

לשבור את תקרת הזכוכית של יבולי האבוקדו סיכום מחקרים עכו 2014-17



בעיה למחקר: יבול נמוך (1-2 טון לדונם) של 'האס' אבוקדו בישראל

סיבות אפשריות ליבול הנמוך:

סירוגיות

נשירת פירות – June Drop

איכות מים

האם יבול של 1-2 טון לדונם הוא באמת נמוך?

כמות האנרגיה (חלבונים, שומנים וסוכרים) בפירות אבוקדו

(זן פוארטה) היא: 8.1 מגה (MJ) ג'אול לטון, כמות זו זהה

לכמות הנמצאת ב-2.7 וב-3.2 טון של תפוזים ותפוחים

(Wolstenholme, B.N. 1986)

אתגר: השגת יבול מסחרי של 3 טון לדונם בזן האס

בחינת ממשק ההדשיה (השקיה + דישון)
האופטימאלי להשגת יבול גבוה של פירות
אבוקדו

מסקנות ניסוי צמח 10-2006

- ההשפעה העיקרית של הטיפולים (משטר השקיה, נפח מצע) על יבול הפירות הייתה מובהקת אבל לא ישירה. הטיפולים בניסוי השפיעו על כמות הפירות שנשרה (מחצית יוני עד מחצית יולי)
- נשירת הפירות הייתה סופו של תהליך מורכב שהתחיל מספר חודשים קודם לכן ולא תהליך פתאומי כפי שניתן היה להתרשם מהתופעות החזותיות

מסקנות ניסוי צמח 10-2006

- כמות הסוכרים הנעה למערכת השורשים בזמן התפתחות הפירות ובמיוחד בזמן התפתחות הזרע היא קטנה
- סביר להניח כי נשירת פירות (June Drop) היא תוצאה של מחסור בסוכרים
- שלב "קובע היבול" באבוקדו קשור כנראה לתהליך פיסיוולוגי בהתפתחות המוקדמת של הפרי (התפתחות הזרע?). האם ייתכן כי מחסור במים ו\או יסודות מזון חיוניים ואו? גרם לפגיעה בהתפתחות הזרע ובשלב מאוחר יותר לנשירה חזקה של פירות?

מחקרים בהנהלת חוקרי מו"פ צפון שהתבצעו בגליל המערבי



אבנר זילבר, עמוס נאור, מנשה לוי, מוטי פרס, ראובן דור
– מו"פ צפון; מיקי נוי – שה"מ; הדר כהן, נעם יחיאלי,
יעל בר-נוי, דקלה דוארי, רמי בר-זיו – חוות ניסויים עכו;
שמואל אסולין, כפיר נרקיס – המכון למדעי הקרקע
והמים, מנהל המחקר החקלאי

פרולוג - סיפור מהחיים:

- באביב 2013 בזמן הפריחה (מרץ-אפריל) התרחשה בניסוי ההשקיה בעכו נשירת עלים חזקה
- נשירת העלים הייתה בהתאמה איכותית לעצמת הפריחה : נשירה חזקה יותר ככל שעצמת הפריחה חזקה יותר
- לאחר הפריחה הייתה נשירה של חנטים ובהמשך נשירה של פירות
- סיבות לנשירת עלים ???

תוצאות: השפעת טיפולי הדישון על נשירת עלים: 13 אפריל 2014



מנגנון מוצע: PCD

Programmed Cell Death

- פרחים וחסנים מהווים מבלע חזק מאוד
ליסודות מזון (בעיקר זרחן)
- בעת מחסור יסודות המזון נעים מהעלים דרך
השיפה אל אברי המטרה
- מחסור חריף ומתמשך מביא לכלורזה
ונשירת עלים

תוצאות: השפעת טיפולי הדישון על ניצני הפריחה: 18 מרץ 2014

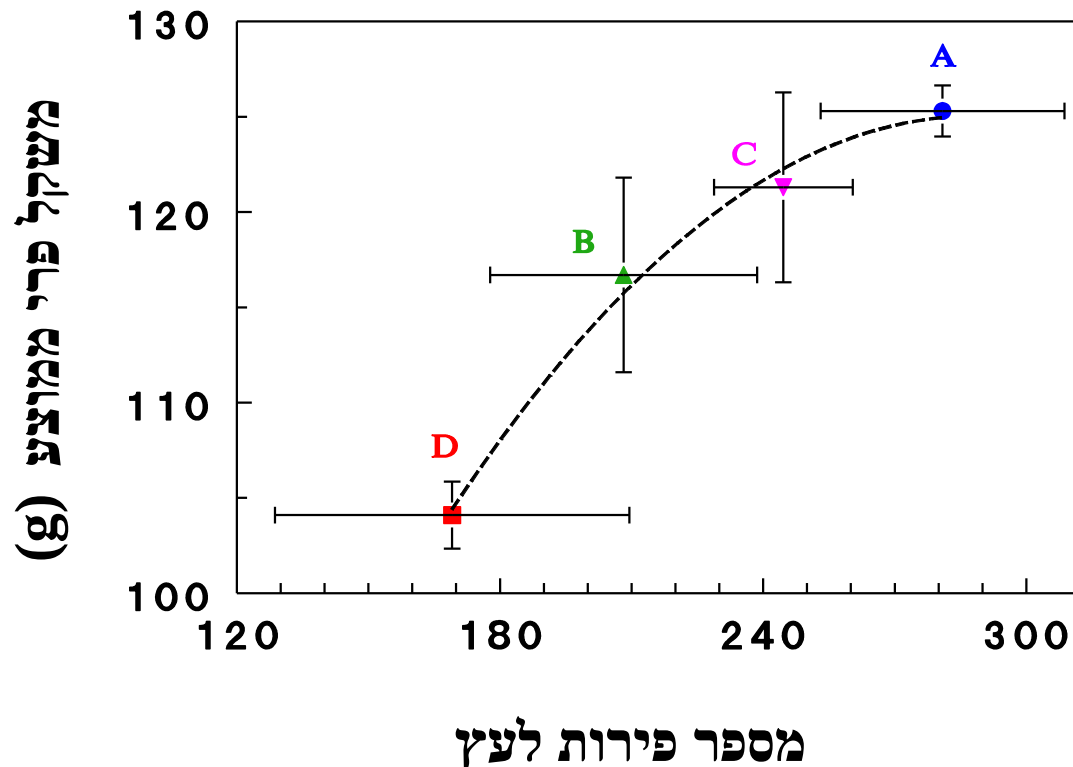
טיפול A: דישון רציף



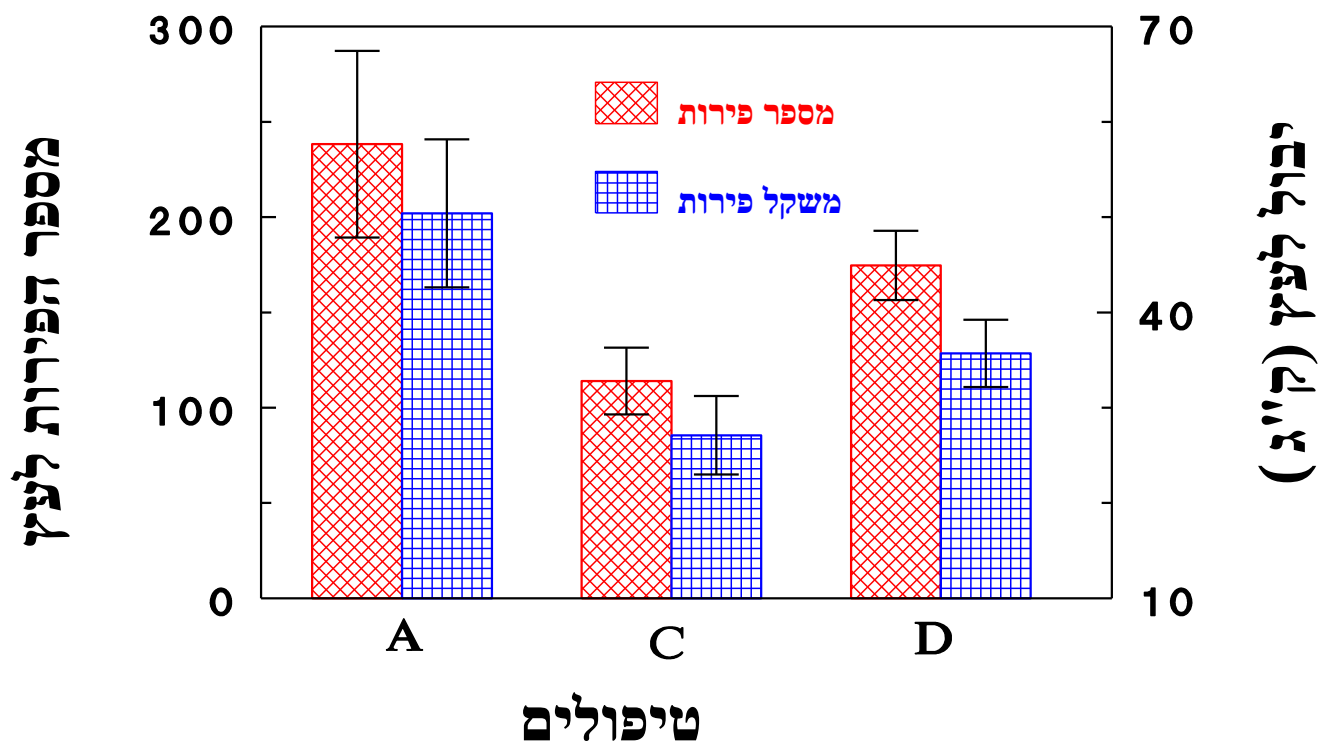
טיפול D: ללא דישון



תוצאות 2014: השפעת טיפולי הדישון על המספר והמשקל הממוצע של הפירות



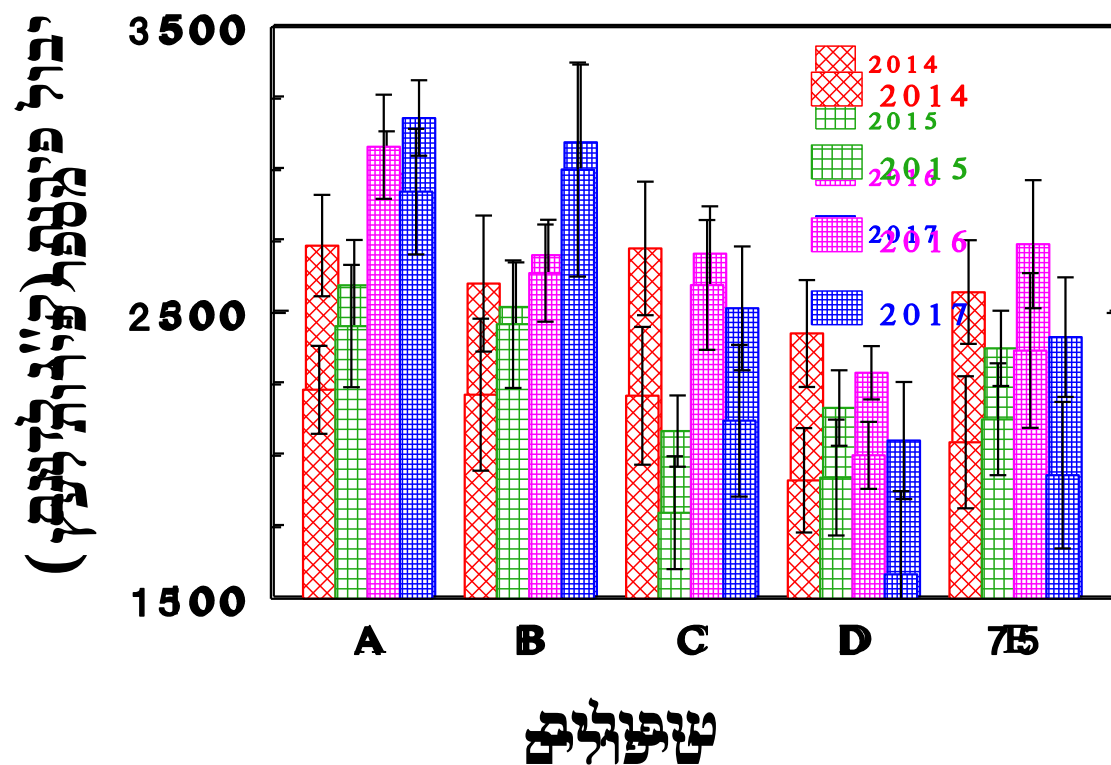
תוצאות 2015: השפעת טיפולי הדישון על מספר ומשקל הפירות



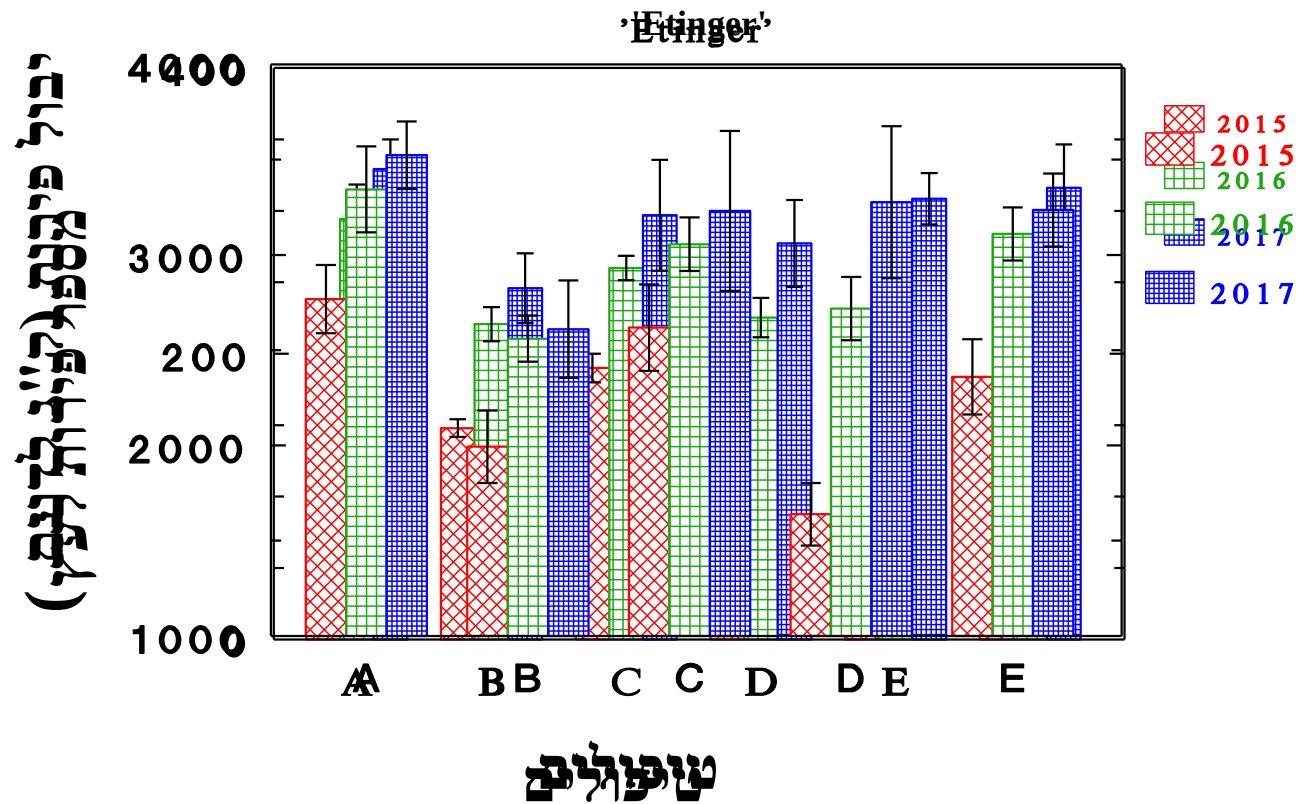
ליזימטרים עכו: סיכום ממצאים עיקריים

- מחסור ביסודות מזון (זרחן וחנקן? אבץ?) הביא:
- נשירת עלים במהלך הפריחה
- נשירת חנטים ופירות
- שלב קובע היבול באבוקדו מתרחש בחודשים פברואר-מאי
- דישון רציף במהלך כל עונת הגידול (גם החורף
נחשב לעונת גידול) חיוני לקבלת יבול גבוה

'האס' אבוקדו 2014-17: יבול



'אטינגר' אבוקדו 2014-17: יבול



נקודה למחשבה

התגובה של עצי 'אטינגר' לטיפולים הייתה
שונה מאשר עצי 'האס'

תובנות א' ('האס' אבוקדו):

- תחת ממשק דישון והשקיה מיטבי ניתן להגיע ליבול רב שנתי של כ-3 במטעי אבוקדו
- עקת מים\דשן בתקופת האביב (טיפול D) הביאה לירידה במספר הפירות וכתוצאה מכך לפחיתה ביבול ולסירוגיות (בהתאמה למסקנות ניסוי הליזימטרים בצמח ובעכו)

תובנות ב' ('האס' אבוקדו):

- עקת מים זמנית (טיפול C) או קבועה (טיפול E) בתקופת הקיץ הביאה לירידה במספר הפירות בשנה לאחר מכן וכתוצאה מכך לפחיתה ביבול ולסירוגיות
- עודף מים (טיפול B) במהלך העונה איננו פוגע ביבול
- מדידות של ריכוזי החמצן בחללי הקרקע מלמדות כי בתנאי הגידול של מטעי אבוקדו בישראל (גידול על גדודיות והשקיה בטפטוף) אין סכנה למחסור באוויר\חמצן

ניסויי הליזימטרים וההשקיה בחוות עכו
מלמדים כי ניתן להגיע ליבול רב שנתי של
כ-3 במטעי אבוקדו ומעוררים שתי שאלות

שאלה א': מה היו ההבדלים בין ממשק
ההדשיה בניסויים בחוות עכו לבין
הממשק המקובל במטעים מסחריים

שאלה ב': איך מיישמים את הידע שנצבר
בניסויים במטעים מסחריים

הַכֹּדֶשׁ לִבְנוֹת מִמַּעַק הַבְּהֵמָה וְלִבְנוֹת הַבְּהֵמָה לִבְנוֹת
מִמַּעַק הַבְּהֵמָה וְלִבְנוֹת הַבְּהֵמָה לִבְנוֹת הַבְּהֵמָה

א. איכות מי ההשקיה: שפירים בחוות עכו וקולחים
במטעים מסחריים

ב1. דישון בכל יסודות המזון החיוניים לצמח (כולל
בזרחן) בניסויים, דישון חלקי בלבד במטעים
מסחריים

ב2. דישון רציף בכל יסודות המזון החיוניים לצמח
כל מהלך העונה (כל טיפת מים מכילה את כל
יסודות המזון לצמח)

הבדלים בין ממשק ההדשיה בניסויים לבין
ממשק ההדשיה המקובל במטעים מסחריים

ג. דגש על בקרת הדשייה ושימוש ברגשים צמחיים
בניסויים, שימוש ברגשים קרקעיים (טנסיומטרים
בעיקר) במטעים מסחריים

ד. דגש על הדשייה באביב המוקדם בניסויים,
השקיה לפי המלצות מדריכים במטעים מסחריים

דילמת מגדל האבוקדו: I

איך לקבוע את מנת מי ההשקיה בשדה?

ניחוש מושכל?

שימוש בנתונים מטאורולוגיים?

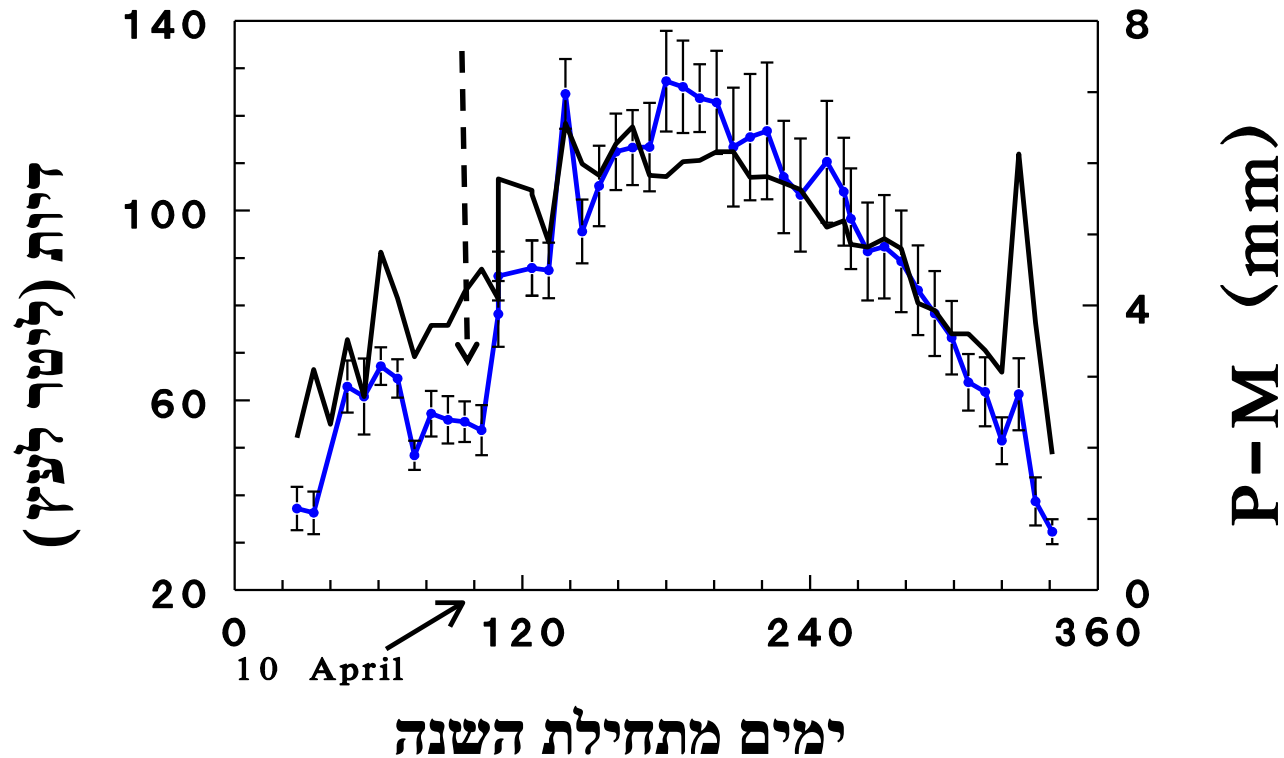
ניסיון? אצבעות ירוקות?

בניסויים שלנו - מדידה של הדיות בפועל בניסוי
ליזימטרים



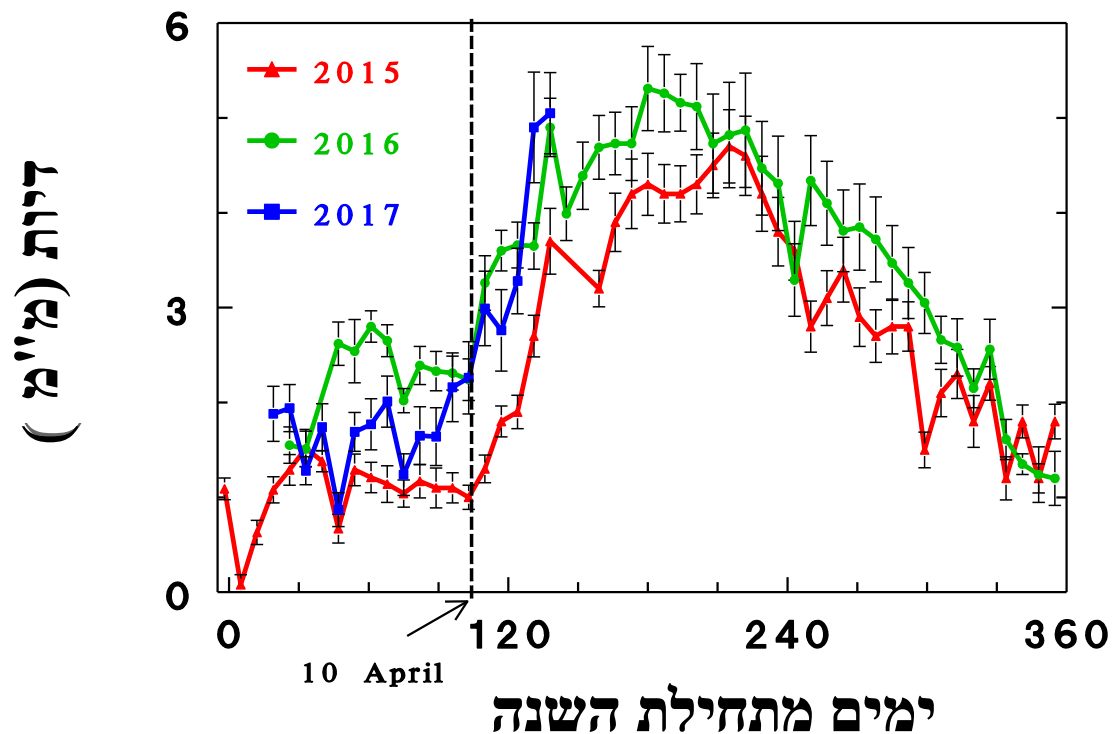
תוצאות: דיות מדוד ומחושב (P-M) במהלך שנת 2016

דיות עולה ללא תלות בתנאים האקלימיים – תוצאה של תהליכים
פיסיולוגיים (התפתחות זרע?)

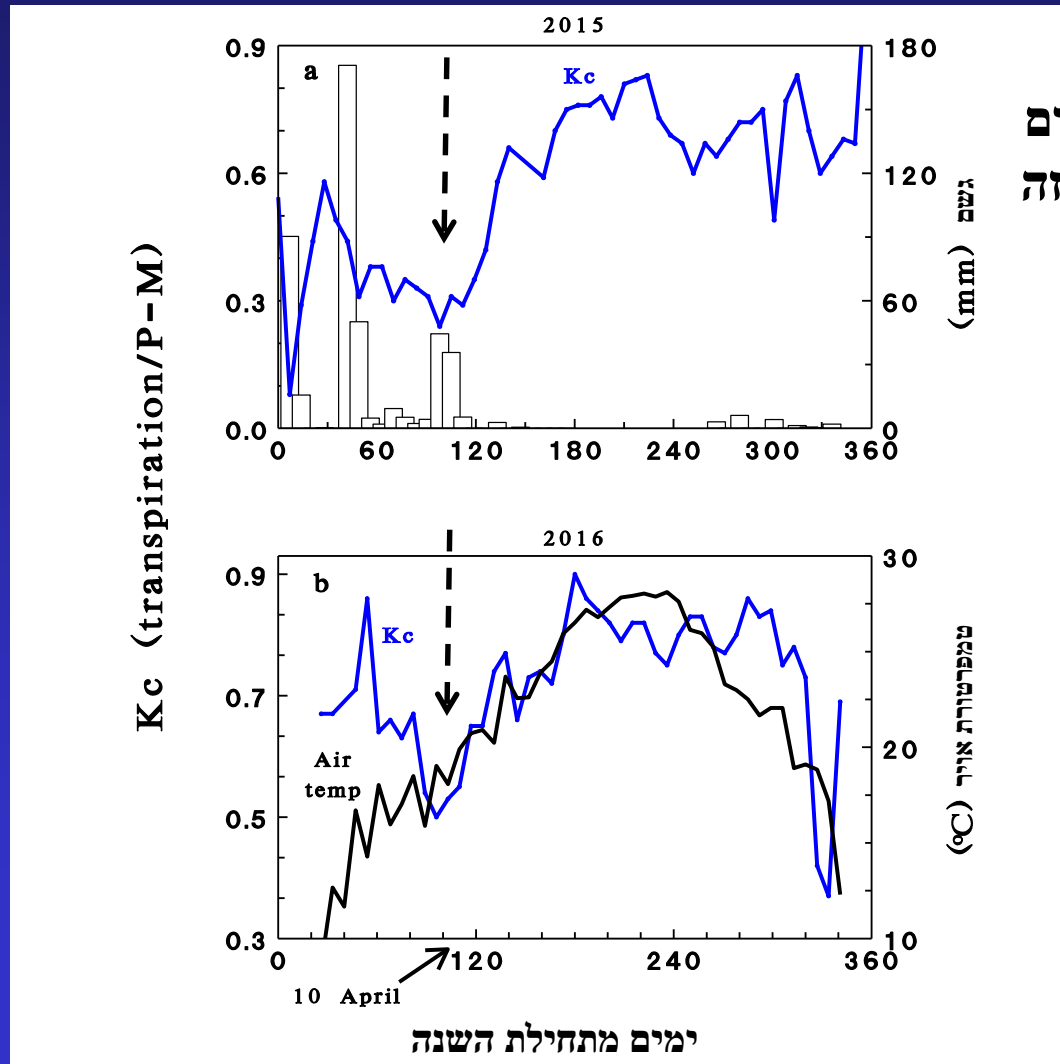


תוצאות: דיות מדוד בשנים 2015, 2016 ו – 2017 (חלקית)

דיות עולה ללא תלות בתנאים האקלימיים – תוצאה של תהליכים
פיסיולוגיים (התפתחות זרע?)

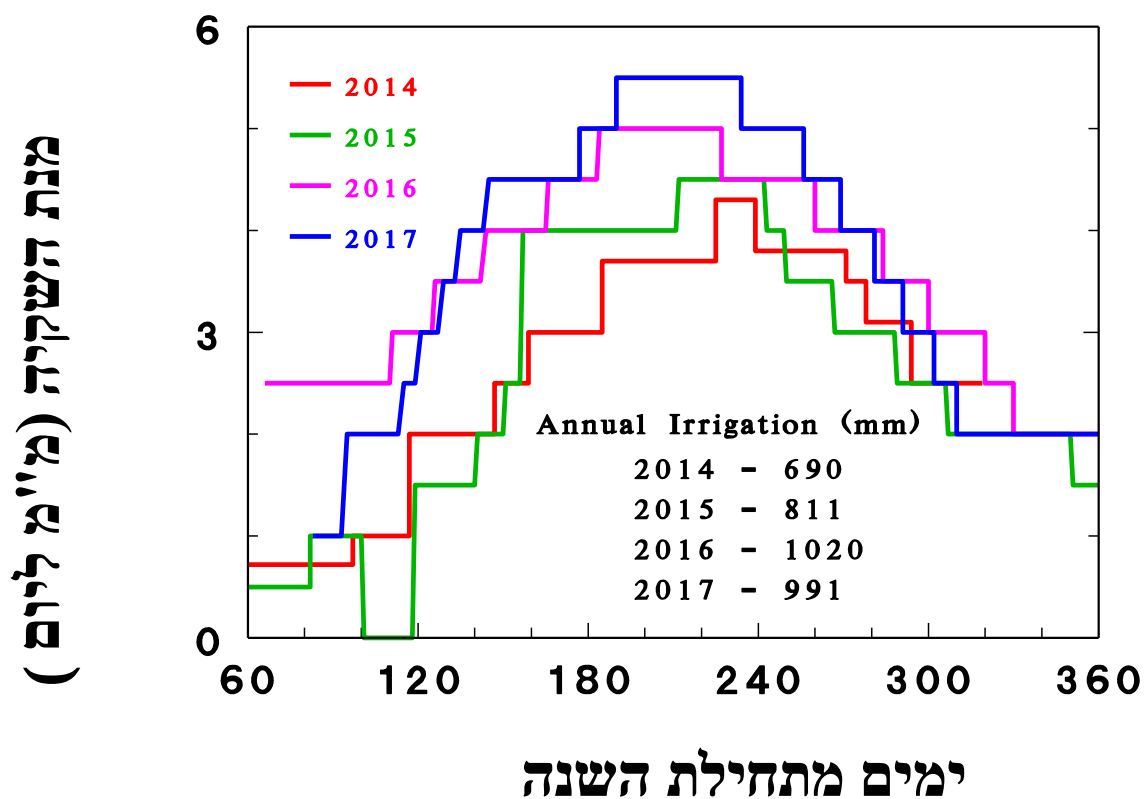


מקדם השקיה (K_c – דיות מדוד\ דיות פוטנציאלי מחושב באמצעות משוואת P-M) בשנים 2015-16



תהליכים
פיסיולוגיים חשובים
מתרחשים בעיתוי זה
תגובה נדרשת:
שינוי ממשק
ההשקיה

מנות מים הטיפול הייחוס 2014-17



דילמת מגדל האבוקדו: I

- איך לקבוע את ממשק ההשקיה: מנת מים (יחידות - ליטר לעץ, מ'מ ליחידת שטח) ואת תדירות ההשקיה בשדה?

כלים לבקרת השקיה בשדה

השקיה בהתאם לשינויים באקלים ובפנולוגיה של
הצמח (מקדמי גיגית, P-M) פתרון חלקי
אינדיקטורים צמחיים (פתרונות חלקיים):

פוטנציאל מים בגזע (תא לחץ) מדידות לא רציפות,

מוליכות פיוניות משיחות לאינדיקטורים, קישורים גלפואסמידה של

יעלה ילאנגנאסנך המשל במלשפנלים מספר

פוטוסינתזה

משינויים פנולאמיתם פשוט

מדידה רציפה של קוטר גזע – דנדרומטריה

עץ אחד לדונם = 2.5 אחוז מהאוכלוסייה

פרקליטו של השטן היה טוען:

- שינויים ותנודות מחזוריות בקוטר הגזע קשורים גם לתהליכים אחרים בצמח ולא בהכרח רק למשק המים של העץ
- לכן, צריך להתייחס לתוצאות המתקבלות ממדידות דנדרומטרים עם קורטוב של מלח

איש תם היה שואל: אם כן, איזו אינפורמציה
ניתן להפיק מנתוני הדנדרומטרים?

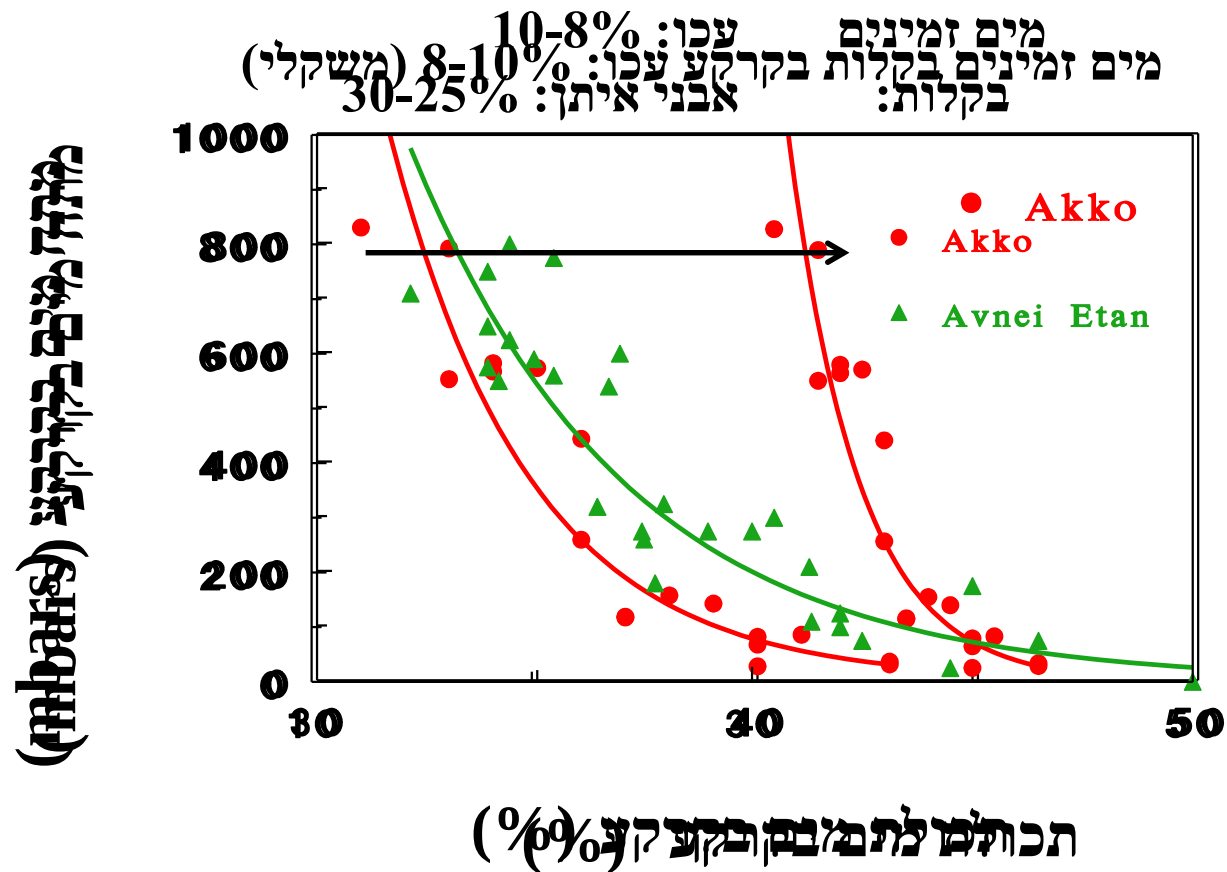
המון, זהו כלי מאוד יעיל לאפיון מצב
הצמח ולזיהוי תנאים חריגים

כלים לבקרת השקיה בשדה

- מדידה רציפה של מתח המים בקרקע – טנסיומטרים

טנסיומטר מודד את מתח המים הקרקע, לא את הרטיבות. בשביל לעבור ממתח המים הנמדד לתכולת המים בקרקע יש לקבוע את עקום התאחיזה של הקרקע

בחינה של עקום תאחיזה למים בשדה קושר בין מתח המים לבין כמות המים



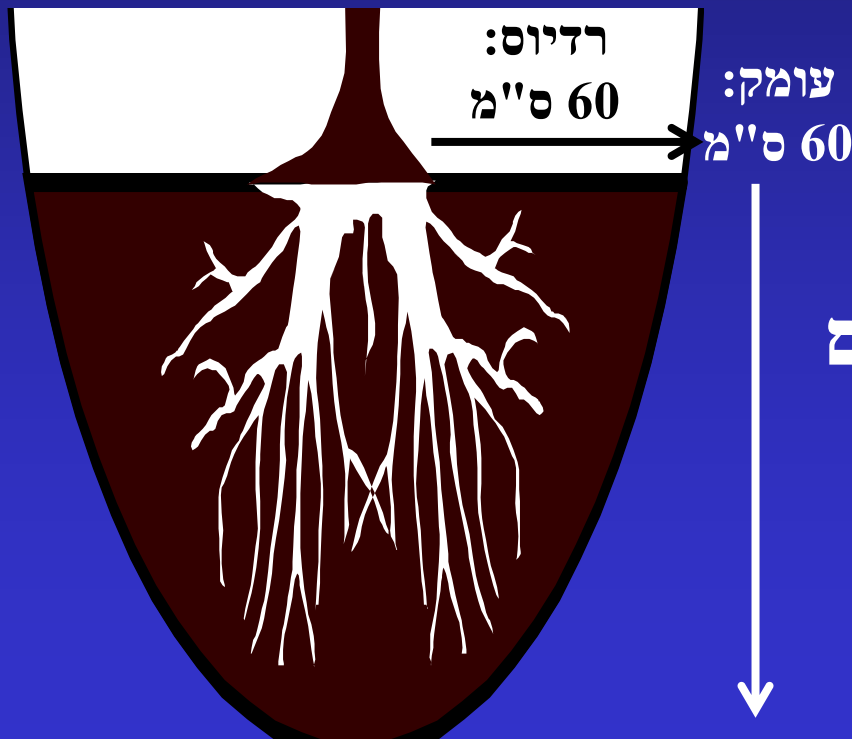
הקשר בין תכונות הקרקע לבין עקום התאחיזה למים

- קרקע עכו היא קרקע סחף המכילה 60% חרסית, בעיקר מונטמורילוניט
- עקום התאחיזה של קרקע עכו מצביע על קרקע חרסיתית עם התפלגות חללים צרה. אחידות בקוטר החללים היא תוצאה של אחידות בגודל הגרגרים, כנראה בעקבות סרגציה

השלכות מעשיות של עקום התאחיזה למים על ממשק ההשקיה: כמות המים הזמינים בבית השורשים

נפח בית שורשים לעץ (גליל): $\Pi * r^2 * h$

$$\begin{aligned}\Pi * 0.6^2 * 0.6 &= \underline{0.68 \text{ m}^3} \\ 0.68 \text{ m}^3 * 1.4 \text{ ton/m}^3 &= \\ \underline{0.95 \text{ tons}}\end{aligned}$$



כמות מים זמינים בקלות לדונם
(40 עצים)

עכו: 3.2-4.0 מ"ק

אבני איתן: 10-12 מ"ק

מסקנות נגזרות מעקום התאחיזה למים

- תדירות השקיה בקרקע עכו:
- ראשית עונה (1-2 מ"מ): כל יומיים
- אמצע עונה (3-5 מ"מ): כל יום
-

מתח מים בקרקע - מדידות באמצעות טנסיומטרים

השקיה בטפוף: התפשטות
מים ממקור נקודתי - פיזור
לא אחיד של מים בבית
השורשים



חשוב לזכור: האינפורמציה המתקבלת טנסיומטרים
היא איכותית (תכולת מים בנקודה מוגדרת) בעוד
שהאינפורמציה הנדרשת היא אינפורמציה כמותית
(ליטר לצמח או ליחידת שטח)

האם טנסיומטר הוא כלי יעיל לבקרה של:

א. חידוש ההשקיה באביב? בהחלט כן, בשילוב עם כלים אחרים

ב. מנת ההשקיה במהלך העונה? בעייתי

השפעה של מנות מים שונות מתבטאת בעיקר ברדיוס ובעומק
ההרטבה ולא בתכולת הרטיבות מתחת לטפטפת



טנסיומטר בודד המוצב במיקום קבוע ביחס לצמח או
לטפטפת איננו יעיל, חייבים לנטר את נפח ההרטבה

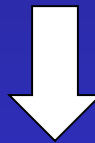
אבוקדו 2016: מועדים קריטיים

- שינויי מגמה חשובים בצריכת המים, יחס מבלע\מקור: תחרות על מוטמעים (סוכרים) בין החלק העליון (נוף – כולל עלים, פרחים ופירות) לבין החלק התחתון (גזע, מערכת שורשים)
- תחרות בין אברים פרודוקטיביים (גלי לבלוב, פרחים, פירות) לבין אברים לא פרודוקטיביים (עלים, שורשים) משפיעים על גידול הגזע

חשוב

שינויים עונתיים בחלוקת המוטמעים בין האיברים
הפרודוקטיביים לבין האיברים הווגטיביים משפיעים
על גידול הגזע

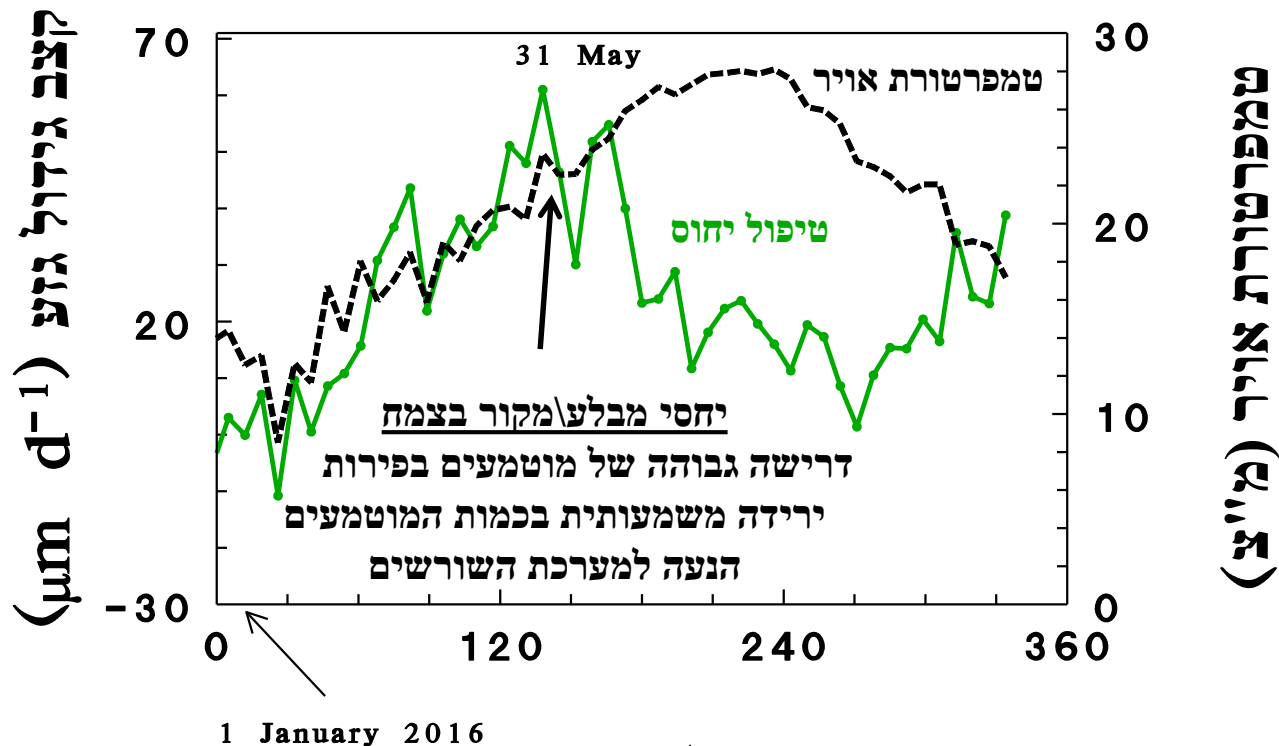
תנועת מוטמעים למערכת השורשים



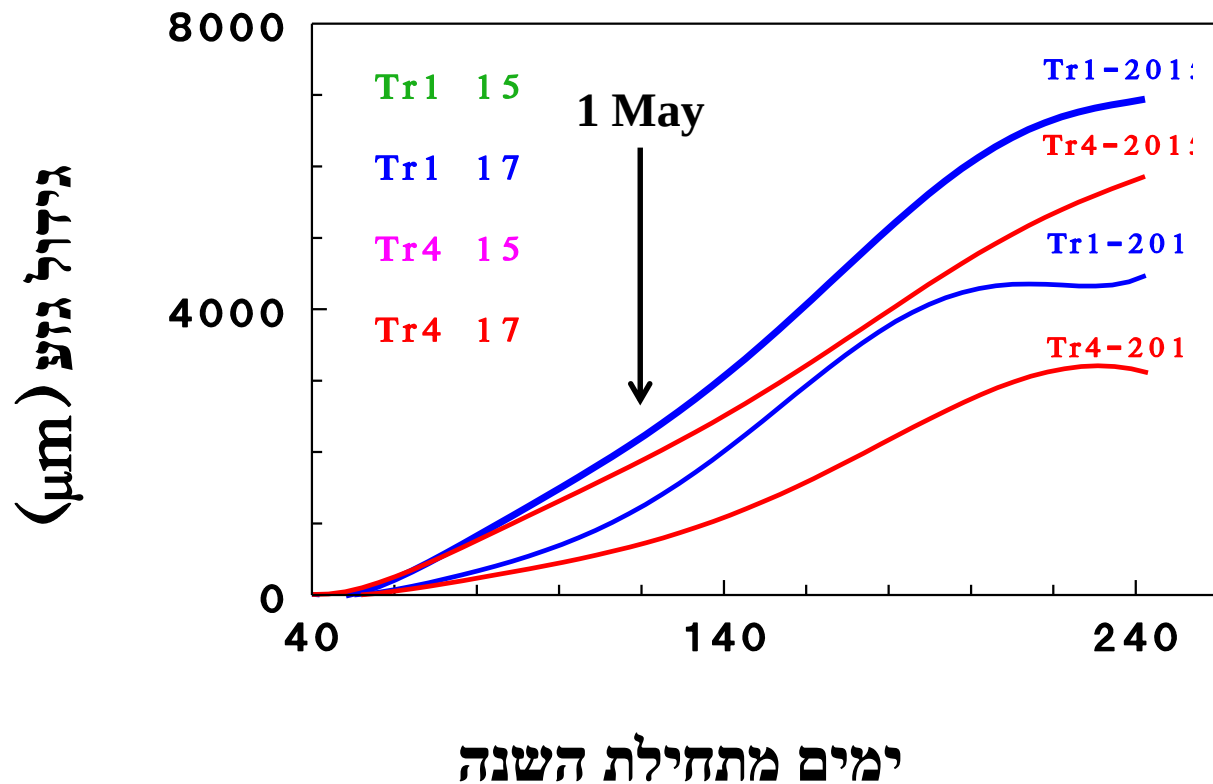
עלייה בקצב גידול הגזע

אבוקדו ליזימטרים 2016: קצב גידול יומי של גזע מטיפול הייחוס (A) במהלך 2016

תובנה חשובה מאוד, מערכת שורשים מתפתחת בעיקר בחורף ובאביב המוקדם, לכן קשה מאוד "לתקן" תקלות או משגים שנעשו באביב המוקדם



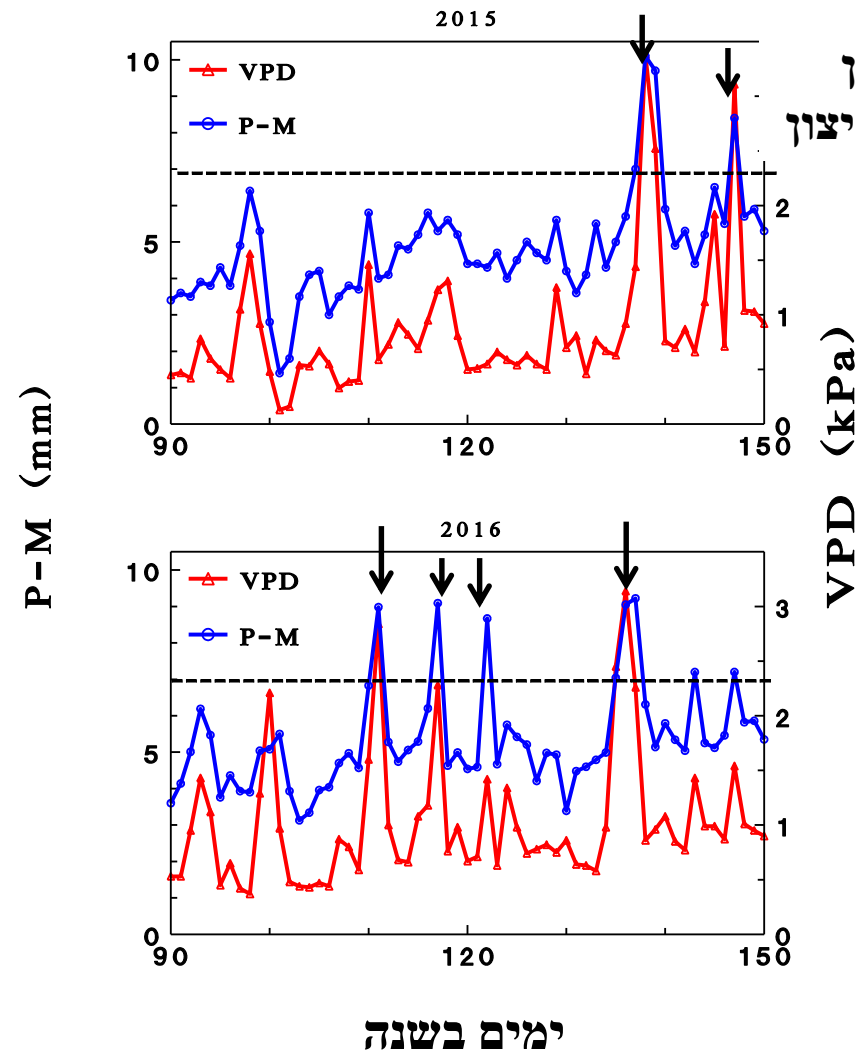
אבוקדו ליזימטרים 2015-17: גידול שנתי של גזע מטיפול הייחוס (A) ומטיפול עקה אביבית (D)



עקה אביבית (טיפול
(D) השפיעה על כל
עונת הגידול. גרמה
לסירוגיות ולירידה
מתמשכת ביבול
כנראה תוצאה של
מערכת שורשים
מוחלשת

בחינה של אירועים חשובים שהשפיעו על יבול 2015-7

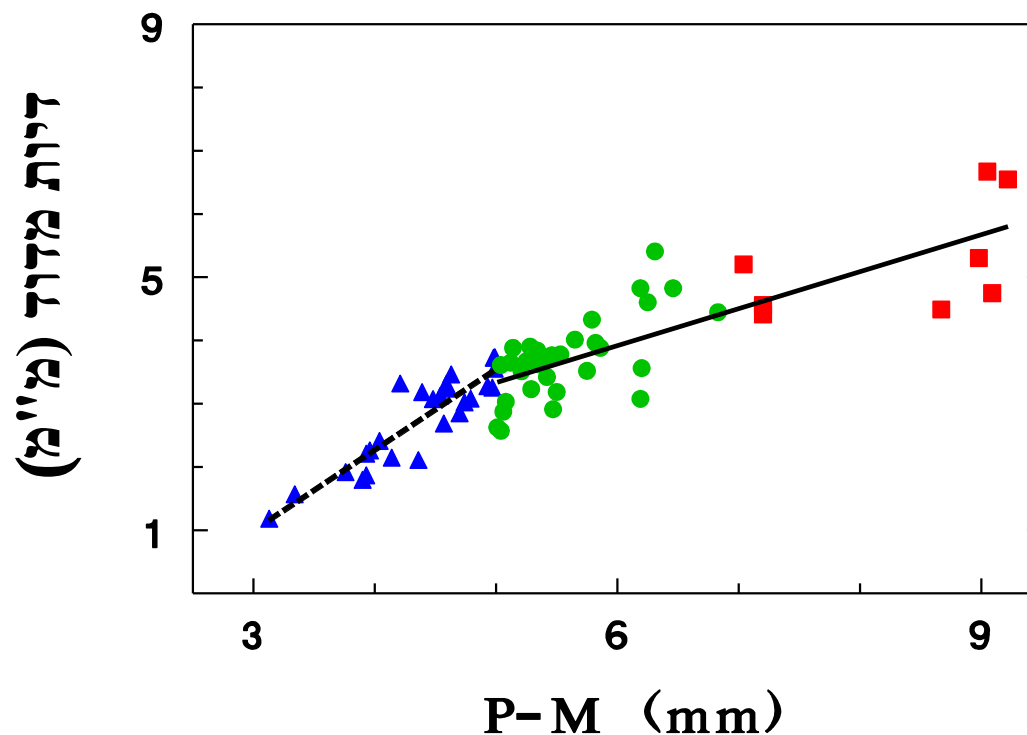
דיות מחושב באמצעות משוואת P-M וגרעון מים אטמוספרי בחודשים אפריל מאי 2015 ו - 2016



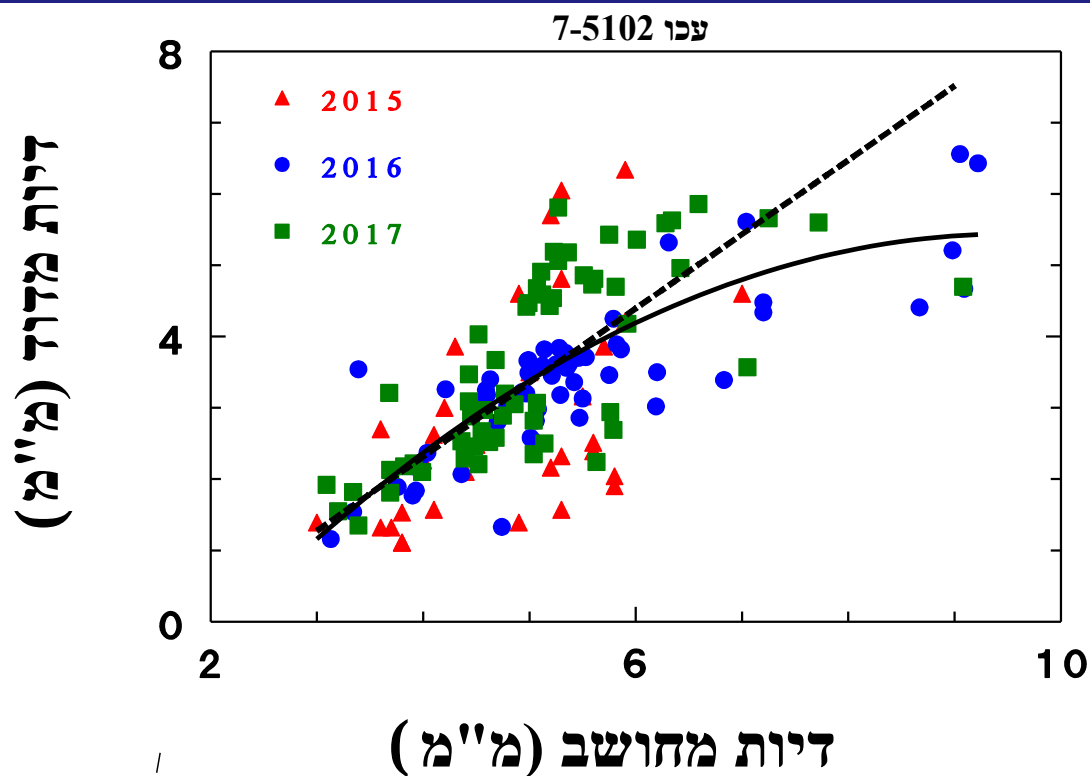
2015: שני ימי קיצון
2016: ארבעה ימי קיצון

ימים בשנה

הקשר בין הדיות המחושב (P-M) ובין הדיות שנמדד בליזימטרים בחודשים אפריל מאי 2016



הקשר בין הדיות המחושב (P-M) ובין הדיות שנמדד בליזימטרים בחודשים אפריל מאי בשנים 2015-7



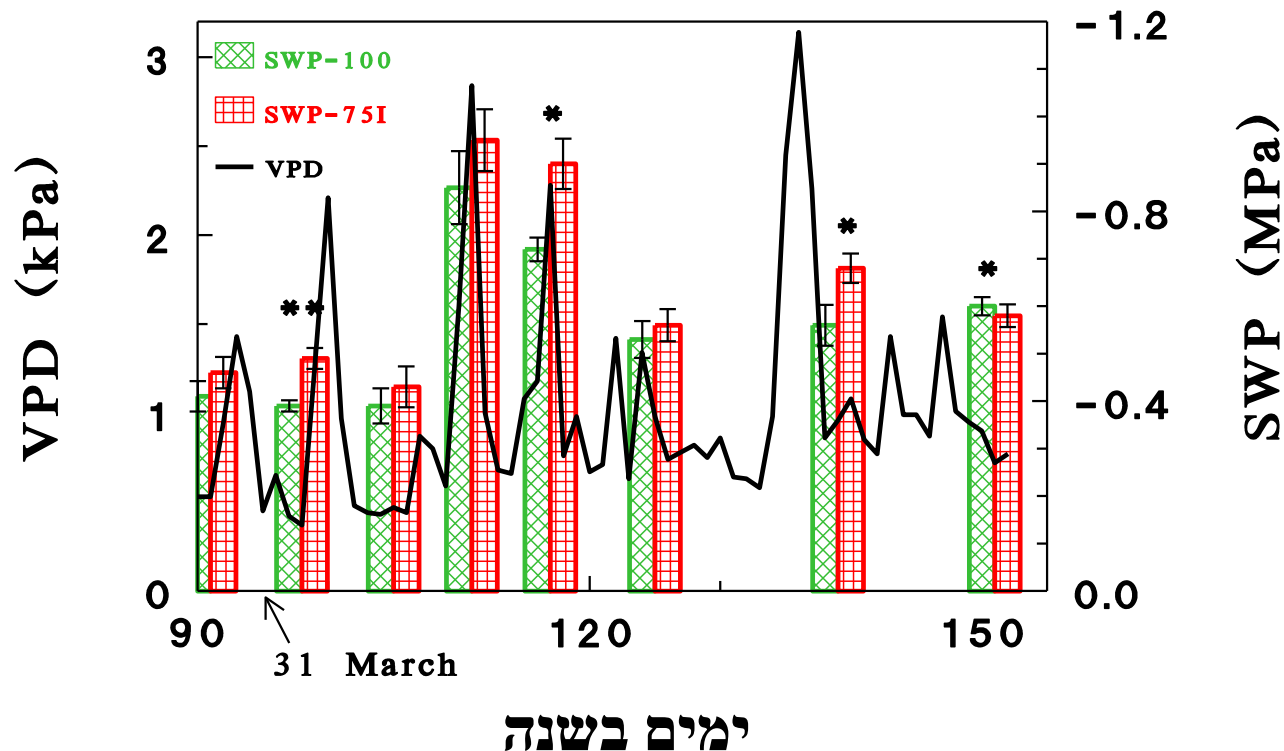
מסקנה

בתנאי אקלים קיצוניים (חמסין) המאופיינים בגרעון מים אטמוספרי (VPD) ובדיות פוטנציאלי (P-M) גבוהים

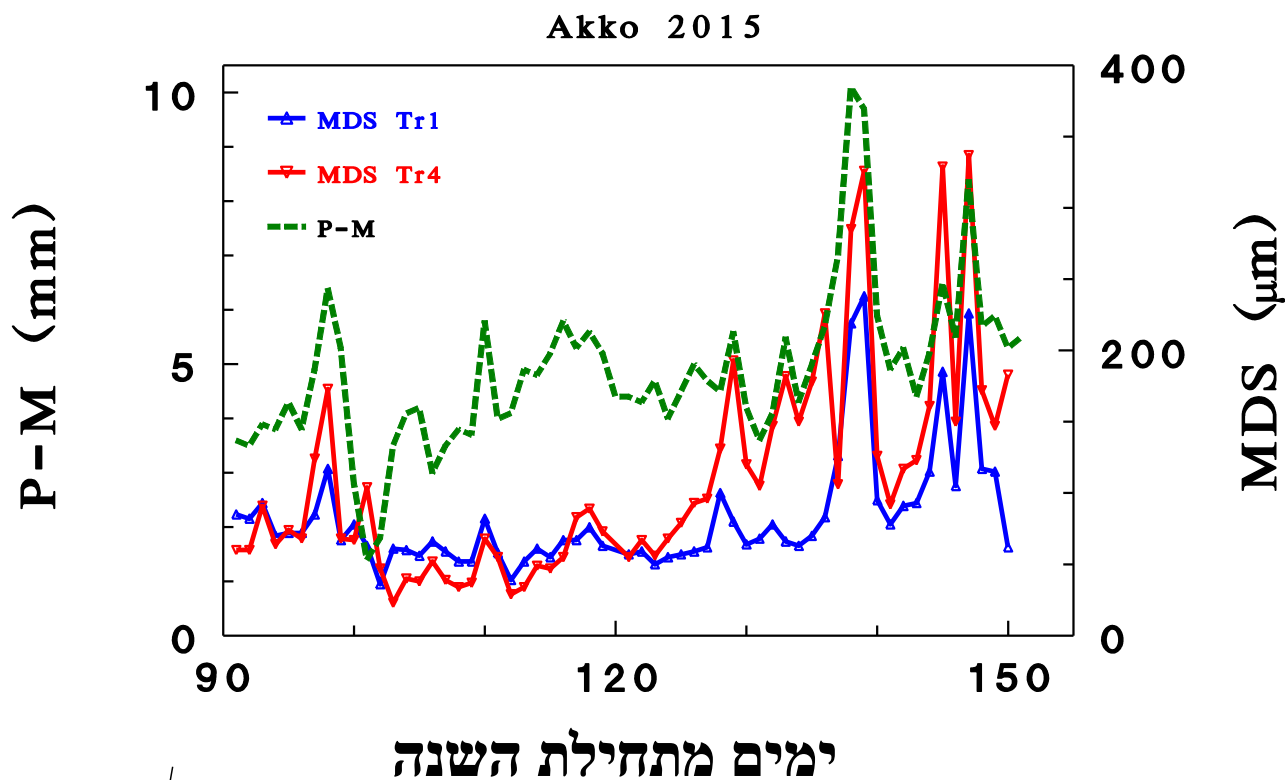
ההתנגדות הפנימית למעבר מים בצמח מגבילה את תנועת מים מהשורש לנוף ועלולה לגרום עקת מים בצמח

ההשפעה של תנאי קיצון על צמחים בקרקע תהיה חמורה בהרבה (תוספת של התנגדות חיצונית לתנועת מים בשכבת הביניים קרקע-שורש)

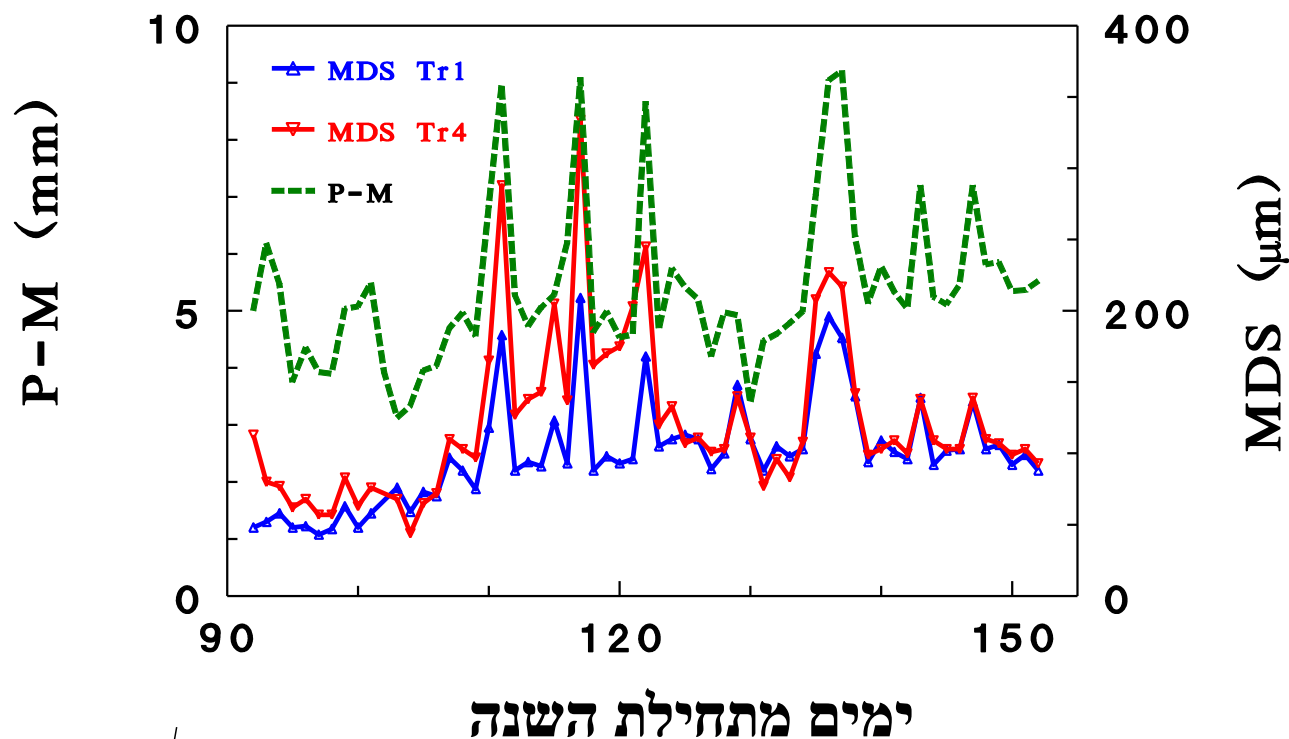
גרעון מים אטמוספרי (VPD) ותוצאות של מדידות פוטנציאל מים בגזע בחודשים אפריל-מאי 2016



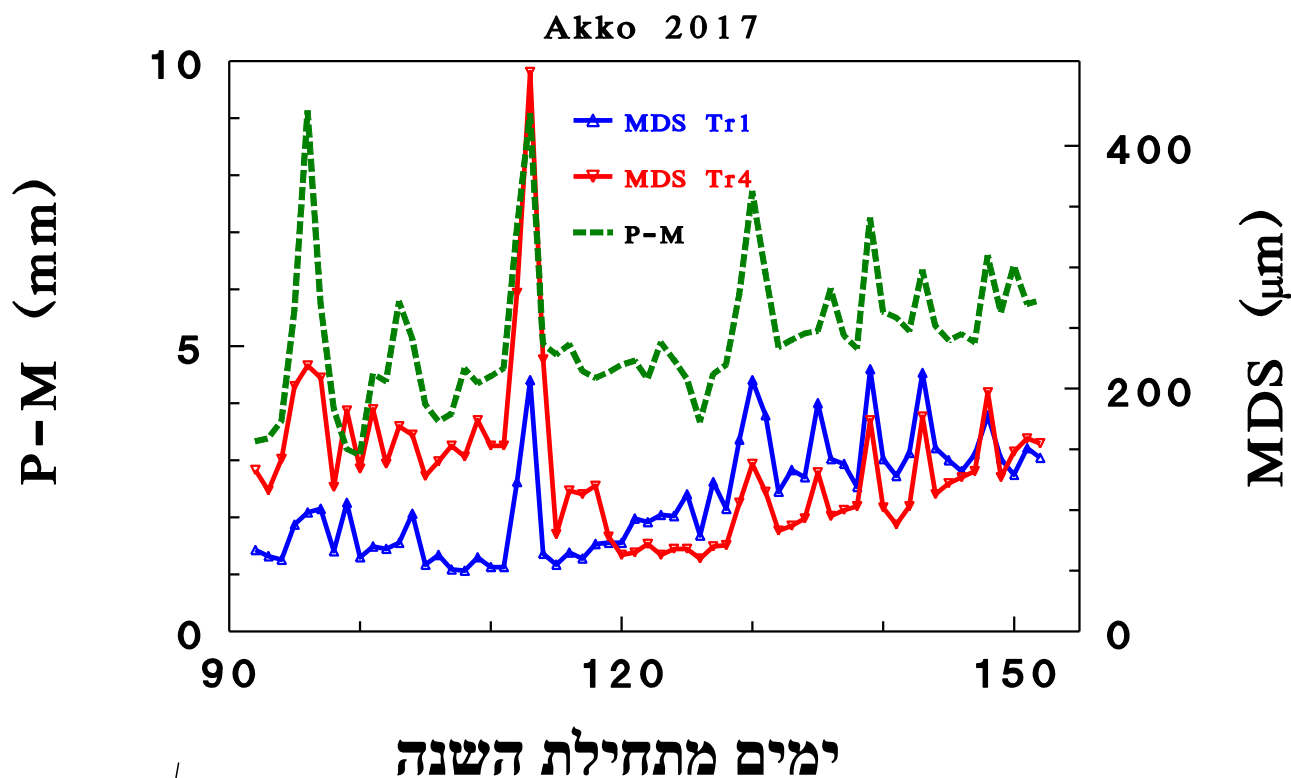
דיות מדוד (P-M) בהשוואה לכיווץ המירבי של
גזע מטיפול הייחוס (1) ומטיפול של עקה אביבית
(4) בחודשים אפריל-מאי 2015



דיות מדוד (P-M) בהשוואה לכיווץ המירבי של
גזע מטיפול הייחוס (1) ומטיפול של עקה אביבית
(4) בחודשים אפריל-מאי 2016

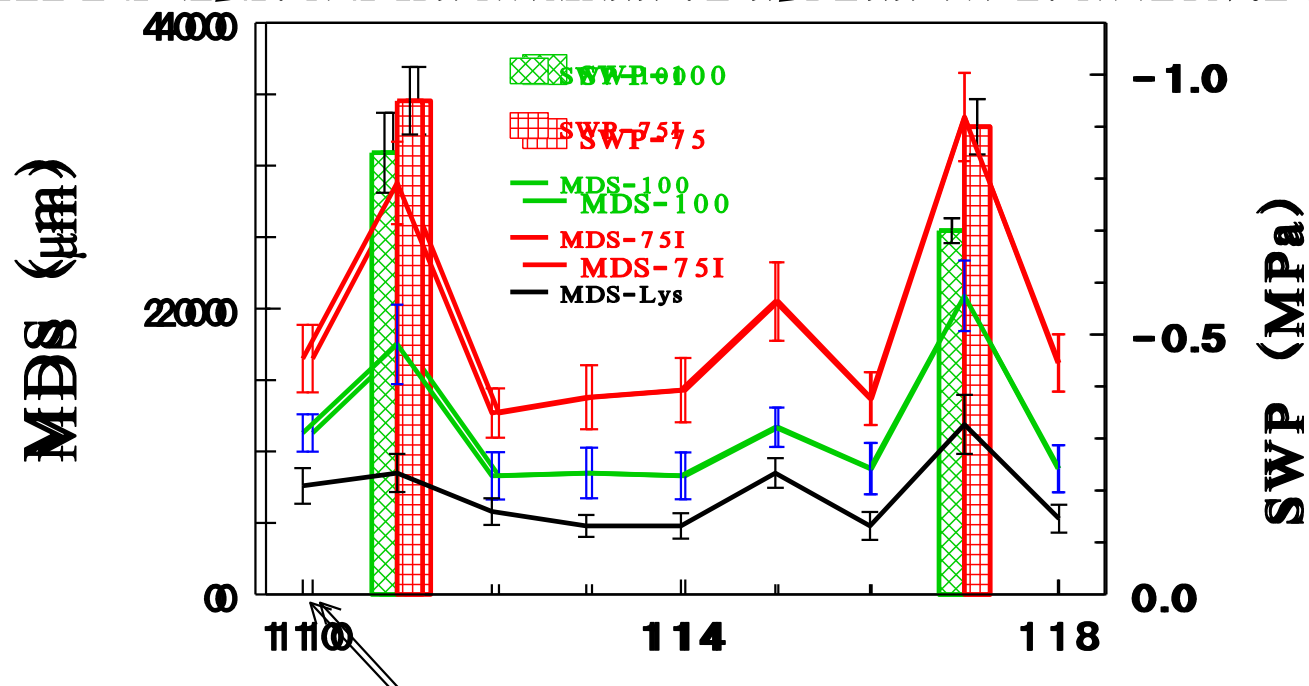


דיות מדוד (P-M) בהשוואה לכיווץ המירבי של
גזע מטיפול הייחוס (1) ומטיפול של עקה אביבית
(4) בחודשים אפריל-מאי 2017



תוצאות של מדידות פוטנציאל מים בגזע ושל הכיווץ המירבי של הגזע בימים: 20-26 אפריל 2016

צמחים בליזימטרים: השקיה רציפה ולכן כמעט ואין התנגדות חיצונית לתנועת מים. אפשרות לבידוד ההשפעה של ההתנגדות הפנימית למעבר מים בצמח



200 April 2016

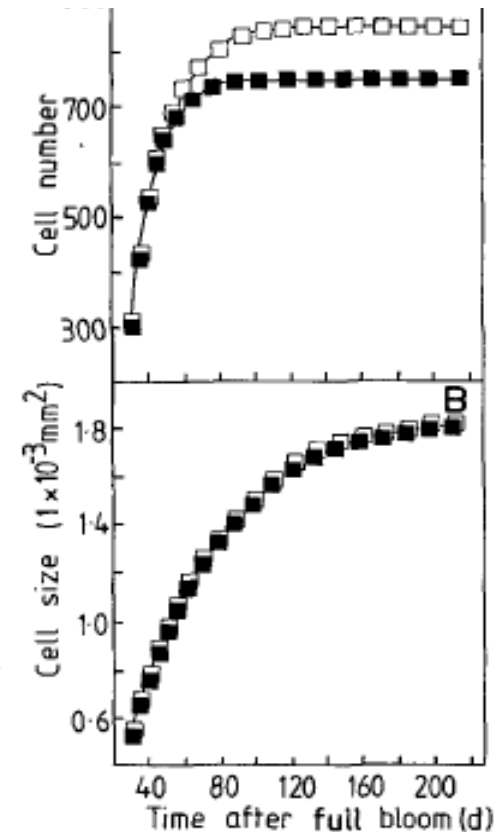
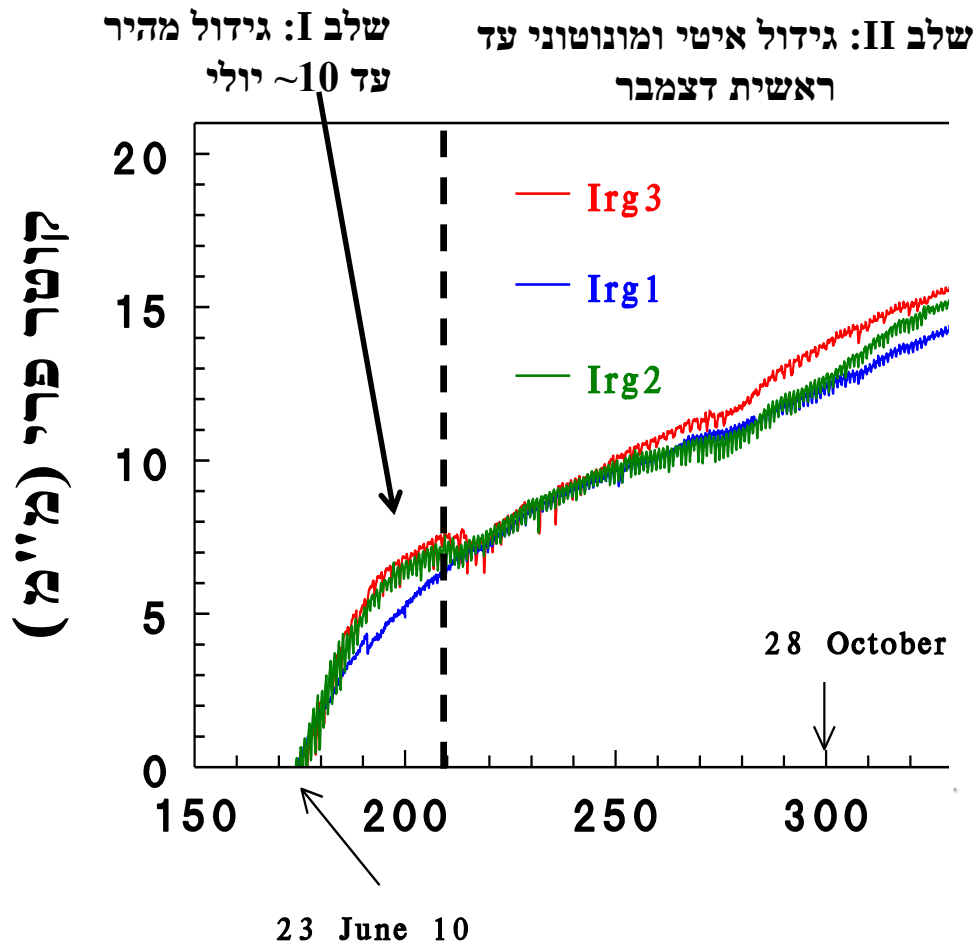
ימים בשנה
ימים בשנה

תובנות:

- בתנאי אקלים קיצוניים ההתנגדות החיצונית (מעבר מים בקרקע) והפנימית (מעבר מים בצמח) עלולה להגביל את תנועת המים מהקרקע לנוף ולגרום לעקת מים
- משטר ההשקיה משפיע מאוד על ההתנגדות החיצונית (שכבת ביניים שורש-קרקע) לתנועת מים אל הצמח

תוצאות 2010 צמח: השפעת טיפולי ההשקיה על גידול הפירות

תוצאות דומות התקבלו גם על ידי צוות "כחול לבן" של ורד יריחימוביץ



ימים מתחילת השנה

נקודה למחשבה:

ניסוי צמח: טיפולי עקת מים בקיץ (מראשית יולי ואילך)

- לא הייתה השפעה על גודל הפרי (נתון לוויכוח)
- לא הייתה השפעה על צימוח ווגטיבי ועל מוליכות פיוניות

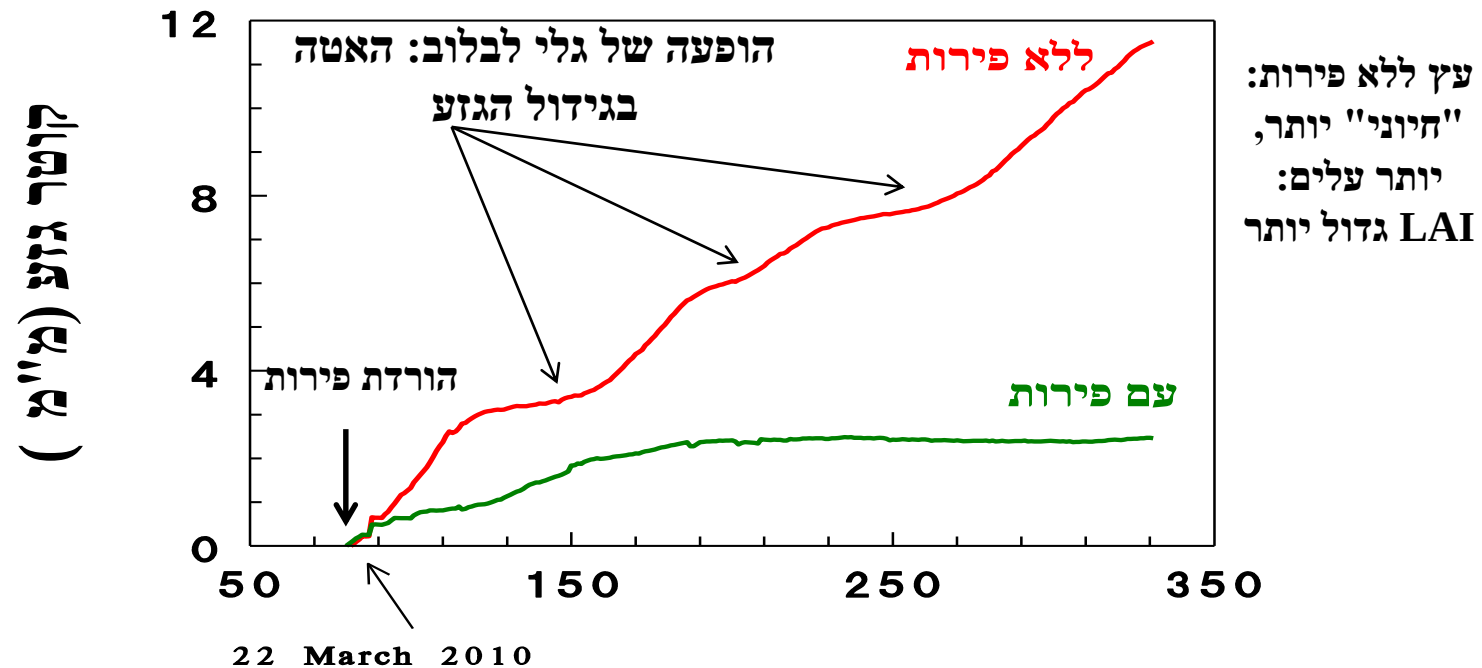
ניסוי עכו טיפולי עקת מים בקיץ (טיפול E, C)

- השפעה מובהקת על מספר הפירות ועל היבול

תובנה אפשרית: עקת מים בקיץ פוגעת בצבירת המוטמעים וגורמת לסירוגיות

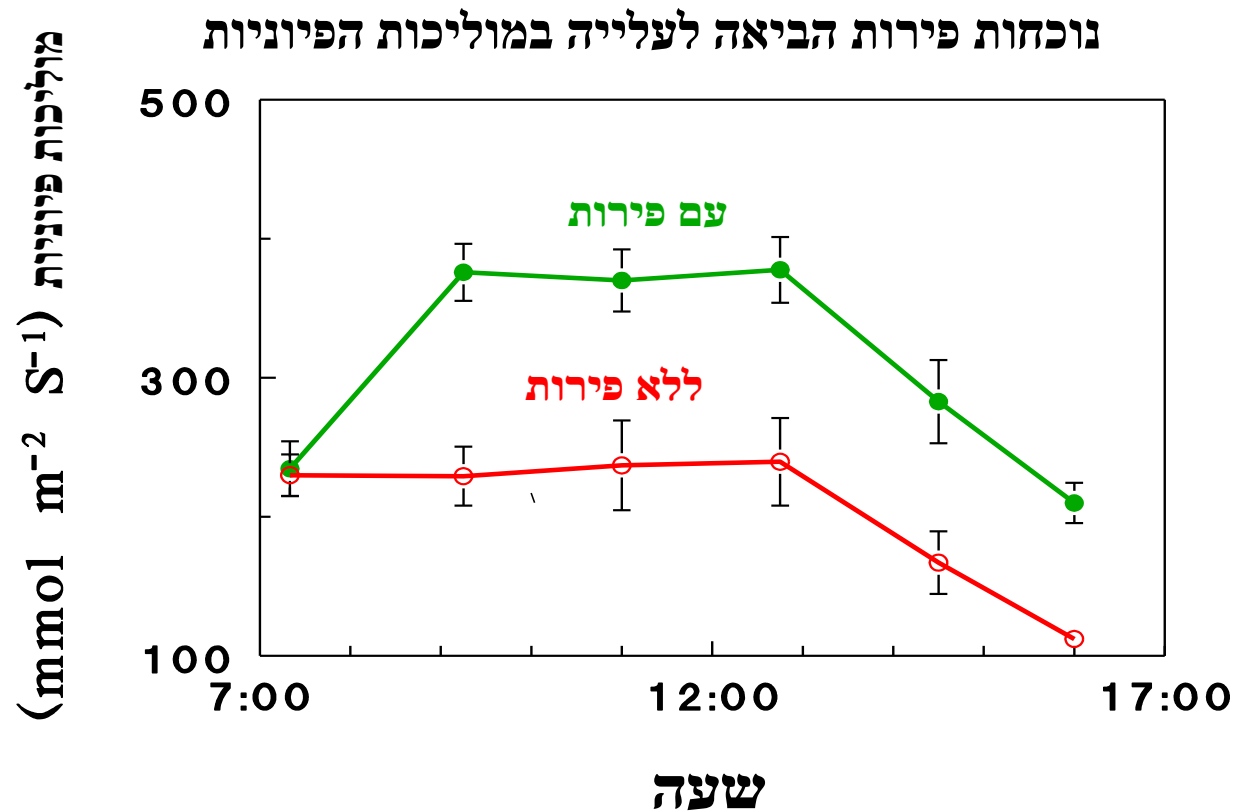
השפעת הפירות על גידול הגזע (ניסוי צמח (2010

שינויים מחזוריים בהקצאת משאבים (סוכרים) בין איברים פרודוקטיביים (עלים, פירות) ללא פרודוקטיביים (שורשים) משפיעים על קוטר הגזע



ימים מתחילת השנה

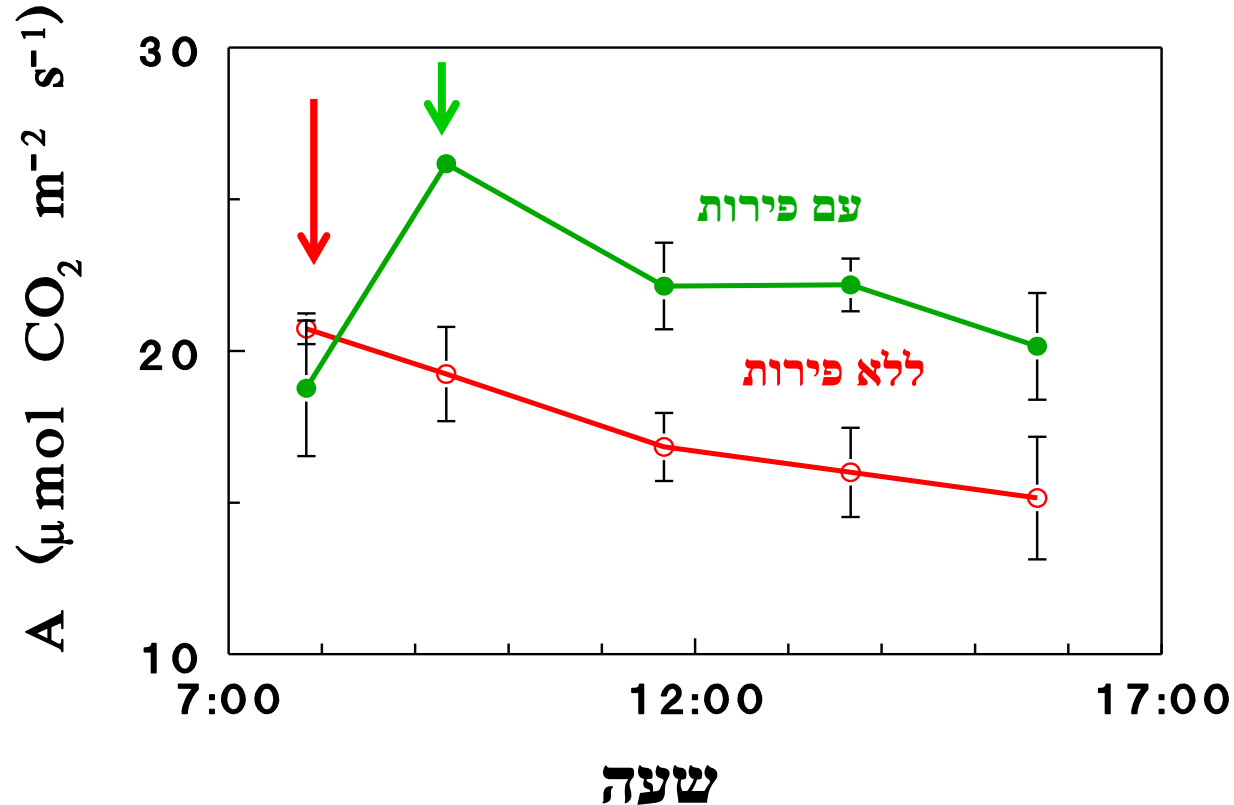
תוצאות צמח 2010: מוליכות פיוניות של עצים עם פירות בהשוואה לעצים ללא פירות



תוצאות צמח 2010: השפעת הפירות על הפוטוסינתזה (A)

מדוע צמח מתחיל להפוך פחות ירוק בעצים ופירות? ?

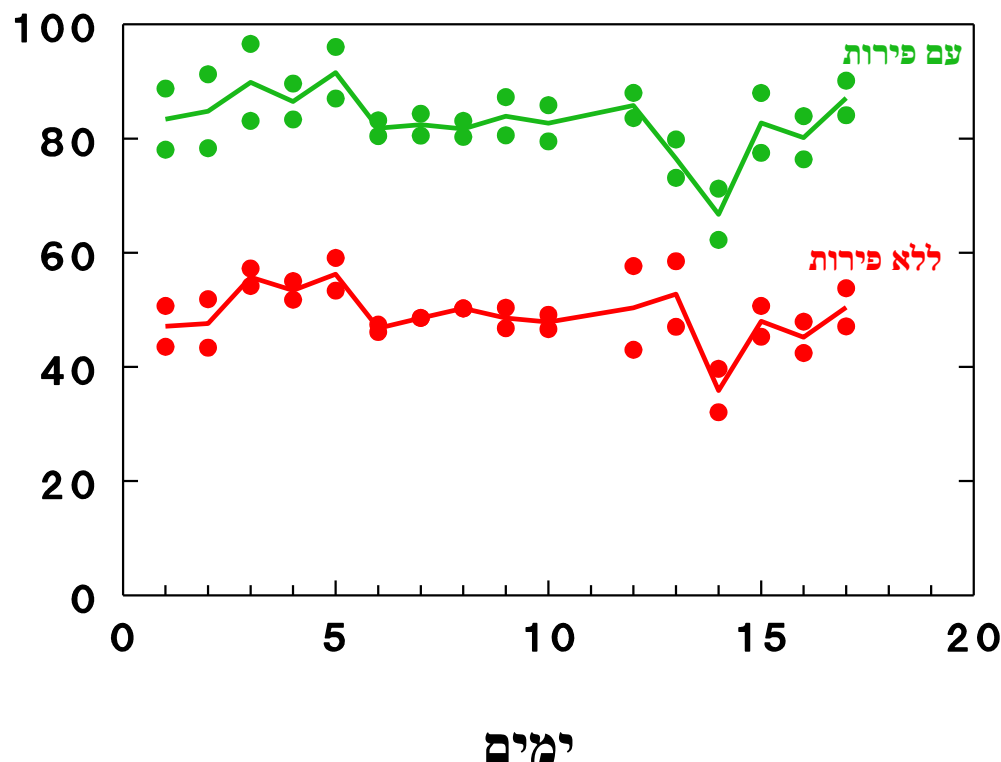
הפוטוסינתזה לא אמורה להיות תלויה בקרינה?



תוצאות 2010: השפעת עומס הפירות על צריכת המים

פירות משפיעים על הפוטוסינתזה, על סגירת הפיוניות ועל צריכת המים

צריכת מים יומית (ליטר לעץ)



תעלומה לכאורה

שטח העלווה של עץ ללא פירות היה גדול בהרבה מזה של עץ עם פירות צריכת מים של עץ ללא פירות נמוכה משמעותית מזה של עץ עם פירות

דילמת מגדל האבוקדו: II

- איך לקבוע את ממשק הדישון: מנת דשן (יחידות – ק"ג לעץ/ליחידת שטח) ואת תדירות הדישון בשדה?

מהו ממשק הדישון האופטימלי
במהלך עונת הגידול?

האם הוא קבוע במהלך העונה?

מהם אמצעי הבקרה?

דיגום קרקע? עיתוי? סף?

דיגום עלים? עיתוי סף?

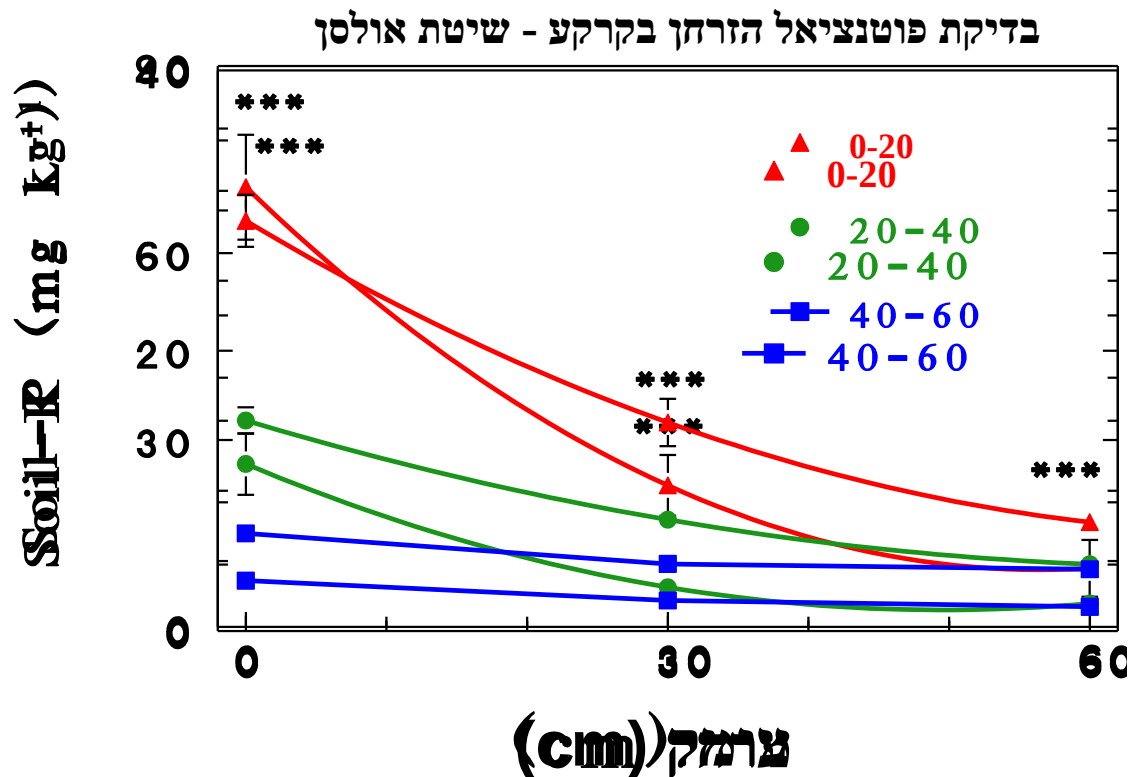
דיגום קרקע

חשוב לזכור: האינפורמציה המתקבלת מדיגומי קרקע היא איכותית (גרם יסוד לק"ג קרקע בנקודה מוגדרת) בעוד שהאינפורמציה הנדרשת היא אינפורמציה כמותית (ק"ג לצמח/ליחידת שטח)

מהו נפח בית השורשים האפקטיבי?

בהתאמה לנפח המורטב בהשקיה?
האם הקליטה של מים ויסודות הזנה זהה בכל נפח הקרקע המורטב?
מה ההשפעה של מליחות על נפח בית השורשים?

ריכוז יסודות המזון בקרקע עכו (ממוצע לטיפולים A, B ו- E, ספטמבר 2016)



מסקנה: זרחן (אולסן)
נמצא רק במרחק (אופקי
ואנכי) של כ- 30 ס"מ
מהטפטפת
נפת: כ- 100 ליטר
לטפטפת

מסקנה: אשלגן זמין
נמצא רק במרחק (אופקי
ואנכי) של 30-40 ס"מ
מהטפטפת
נפת: כ- 135 ליטר
לטפטפת

עלים

דיגום עלים ובדיקת הרכב יסודות המזון בעלים
הם כלי מוכר ומקובל לקביעת מצב יסודות
המזון בעצי אבוקדו.
בדיקות עלים? עיתוי? ערכי סף?

עלים:

כשליש מכמות החומר היבש בעץ (כולל פירות)

כל ק"ג עלים (יבש) $= 0.75$ ק"ג פירות (יבש)

"בית חרושת" להתמרת אנרגיית השמש לאנרגיה

כימית (פוטוסינתזה)

"מחסן אופרטיבי" ליסודות מזון ו"גיבוי" לפירות

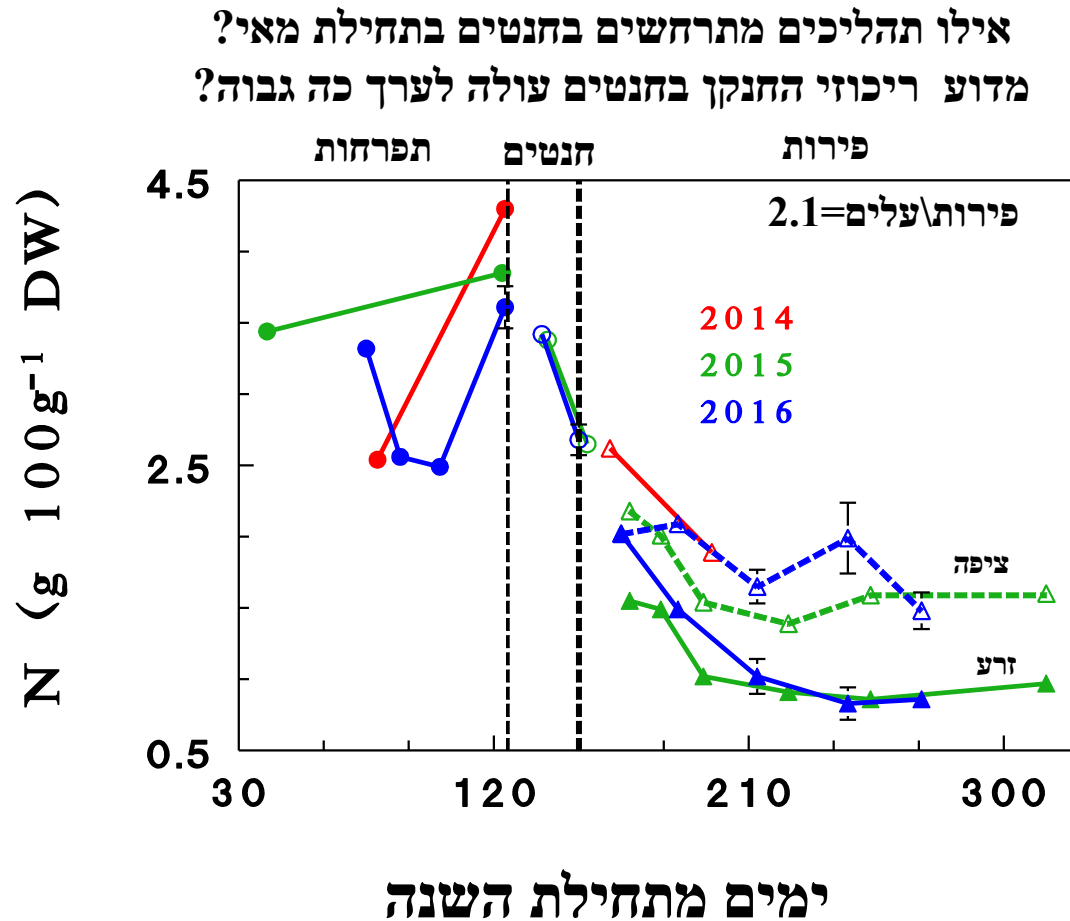
(מנגנון PCD)

ריכוז יסודות מזון X כמות עלים

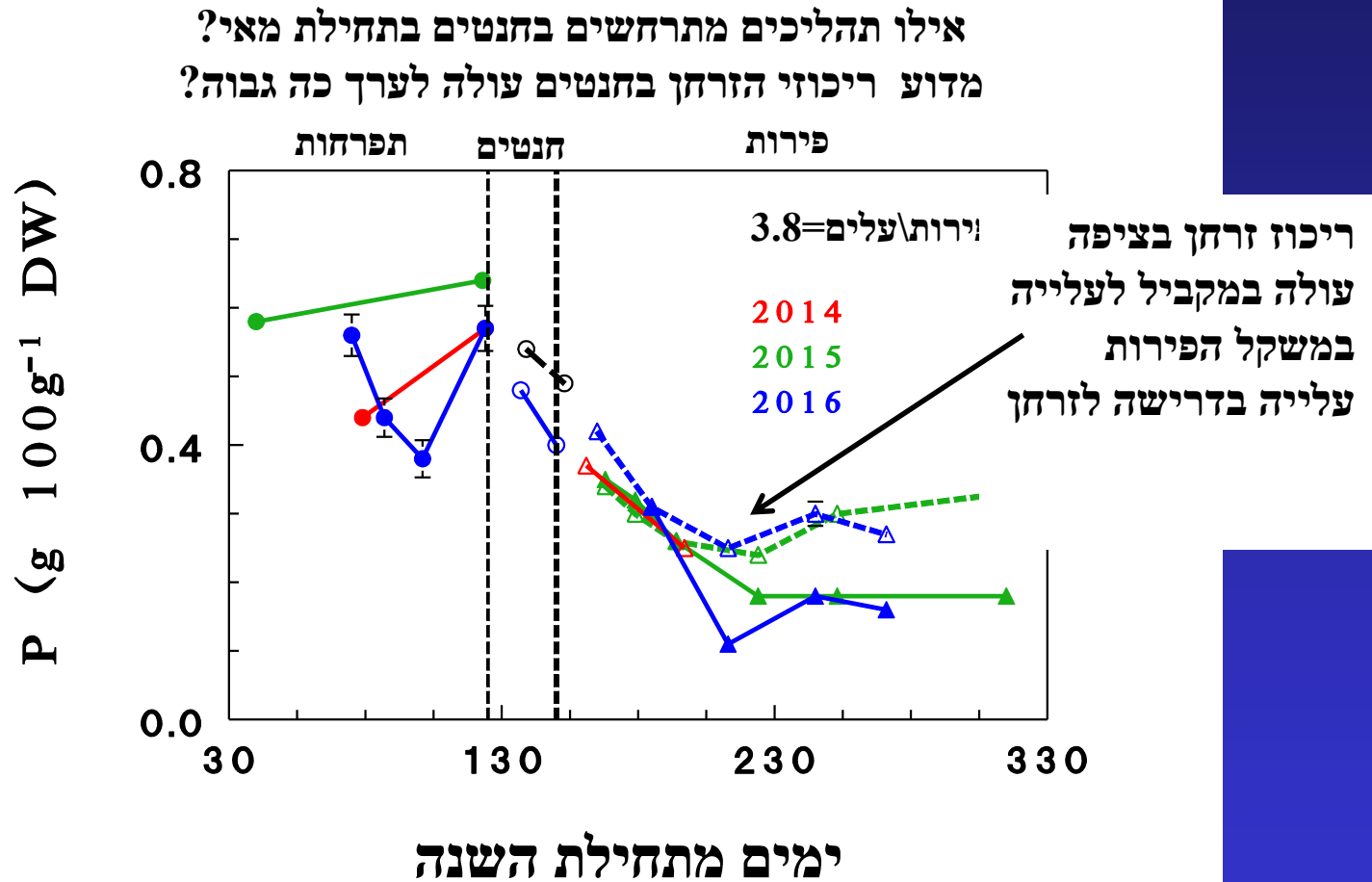
איך יודעים
כמה עלים

$=$ כמות יסודות מזון בפירות
יש בעץ?

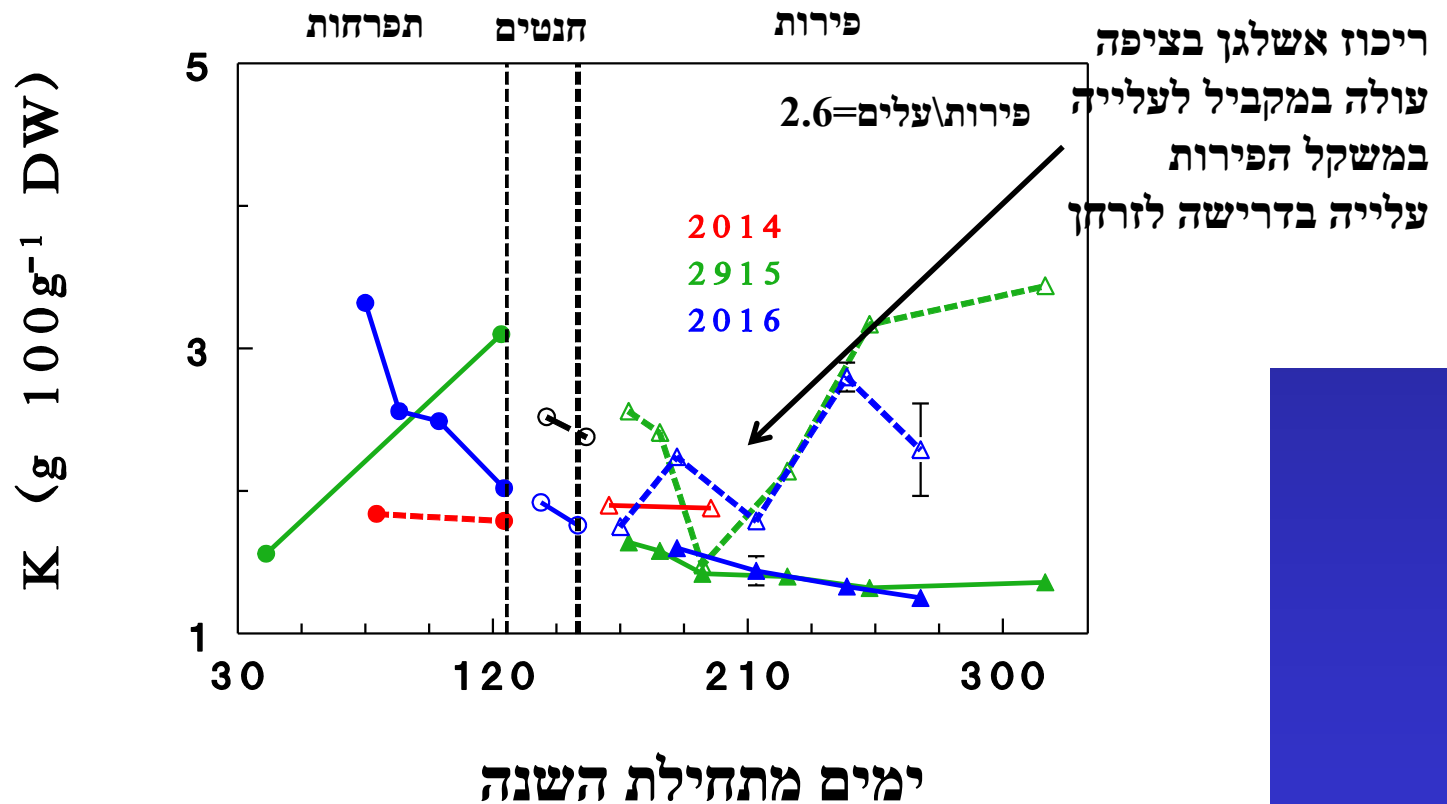
ריכוזי חנקן בניצני פריחה ובחנטים\פירות בשנים 2014-16



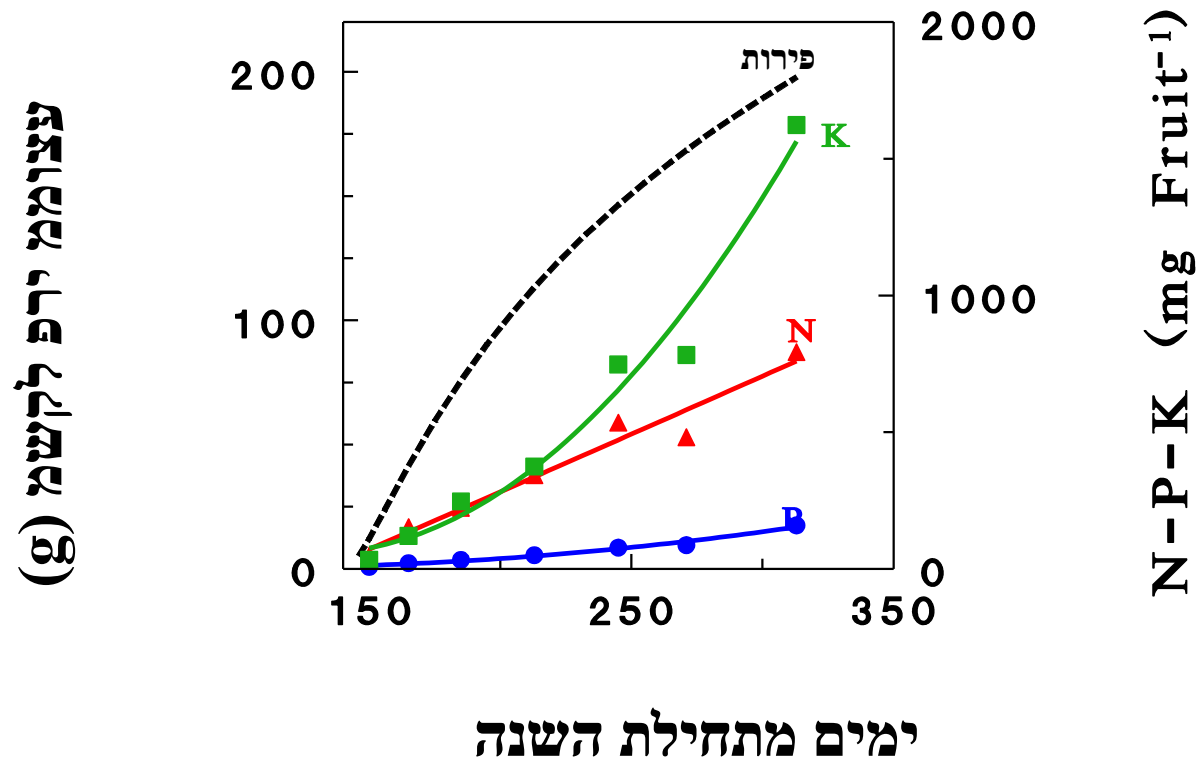
ריכוזי זרחן בניצני פריחה ובחנטים\פירות בשנים 2014-16



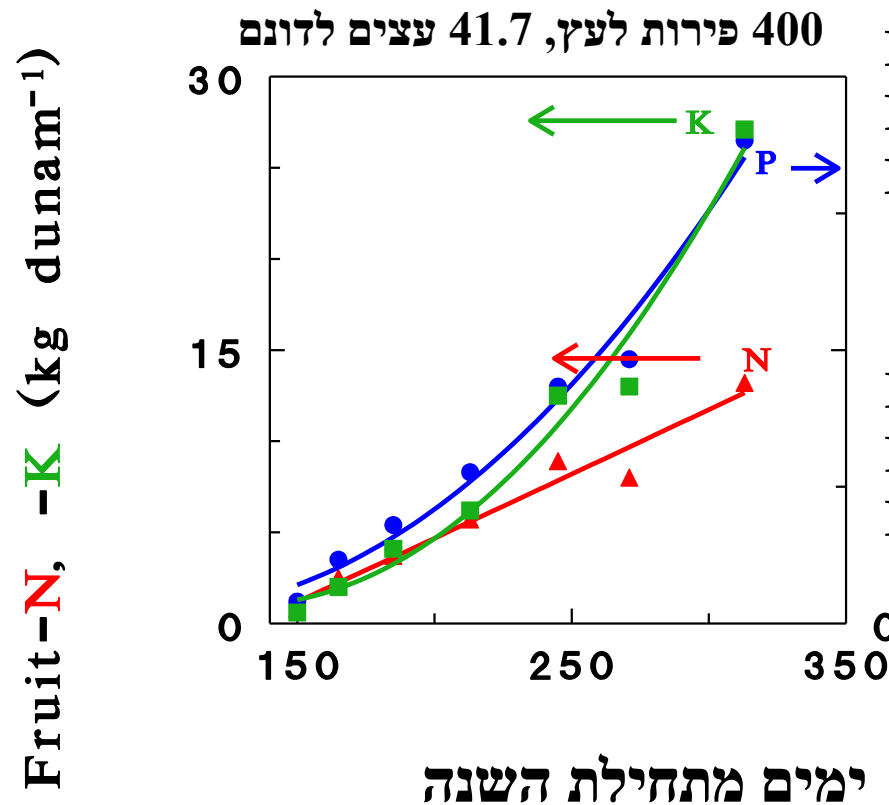
ריכוזי אשלגן בניצני פריחה ובחנטיים\פירות בשנים 2014-16



משקל פרי ממוצע וכמויות (מ"ג) של חנקן, זרחן ואשלגן בפרי במהלך העונה



כמויות (ק"ג לדונם) של חנקן, זרחן ואשלגן שהצטברו בפירות במהלך העונה



הנחה: יעילות דישון

N: 40-50%

P: 20-30%

K: 40-50%

כמויות דשן נדרשות

:(דונם)

N = 25-30 kg

P = 10-13 kg

K = 55-70 kg

Fruit

מסקנות I

- ניתן להכפיל את יבולי האבוקדו מזן "האס" במטעי ישראל באמצעות אופטימיזציה של ממשק ההשקיה והדישון הכולל: (א) איכות מי ההשקיה; (ב) דישון רציף, בכל יסודות המזון החיוניים לצמח, כולל בזרחן במהלך כל העונה; (ג) דגש על הדשייה באביב המוקדם; (ד) בקרת הדשייה ושימוש ברגשים צמחיים

מסקנות II

- בתנאי אקלים קיצוניים המאופיינים בגרעון מים אטמוספרי (VPD) ובדיות פוטנציאלי (P-M) גבוהים ההתנגדות הפנימית למעבר מים בצמח מגבילה את תנועת מים מהשורש לנוף ועלולה לגרום לעקת מים בצמח. סביר להניח כי ההשפעה של תנאי קיצון על צמחים בקרקע תהיה חמורה בהרבה (תוספת של התנגדות חיצונית לתנועת מים בשכבת הביניים קרקע-שורש).

מסקנות III

- החללים בקרקע יכולים להכיל יחסים שונים של מים ואויר וציבור החקלאים חושש בדרך כלל מהשקיה עודפת המביאה בעקבותיה מחסור באויר ועלולה לגרום לעקת חמצן ולהתנוונות הצמח. מחסור באויר או בחמצן אופייני לתנאי השקיה בהצפה ו\או בהמטרה כאשר כל חתך הקרקע רווי במים. מערכת טפטוף מאופיינת בהתפשטות מים ממקור נקודתי (טפטפת) ובפיזור לא אחיד של מים במרחב ולכן בתנאי הגידול האבוקדו בישראל המחסור באויר איננו מהווה סכנה ראלית.

תודה על ההקשבה

