



גודל פרי אבוקדו מזן האס – איפיונים התלויים בקינטיקת התפתחות של גודל וצורה*

שמואל זילכה ויצחק קליין – המכון למטעים, מינהל המחקר החקלאי

יותר מאשר בפירות הקטנים. נראה, שהפירות הקטנים לוקים בגדילה בציר האורך בשלבים המוקדמים לאחר החנטה. שיפור ליקוי זה באמצעות חומרים מעודדי התארכות כגון ג'יברלינים עשוי לשפר את גודל הפרי.

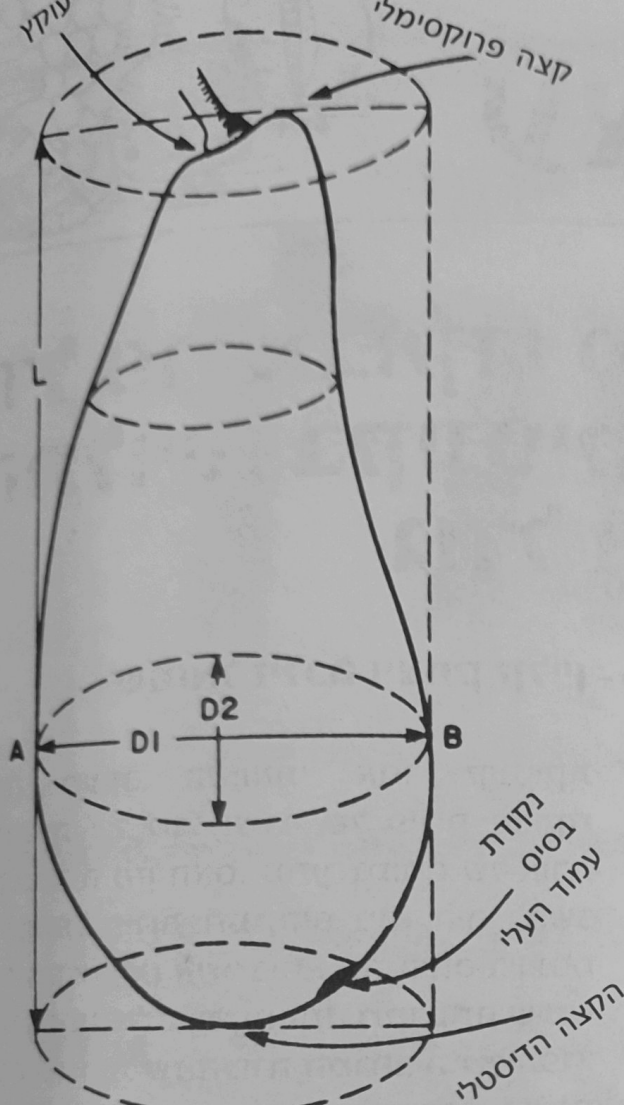
מבוא

לימוד קינטיקת הגדילה וההתפתחות של הפרי יכול לשמש לעזר רב בהבנה של תופעות פיסיולוגיות והורטיקולטוריות בפרי ובעץ. שינויים בהתפתחות הפרי יכולים להעיד על השפעות של טיפולים כמו השקיה (5) ודישון, ועל מצבי עקה בפרי המתפתח עצמו, שלעיתים מובילים לנשירתו (10). קינטיקת התפתחות הפרי יכולה להביא להבנה טובה יותר של הגורמים המשפיעים על צורת הפרי ועל יחס גרעין-ציפה, שיש לו לעיתים משמעות כלכלית רחבה בפרי האבוקדו. ניתוח של עקומת גדילה של פרי יכול לשמש גם להערכת דרגת ההבשלה של הפרי ולקביעת קריטריונים לקטיף (4, 6).

הזן האס מהווה מרכיב חשוב בין זני האבוקדו בארץ. לזן זה פוריות משביעה רצון, טעם ומירקם טובים ועונת שיווק מתאימה. הבעיה העיקרית בזן זה היא האחוז הגבוה של פירות קטנים, המגיע לעיתים עד 40%-60% של פירות בעלי משקל הנמוך מ-154 גרם (1, 2).

נעשה מעקב השוואתי אחר קינטיקת ההתפתחות של גודל וצורה של פירות אבוקדו קטנים וגדולים מזן האס. מתוך נתונים של אורך, קוטר ומשקל פירות מנותקים ניתן היה לחשב ערך של מקדם (M) אשר ביטא את היחס בין נפח הפרי לנפח הגליל העוטף אותו. מקדם זה שימש להערכה כמותית של הצורה המרחבית של הפרי. כיוון שערך המקדם נמצא יציב במשך כל שלבי התפתחות הפרי, ניתן היה להשתמש בו להערכה מדויקת של נפח או משקל של אותו פרי במועדים שונים על העץ במהלך התפתחותו. לעקומות הגדילה הלוגריתמית של פירות קטנים וגדולים היה מתאם גבוה ($R^2=0.99$) לפונקציה ההיפרבולית $Y=A+B/X$. בעזרת פונקציה זאת ניתן היה לבצע אקסטרפולציה למועד החנטה ונמצא שהפירות הגדולים חנטו כ-2-3 ימים לפני הפירות הקטנים. כן ניתן באמצעותה לחזות את גודל הפרי בשלבים המאוחרים של התפתחותו. הפירות הקטנים נבדלו מהפירות הגדולים בצורה ובגודל. ההבדל בגודל נבע בעיקר מפיגור בגדילה בשלבים הראשונים של התפתחות הפרי. יחס אורך וקוטר של הפירות הקטנים והגדולים עולה באופן הדרגתי עם הזמן ומתיצב פחות או יותר על ערך קבוע. העליה ביחס זה יותר מהירה בפירות הגדולים וגם ערכו לאחר התיצבותו גבוה

* מפירוט מינהל המחקר החקלאי, סדרה ה', 1988, מס' 2085.



איור 1: ציור סכמטי של פרי האבוקדו והגליל העוטף אותו. הערכים המדודים מתוארים בפרק שיטות.

לצורך מדידות בפירות לא מנותקים, סומנו 60 פירות על העץ. אורך הפרי וקוטרו נמדדו על גבי העץ במהלך גדילת הפרי. נפח הפרי V_f חושב לפי משוואה 2.

$$V_f = M \frac{\pi}{4} LD^2 \quad (2)$$

חישוב נפח הפרי ממשקלו נעשה באמצעות ערך הצפיפות הממוצע של הפרי. הערכים של הפירות הגדולים ביותר ושל הפירות הקטנים ביותר אוחדו לשתי קבוצות נפרדות (20.8–30.7 ו-3.3–5.2 גרמים לגבי הפירות הגדולים והקטנים כפי שהוערכו ב-6/6) ובתור שכאלה נעשה מעקב על המשך התפתחותם מבחינת גודל וצורה במהלך עונת הגדילה.

המטרה שעמדה במרכז העבודה הזאת הייתה לבצע השוואה מדויקת בין התפתחות פרי האס גדול לזה של הפרי הקטן. לצורך זה היה צריך לפתח שיטות להערכת משקל וצורה של אותו פרי תוך כדי התפתחותו על העץ. עקומת הגדילה של פרי האבוקדו היא סיגמואידית (7, 8). בעקומה זאת, בהיותה פונקציה חזקתית, קשה לבצע אקסטרפולציה לזמנים הראשונים והמאוחרים ביותר של גדילת הפרי. בעבודה הנוכחית חיפשנו פונקציה שתאפשר אקסטרפולציה כזאת ושתהיה במתאם גבוה עם נתוני ההתפתחות של הפירות הקטנים והגדולים.

שיטות

מדידות בוצעו במטע אבוקדו בן 5 שנים בנען החל מאמצע מאי 1985, לאחר תקופת הנשירה המאסיבית הראשונית. במועד זה החנטים היו בגודל 2–4 גרם. לצורך מדידות בפירות מנותקים נדגמו 12 פירות באופן אקראי בהפרשי זמן של 10 ימים. לגבי כל פרי בנפרד נמדדו או חושבו המדדים הבאים:

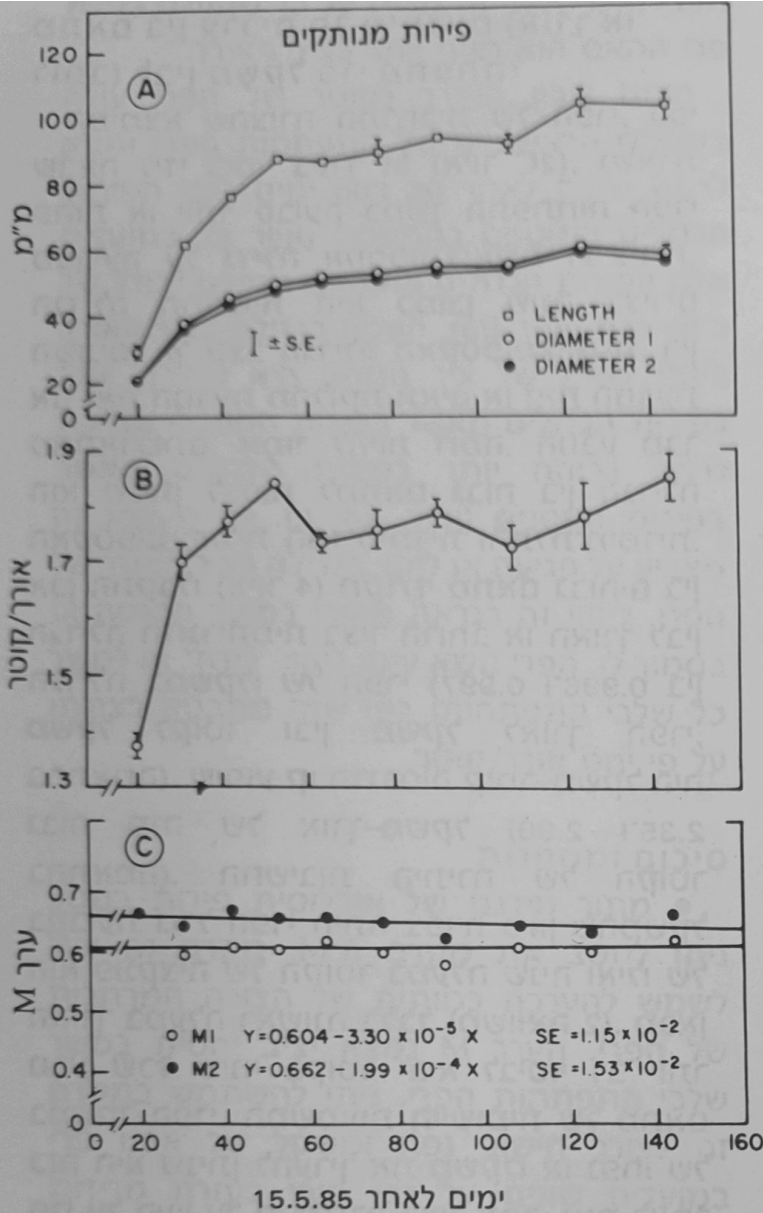
- L אורך הפרי.
- D_1 קוטר הפרי המקסימלי שנמדד במישור דמיוני שנוצר על ידי הנקודות הבאות: נקודות מקום נשירת עמוד העלי (stylar point), נקודת החיבור לעוקץ (stem) ואחת מהנקודות של הקצוות הטרמינליים של הפרי; הפרוקסימלית או הדיסטלית (איור 1).
- D_2 קוטר הפרי המקסימלי שנמדד אנכית ל- D_1 .
- W משקל פרי.
- V_f נפח הפרי כפי שנמדד ע"י דחיקת נפח מים.
- V_c נפח הגליל העוטף את הפרי כפי שחושב מערכי הגובה והקוטר של הפרי.

חישוב נפח הפרי על העץ נעשה באמצעות מקדם M (M_1 או M_2) על בסיס הנתונים D_1 או D_2 (בהתאמה). מקדם זה מיצג את היחס בין נפח הפרי לנפח הגליל העוטף אותו (משוואה 1).

$$M = \frac{V_f}{V_c} = \frac{V_f}{\pi L R_2} = \frac{4 V_f}{\pi L D^2} \quad (1)$$

צורת הפרי המתפתח:

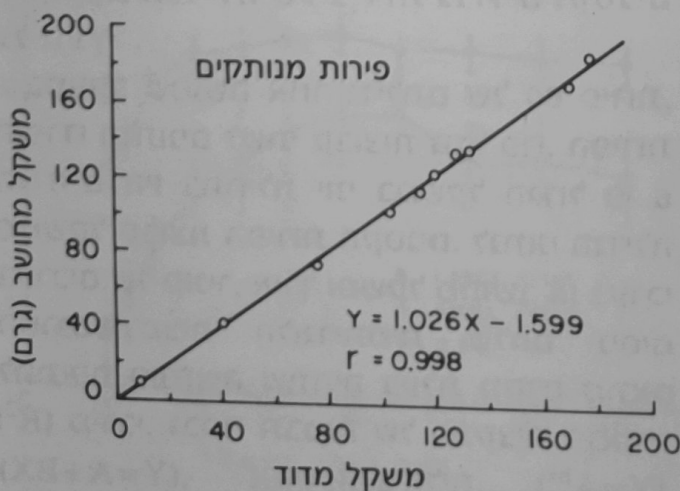
חתך הרחב של פרי ההאס נוטה להיות יותר אליפסואידי מאשר מעגלי. הקוטר D_1 גדול במקצת מאשר D_2 במהלך כל שלבי הגדילה (איור 2A). יחס D_1/D_2 (ש.ת.מ. \pm ממוצע) לכל נקודות המדידה היה 1.037 ± 0.0006 . בשלבים הראשונים של הגדילה, הפרי גדל יותר בציר האורך מאשר בציר הרחב, כפי שמתבטא בעליה חדה בערך L/D . עליה זאת מתמתנת בהמשך הגדילה. בניגוד לערכי D_1/D_2 ו- L/D שהינם מימדים דו מימדיים של צורת הפרי ניתן לנצל את הערך M לקביעה כמותית של הצורה המרחבית של הפרי. ערך M גבוה מורה על תפוסה גדולה יותר של נפח הפרי בתוך נפח הגליל העוטף אותו. זה קורה כאשר צוואר פרי האבוקדו הוא יותר קצר ויותר עבה. הוא הדין לגבי החלק הדיסטלי של הפרי (צורת hemisphere), אם כי השפעתו על ערך M קטנה יותר (היעזר באיור 1). על אף שהצורה הדו-מימדית (איור 2B) של פרי האבוקדו משתנה, בעיקר בשלבים הראשונים של הגדילה, הרי שהצורה המרחבית, כפי שבאה לידי ביטוי בערך M נשארת פחות או יותר קבועה (איור 2C). יציבות הערך M במהלך התפתחות הפרי מקנה יתרון לשימוש בו כקבוע בחישובי נפח הפרי על העץ על פי מדידות של אורך ורוחב הפרי.



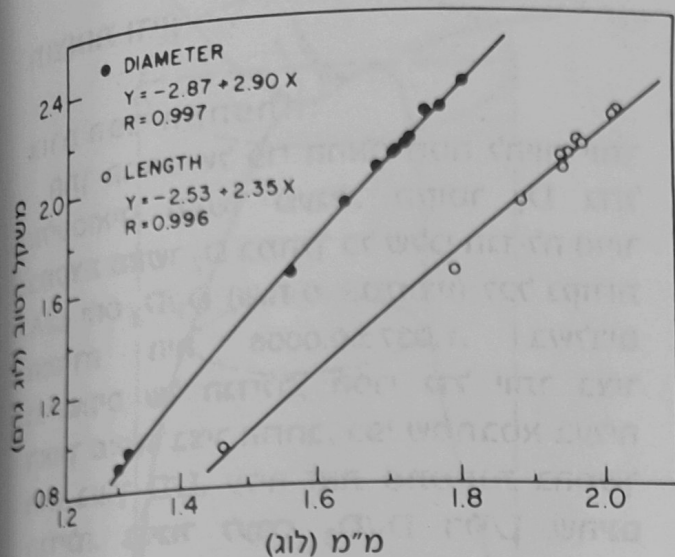
איור 2: שינויים בפרמטרים מדודים ומחושבים של פירות האס מנותקים במשך עונת הגדילה.

משקל מחושב בהשוואה למשקל מדוד של פרי:

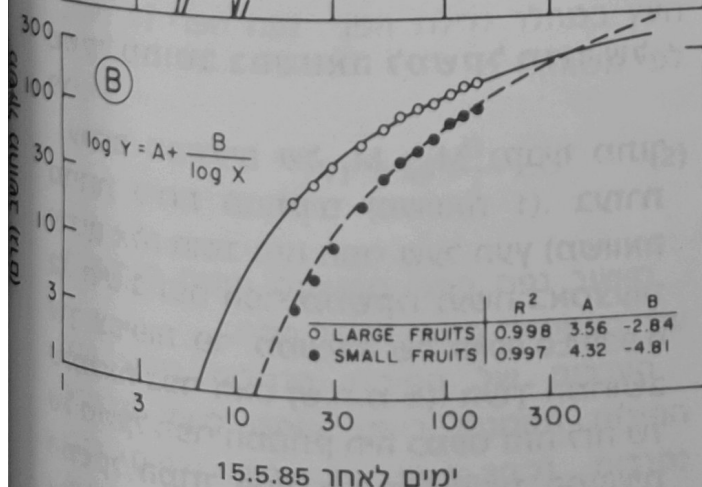
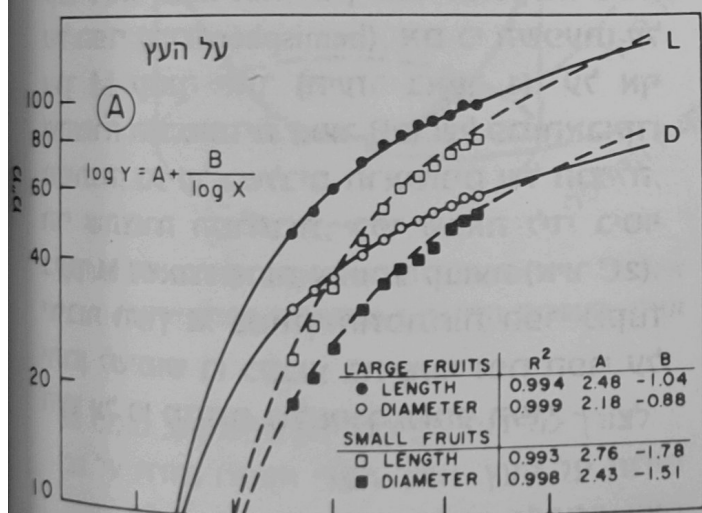
ערכים ממוצעים של M_1 ו- M_2 נקבעו מתוך מדידות פירות מנותקים (משוואה 1). בעזרת ערכים אלה חושב נפח הפרי שעל העץ (משוואה 2). חישוב נפח הפרי ממשקלו נעשה באמצעות ערך צפיפות פרי ממוצעת של 0.999 ± 0.0045 שנמצאה בפרי האס (ש.ת.מ. \pm). הערך המחושב של משקל הפרי המנותק היה כמעט זהה לזה של המשקל המדוד (איור 3). המשמעות המעשית של השוואה כזאת היא שבעזרת השימוש בקבוע M המאפיין אוכלוסית פירות במטע ניתן לעקוב בדיוק רב אחר רצף הגדילה במשקל של אותו פרי, בעודו על העץ.



איור 3: רגרסיה לינארית והמתאם שבין משקל ממשי למשקל מחושב של פירות האס מנותקים. מקדם המתאם היה משמעותי ברמה של $P=0.001$.



איור 4: מתאם בין הערך הלוגריתמי של משקל פרי לבין הערך הלוגריתמי של אורך או קוטר (D_1) פרי. שני קווי המתאם היו משמעותיים ברמה של $p=0.001$.



איור 5: קינטיקה של גדילת פירות האס גדולים וקטנים על העץ. (A), ערכים מדודים של אורך וקוטר פירות ו-(B), משקל פרי מחושב. מערכת הצירים היא לוגריתמית.

מתאם בין ערכים חד מימדיים (אורך או רוחב) לבין משקל פרי מתפתח: המימצא שהצורה המרחבית של הפרי, כפי שבאה לידי ביטוי בערך M (איור 2C), נשארת פחות או יותר קבועה במשך התפתחות הפרי מצביעה על גדילה אקספוננציאלית רבי-צורתית. הגדילה הממשית היא כמובן שונה בצירים השונים, אך קצב הגדילה האקספוננציאלית, בין אם זאת הנובעת מחלוקת תאים או זאת הנובעת מהתארכותם, אמור להיות דומה. הנובע מכך הוא שניתן לצפות למתאם גבוה בין הגדילה האקספוננציאלית החד-מימדית והתלת-מימדית. אכן התקבלו (איור 4) מקדמי מתאם גבוהים בין הגדילה הלוגריתמית בציר הרוחב או האורך לבין הגדילה במשקלו של הפרי (0.996 ו- 0.997 בין משקל לקוטר ובין משקל לאורך הפרי, בהתאמה). שיפוע קו הרגרסיה קוטר-משקל היה גבוה מזה של אורך-משקל (2.90 ו- 2.35 בהתאמה). החשיבות היתירה של הקוטר בקביעת גודל הפרי היתה צפויה כיוון שהמשקל הוא פונקציה של הקוטר במעלה שניה ואילו של האורך במעלה ראשונה בלבד (משוואה 2). מכאן נובע שכל שינוי בקוטר יביא לביטוי רב יותר במשקל הפרי. המשמעות היישומית של מתאם כזה היא שניתן להעריך את משקלו או נפחו של פרי על העץ על פי מדידה בציר אחד, זאת לאחר שנקבע המתאם שביניהם מתוך מדגם של פירות קטופים בגודל שונה.

קינטיקת הגדילה של פירות גדולים וקטנים על העץ

במעקב שנעשה אחר גדילתם של 60 פירות, הופרדו הנתונים לשתי קבוצות גודל פרי. הפירות הגדולים היו בתחילת יוני במשקל הגדול פי 6 ממשקל קבוצת הפירות הקטנים. לנתוני הגדילה בערכים של קוטר, אורך ומשקל מחושב או בערכי הטרנספורמציה הלוגריתמית שלהם ניסינו להתאים פונקציה שתהיה בעלת מקדם מתאם (R^2) מירבי. נבחנו תבניות של פונקציה לינארית ($Y=A+BX$), אקספוננציאלית ($Y=A^{bx}$), חזקתית ($Y=AX^b$) ושלוש צורות של פונקציה היפרבולית $Y=A+B/X$, $Y=1/(A+BX)$ ו- $Y=X/(A+BX)-1$.

הפונקציה ההיפרבולית $Y=A+B/X$
 נמצאה במתאם הגבוה ביותר לעקומות הגדילה
 הלוגריתמית (איור 5). שיעור הגדילה
 האקספוננציאלית בכל העקומות היה גבוה
 בתחילה וירד בהדרגה עם הזמן. גידול כזה
 מתאים לעקומות הגדילה הסיגמואידיות שנמצאו
 לגבי פרי האבוקדו (7, 8). הירידה בשיעור הגדילה
 האקספוננציאלית עם הזמן מצביעה אולי על
 ירידה הדרגתית בתרומה של חלוקת תאים ביחס
 לזאת של התארכות תאים לסך הגדילה של הפרי
 (9).

הערך המוחלט של מקדם B במשוואות
 הגדילה של הפירות הקטנים היה גבוה מזה של
 הפירות הגדולים. משמעות הדבר היא שבשלבים
 הראשונים הגדילה של הפירות הקטנים היתה
 יותר מתונה ואילו בשלבים המאוחרים היתה יותר
 גבוהה בהשוואה לפירות הגדולים. זה מצביע
 כנראה על ליקוי בגדילת הפירות הקטנים בשלבים
 הראשונים ביותר של התפתחותם. ליקוי זה
 בגדילה קטן עם הזמן אך לא עד כדי הדבקת
 הפיגור בגדילה ביחס לקבוצת הפירות הגדולים.

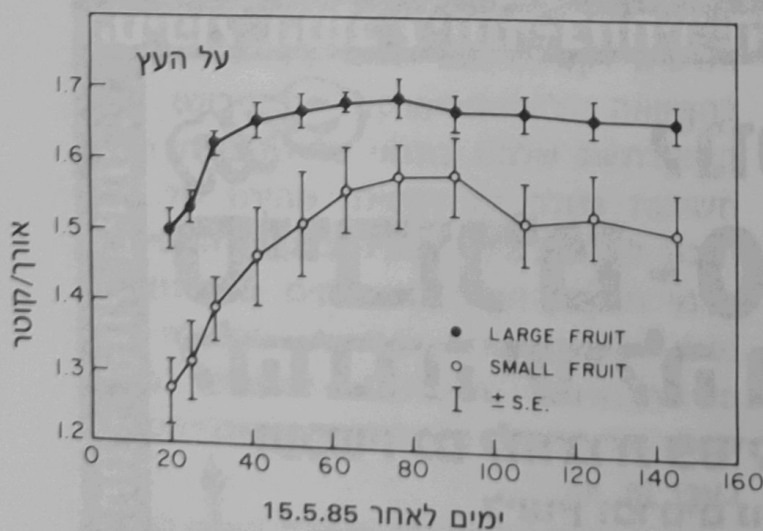
האם יש לתלות את ההבדלים בגודל הפירות
 למועדי חנטה שונים? כאשר מבצעים
 אקסטרפולציה של עקומות הגדילה לגודל חנט
 מזערי של 10 מיליגרם (איור 5B) מוצאים הקדמה
 של כ-2.5 ימים בחנטת הפירות הגדולים
 בהשוואה לזה של הפירות הקטנים. קשה להניח
 שבתקופה כה קצרה של 2.5 ימים חלו שינויים
 אנדוגניים מפליגים בעץ שגרמו להפרשי גדילה
 בפרי. לעומת זאת, סביר יותר להניח שתנאים
 אקלימיים בלתי נוחים ששררו במטע, או
 בסביבתו הקרובה של הפרח החונט, הם שגרמו
 לליקוי בהתפתחות הפרי הראשונית.

על פי עקומות הגדילה ההיפרבולית ניתן גם
 לחזות את גודל הפרי בסוף העונה. בסוף עונת
 הגדילה (300 ימים מאמצע מאי) הפירות הגדולים
 והקטנים יגיעו על פי חישוב (איור 5B) לגודל של
 259 ו-239 גרמים בהתאמה. תאורטית, הפרי
 הקטן היה יכול להדביק את הפרי הגדול, אך
 במועד המאוחר מעונת השיווק של הפרי. ניתן גם
 לראות שקוטר הפרי הקטן היה משיג את זה של
 הפרי הגדול מוקדם מכפי שהיה עושה זאת אורך

הפרי (איור 5A). זה מרמז על כך שהפגם בגידול
 פרי ההאס הוא רציני יותר בציר האורך.
 היחס שבין האורך לקוטר של הפרי עולה
 בשלבים הראשונים של התפתחות הפרי ומגיע
 לרמה יציבה לאחר 30 ו-60 ימים לגבי הפירות
 הגדולים והקטנים בהתאמה (איור 6). במועדים
 אלה הפירות הגדולים והקטנים מגיעים לגודל של
 כ-40 גרם (איור 5B). העליה בגדילה בציר האורך
 ביחס לזאת של ציר הרוחב היא מהירה יותר
 בפירות הגדולים מאשר בפירות הקטנים ומגיעה
 לרמה גבוהה יותר בפירות הגדולים מאשר
 בפירות הקטנים (איור 5A, 6). גם מימצא זה
 מצביע על פגיעה או ליקוי בגדילה בציר האורך של
 הפרי. ליקוי זה כנראה מקורו במועד החנטה או
 בסמוך לו. הפרי נושא עימו ליקוי "לידה" זה למשך
 כל שלבי התפתחותו כפי שזה מתבטא בצורתו
 על פי יחס אורך/קוטר.

סיכום ומסקנות

- מתוך מידגם של אוכלוסית פירות במטע
 ניתן לחשב את מקדם ה-M. מקדם זה יכול
 לשמש להערכה כמותית של הצורה המרחבית
 של הפרי. הערך M נמצא יציב יחסית במשך
 שלבי התפתחות הפרי. ניתן להשתמש במקדם
 זה לצורך חישוב נפח ומשקל של אותו פרי
 במועדים שונים על גבי העץ בעזרת מדידות
 מדוייקות של אורך וקוטר הפרי.



איור 6: יחס בין אורך לרוחב (L/D) של פירות האס
 גדולים וקטנים על העץ.

משך החורף, האביב ותחילת הקיץ בשנים 1983-1984. עלון הנוטע ל"ט: 345-356.

2. להב, ע. ועצמון, י. 1979. הקטיפ הבריני כמצעי לגדילתו של פרי האבוקדו מזן האס. עלון הנוטע ל"ד: 101-109.

3. Dennis, F.G., Jr. and Edgerton, L.J. 1966. Effects of gibberellins and ringing upon apple fruit development and flower bud formation. Proc. Am. Soc. Hortic. Sci., 88: 14-24.
4. Erickson, L. 1964. Avocado fruit growth and maturity. Calif. Citrogr., 49: 306-320.
5. Lahav, E. and Kalmar, D. 1977. Water requirements of avocado in Israel. II. Influence on yield, fruit growth and oil content. Aust. J. Agric. Res., 28: 869-877.
6. Lee, S. and Young, R. 1983. Growth measurements as an indication of avocado maturity. J. Am. Soc. Hortic. Sci., 108: 395-397.
7. Robertson, B.L. 1971. Fruit growth of the Fuerte avocado. Farming S. Afr., 47: 12-13.
8. Schroeder, C. 1958. Growth and development of avocado fruit. Yearb. Calif. Avocado. Soc., 42: 114-118.
9. Schroeder, L.A. 1960. Some morphological aspects of growth in subtropical fruits. Proc. Am. Soc. Hortic. Sci., 76: 248-252.
10. Sedgley, M. 1980. Anatomical investigation of abscised avocado flowers and fruitlets. Ann. Bot. 46: 771-777.

• לעקומת הגדילה של פירות קטנים וגדולים הותאמה פונקציה היפרבולית אשר בעזרתה ניתן להעריך את מועד החנטה המשוער וגם לחזות את גודל הפרי במועדים המאוחרים של עונת הגדילה. מועד החנטה של הפירות הגדולים הקדים ב-2-3 ימים את זה של הפירות הקטנים. סביר להניח שלא משך זמן הגדילה היה הגורם לסגרגציה בגודל הפירות כי אם תנאים אקלימיים בלתי נוחים בזמן החנטה או סמוך לה. חיזוי עתידי של גודל הפרי יכול לתרום לשיקולים בביצוע הקטיפ הברני (1, 2).

• נראה שבפירות הקטנים היה ליקוי בגדילה בציר האורך בשלבים המוקדמים של התפתחות הפרי. ליקוי זה גרם לשינוי בצורתו של הפרי שהתבטא ביחס אורך/קוטר נמוך יותר. טיפולים כדוגמת ג'יברלינים שעשויים לעודד צמיחה אורכית בשלבים הראשונים של הגדילה עשויים גם לשפר את גודל פרי ההאס.

• עבודה זאת מציעה מספר כלים לאיפיון התפתחות פירות אבוקדו על העץ. כלים אלה יכולים להיות לעזר בלימוד הגורמים הנוטלים חלק בקביעת גודל פרי ההאס.

ספרות

1. גיל, י., רותם, א., רון, צ., קליין, ד. 1984. גדילת אבוקדו מזן האס ממשקלים התחלתיים שונים

הטיפול הטוב ביותר-במחיר הזול ביותר. הטיפול הטוב ביותר

במחיר הזול ביותר.

לנוטע

תמוג' בע"מ

סייבולט - 10

להדברה יעילה וזולה של ציקדות

ועכשיו גם להדברת פסילת האגס באגסים במינון 0.05%

ליעוץ ופרטים נוספים לכפנות:

תמוג' בע"מ ת.ד. 2438 תל-אביב טלפון 03-9265272

במחיר הזול ביותר.

הטיפול הטוב ביותר-במחיר הזול ביותר. הטיפול הטוב ביותר

1100 "עלון הנוטע", מס. 11 שנה מ"ב