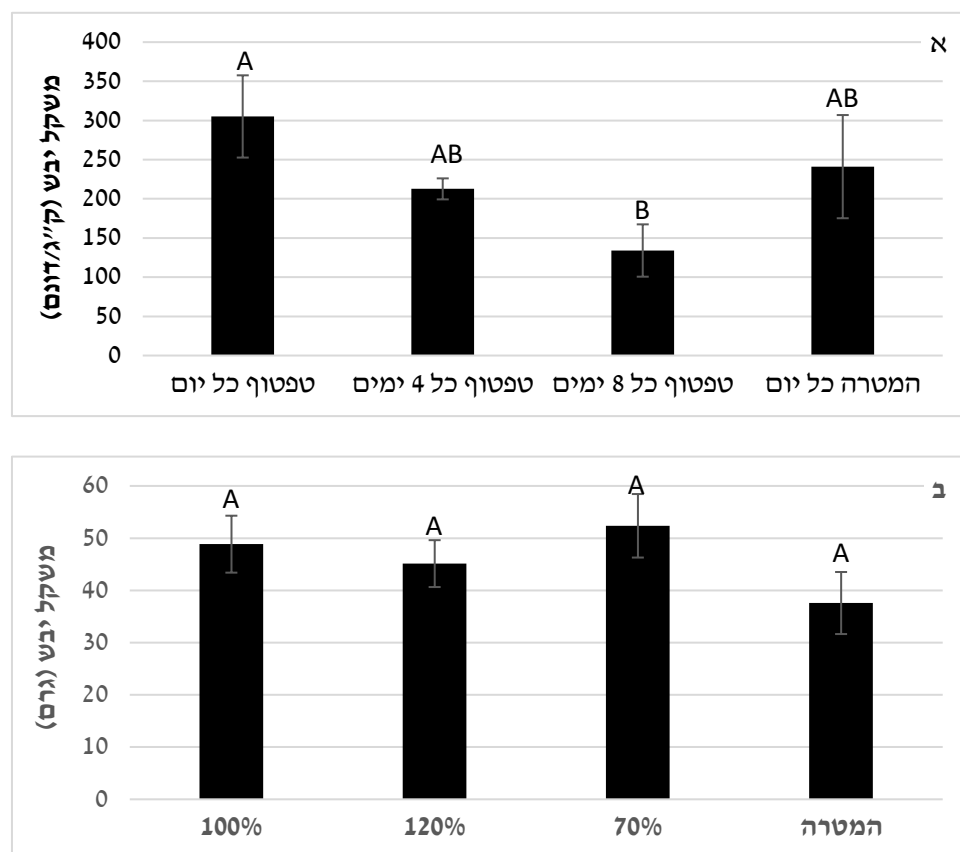
ועלים) והשורשים (כל החומר הצמחי מתחת לפני הקרקע – שורשים ובטטות אם היו) נשקלו לקבלת משקל יבש של כל חלק.

בתום שלב הגידול השני הופסקה ההשקיה של הבטטות למשך 21 ימים עד לאיסוף המסחרי. עם האסיף המסחרי, לאחר ההוצאה המכנית של הבטטות מהקרקע נדגמו כארבעה מטרים רבועים מכל חלקה. הבטטות חולקו לפי גודל: XXS – 0-25 גרם; XS – 25-100 גרם; S – 100-150 גרם; M – 150-300 גרם; 1L – 300-450 גרם; 2L – 450-600 גרם; XL – 600-800 גרם; G – מעל 800 גרם. הבטטות בכל קבוצה נשקלו ונספרו. כמו כן, מכל חלקה נדגמו 5 בטטות, נשקלו והונחו בתנור ב-60 מ"צ עד שלא היה שינוי במשקלן ומשקלן היבש תועד על מנת להעריך את תכולת המים בבטטות בטיפולים השונים. עשר בטטות מכל חלקה הועברו לאחסון ופעם בחודשיים הוערך משקלן והמראה הכללי שלהן.

תוצאות

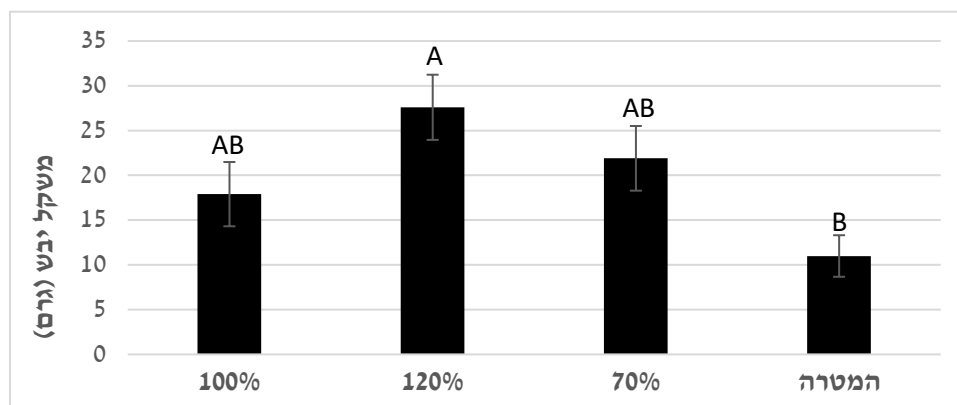
בשנה השנייה חודש לאחר תחילת טיפולי ההשקיה ניתן היה לראות את ההבדלים בהתפתחות הנוף (איור 3 א) כאשר הבדל מובהק נמצא בין הטיפול שהושקה בטפטוף כל יום לזה שהושקה בטפטוף כל 4 ימים. בשנה השלישית לא נמצא הבדל בהתפתחות הנוף בין הטיפולים שהושקו בתדירות זהה אך בכמויות מים שונות (איור 3ב).

משקל החלק התת קרקעי של צמחי הבטטה – שורשים ושורשים שהחלו להתמייין לשורשי אגירה מופיע באיור 4. נמצא כי בשלב זה של הגידול משקל השורשים נמוך משמעותית בטיפול שהושקה בהמטרה לעומת הטיפול שקיבל כמות מים דומה והושקה בטפטוף (טיפול 120%).



איור 3. המשקל היבש הממוצע של הנוף עבור צמח מכל אחד מטיפולי ההשקיה בתום השלב הראשון של הצימוח (40 הימים הראשונים לאחר שתילה). א – בשנת הניסוי השניה; ב – בשנת הניסוי השלישית. הנתונים נותחו במבחן RBD

Oneway ANOVA ומוצגים כממוצעים $\pm$ שגיאת תקן. אותיות שונות מציינות הבדל מובהק בממוצע על פי מבחן שונויות Tukey-Kramer HSD.



איור 4. המשקל היבש הממוצע של השורשים עבור צמח מכל אחד מטיפולי ההשקיה בתום השלב הראשון של הצימוח (40 הימים הראשונים לאחר שתילה). הנתונים נותחו במבחן RBD Oneway ANOVA ומוצגים כממוצעים $\pm$ שגיאת תקן. אותיות שונות מציינות הבדל מובהק בממוצע על פי מבחן שונויות Tukey-Kramer HSD.

בשנת הגידול הראשונה נמצאה השפעה משמעותית לסוג ההשקיה (המטרה או טפטוף) על מספר הבטטות שהתקבל בשטח (טבלה 2) כאשר בהמטרה התקבל מספר בטטות גדול יותר. אולם כאשר בוחנים את אחוז הבטטות מתוכן הראוי לשיווק (בטטות בגודל 150-600 גרם) רואים שאחוז גבוה יותר משמעותית היה לבטטות שהושקו בטפטוף (41.41% לעומת 30.29%). יכול הבטטות הראויות לשיווק היה כמעט זהה בין טיפולי ההמטרה לטיפולי הטפטוף (3.37 טון לדונם ו-3.58 טון לדונם, בהתאמה). אך המשקל הממוצע של כל בטטה שהושקתה בטפטוף היה גדול יותר ממשקל הבטטה שהושקתה בהמטרה (530.2 גרם לעומת 468.2 גרם).

טבלה 2. נתוני היבול הממוצעים עבור הטיפולים שהושקו בהמטרה לעומת הטיפולים שהושקו בטפטוף בשנת הניסוי הראשונה. מספר הבטטות ומשקל היבול הכולל, מספר הבטטות ומשקל היבול עבור הבטטות במשקל 150-600 גרם (הבטטות לשיווק) ואחוזן מתוך כלל היבול. משקל בטטה לשיווק ממוצע. הנתונים נותחו במבחן ANOVA דו גורמי ומוצגים כממוצעים $\pm$ שגיאת תקן. אותיות שונות מציינות הבדל מובהק בממוצע על פי מבחן שונויות Tukey-Kramer HSD.

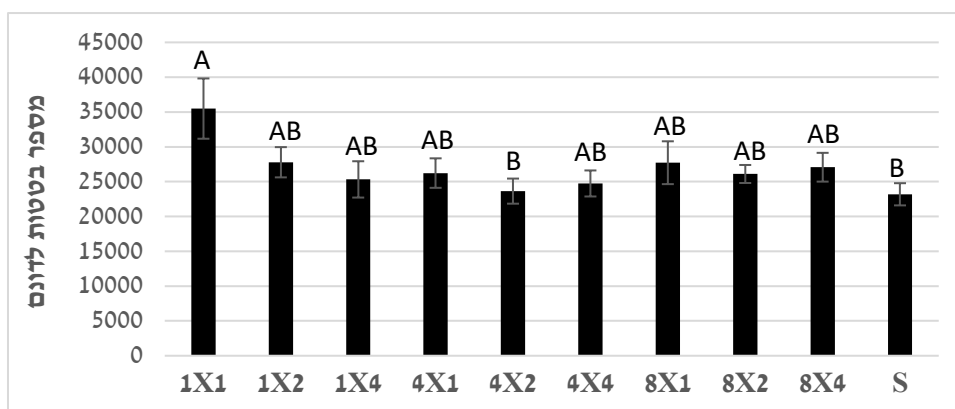
בטטות לשיווק					סה"כ בטטות		טיפול
משקל בטטה ממוצע (גרם)	% משקלי	% מספרי	טון לדונם	מספר לדונם	טון לדונם	מספר לדונם	
468.2 $\pm$ 14.7 B	54.33 $\pm$ B 3.4	30.29 $\pm$ B 3.2	3.37 $\pm$ 0.34 A	7027.2 $\pm$ A 651.8	5.93 $\pm$ 0.35 A	25825.8 $\pm$ A 1506.5	המטרה
530.2 $\pm$ 20.2 A	64.59 $\pm$ A 2.7	41.41 $\pm$ A 2.9	3.58 $\pm$ 0.36 A	6638.6 $\pm$ A 597.9	5.35 $\pm$ 0.44 A	16337.4 $\pm$ B 1074.0	טפטוף

לפי מבחן LSF בשנת הגידול השנייה לא נמצאה השפעה של תדירות ההשקיה בשלב הגידול הראשון או השני על משקל היבול הכולל או היבול לשיווק. הייתה השפעה גבולית לתדירות ההשקיה בשלב הגידול הראשון על מספר הבטטות (טבלה 3). אולם לתדירות השקית הבטטות בשלב הגידול השני הייתה השפעה משמעותית כאשר התקבל מספר בטטות גדול משמעותית בטיפולים שהושקו כל יום בטפטוף בשלב השני של הגידול לעומת הטיפולים שהושקו פעם ביומיים בהמטרה או בטפטוף פעם בארבעה ימים.

טבלה 3. תוצאות מבחן LSF לבחינת השפעת טיפולי ההשקיה השונים בשנה השניה בשלב הגידול הראשון (40 ימים ראשונים) ובשלב הגידול השני (עד 120 יום משתילה) על מספר הבטטות.

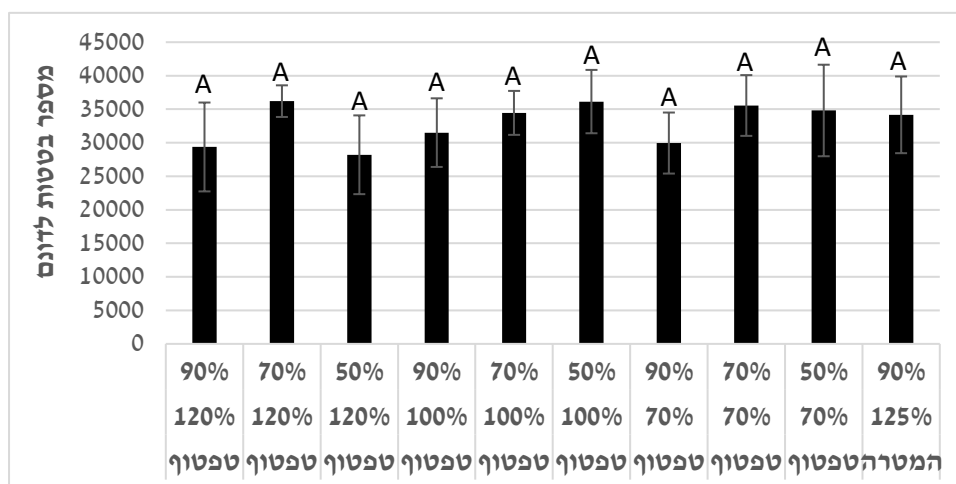
טיפול	דרגות חופש	יחס F	Prob>F
תדירות השקיה שלב א'	2	2.86	0.06
תדירות השקיה שלב ב'	2	3.23	0.04

כשמסתכלים על ההשפעה המצטברת של הטיפולים על מספר הבטטות לדונם אפשר לראות שהטיפול שהושקו בתדירות הגבוהה (כל יום) במהלך כל העונה הגיע למספר בטטות גבוה משמעותית לעומת הטיפול שהושקו בהמטרה או הטיפול שהושקו פעם ב-4 ימים בשלב הראשון ופעם ביומיים בשלב השני (איור 5).



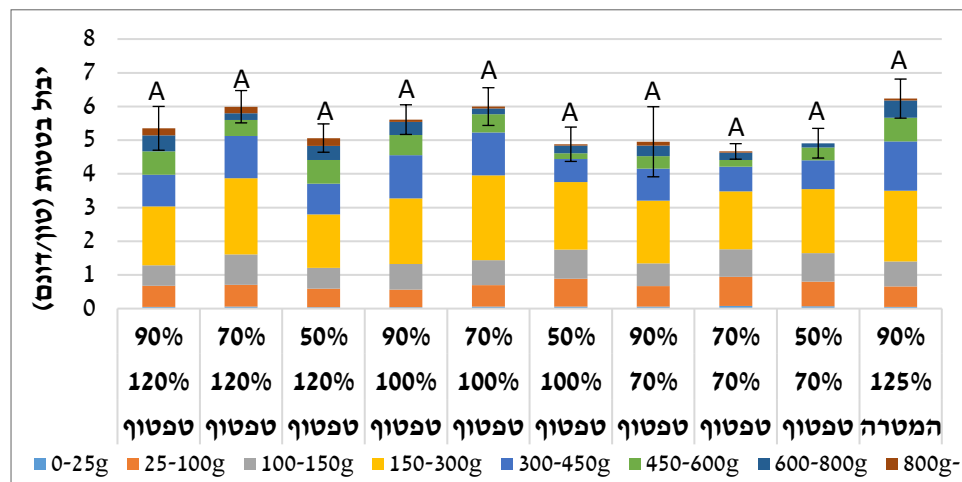
איור 5. מספר הבטטות לדונם בטיפולי תדירות ההשקיה השונים (משמאל תדירות ההשקיה בימים בשלב הגדול הראשון ומימין בשלב הגידול השני) בשנת הניסוי השנייה. הנתונים נותחו במבחן Oneway ANOVA ומוצגים כממוצעים $\pm$ שגיאת תקן. אותיות שונות מציינות הבדל מובהק בממוצע על פי מבחן שונויות Tukey-Kramer HSD.

מספר הבטטות לדונם בטיפולי ההשקיה השונים בשנה השלישית מוצגים באיור 6. במבחן LSF לא נמצאה השפעה של כמות המים שניתנה בשלב הראשון או בשלב השני על מספר הבטטות שהתקבל.



איור 6. מספר הבטטות לדונם בשנת הניסוי השלישית כאשר הטיפולים היו כמויות מים שונות במהלך העונה בתדירות השקיה אחידה. בציר ה-X בשורה התחתונה שיטת ההשקיה (המטרה או טפטוף) בשורה האמצעית כמות המים שניתנה בשלב הגידול הראשון ובשורה העליונה כמות המים שניתנה בשלב הגידול השני. הנתונים נותחו במבחן Oneway ANOVA ומוצגים כממוצעים $\pm$ שגיאת תקן. אותיות שונות מציינות הבדל מובהק בממוצע על פי מבחן שונויות Tukey-Kramer HSD.

בשנת הניסוי השלישית נמצא כי לא היה הבדל משמעותי ביבול הכללי בין הטיפולים השונים (איור 7). לפי מבחן LSF נמצא שהיתה השפעה לכמות המים בשלב הראשון על יבול הבטטות בגודל 450-600 גרם, כאשר היבול בטיפול ההמטרה והטפטוף שקבלו 125% ו-120% מצריכת המים שנמדדה בליזמטרים, בהתאמה היה גבוה משמעותית מהיבול שהתקבל בטיפול שקיבל 70% מכמות המים (טבלה 4). באותו מבחן נמצא שגם על היבול מעל 800 גרם היתה השפעה לכמות המים שניתנה בשלב הגידול הראשון, בטיפול בטפטוף שקיבל 120% מצריכת המים היבול היה גבוה משמעותית מאשר בשאר הטיפולים.

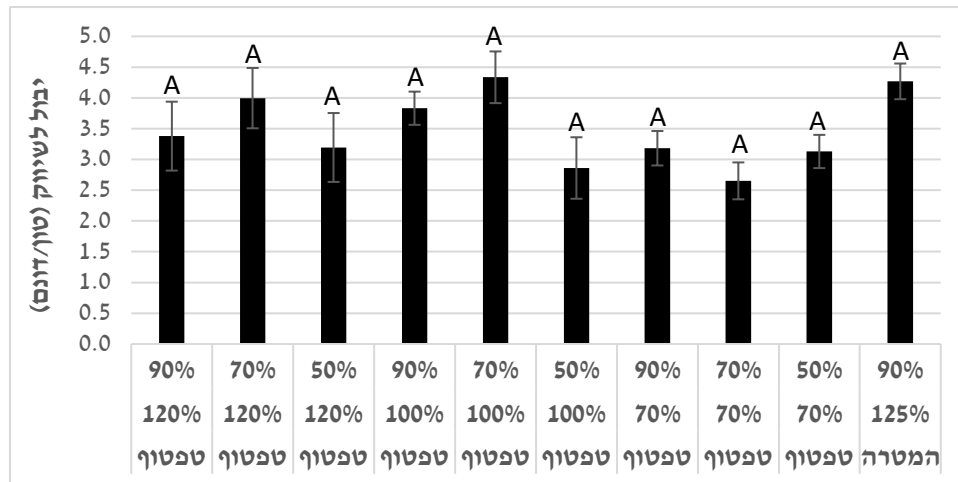


איור 7. יבול הבטטות הכולל לדונם בשנת הניסוי השלישית. הצבעים השונים מסמלים את קבוצות המשקל לפיהן ממוינות הבטטות. הנתונים נותחו במבחן Oneway ANOVA ומוצגים כממוצעים $\pm$ שגיאת תקן. אותיות שונות מציינות הבדל מובהק בממוצע על פי מבחן שוניות Tukey-Kramer HSD.

טבלה 4. הבדלים סטטיסטיים בין טיפולים לפי קטגוריות גודל בשלב הגידול הראשון ובשלב הגידול השני בשנת הניסוי השלישית. הנתונים נותחו במבחן Oneway ANOVA. אותיות שונות מציינות הבדל מובהק בממוצע על פי מבחן שוניות Each pair student's t.

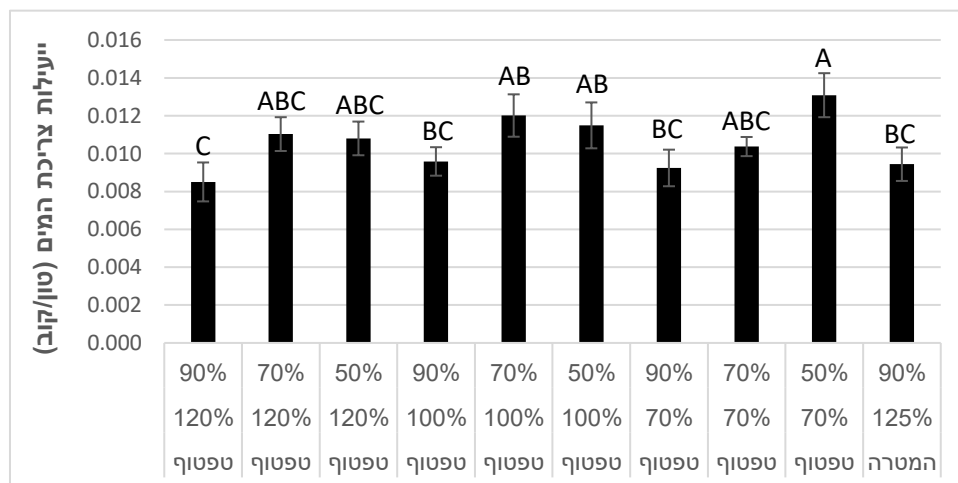
גרם	0-25	גרם	100-25	גרם	150-100	גרם	300-150	גרם	450-300	גרם	600-450	גרם	800-600	גרם	- 800
שלב א'															
70%	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	B
100%	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	AB	NS	NS	NS	B
120%	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	A	NS	NS	NS	A
125%	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	A	NS	NS	NS	B
שלב א'															
70%	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
100%	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
120%	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
125%	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

כאשר אנו מסתכלים על היבול המיועד לשיווק גם כאן אין הבדל סטטיסטי בין הטיפולים אולם ישנה מגמה בולטת המראה כי היבול לשיווק של הטיפולים שקיבלו את כמויות המים הקטנות יותר היה מעט נמוך יותר.



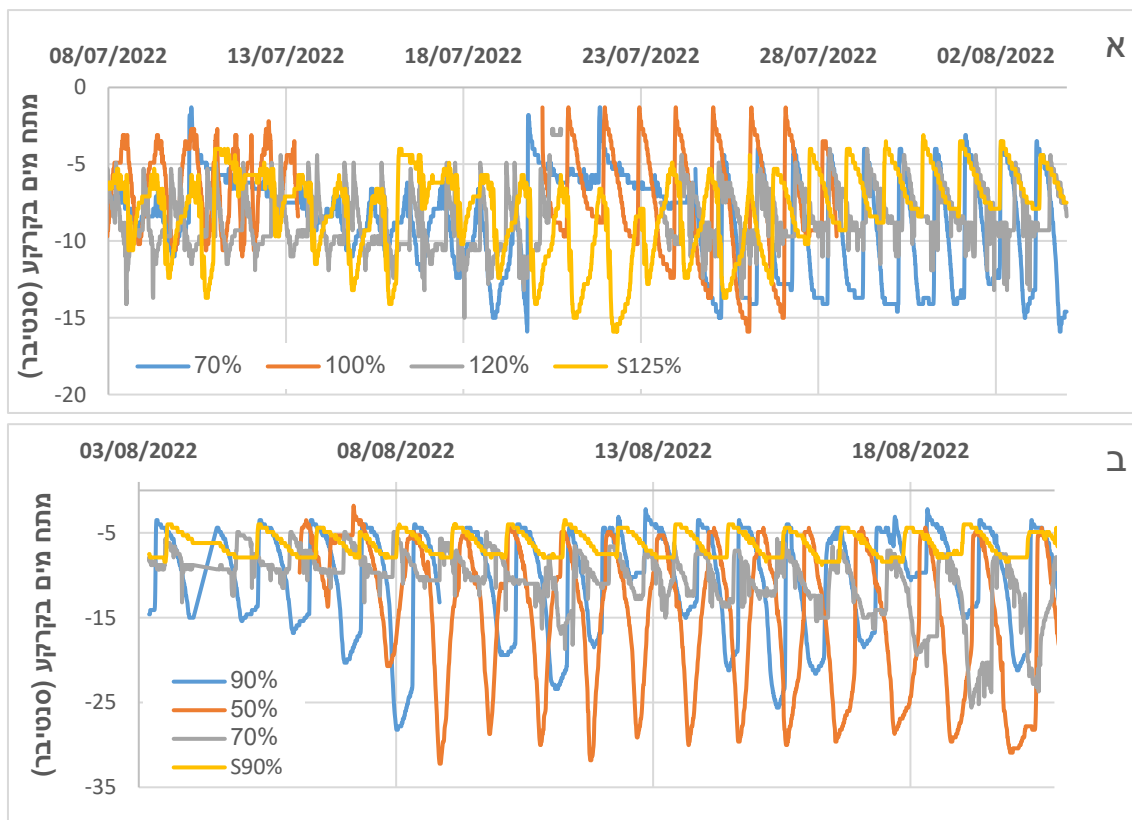
איור 8. יבול הבטטות לשיווק (בטטות בגודל 150-600 גרם) פר דונם בשנת הניסוי השלישית. הנתונים נותחו במבחן Oneway ANOVA ומוצגים כממוצעים $\pm$ שגיאת תקן. אותיות שונות מציינות הבדל מובהק בממוצע על פי מבחן שוניות Tukey-Kramer HSD.

יעילות צריכת המים בטיפולים השונים בעונת הגידול השלישית מוצגת באיור 9. ככל שנצרכו יותר מים לקבלת טון אחד של יבול כך הערך נמוך יותר. אפשר לראות שבטיפולים שקיבלו את כמות המים הגדולה יותר במהלך כל העונה (בטיפול ההמטרה, וטיפול הטפטוף שקיבלו 90%+120% ו-90%+100%) יעילות צריכת המים היתה נמוכה יותר מאשר בגידולים שקיבלו כמויות מים קטנות יותר (בעיקר הטיפול שקיבל את כמות המים הקטנה ביותר – טפטוף 70%+50%).



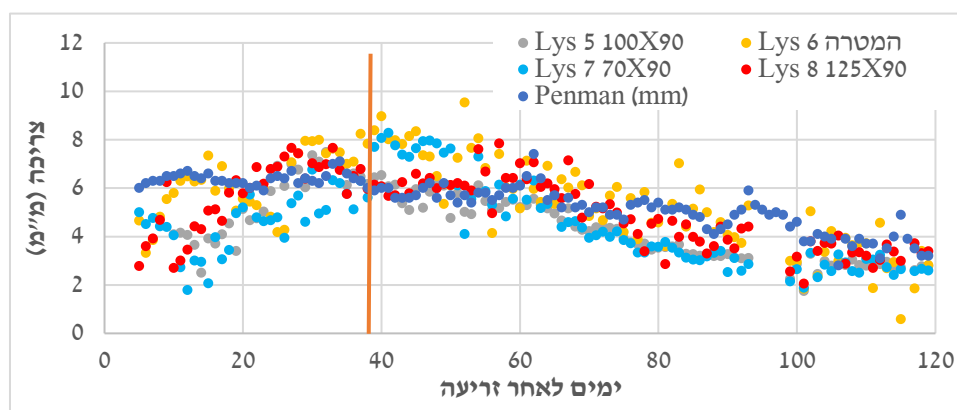
איור 9. יעילות צריכת המים (כמה טון לדונם התקבל מכל קוב מים לדונם) בטיפולים השונים בעונת הגידול השלישית. בציר ה-X: שיטת ההשקיה בשורה התחתונה. מעליה כמות המים שניתנה בשלב הגידול הראשון ומעליה כמות המים שניתנה בשלב הגידול השני (כאשר 100% זו היא החזרה של כמות המים שנצרכה לפי הליזימטרים). אותיות שונות מציינות הבדל מובהק בממוצע על פי מבחן שוניות Tukey-Kramer HSD.

נאספו נתוני מתח המים בקרקע בטיפולים השונים מתוך שלב הגידול הראשון (איור 10א) ושלב הגידול השני (איור 10ב). אפשר לראות כי בשלב הגידול הראשון בכל הטיפולים מתח המים בקרקע לא ירד מתחת למינוס 15 סנטיבר. לקראת סוף התקופה, מתח המים בטיפול שקיבל 70% מצריכת המים החל מעט לעלות מעל מתח המים של הטיפולים האחרים. בשלב הגידול השני מתח המים בקרקע של הטיפול שקיבל 50% מצריכת המים היה הגבוה ביותר אולם מידי יום עם ההשקיה ירד לאותו ערך כמו שאר הטיפולים.



איור 10. מתח המים בקרקע מתוך: א. שלב הגידול הראשון בטיפולים השונים (כחול – השקיה בטפטוף 70% מצריכת המים, כתום – השקיה בטפטוף 100% מצריכת המים, אפור – השקיה בטפטוף 120% מצריכת המים, צהוב – השקיה בהמטרה 125% מצריכת המים). ב. שלב הגידול השני (כתום – השקיה בטפטוף 50% מצריכת המים, אפור – השקיה בטפטוף 70% מצריכת המים, כחול – השקיה בטפטוף 90% מצריכת המים, צהוב – השקיה בהמטרה 90% מצריכת המים).

צריכת המים של הבטטה בטיפול ההמטרה והטפטוף היתה דומה לאורך העונה (איור 11). הצריכה בהמטרה ובטפטוף בכמויות המים הגדולות יותר היתה מעט גבוהה יותר וקרובה יותר להתאדות המחושבת לפי פנמן החל משלב הגידול השני.



איור 11. צריכת המים של הבטטה בטיפול ההשקיה השונים. בליזימטרים 5,7,8 נמדדה הצריכה בשלב הראשון בכמויות המים השונות. בשלב הגידול השני נמדדה הצריכה בשלושת הליזימטרים באותה כמות מים (מסומן באפור, תכלת ואדום). בליזימטר 6 נמדדה כמות המים בטיפול ההשקיה בהמטרה (מסומן בצהוב). כמו כן מוצגים נתוני ההתאדות המחושבת על פי פנמן מנתונים שנאספו מתחנה מטאורולוגית סמוכה (כחול כהה). הקו הכתום עומד במועד שינוי טיפולי ההשקיה

מנתוני היחס בין ההתאדות המחושבת לפי פנמן-מונטיס לצריכת המים של הבטטה כפי שנמדדה בעזרת הליזימטרים המוצגים בטבלה 5 ניתן לראות כי באופן עקבי מקדם הצריכה עולה עד לסיום שלב ההתמיינות ואל תוך שלב המילוי כאשר משלב זה מקדם הצריכה נשאר קבוע או מעט ירד עד לסיום הגידול. מקדם הצריכה בגידול בהמטרה מעט גבוה ממקדם הצריכה בגידול בטפטוף לאורך רב העונה. בשנה השלישית בשל קצר במערכת קליטת הנתונים מהליזימטרים חסרים הנתונים של צריכת המים של הבטטה בשלב התייצבות הקליפה (השלב בו מופסקת ההשקיה).

טבלה 5. ערכי Kc עבור שלבי הגידול השונים שחושבו על ידי חלוקת הצריכה שנמדדה בליזימטרים בהתאדות המחושבת לפי פנמן-מונטיס. מוצגים ממוצע הערכים שחושבו בכל שנת ניסוי.

שלב	ימים	2020		2021		2022		סה"כ	
		המטרה	טפטוף	המטרה	טפטוף	המטרה	טפטוף	המטרה	טפטוף
התבססות	0-7	0.7	0.6	0.7	0.7	0.7	0.6	0.7	0.6
התמיינות	7-40	0.9	0.8	0.9	0.8	1.0	0.9	0.9	0.8
תחילת מילוי	40-65	1.0	1.1	1.2	1.1	1.2	1.0	1.1	1.1
צבירת יבול	65-120	1.0	0.9	1.2	1.0	0.9	0.8	1.0	0.9
התפלגות גדלים ובניית קליפה יציבה	120-150	0.9	0.9	0.9	0.8			0.9	0.9

בתום העונה הראשונה, בשלב הייבוש של השטח ירד גשם מספר פעמים כך שבפועל, אף שלא הייתה השקיה, לא התקיים שלב הייבוש באופן מלא. באחסון הבטטות התפתח ריקבון בשלבים מוקדמים וכ-50% מהבטטות כבר לא היו ראויות לשיווק. אחרי 4 חודשי אחסון כבר לא נשארו בטטות ראויות לשיווק. בשנה השנייה והשלישית לא היו אירועי גשם חריגים בשלושת השבועות מאז הפסקת ההשקיה ועד האסיף. בשנה השנייה כ-50% מהבטטות החזיקו באחסון במשך חצי שנה במצב טוב ואיבדו רק כ-15% ממשקלן. עברו עד כה חודשיים מאז שהבטטות הוכנסו לאחסון בתום עונת הגידול השלישית. עד כה 95% מהבטטות במצב טוב בלי הבדל משמעותי בין הטיפולים.

דיון

רב שורשי האגירה מתמיינים ב-35 הימים הראשונים לאחר השתילה (Villordon et al., 2009). שמירה על תנאי לחות אופטימליים בקרקע בשלב זה חשובים על מנת להגיע למספר גבוה של שורשים שיתמיינו לשורשי

אגירה (Ravi and Saravanan, 2012). בו בזמן לצמח הבטטה יכולת לשפר צימוח בעקבות שיפור התנאים לאחר עקה (Ravi and Saravanan, 2012). בשנת הניסוי השנייה ראינו כי לאחר שהצמחים הוכנסו לעקה משמעותית במתן השקיה פעם בשמונה ימים שהתבטאה בעיכוב בהתפתחות הנוף בשלב הראשון הם הצליחו להתאושש לאחר צמצום תדירות ההשקיה ובסופו של דבר מספר הבטטות שהתקבל בטיפולים אלו לא היה שונה משמעותית ממספר הבטטות שהושקו בתדירות גבוהה יותר לאורך כל העונה. בעונה השלישית הצמחים הושקו בכמויות שונות של מים אך בתדירות קבועה של השקיה כל יום. כתוצאה מכך מתח המים בקרקע בשלב הגידול הראשון נשאר גבוה בין אם הושקה ב-120% מכמות המים שהבטטה צרכה (אידי + דיות) ובין אם הושקה בכמות השווה ל-70% מצריכת המים של הבטטה. התפתחות הנוף הייתה דומה בכל הטיפולים בשלב זה אולם משקל השורשים בהמטרה היה נמוך יותר ממשקלם בטפטוף כאשר הושקו בכמות מים דומה. הבדל זה לא בא לידי ביטוי במספר הבטטות הסופי לשטח. כאשר הקרקע הושקתה ב-70% מכמות המים בשלב הראשון, מאחר וההשקיה הייתה בכל יום – כמות זו הספיקה כדי לשמור על מתח מים גבוה אך ניתן לראות כי לקראת סוף התקופה מתחילה מגמת ייבוש והרטבה. בהשקיה בכמויות המים הגדולות יותר המתח נשאר גבוה בעומק 20 ס"מ אך לא הגענו למצב של רוויה, מצב בו אין ניקוז מאחר ומדובר בקרקע חולית המתנקזת בקלות. לפי התוצאות שהתקבלו ניכר כי בשלב הגידול הראשון, על מנת לקבל מספר בטטות גדול יותר, כדאי להשקות בקרקע חולית בתדירות גבוהה על מנת לשמור על רטיבות קרקע ומתח מים גבוהים. ניתן להשקות בכמות השווה ל-70% מצריכת המים כפי שנמדדה בליזימטרים אך נראה שכדאי בשלב הראשון לשמור על רמות מים הקרובות יותר לצריכת הבטטה. אין צורך בהשקיה בכמויות מים העולות על הצריכה מאחר וכמויות אלו לא הובילו לעליה במספר הבטטות או לעליה ביבול. שלב הגידול השני שמתחיל בין 40 ל-60 ימים לאחר שתילה (Ravi and Saravanan, 2012) הוא השלב של צבירת המסה. בשלב זה מקובל כי דווקא השקיה בחסר תוביל לשיפור ביבול (Gajanayake & Reddy, 2016). בשנת הניסוי הראשונה לא ראינו הבדלים ביבול בין הטיפולים שקיבלו כמויות מים שונות אולם לשיטת ההשקיה היתה השפעה ולמרות שהתקבל מספר בטטות גדול יותר בהשקיה בהמטרה היבול לעומת השקיה בטפטוף היבול הכולל היה דומה בשני המקרים (כלומר הבטטות בהשקיה בטפטוף צברו יותר מסה לעומת אלו שהושקו בהמטרה). גם החלק היחסי של הבטטות הראויות לשיווק היה גבוה יותר בהשקיה בטפטוף ומכאן הוחלט להמשיך את רב הטיפולים בשנים הבאות בהשקיה בטפטוף. לתדירות ההשקיה בשלב השני היתה השפעה על מספר הבטטות ולא על צבירת היבול. ההשקיה כל יום הובילה למספר הבטטות הגבוה ביותר. כלומר, היה המשך משמעותי של התמיינות שורשים לשורשי אגירה גם לאחר 40 הימים הראשונים של הגידול.

בשנת הניסוי השלישית, על אף שמתח המים בקרקע היה מעט נמוך יותר בטיפולים שהושקו במנות מים קטנות יותר בשלב הגידול השני, לא היה הבדל משמעותי ביבול הכולל או ביבול לשיווק בין הטיפולים השונים. ההשקיה בתדירות הגבוהה אפשרה גם בכמויות מים קטנות יותר להישאר על מתח מים שלא יורד מ-30 סנטימטר. כן אפשר לראות מגמה מסוימת של יבול מעט נמוך יותר בטיפולים שקיבלו בסך הכל כמות מים קטנה יותר לאורך כל העונה אבל הבדלים אלו לא היו מובהקים או משמעותיים. כלומר, עם כמות מים נמוכה יותר הצלחנו להגיע ליבול דומה. יעילות צריכת המים של הטיפולים שקיבלו את כמויות המים הקטנות יותר באופן מובהק טובה יותר מאשר של הטיפולים שקיבלו את מנות המים הגדולות ביותר. תוצאות אלו מחזקות את ההנחה שאין צורך להשקות את הבטטה בכמויות מים גדולות אלא לשמור על מתח מים קבוע בקרקע כך שלא ייווצרו מחזורי הרטבה וייבוש.

במשך שלוש השנים צריכת המים של הבטטה כפי שנמדדה בעזרת הליזימטרים הייתה דומה. מקדם הצריכה, K_c , בהשקיה בהמטרה מעט גבוה ממקדם ההשקיה בהשקיה בטפטוף. שיא צריכת המים של

הבטטה מתרחש 40-65 ימים לאחר שתילה. זהו השלב של שיא התפתחות הצמחים כשלב בסופו מגיעים ל-100% כיסוי של הנוף. בשלב זה ישנה עדיין התמיינות מסוימת של השורשים לשורשי אגירה (Villordon et al., 2009) ותחילת התמלאות השורשים שכבר התמיינו. כלומר, זהו השלב של שיא הפעילות. לאחר שלב זה מתחילה ירידה ביחס בין ההתאדות המחושבת לפי פנמן-מונטיס לצריכת המים, וכפי שראינו בניסוי כאשר משקים בקרקע חולית בהשקיה יומית ושומרים על מתח מים קבוע בקרקע ניתן להוריד מעט את מקדם ההשקיה. הגשם שירד בעונת הגידול הראשונה והוביל להופעת רקבון באחסון הבטטה ממחיש את החשיבות בייבוש השטח כשלושה שבועות לפני האסיף כאשר לכמויות או תדירות ההשקיה לפני שלב הייבוש השפעה פחותה על אורך חיי המדף של הבטטה. כתוצאה מניסוי נראה כי ניתן להשקות בטטה בקרקע חולית לפי המקדמים המופיעים בטבלה 6.

טבלה 6. מקדמי ההשקיה, Kc, בקרקע חולית עבור שלבי הגידול השונים לפי שלושת שנות הניסוי.

סה"כ		תדירות השקיה	ימים	שלב
טפטוף	המטרה			
0.4-0.6	0.9	כל יום	0-7	התבססות
0.6-0.8	1.1		7-40	התמיינות
0.8-1	1		40-65	תחילת מילוי
0.6-0.8	0.9		65-120	צבירת יבול
ייבוש			120-150	התפלגות גדלים ובניית קליפה יציבה

ביבליוגרפיה

- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M., 1998. Crop evapotranspiration guideline for computing crop water requirements. FAO. Irrigation and Drained Paper 56. Rome. Italy, p 299.
- Chowdhury, S.R. and S.P., Varma. 1997. Diurnal changes in photosynthetic behaviour in sweet potato under different irrigation regimes. Indian Journal of Plant Physiology 3(2): 86-88.
- Daryanto, S., L.X. Wang, and P.A. Jacinthe. 2016. Drought effects on root and tuber production: A meta-analysis. Agricultural Water Management 176: 122-131.
- Gajanayake, B., and K.R. Reddy. 2016. Sweetpotato responses to mid- and late-season soil moisture deficits. Crop Science 56: 1865-1877.
- Gajanayake, B., K.R. Reddy, M.W. Shankle, and R.A. Arancibia. 2013. Early-season soil moisture deficit reduces sweetpotato storage root initiation and development. Hortscience 48: 1457-1462.
- Gajanayake, B., K.R. Reddy, M.W. Shankle, R.A. Arancibia, and A.O. Villordon. 2014. Quantifying storage root initiation, growth, and developmental responses of sweetpotato to early season temperature. Agronomy Journal 106: 1795-1804.

- Lazarovitch, N., A. Ben-Gal, and U. Shani. 2006. An automated rotating lysimeter system for greenhouse evapotranspiration studies. *Vadose Zone Journal* 5: 801-804.
- Mantovani, E.C., F.T. Delazari, L.E. Dias, I.R. de Assis, G.H.S. Vieira, and F.M. Landim. 2013. Yield and water use efficiency for two sweet potato cultivars depending on irrigation depths. *Horticultura Brasileira* 31: 602-606.
- Nogueira, C.U., H.M.C.d.M. Nogueira, R.A.R. Padrón, S.L. Jahn, and M.A. Mazutti. 2016. Irrigation depth and harvest date in sweet potato for conversion to biofuels. *African journal of agricultural research* 11(51): pp. 5116-5123.
- Thompson, P.G., D.A. Smittle, and M.R. Hall. 1992. Relationship of sweet-potato yield and quality to amount of irrigation. *Hortscience* 27: 23-26.
- Villordon, A., D.R. LaBonte, N. Firon, Y. Kfir, Y. Pressman, and A. Schwartz. 2009. Characterization of adventitious root development in sweetpotato. *HortScience* 44: 651-655.

גל ב. וג'. מדלג'. 2013. תחשיב בטטות 2012, אתר אינטרנט שה"מ;
http://shaham.moag.gov.il/ProfessionalInformation/Pages/calc_battot.aspx

גלעדי, י., א. גלבוע, צ. דקו, ש. לחיאני ומ. זועבי. 2013. הקדמת העונה בגידול בטטות באזור בית שאן - חוות
 עדן 2010. אתר שה"מ
http://shaham.moag.gov.il/ProfessionalInformation/Pages/gidul_battot_eden_2010.aspx