

## **פרק #5: השקיה בספיקות נמוכות לשימור משק המים וקליטת יסודות הזנה במטעי אבוקדו.**

דר' אלון בן-גל (מנהל המחקר החקלאי, גילת, השקיה), דר' רן אראל (מנהל המחקר החקלאי, גילת, הזנה). דר' ארנון דג (מינהל המחקר החקלאי, גילת, פיזיולוגיה), פרופ' נפתלי לזרוביץ (אוני'. בן גוריון בנגב, שדה בוקר, "מידול").

### **1. תקציר**

על מנת לבדוק אם ירידת ספיקות של טפטפות במערכת ההשקיה תגרום לסבילות גבוהה יותר של אבוקדו לתנאי סביבה קשים, במיוחד באביב, ולשיפור בפוריות ויעילות השימוש במים ודשן, אנחנו מקיימים ניסוי השקיה ומטרותיו: (1) הגברת יבולים על ידי מזעור רגישות אבוקדו לאירוע מזג אוויר קיצוניים הגורמים לאיבוד פרחים וחנטים באביב וקיץ מוקדם. (2) אופטימיזציה של יעול השימוש במים וקליטת נוטריינטים על ידי מזעור מחזורי ייבוש והרטבה בקרקע וזמינות מים גבוהה במיוחד בשכבת הקרקע העליונה. (3) כימות והבנה של דינאמיקה של תנועת מים והמסת מומסים בתנאים של ספיקות נמוכות ממערכות טפטוף.

ב-2018 הוקמה מערכת השקיה, דישון ואוטומציה לניסוי בחלקה מסחרית של זן האס (עם אטינגר) של חברת מהדרין. נמדדו עצי מדידה בכל חלקה לפני תחילת הטיפולים עבור גודל העץ (היקף גזע), עוצמת פריחה, ויבול פרי. בוצעו מדידות קרקע בכל חלקה ועלים מכל עץ דיגום. הדיגומים עברו אנליזה למינרלים שונים ומלחים. אין הבדלים מובהקים בין החלקות אך קיימת שונות גדולה בין העצים בחלקה כולה, מה שכנראה מאפיין מטעי אבוקדו בארץ בכלל. הפעלת הטיפולים התחילה במרץ 2019. מבצעים מעקב של ספיקות ומנות מים אמיתיות באופן רציף.

### **2. מבוא**

התקדמות טכנולוגית בשנים האחרונות מאפשרת השקיה בטפטוף בספיקות נמוכות במיוחד (Dasberg and Or, 2013; Zhangzhong et al., 2016). טפטפות בעלי ספיקות נמוכות עד 0.6 ל/שעה כבר זמינות באופן מסחרי.

במטעים באזורים חמים המשמעות של ספיקות נמוכות היא השקיה למשך 8-10 שעות ביום. בספיקות נמוכות יש יותר תנועת מים/הרטבת קרקע לכיוונים אופקיים ופחות תנועה לעומק מאשר בספיקות גבוהות. הפיזיקה של חידור ופיזור מים בתנאים אלה לא מספיק מובנת.

ידוע כי לאבוקדו מערכת שורשים רדודה ורגישות לחוסר חמצן בקרקע (Michelakis et al., 2012; Carr 2013; Silber et al., 2017; Holzzapfel et al., 1993). לכן אנו משערים כי עצי אבוקדו ייהנו מדינמיקה ההרטבה ותנאים המיוצרים בטפטוף בספיקות נמוכות. ישנן ראיות נסיבתיות במטעי אבוקדו בנגב (נירים) המעידות על יתרונות ספיקות נמוכות. חלקות מושקות בספיקה נמוכה נראים יותר סבילים לאירועי מזג אוויר קיצוניים שקוראים באביב.

### **מטרות המחקר:**

מטרות המחקר הן:

(1) הגברת יבולים על ידי מזעור רגישות אבוקדו לאירוע מזג אוויר קיצוניים הגורמים לנשירת פרחים וחנטים באביב ובקיץ המוקדם.

2) אופטימיזציה של ייעול השימוש במים וקליטת נוטריינטים על ידי מזעור מחזורי ייבוש והרטבה בקרקע וזמינות מים גבוהה במיוחד בשכבת הקרקע העליונה.

3) כימות והבנה של דינאמיקה של תנועת מים והמסת מומסים בתנאים של ספיקות נמוכות ממערכות טפטוף.

על מנת לבחון את ההשערה ולהשיג את המטרות העמדנו ניסוי במטע מסחרי מהזן "האס" ונבחנות ספיקות וכמויות מים/דשן. ספיקות טפטפת: 0.4, 1, 2.0 ל/שעה, רמות השקיה: מסחרי ומסחרי פחות 25%.

בנוסף במעבדה של פרופ' לזרוביץ הוכנסו שינויים למודל הזרימה וההסעה HP2 (Šimůnek et al., 2012) כדי שיוכל לתאר קליטה אנטגוניסטית של נתרן, מגניון וסידן. השינויים היתבססו על שילוב של מודל קליטה פאסיבי ואקטיבי. הקליטה במודל הפסיבי תלוי בריכוז המומס ובשטף המים אל השורש. הקליטה במודל האקטיבי תלויה בכימיה של היונים השונים בתמיסה ופועלת לפי המודל של מיכאליס-מנטן. המודל המשולב מאפשר תיאור של זרימת מים בספיקות ובאיכויות מים משתנות כתנאי שפה. תוצאות המודל מתארות את פירוס תכולת הרטיבות בקרקע וקליטת המים לצמח. בנוסף תוצאות המודל מתארות את ריכוזי המינרלים בקרקע ואת הקליטה שלהם לצמח.

### 3. תיאור הניסויים שבצעו

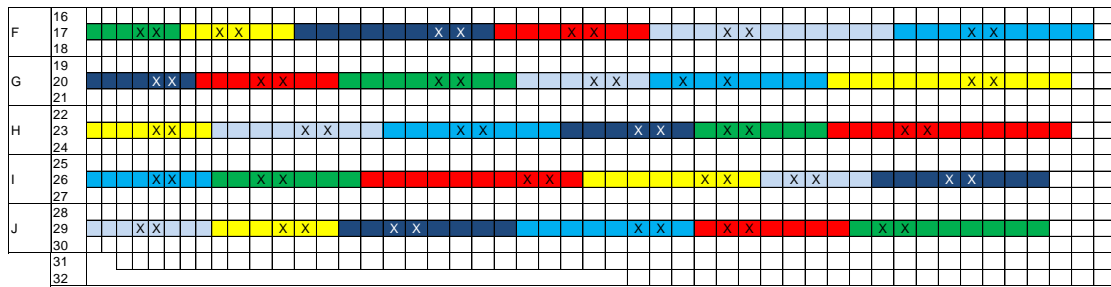
ב2018 הוקם ניסוי שדה במטע מסחרי (מטע בוגר מזן "האס" בקרקע כבדה) בחלקת "רמת רחל" של מהדרין שליד כפר מנחם (איור 1). נערך מעקב מקדימה אחר הפריחה והיבול. ע"פ התוצאות, נערך מיפוי של החלקה ונקבעו וסומנו עצי הניסוי (איור 2, טבלה 1, טבלה 2). נעשה תכנון מפורט של המערכת, נרכש הציוד הנדרש להקמת מערכת הדישון וההשקיה. הקמת המערכת התבצעה בקיץ-סתיו 2018 (איור 3) הטיפולים התחילו במרץ 2019.

נדגמו קרקע ועלים דיאגנוסטיים על מנת לאפיין את מצב "זמן 0" של הניסוי. מתבצע אנאליזה של הדגימות כולל ריכוז מינרליים. קצב גידול של עצי הדיגום נמדדת על ידי מדידה תקופתית של קוטר הגזעים.

### 4. תוצאות



איור 1. מיקום חלקות הניסויי דישון והשקיה ב"רמת רחל"



איור 2. מפה סכמתית של בלוקים, חלקות, טיפולים ועצים נמדדים בניסוי השקיה.

טיפול 1		טיפול 2		טיפול 3		Treatment	m			
מספר עצים	מטר	מספר עצים	מטר	מספר עצים	מטר					
F	9	27	F	11	33	F	7	21	1	114
G	7	21	G	6	18	G	7	21	2	114
H	6	18	H	8	24	H	7	21	3	126
I	8	24	I	5	15	I	11	33	4	108
J	8	24	J	8	24	J	10	30	5	117
	38	114		38	114		7	21	6	123
							42	126		
טיפול 4		טיפול 5		טיפול 6						
מספר עצים	מטר	מספר עצים	מטר	מספר עצים	מטר					
F	6	18	F	6	18	F	9	27		
G	8	24	G	11	33	G	8	24		
H	6	18	H	8	24	H	8	24		
I	7	21	I	8	24	I	8	24		
J	9	27	J	6	18	J	8	24		
	36	108		39	117		41	123		

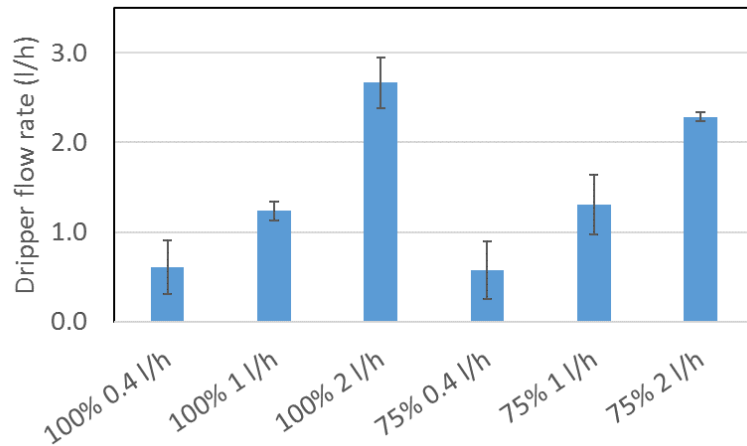
טבלה 1. סיכום מספור עצים לחלקות (חזרות) לצורך חישוב אורך וסוג שלוחות הטפטוף.

Treatment	dripper flow rate	irrigation level
	L/h	%
1	1	100
2	1	75
3	0.4	100
4	0.4	75
5	2	100
6	2	75

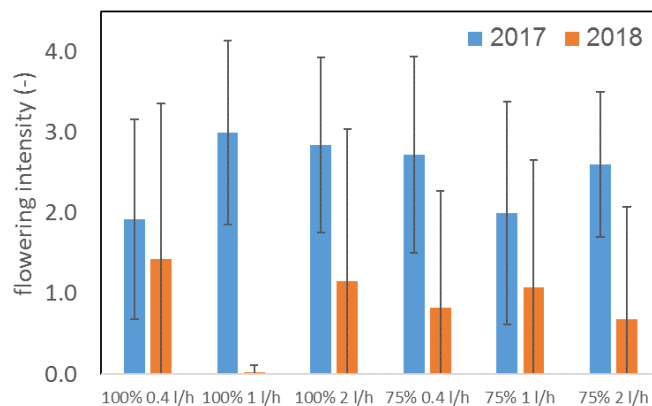
טבלה 2. הסבר הטיפולים לפי ספיקת הטפטפות ושיעור ההשקיה.

בדיקת ספיקות ומנות מים

נבדקים ספיקות אמת של כל טיפול. בתחילת הפעלת הטיפולים ממוצע ספיקות לפי התכנון, אם כי ישנה שונות גבוהה בחלק מהטיפולים וכל הספיקות הממוצעות גבוהות מהמתוכנן בקצת. הסיבה לכך היא לרוב פיצוצים בגלל אכילת צינורות על ידי חיות. הבעיה בטיפול על ידי חיפוי ומיגון השלוחות.

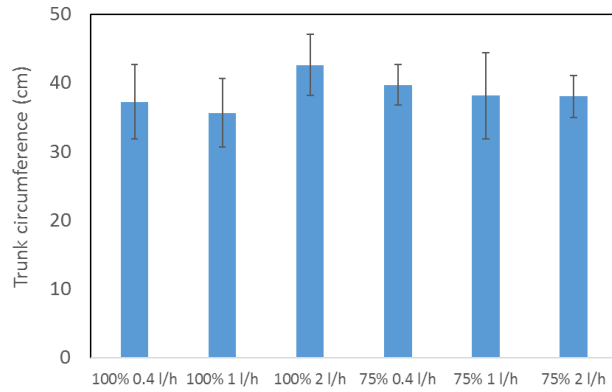


איור 3. ספיקה טפטפת ממוצעת לטיפול חודש אפריל 2019. קיים הם סטיות התקן. במרץ 2017 ו 2018 בוצע הערכה של עוצמת הפריחה בעצים הנמדדים (איור 4). בסקאלה מ-0-5 נמצאו ערכים מ 0 עד 4.6 עם ממוצע של 2.3. בכל הבלוקים חוץ מ 1 הממוצע היה בין 1.9 – 2.6. בבלוק אחד הממוצע היה גבוה יותר, 3.4.



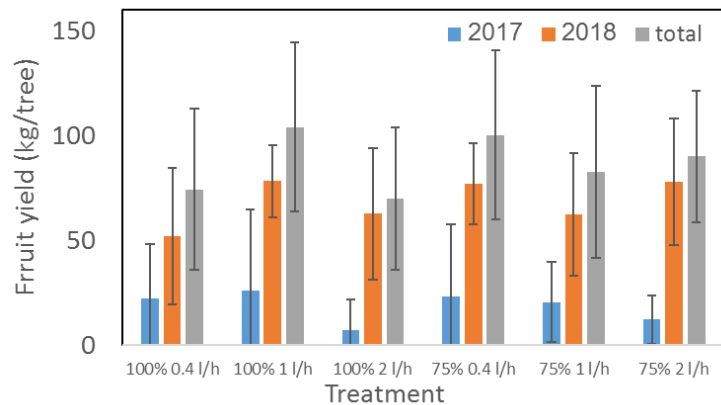
איור 4. מדד של עוצמת פריחה באביב 2017 ו 2018.

קוטר הגזעים של העצים הנמדדים לפני תחילת ביצוע הטיפולים היה אחיד ושווה. ממוצע קוטר הגזע היה כ-40 ס"מ בפברואר 2019 (איור 5). אם זאת, בהמשך נשווה לא את הקוטר עצמו אלא שינוי בקוטר (גידול) מהזמן הזה (זמן 0) או מהמדידה הקודמת על מנת להשוות קצב גידול בין הטיפולים בניקוי השפעת היקף הגזע ההתחלתי בהתחלה.



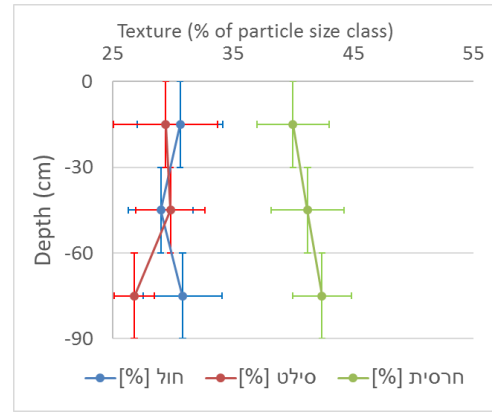
איור 5. קוטר גזע של העצים הנמדדים. פברואר 2019.

נקטף ונמדד יבול פרי טרי בכל עצי המדידה ביוני 2018 (איור 6). נמדד מ 0 עד 112 ק"ג לעץ עם ממוצע של 17 ק"ג לעץ ששווה 930 ק"ג לדונם. כ-25% מכלל העצים היו ללא פרי בכלל. סטיית התקן של ממוצע היבול בכלל השטח הייתה גבוהה מאד, 1300 ק"ג לדונם. ב-2017 היבול היה נמוך ממוך מב-2018 (איור 6) המצביע על סירוגיות גבוהה בחלקה. לפני תחילת הטיפולים מצב היבול מצביע על שונות גדולה בין עצי החלקה. לא נמצא שום קשר בין עוצמת הפריחה ויבול הפרי בהסתכלות על נתוני 2018.

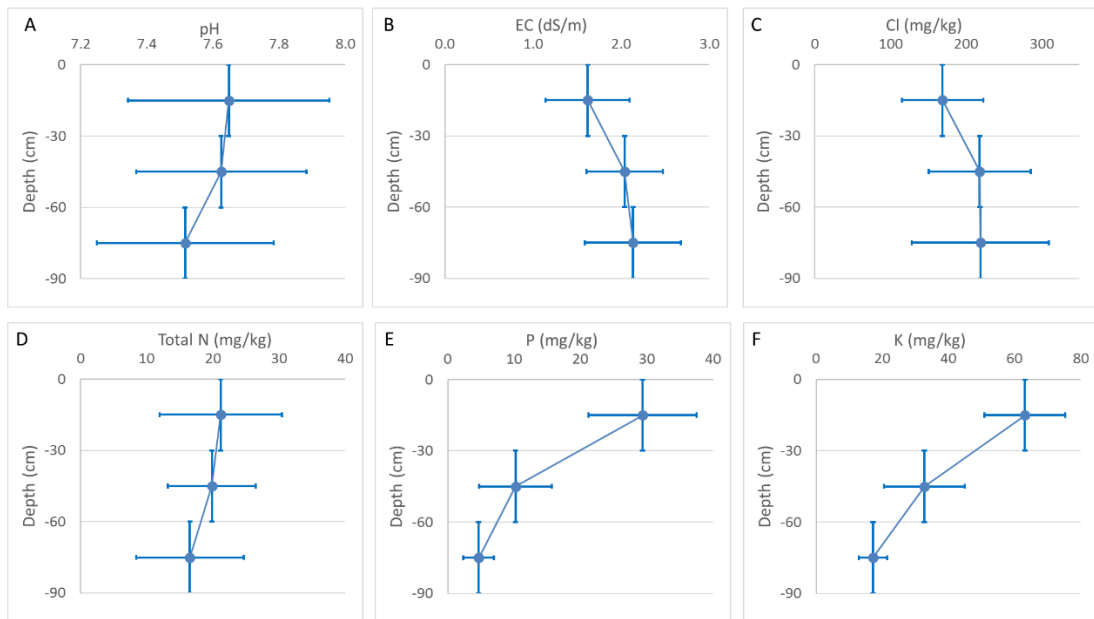


איור 6. יבול פרי לפי חלקות הטיפול בשני עונות לפני תחילת הטיפולים.

נדגמו עלים דיאגנוסטיים (העלה הצעיר ביותר שהגיע למלוא גודלו) וקרקע (מתחת לשלוחת הטפטוף מרחק 2 מטר בגזע העץ) מכל החלקות/עצי מדידה. הקרקע כבדה עם חרסית בין 36% ל-46% וחול בין 24% ל-36%. קבוצת המרקם (לפי שיטת האמריקאית) clay עד clay loam (איור 7). הקרקע אחידה בעומק ובעלת שונות מרחבית קטנה כמו שאפשר לראות באיור 7 לגבי מרקם ואיור 8 לגבי pH (A) ו-EC (B). הכלורידים בקרקע הם כ-180 מ"ג/ק"ג בשכבה העליונה וקצת יותר גבוהה ~210 מ"ג/ק"ג בשכבות העמוקות (איור 8 C). חנקן נמצא בכ-20 מ"ג/ק"ג בכל החתך (איור 8 D) כאשר זרחן ואשלגן כצפוי נמצאים בריכוזים גבוהים יותר בשכבה העליונה לאומת התחתונה. ריכוזם, 30 מ"ג/ק"ג זרחן (איור 8 E) ו-60 מ"ג/ק"ג אשלגן (איור 8 F) לא זניחים.

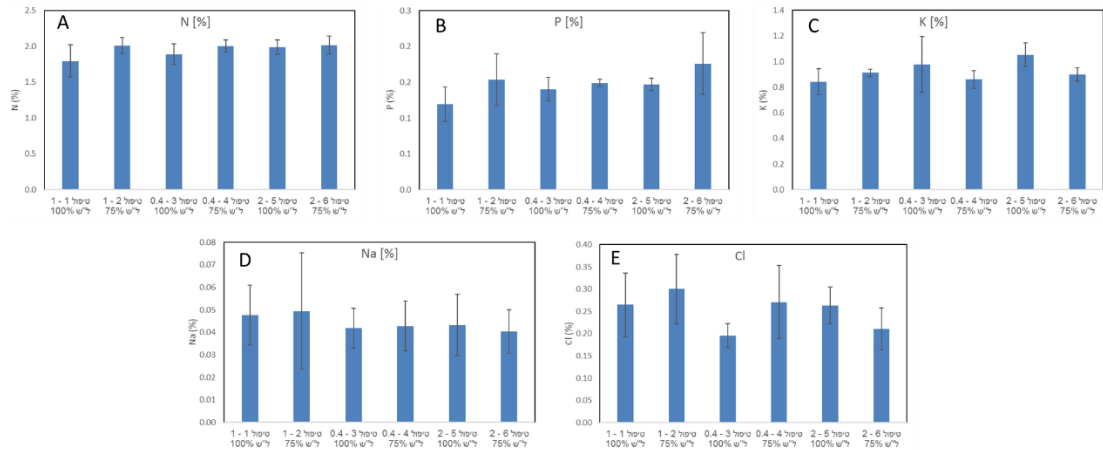


איור 7. אפיון של מרקם הקרקע בחלקה. ממוצע לעומק (0-30, 30-60, 60-90 ס"מ) מ10 נקודות במטע של הניסוי.



איור 8. אפיון של קרקע בתחילת הניסוי. ממוצע הפרופיל ב-10 נקודות גידום (n=10) ב3 עומקים (0-30, 30-60, 60-90 ס"מ). A pH, B מוליכות חשמלית (מליחות), C כלוריד, D חנקן, E זרחן, F אשלגן. pH וEC במיצי עיסה רוויה, מינרלים מוצגים יחסית למשקל קרקע.

בעלים דיאגנוסטיים (איור 9) לא נמצאו הבדלים מובהקים במינרליים. נמצא כ1.8% חנקן (A), 0.2% זרחן (B), 0.9% אשלגן (C), 0.04% נתרן (D), ו0.24% כלוריד (E). ריכוזים אלה סבירים ולא מצביעים על שום בעיות של מחסור או רעילות/עודף (Bingham, 1961; Bingham and Fenn, 1966; Ayers et al 1951).



איור 9. מינרליים בעלים דיאגנוסטיים

## 5. דיין

אנחנו שמחים בהצלחת ביצוע העמדת המערכות של ההשקיה הדישון והאוטומציה ומתרגשים מתחילת הניסוי בעונת 2019.

החלקה נבחרה בגלל תנאים של זן, קרקע, מגדל, מספר עצים, מיקום, ומים. אם זאת הוא מאפיין בשונות די גדולה. לכן הצורך לחלקות גדולות בעלי הרבה עצים יחסי על מנת להבטיח עצי מדידה מייצגים שמוקפים בעוד עצים מייצגים וכולם מקבלים את הטיפול הדרוש. כנראה שאופי של שונות גדולה בקצב גידול, פריחה, ויבול אופייני בכלל למטעי אבוקדו בארץ ולא רק למטע הספציפי שנבחר. אנחנו עושים את הכול על מנת לבדוד את המשתנים הנבדקים (ספיקות טפטפות ושיעור השקיה) ומקווים לקבל תוצאות אמינות בזמן סביר.

ניטור החלקה ימשך ויוסף אלמנטים של ניטור מצב המים בקרקע וצמחים בעונת ההשקיה 2019 כולל מדי רטיבות קרקע ודנדרומטרים (מדדי שינויים בגודל – הקף הגזע).

לגבי המודל הספרתי, עדיין נדרשת כיוול של התכונות ההידראוליות של הקרקע ותנאי ההתחלה הכימיים של שדה המחקר. בנוסף הסימולציות נעשו עם מערכת שורשים של צמחי פלפל ונדרשת התאמה לאבוקדו. הנתונים הפיזיקליים, הכימיים והביולוגיים שיאספו מהשדה בעונת 2019 יאפשרו את כיוולם של הפרמטרים השונים. בעזרת המודל המכוויל יהיה אפשר לשפוך אור על השפעת ספיקת הטפטפת ושיעור ההשקיה על הקליטה של המינרלים השונים ועל פירוסם בקרקע.

## 6. הבעת תודה

תודה ענקית לצוות בניית המערכות ממרכז מחקר גילת ובמיוחד את יונתן וויצמן. תודה לחברת נטפים על תרומה של שלוחות טפטוף.

## 7. ספרות מצוטטת

Ayers, A. D., Aldrich, D. G., and Coony J. J. 1951. Sodium and chloride injury of Fuerte avocado leaves. California Avocado Society Yearbook 36: 174-178.

Bingham F.T. 1961. Seasonal Trends in Nutrient Composition of Hass Avocado Leaves. Proceedings of the American Soc Hortic Sci. 78:149-160

- Bingham F. T. and Fenn L. B. 1966. Chloride injury to Hass avocado trees: A sandculture experiment. California Avocado Society Yearbook 50: 99-106
- Carr, MKV (2013) The water relations and irrigation requirements of avocado (*Persea americana* Mill.): A review. Expl. Agric 49, 256-278.
- Dasberg, Samuel, and Dani Or. Drip irrigation. Springer Science & Business Media, 2013.
- Holzapfel, E., de Souza, J. A., Jara, J., & Guerra, H. C. (2017). Responses of avocado production to variation in irrigation levels. Irrigation Science, 1-11.
- Michelakis, N., Vougioucalou, E., and Clapki, G. (1993) Water use, wetted soil volume, root distribution and yield of avocado under drip irrigation. Agric Water Manag. 24, 119-131.
- Silber, A., Israeli, Y., Levi, M., Keinan, A., Shapira, O., Chudi, G., ...& Assouline, S. (2012). Response of 'Hass' avocado trees to irrigation management and root constraint. Agric Water Manag, 104, 95-103.
- Zhangzhong, L., Yang, P., Li, Y., & Ren, S. (2016). Effects of Flow Path Geometrical Parameters on Flow Characteristics and Hydraulic Performance of Drip Irrigation Emitters. Irrigation and Drainage, 65(4), 426-438.