הכוונה של צימוח ווגטטיבי, מערכת שורשים ורמת יבול של עצי אבוקדו באמצעות ממשק ההשקיה והדישון

Manipulation of the vegetative growth, root system and yield of avocado trees through fertigation management

צוות המחקר: אבנר זילבר, שבתאי כהן, שמואל אסולין, אירית לבקוביץ-המכון למדעי הקרקע, המים והסביבה, מנהל המחקר החקלאי; יצחק אדטו, אלקנה בן-ישר-מו"פ צפון; עמי קינן, יאיר ישראלי, ג'ורג' חודי-צמח ניסיונות; נורית בן-הגיא, שה"מ עמק הירדן; ענת לוינגרט איצ'יצ'י - שה"מ, גליל מערבי.

2006

תקציר

המטרה הכללית של מחקר מוצע זה היא לבחון את ממשק ההדשיה (יישום בו זמני של דשן ומים – Fertigation) האופטימאלי הנדרש להשגת יבול של 5-6 טון לדונם של פירות אבוקדו. אבוקדו הוא גידול חשוב מאוד בסל הייצוא הישראלי עם פוטנציאל (עולמי) להגדלה אבל יבול נמוך בהשוואה לעצי מטע אחרים אינו יכול להבטיח את רווחיות החקלאים לאורך זמן. הסיבות לפריון הנמוך של עצי אבוקדו אינן ברורות ומוגדרות ולמרות מחקרים רבים ואינטנסיביים, היבולים בעשרים שנים האחרונות לא עלו באופן משמעותי. חלק גדול מהחוקרים ומקברניטי הענף בישראל ובעולם מייחסים את הסיבה לפוריות הנמוכה בנשירה חזקה של פרחים\חנטים כתוצאה מחוסר יכולת של הצמח לספק מים ויסודות מזון חיוניים בפרקי זמן קצרים וקריטיים למבלעים חזקים אלו.

המחקר מתבצע בצמח, עמק הירדן ובו נבחנת ההשפעה של ממשקי הדשייה שונים על עצי אבוקדו מזן האס (מורכבים על כנת וגטטיבית דגניה 117) שתולים בתוך כלים עם פרליט. השימוש בכלים מאפשר מעקב רציף אחר דליפת מים ומומסים ומאפשר לימוד מעמיק של דרישות ההזנה של עצי אבוקדו. הצמחים נשתלו בתאריך 26 לספטמבר 2006 בתוך כלים בנפח של 200 ליטר שמולאו בפרליט והונחו בתוך חפירה בקרקע, על מנת למנוע השפעה של קרינת שמש ישירה על דופן המיכל. המיכלים חוברו למערכת איסוף מרכזית והתשטיפים (כל טיפול בנפרד) נאספו ונשמרו לבדיקות כימיות. בניסוי נבחנים הגורמים הבאים: (א) תדירות ההשקיה –גבוהה (10-30 השקיות ביום, לפי מנת המים הכללית); בינונית (אחת ליום) ונמוכה (כל יומיים) ו-(ב) יחס בין אמון לחנקה במי ההשקיה. מכל טיפול הוצבו 12 כלים, עשרה עם שתילים ושניים ללא צמח שהושקו ודושנו בצורה זהה לטיפולי הניסוי. כמות המים בניסוי הינה אחידה לכל הטיפולים, בהתאם לדיות הצמחים + 25% להדחת מלחים. בנוסף, מכל טיפול הוצבו חמישה מיכלים בנפח של 100 ליטר המושקים המדושנים בצורה זהה לצמחים השתולים בנפח של 200 ליטר, כך שניתן יהיה לבדוק את השפעת נפח בית השורשים על התפתחות העצים. חמישה עצים מכל טיפול חוברו למערכת חיישנים מתוצרת "פיטק" המודדם את השינויים בקוטר הגזע (דדרומטרים, ראה תמונה 3 ימין). מדידות אלו מאפשרות מעקב ובקרה רציפה על גידול העץ ותגובות העצנים לעקות מים (חישוב התכווצות יומית מירבית). הקליטה של העצים הייתה תקינה ועם בוא האביב התחיל לבלוב חזק והעצים גדלו מאוד. מדידות פיסיולוגיות שונות כגון: פירוס מערכת שורשים, התפתחות ווגטטיבית, ריכוז יסודות מזון בעלים, פוטוסינתזה ומוליכות פיוניות מתוכננות לעתיד הקרוב (חודש יולי-אוגוסט) ולכן בעת כתיבת הדו"ח עדיין לא נאספו תוצאות מדודות.

מבוא ותיאור הבעיה

הבעיה המרכזית של גידול אבוקדו בישראל ובעולם היא יבול הפירות הנמוך. למרות צימוח וגטטיבי נמרץ, יבול הפירות בזנים מסוימים (כולל בזן האס שהוא החשוב ביותר לייצוא) מגיע רק ל-1-2 טון לדונם בלבד. יבול זה נמוך מאוד בהשוואה לעצי מטע אחרים ומסכן את רווחיות החקלאים. הסיבות לפריון הנמוך של עצי אבוקדו אינן ברורות ומוגדרות ולמרות מחקרים רבים ואינטנסיביים, היבולים בעשרים שנים האחרונות לא חצו את "מדרגת" 2 טון לדונם בממוצע רב שנתי. חלק גדול מהחוקרים ומקברניטי הענף בישראל ובעולם מייחסים את הסיבה לפוריות הנמוכה בנשירה חזקה של פרחים\חנטים כתוצאה מחוסר יכולת של הצמח לספק מים ויסודות מזון חיוניים בפרקי זמן קצרים וקריטיים למבלעים חזקים אלו או בחוסר חנטה.

מקובל בדרך כלל כי לעצי אבוקדו מערכת שורשים שטחית וכי מערכת השורשים הפעילה מתרכזת בעיקר בחלק העליון (10-40 ס"מ) של הקרקע. לא ברור האם מערכת השורשים השטחית היא תוצאה של מחסור ביסוד מזון חיוני בקרקע, התנגדות מכאנית של הקרקע שמקשה על החדירה לעומק של שורשי האבוקדו, מחסור בחמצן, או תכונה אופיינית של עץ האבוקדו שאיננה תלויה בגורמי ממשק. הרחבת השטח המורטב סביב לעץ אבוקדו (מ-25% ל-75%) באמצעות הגדלת מספר שלוחות הטפטוף (מאחד לחמש) הביאה להגדלה בקצב גידול השורשים, לשיפור מצב המים בעץ ולהגדלת הדיות (Cantuarias et al., 1995; Cantuaruas Aviles, 1995). לא נמצא דיווח בספרות על החלוקה המרחבית של שורשים בקרקע ועל התרומה של כל חלק לקליטה של מים ויסודות מזון, או על שינוי בפריסת השורשים בעקבות שינויים במנת ההשקיה והדישון. המשמעות הישירה של מערכת שורשים שטחית היא כי קצבי הקליטה של מים ויסודות מזון (ביחידות של כמות נקלטת ליחידת שורש ליחידת זמן - $g\ m^{-2}\ root\ t^{-1}$) חייבים להיות גבוהים מאוד על מנת לאפשר קליטה נאותה גם במצבי שיא. ייתכן כי בתנאים של דיות גבוה, דרישה אטמוספרית גבוהה למים (תנאי שרב) או כאשר יש דרישה גבוהה ליסודות מזון (פריחה\חנטה), הצמח נכנס לעקה כתוצאה מחוסר היכולת של נפח שורשים קטן המרוכז בחלק העליון של הקרקע לספק את הדרישות וכתוצאה מעקה זו נושרים החנטים. לברור והבנת הסיבות למערכת השורשים השטחים חשיבות גדולה מאוד והיא קריטית לגיבוש ממשק ההדשיה האופטימאלי. המרחק בין נקודת יישום הדשן (טפטפת) לבין מערכת השורשים (יעד) משפיע מאוד על זמינות יסודות המזון לצמחים (Bar-Yosef, 1999), ולכן, באם מערכת השורשים השטחית היא תוצאה של ירידה בזמינות של יסוד מזון כלשהו כתוצאה מתהליכי ספיחה\שקיעה בקרקע אזי ניתן לשנות את הפריסה של מערכת השורשים בקרקע על ידי שינוי מיקום הטפטפות (טפטוף תת-קרקעי) או שינוי הגיאומטריה של הנפח המורטב באמצעות מפזרי מים (ממטירון, מתז). הדשייה תת-קרקעית באמצעות טפטוף טמון (Subsurface drip irrigation – SDI) מאפשרת הספקה של יסודות מזון ומים במרכז מערכת השורשים של הצמח ושמירה על ריכוז רצוי בפני השורש ויכולה לתרום לשיפור יעילות קליטת המים ויסודות מזון ע"י הצמח (Bar-Yosef, 1991; Coelho and Or, 1999; Mmolawa and Or, 2000). באם מערכת השורשים השטחית של עצי אבוקדו אינה תוצאה של זמינות יסודות המזון והמים בנפח קרקע אלא תכונה אופיינית של הצמח או נובעת מהתנגדות מכאנית גבוהה לחדירת שורשים, או כל סיבה אחרת, אזי הפתרונות האפשריים הם: (א) הגדלת שטח האזור המורטב (הגדלת מספר שלוחות הטפטוף או השקיה עילית בממטירונים); (ב) הדשיה בתדירות גבוהה שתביא לעלייה בזמינות יסודות המזון; (ג) ריסוסי עלווה ביסודות מזון; (ד) יישום שיטות של "שרוולי גידול" או "תעלות הזנה" שטחיות שיביאו לשיפור בקליטה של מים ויסודות מזון.

תנאי הכרחי וראשוני לאופטימיזציה של משטר השקיה ודישון בכל גידול חקלאי הוא בקרה על הקליטה של מים ויסודות מזון על ידי הצמח. ברוב הגידולים החקלאיים מקובל להשתמש בריכוז יסודות מזון בעלים או בפרות ככלי בסיסי

לבקרה על מצב ההזנה של הצמח. המלצות דישון הנסמכות על ריכוזים מדודים של יסודות מזון באיברי הצמח השונים ניתן למצוא לרוב בספרות החקלאית. למרות שמספר היבטים של דרישות עצי אבוקדו ליסודות מזון נבחנו בישראל ובעולם, עדיין הבקרה של מצב ההזנה של הצמח באמצעות בדיקות צמחיות איננה מספקת

(Lahav, 1995; Crowley et al., 1996; Bar et al., 1997; Castillo-Gonzalez et al, 2000; Lahav&Zamet, 1999; Zilcah et al., 2000; Lovatt, 2001; Lahav&Aycicegi, 2003; Razeto&Salgado 2004).

למרות הזמן שחלף, המסקנה של Lahav (1995) כי עדיין אין הבנה של התהליכים המשפיעים על היבול נכונה גם היום. מכאן, קידום ענף האבוקדו מותנה בסגירת פערי ידע בנושאים כגון: ריכוז קריטי של יסודות מזון בעלים, השפעת משטר הדישון על החלוקה של יסודות מזון ופחמן באיברי הצמח, השפעת יסודות קורט על הצימוח ודרכי היישום (דישון באמצעות מערכת ההשקיה, ריסוס עלוותי, הזרקה לגזע). ריכוזים נמוכים של זרחן בעלים (1.0-1.5 ג'\ק"ג ח"י) וריכוזים גבוהים בפרחים (3.0-3.5 ג'\ק"ג ח"י), וקשר מובהק בין התכולה של זרחן בפרחי אבוקדו שנשרו לבין היבול בשנה העוקבת (Lahav&Zamet, 1999) מלמדים אולי כי מחסור זמני בקליטה של זרחן בתקופת הפריחה\חנטה הביא לנשירה. ייתכן גם כי מחסור בברזל גרם לנשירה של פרחים (Lahav&Zamet, 1999). הפרחים\חנטים המתפתחים מהווים מבלע חזק ליסודות מזון וסוכרים וייתכן כי זמינות נמוכה של זרחן ו\או יסודות בתקופה זו גרמה לפגיעה ביבול. אי ההתאמה המדווח בין ריכוז יסודות המזון בעלים ובפירות לבין היבול (Lahav&Zamet, 1999) מקשה על הבנת הסיבות לנשירת הפרחים\חנטים. יתכן כי העלייה ביבול בעקבות עלייה בתדירות ההשקיה ובפס ההרטבה שדווחה ע"י אדטו וחובריו (אדטו, 2001 א', ב'; 2002 א', ב'; 2003 א', ב') נבעה משיפור הקליטה של זרחן או של יסודות קורט.

ללא הבנה בסיסית וללא כלים למעקב ולבקרה על התהליכים המפורטים לעיל לא ניתן יהיה להביא לשיפור היבול. גם כלים לבקרה צמחית על מנת המים ועיתוי ההשקיה במטע מסחרי של אבוקדו עדיין לא קיימים ובבדרך כלל מקובל השימוש בדנדרומטרים כאמצעי לבקרת השקיה (נוי, 2004). הדנדרומטר אינו מאפשר מדידה ישירה של דיות אולם הוא נפוץ לאחרונה גם בחלקות מסחריות ככלי לאומדן יחסי של עקות מים. בחלק מהחלקות המסחריות מקובל שימוש בטנסיומטרים ככלי לקביעת מרווח ומנת ההשקיה.

בראשית שנות התשעים החלו בעמק בית שאן ליישם שיטה של גידול עצים בתוך תעלות עם מצע "זר" (טוף, פרליט, קומפוסט) וחפרו תעלות ליד עצי המנגו ומלאו אותם בטוף או בחצץ בזלתי (יצחק 1996). הגידול בתעלות טוף לווה בעלייה בתדירות ההשקיה (מהשקיה יומית או שבועית להשקיה של מספר פעמים ביום) ובהרכב הדשן המיושם. בעקבות טיפולים אלו עלה היבול בשנים הראשונות ממאות קילו לדונם בחלקות הביקורת ל-3-4 טון לדונם בחלקות המטופלות, והגיע בשנים האחרונות בחלקות נבחרות אף ל-6-7 טון לדונם (אדטו, ידע אישי). שיפור התפתחות הצמחים יוחס לשיפור תנאי האוורור בקרקע ו/או לשיפור הזנת הצמח (בעיקר יסודות קורט). ההצלחה המרשימה בעליית היבול שהושגה בעצי מנגו הובילה לרעיון כי ניתן ליישם שיטה זו בעצי אבוקדו. ניסויים ותצפיות בשנים האחרונות בחנו את שיפור ממשק ההשקיה ע"י: (א') השקיה בתדירות גבוהה; (ב') בקרה רציפה של מצב המים בעץ באמצעות מדידות שינויים בקוטר הגזע (דנדרומטר); ו - (ג') הגדלת מספר שלוחות הטפטוף לעץ, והשפעתן על הפחתת עקת המים לעץ במועדים קריטיים (תנאי שרב) ושיפור היבול. שינויים בממשק ההשקיה בשילוב טיפולים אגרו-טכניים כגון גיזום ושימוש בהורמונים שהביאו לשיפור החנטה והקטנת הנשירה הביאו בשנים האחרונות לעלייה ביבול אבוקדו (אדטו 2002 א', ב'; 2003 א', ב'; 2004 א', ב'). בסיכום מחקרים אלו הוערך כי היבול הפוטנציאל של עצי אבוקדו יכול להגיע ל-5 טון לדונם (אדטו, 2002א'). המסקנה הבסיסית של החוקרים מניסויים ותצפיות אלו הייתה כי ניתן להקטין עקות מים זמניות

באמצעות הגדלת תדירות ההשקיה ופס ההרטבה (הוספת שלוחות טפטוף) וכי משטר זה מביא לעלייה בנפח השורשים היחסי (יחס שורש\נוף) ובחלוקה היחסית שלהם במרחב (שורשים בחלק העליון של המצע, בדומה לממצאים של Cantuarias et al., 1995; Cantuaruas Avilés, 1995). על בסיס מחקרים אלו הוצע כי על מנת להביא ליבול מרבי של עצי אבוקדו יש לייעל את ההשקיה באמצעות: החלפת מערכות ההשקיה למערכות טפטוף צפופות יותר והשקיה בשלוש שלוחות בקרקעות המתאימות, השקיה על בסיס עקה מינימאלית שתביא צימוח מתמיד של העץ ושימוש בדנדרומטרים כאמצעי לבקרת השקיה (נוי, 2004).

אבוקדו נחשב כצמח רגיש מאוד למליחות (Haas and bruska, 1955; Maas, 1990). ולכן נהוג להרכיב זנים רגישים על כנות "סבילות" למלח (כגון "מערב הודיות"). ברוב הגידולים החקלאיים עלייה במליחות גורמת קודם כל לפגיעה בנוף ואילו הפעילות של מערכת השורשים נפגעת רק במליחות גבוהה יחסית (Bernstein and Kafkafi, 2002). לעומת זאת באבוקדו, הרגישות של מערכת השורשים למליחות גבוהה מהרגישות של הנוף (Bar et al., 1997; Bernstein et al., 2001, 2004). לאחרונה נמצא כי עלייה בריכוז המלח במים (NaCl) מ-1 ל-15 מילימולר הביאה להקטנה משמעותית בנפח השורשים של זן הנחשב כ"סביל" מאוד למלח ומשמש ככנה מקובלת בתנאי מליחות (דגניה 117), בעוד שהפגיעה בנוף הייתה מינימאלית (גידול שורשים ירד ל-66% בהשוואה לביקורת ואילו הנוף ירד רק ל-90% מהביקורת). כאשר ריכוז המלח במים עלה ל-25 מילימולר, גידול השורשים היה רק 35 אחוז מהביקורת ואילו הנוף ירד רק ל-80 אחוז (Bernstein et al., 2004). מערכת השורשים סמויה בדרך כלל מהעין ורגישות הצמח למליחות נקבעת לרוב על פי לסימנים חזותיים או ירידה ביבול הווגטטיבי ו\או הפירות. הירידה בנפח השורשים הפעיל בתחום מליחות שנחשב עד כה כ"סביר" עבור כנת דגניה 117 מלמדת על החשיבות הרבה בבחינת התגובה של מערכת השורשים לממשק ההשקיה ותנאי סביבה. ייתכן גם כי הנזקים הנגרמים בעקבות שימוש במים עם מליחות "סבירה" ומקובלת גבוהים מהנראה לעין.

ההשפעה של הדשיה (יישום בו זמני של דשן ומים: Fertigation) בתדירות גבוהה על היבול, התפתחות הצמח והקליטה של יסודות מזון נחקרה בשנים האחרונות על ידי חלק מצוות מחקר זה (זילבר וחובריו, Silber et al, 2003, 2005a, 2005b; 2003). ממצאי המחקר הראו כי השקיה בתדירות גבוהה (20-40 השקיות יומיות) הביאה לשיפור היבול והקליטה של יסודות מזון בצמחי חסה ופלפל. המסקנה הבסיסית של מחקרים אלו הייתה כי תדירות ההשקיה לכשעצמה לא השפיעה על הקליטה של מים כל עוד מנות המים היו מספיקות לדיות הפוטנציאלית של הצמח (לא היו תנאים של השקיה גירעונית) וכי השיפור ביבול ובאיכות הפירות הושג בעקבות השיפור בזמינות של יסודות מזון המאופיינים במוליכות נמוכה במצע: זרחן ויסודות קורט (בעיקר מנגן). השיפור בזמינות יסודות המזון יוחסה לשני תהליכים עיקריים: (א) עלייה בתכולת הרטיבות הממוצעת (הרגעית) שהביאה לעלייה בתנועה הדפוזית והמסית (קונווקציה) אל הצמח; ו-(ב) שטיפה מתמדת בתמיסת דשן ו"חידוש המלאי" של יסודות מזון באזור הבלתי רווי בקרבת השורשים.

המטרה הכללית של מחקר מוצע זה היא לבחון את ממשק ההדשיה האופטימאלי הנדרש להשגת יבול של 5-6 טון לדונם של פירות אבוקדו. מטבע הדברים נדרש למטרה זו מחקר רב שנתי (5-10 שנה) ולכן אנו רואים בטווח של שלוש שנים המאושר על ידי המערכת של המדען הראשי את השלב הראשוני בלבד למחקר והוא ישמש כמבוא למחקר הממושך יותר. חלק ראשוני זה אמור לתת מענה לשתי בעיות מפתח בניסיון לאופטימיזציה של גידול אבוקדו: (א) בחינת הפרוס של מערכת השורשים של הצמח והדרכים להכוונה שלה; (ב) בניית פרוטוקול לבקרה על ממשק ההדשיה. בחלק זה של המחקר נערך ניסוי בכלים (ליזימטרים) שמטרותיו הן: (א) בחינת ההשפעה של גורמי ממשק שונים כגון: תדירות ההדשיה והיחס בין אמון לחנקה על התפתחות השורשים ומיקומם במרחב ועל הצימוח הווגטטיבי; (ב) מדידה ישירה של דיות (נפח

נקז, מדידת Heat-pulse) והשוואה למדידות לא ישירות של מצב המים בצמח כגון שינויים בקוטר הגזע (דנדרומטרים), פוטנציאל מים בגזע או בעלים במהלך תקופות הגידול ובנייה של פרוטוקול לבקרה של מנות המים המיושמות במהלך השנה; (ג) בדיקה של ריכוז יסודות מזון באיברי הצמח השונים ובנייה של פרוטוקול לבקרה על כמות הדשן המוספת במהלך השנה. היחס בין אמון לחנקה במי ההשקיה עשוי\עלול להשפיע ישירות על התפתחות העצים אולם אנו מניחים כי ההשפעה העיקרית תהיה לא עקיפה, ז.א. השפעה על ה-pH ובעקבות זאת על הזמינות של יסודות מזון לצמח.

שיטות וחומרים

המחקר מתבצע בצמח, עמק הירדן ובו נבחנת ההשפעה של ממשקי הדשייה שונים על עצי אבוקדו מזן האס (מורכבים על כנת וגטטיבית דגניה 117) שתולים בתוך כלים עם פרליט. השימוש בכלים מאפשר מעקב רציף אחר דליפת מים ומומסים ומאפשר לימוד מעמיק של דרישות ההזנה של עצי אבוקדו. העצים נשתלו בתאריך 26 לספטמבר 2006 בתוך כלים בנפח של 200 ליטר שמולאו בפרליט והונחו בתוך חפירה בקרקע, על מנת למנוע השפעה של קרינת שמש ישירה על דופן המיכל (תמונות 1-2). המיכלים חוברו למערכת איסוף מרכזית (תמונה 3 שמאל) והתשטיפים (כל טיפול בנפרד) נאספו ונשמרו לבדיקות כימיות. בניסוי נבחנים הגורמים הבאים: (א) תדירות ההשקיה –גבוהה (10-30 השקיות ביום, לפי מנת המים הכללית); בינונית (אחת ליום) ונמוכה (כל יומיים) ו-(ב) יחס בין אמון לחנקה במי ההשקיה. מכל טיפול הוצבו 12 כלים, עשרה עם שתילים ושניים ללא צמח שהושקו ודושנו בצורה זהה לטיפולי הניסוי. כמות המים בניסוי הינה אחידה לכל הטיפולים, בהתאם לדיות הצמחים + 25% להדחת מלחים. בנוסף, מכל טיפול הוצבו חמישה מיכלים בנפח של 100 ליטר המושקים המדושנים בצורה זהה לצמחים השתולים בנפח של 200 ליטר, כך שניתן יהיה לבדוק את השפעת נפח בית השורשים על התפתחות העצים. חמישה עצים מכל טיפול חוברו למערכת חיישנים מתוצרת "פיטק" המודדם את השינויים בקוטר הגזע (דדרומטרים, ראה תמונה 3 ימין). מדידות אלו מאפשרות מעקב ובקרה רציפה על גידול העץ ותגובות העצנים לעקות מים (חישוב התכווצות יומית מירבית).

תוצאות

הקליטה של העצים הייתה תקינה ועם בוא האביב התחיל לבלוב חזק והעצים גדלו מאוד. מדידות פיסיולוגיות שונות כגון: פירוס מערכת שורשים, התפתחות ווגטטיבית, ריכוז יסודות מזון בעלים, פוטוסינתזה ומוליכות פיוניות מתוכננות לעתיד הקרוב (חודש יולי-אוגוסט) ולכן בעת כתיבת הדו"ח עדיין לא נאספו תוצאות מדודות.

רשימת ספרות

אדטו, י. 2002 א'. ניסויים באבוקדו באזורי עמק הירדן ועמק בית שאן 2001, דו"ח מוגש לצמח ניסיונות ולועדת מגדלים סובטרופיים.

אדטו, י. 2002 ב'. ניסויים באבוקדו באזורי הגליל העליון ודרום רמת הגולן 2001. דו"ח מוגש למו"פ צפון ולועדת מגדלים סובטרופיים.

אדטו, י. 2003 א'. ניסויים באבוקדו באזורי עמק הירדן ועמק בית שאן 2002, דו"ח מוגש לצמח ניסיונות ולועדת מגדלים סובטרופיים.

אדטו, י. 2003 ב'. ניסויים באבוקדו באזורי הגליל העליון ודרום רמת הגולן 2002, דו"ח מוגש למו"פ צפון ולועדת מגדלים סובטרופיים.

אדטו, י. 2004 א'. ניסויים באבוקדו באזורי עמק הירדן ועמק בית שאן 2003, דו"ח מוגש לצמח ניסיונות ולועדת מגדלים סובטרופיים.

אדטו, י. 2004 ב'. ניסויים באבוקדו באזורי הגליל העליון ודרום רמת הגולן 2003, דו"ח מוגש למו"פ צפון ולועדת מגדלים סובטרופיים.

זילבר, א., לבקוביץ, א., סוריאנו, ש., בר-טל, א., וולך, ר., קניג, א. 2003. ייעול שימוש במים ומזעור זיהום קרקע ומקורות מים באמצעות השקיה רצופה. דו"ח מסכם למדען הראשי של משרד החקלאות, תכנית 301-304.

יצחק א. 1996. שיפור מבנה עצי מנגו והעלאת היבול ע"י תעלות עם מצע מאוורר בקרקע גרומוסולית נתרנית. דו"ח מוגש למשרד החקלאות, שה"מ, מחוז בית שאן, ולצמח ניסיונות, ועדת מגדלים סובטרופיים.

נוי, מ. 2004. ענף האבוקדו-סקירה. *עלון הנוטע, נובמבר*.

Bar, Y., Apelbaum, A., Kafkafi, U., Goren, R. 1997. Relationship between chloride and nitrate and its effect on growth and mineral composition of avocado and citrus plants. *J. Plant Nutr.,* 20, 715-731.

Bar-Yosef, B., Phene, C.J., and Hutmacher, R.B. 1991. Plants response to subsurface trickle fertigation. *Final report to BARD, project* IS-1116-86.

Bar-Yosef, B. 1999. Advances in fertigation. *Adv. Agron*. 65, 1-79.

Bernstein, N., Joffe, M., Zilberstein, M. 2001. Salt stress on avocado rootstock growth. I. Establishing criteria for determination of shoot growth sensitivity to the stress. *Plant Soil*, 233, 1-11.

Bernstein, N. and Kafkafi, U. 2002. Root growth under salinity stress, p 787-819. In: Y. Waisel, A. Eshel and U. Kafkafi Ieds). Plant Roots: The Hidden Half. 3rd ed. Marcel Dekker, Inc, New York.

Bernstein, N., Meiri, A., Zilberstein, M. 2004. Root growth of avocado is more sensitive to salinity than shoot growth. *J. Am. Soc. Hort. Sci*. 129, 188-192.

Cantuarias Avilés, T.E. 1995. Transpiration rate and water status of a mature avocado orchard as related to wetted soil volume. M.S.c thesis submitted to the Faculty of Agriculture of the Hebrew University of Jerusalem, Rehovot, Israel.

Cantuarias, T., Cohen, Y. and Tomer E. 1995. Improving avocado tree water status under severe climatic conditions by increasing wetted soil volume. *Proc. III World Avocado Congress,* Tel Aviv, 196 – 204.

Castillo-Gonzalez, A. M., Tirado-Torres, J. L., Rubi-Arriaga, M. Avitia-Garcia, E. 2000. Seasonal variation in nutrient concentration in leaves and inflorescences of avocado. *J. Plant Nutr.,* 23, 663-671.

Coelho, E., and Or. D. 1999. Root distribution and water uptake patterns of corn under surface and subsurface drip irrigation. *Plant Soil*, 206, 123-136.

Crowley, D. E., Smith, W., Faber, B., Manthey, J. A. 1996. Zinc fertilization of avocado trees. *Hortscience,* 31, 224-229.

Haas, A.R.C and Bruska, J.N. 1955. Chloride toxicity in avocado. Calif. Agric. 9, 12-14.

Maas. E.V. 1990. Crop salt tolerance. p 253-304. In: K.K. Tanji (ed). Agricultural salinity assessment and management. ASCE manual and reports ion engineering. Amer. Soc. Chem. Eng. New York.

Mmolawa, K.m., and Or, D. 2000. Root zone solute dynamics under drip irrigations: A review. *Plant Soil*, 222, 163-190.

Lahav, E. 1995. Avocado nutrition - a review. *Proc. III World Avocado Congress*. Tel Aviv, Abstr. p. 121.

Lahav, E.&Zamet. D. 1999. Mineral losses of avocado tree resulting from abscission of flowers, fruitlets and fruits. *Proc. IV World Avocado Congress*. Mexico, Abstr. p. 101-102.

Lahav, E. and Aycicegi, A. 2003. Avocado mineral nutrition, the water-nutrients relationship. V Congreso Mondial del aguacate, Granada - Malaga, Spain. *Actes* 1:349-357.

Lovatt, C. J. 2001. Properly timed soil-applied nitrogen fertilizer increases yield and fruit size of 'Hass' avocado. *J. Am. Soc. Hort. Sci.,*. 126, 555-559.

Razeto, B., Salgado, J. 2004. The inflorescence and fruit peduncle as indicators of nitrogen status of the avocado tree. *Hortscience*, 39, 1173-1174.

Silber A., G. Xu., Levkovitch I., S. Soriano, Bilu A., and Wallach R. 2003. High fertigation frequency: the effect on uptake of nutrients, water and plant growth. *Plant Soil*, 253: 467-477.

Silber, A., Levkovitch, I., Dinkin, I., Soriano, S., Bruner, M., Kenig, E., Reshef, G., Zohar, H., Posalski, I., Yehezkel, H., Shmuel, D., Cohen, S., Dinar, M., Matan, E., and Assouline, S. 2005. High irrigation frequency and temporal NH_4 concentration: the effects on soilless-grown bell pepper. *J. Hortic. Sci. Biotech.*, 80, 233-239.

Silber, A., Bruner, M., Kenig, E., Reshef, G., Zohar, H., Posalski, I., Yehezkel, H., Shmuel, D., Cohen, S., Dinar, M., Matan, E., Dinkin, I., Cohen, Y., Karni, L., Aloni, B. and Assouline, S. 2005. High fertigation frequency and phosphorus level: effects on summer-grown bell pepper growth and blossom-end rot incidence. *Plant Soil*, in press.

Zilcah, S., Yeselson, Y., David, I. and Kein, I. 2000. Effect of seasonal phonological stage on uptake and distribution of ^{15}N-labeled ammonium and nitrate in young avocado trees. *Acta Hort*. 511, 107-113.

תמונה 1. *שמאל:* חביות בתוך התעלות; *ימין:* הנחת החביות בתעלה וכיסוי בעפר.

תמונה 2. *שמאל:* מבט כללי על חלקת הניסוי; *ימין:* שתילה

.

תמונה 3. *שמאל:* כלים לאיסוף נקז; *ימין:* מערכות מדידה של קוטר הגזע (דנדרומטרים).