

22



77

9292 5

מינהל המחקר החקלאי



המכון להנדסה חקלאית

צוות אסיף פירות

ניסויים מקדימים בקטיף ממוכן של חוחובה

עונת ניסויים 1976/7

מאת

י' שריג, ע' מלכין

סקירה מקדימה 764



30

הספרייה המרכזית
לענפי החקלאות
בית-דגן

המחלקה לפירסומים מדעיים

מרכז וולקני

בית - דגן

1978

05

120

05 | 63454 : 631.35

עבודה זו נעשת במשותף עם המכון למחקר שימושי
של אוניברסיטת בן גוריון של הנגב.

מ ב ו א

צמח החוחובה (*Simmondsia chinensis*) גדל באופן טבעי באזורים המדבריים של מדינת קליפורניה ואריזונה בארה"ב ובמכסיקו. פירות הצמח מכילים (50% לערך ממשקלם) שמן המצטיין בתכונות מיוחדות. לשמן זה, שמבחינה כימית הוא שעווה נוזלית, יש שימושים רבים בתעשיית שמני הסיכה. הקוסמטיקה, התרופות, המזון ושימושים פוטנציאליים רבים אחרים המבוססים על איכותה הגבוהה של השעווה (1, 2, 5).

מן הראוי לציין, כי שמן החוחובה דומה בהרכבו הכימי ובהתנהגותו הפיסיקאלית לשמן המופק מלווייתנים, שהוא שמן הנדרש בתנאי הפעלה של טמפרטורה ולחצים גבוהים ואשר אספקתו הולכת וקטנה בגלל האיסור של צייד לווייתנים.

מנתונים לשנת 1970 (5) מסתבר, כי העולם המערבי השתמש בשעוות לשימוש ספציפי ב-20 אלף טונה, ולשימוש כללי - ב-0.5 מיליון טונה. מניחים כי בעוד 10-15 שנה תגיע הצריכה לשימושים הספציפיים ל-40-50 אלף טונה.

בהנחה ששמן החוחובה מישראל יספק 10%-20% מהביקוש העולמי בעוד 10 שנים - יהיה צורך ב-3000 טונה שמן מגידול מקומי (5). לפי נתונים שנאספו בארה"ב (3) אפשר לקבל כ-100 ק"ג שמן לדונם. לפיכך גודל השטח הצפוי בארץ הוא 30,000 דונם. תמחיר משנת 1977 בארה"ב צופה הכנסה של 200 דולר לדונם, בתנאי גידול שאינם מתאימים לגידולים אחרים (אדמות מדבריות ומיעוט משקעים) ומצביע של פוטנציאל כלכלי גבוה (2).

הצלחתו הכלכלית של הגידול קשורה, בין היתר, באפשרות למיכון הקטיף והאסיף של הפרי. בתנאי המשק החקלאי הישראלי, הסובל ממחסור בכוח אדם, לא סביר להניח שאפשר יהיה לבסס את הגידול על אסיף ידני. תשומת העבודה בקטיף ובאסיף של חוחובה היא רבה מאוד; במחקר מקדים שנעשה בארה"ב (3) נמצא, שפועל אוסף כ-3 ק"ג זרעים (1.5 ק"ג שמן) בשעה. עבודת האסיף היא עונתית, ובתנאי העבודה שבנגב (תקופת אסיף בחודשי הקיץ) לא נראה שאפשר יהיה לפתח גידול עתיר-עבודה כחוחובה ללא מציאת פתרונות מיכאניים. למסקנה זו הגיעו גם החוקרים בארה"ב, שהדגישו את חשיבות מיכון האסיף כתנאי מוקדם להצלחתו של הגידול (2, 3).

מידע בנושא מיכון האסיף של החוחובה כמעט שאינו קיים. הניסויים המועטים שנערכו ותועדו עוסקים בקטיף ידני, ניסויים לעיצוב העץ (4) וניסויי גישוש לבחינת כלי עזר מיכאניים לקטיף (3). לא נמצא מידע גם על התכונות הפיסיקאליות של פירות החוחובה, כתנאי מוקדם לבחינת שיטות הפרדה ומיון.

מטרת העבודה הנוכחית - לפתח מערכת לקטיף ולאיסוף ממוכנים של פרי החוחובה. המטרות הספציפיות, בעונת מחקר זו, היו לקבל מידע על איפיון הניתוק של הפירות, לקבוע את תלותו בגורמי גידול ובתכונות פיסיקאליות של העץ והפרי ולבחון כלי-עזר מיכאניים לקטיף, לשם השגת מידע ראשוני על הפראמטרים הדינמיים שיידרשו במערכת ניתוק פוטנציאלית.

ציוד ושיטות

1. ציוד

נבחנו מספר כלי-עזר מיכניים לקטיף, הפועלים לפי עקרונות

שונים.

1.1 מנער ענפים. ניתוק הפרי מושג על-ידי העברת כוחות ניעור לענף נושא הפרי, בעזרת תנועת הלוך ושוב של בוכנה פניאומטית, שבקצה מורכב קרס מצופה גומי המתחבר אל הענף (תמונה 1). מוט הבוכנה, הנישא בידי העובד, פועל בתדירות של 10 הרץ במהלך של 25 מ"מ ובלחץ אוויר של 11 אטמוספירות (1114.7 kpa) המושג ממדחס נייד. מספר הענפים שיש לנער נקבע לפי מבנה השיח, לפי עובי הענפים ולפי כמות הפרי.

1.2 מנער עלווה. ניתוק הפרי מושג ללא חיבור קשיח של מיתקן הניתוק אל הענף אלא על-ידי מגע ישיר עם הפירות והענפים. המנער שנוסה מורכב משתי מערכות של "אצבעות" מאוקולון, הנעות בתנועה מעגלית הלוך ושוב אחת אל רעותה, חובטות בענפים נושאי הפרי, וגורמות לניתוק הפרי (תמונה 2). תנועת האצבעות מושגת על-ידי בוכנה פניאומטית במהלך של 25 מ"מ ובתדירות של 10-10.5 הרץ.

1.3 "מסרק" מיכאני. ניתוק הפרי על-ידי סריקה מתנוודדת של ענפים (תמונה 3). התנודה מושגת על-ידי בוכנה פניאומטית המחוברת למסרק הנישא ביד העובד והמתנווד בתדירות של 10-10.5 הרץ ובמהלך של 25 מ"מ. במסגרת הניסוי נוסו 2 מרווחים, של ס"מ אחד ושל 2.5 ס"מ, בין שיני המסרק. הפירות שנותקו בשיטות הקטיף השונות נאספו בעזרת יריעות בד שנפרשו מתחת לעץ לקליטת החומר המנוער, ולאחר האיסוף הופרדו ונשקלו בנפרד.



תמונה 1. מתקן עזר מיכאני לקסיף המיועד לניעור ענפים בעזרת קרס המתחבר לענף והמונע פניאומאטית הלוך ושוב.



תמונה 2. מנער עלווה נישא ביד, המאפשר ניתוק פירות בעזרת "אצבעות" החובסות בענפים נושאי פרי.



תמונה 3. "מסרק" מיכאני הנישא ביד ומנתק את הפרי ע"י פעולת סריקה מתנודדת של ענפים.

כל הניסויים נערכו בחוות הניסיונות בגילת על גבי שיחים זריעים מזנים שונים, במטע המאופיין על-ידי שונות רבה בין השיחים, צורתם, גודלם, יכולם וגודל פירותיהם.

2.1 כלי הקטיפ נוסו במספר מועדים, במספר שונה של שיחים בכל מועד, שחלקם גדל ללא השקיית-עזר וחלקם קיבל השקיית-עזר של 200 מ³/דונם לעונה. בכל ניסוי נמדדו שיעור הורדת הפירות, אחוז החומר הזר שנותק עם הפירות, והספק הכלי. כמו-כן נערך מעקב אחר נזק אפשרי הנגרם לשיח בזמן הקטיפ המיכאני.

2.2 כדי לבחון אפשרות של קביעת מועד לקטיפ מיכאני מיטבי, נבדק הכוח הנדרש לניתוק הפירות - כתלות במועד הקטיפ. נבחרו אקראית 11 שיחים, מהם שישה שקיבלו השקיית-עזר של 200 מ³ מים/דונם, וחמישה ללא השקיית-עזר. באמצעות דינמומטר נבדק מדגם אקראי של 30 פירות לכל שיח במשך שישה שבועות, אחת לשבוע. לאחר ניתוקם הועברו הפירות למעבדות המכון לחקר הנגב, ושם נקבעו אחוז השמן, אחוז הלחות ומשקל ברוטו ונטו של הזרעים, וכן נבדקה הסינתזה של השמן לגבי כל מידגם.

ת ו צ א ו ת

1. כלי-עזר מיכאניים לקטיף

בטבלה 1 נתונות תוצאות הניסויים במספר מועדים בכלי-העזר המיכאניים לקטיף בשיחים שקיבלו השקיית-עזר ובשיחים ללא השקיית-עזר. ספיקת שדה תיאורטית של כל אחד מהכלים חושבה לפי הזמן שנמדד לניתוק פרי משיח בודד.

2. כוח ניתוק

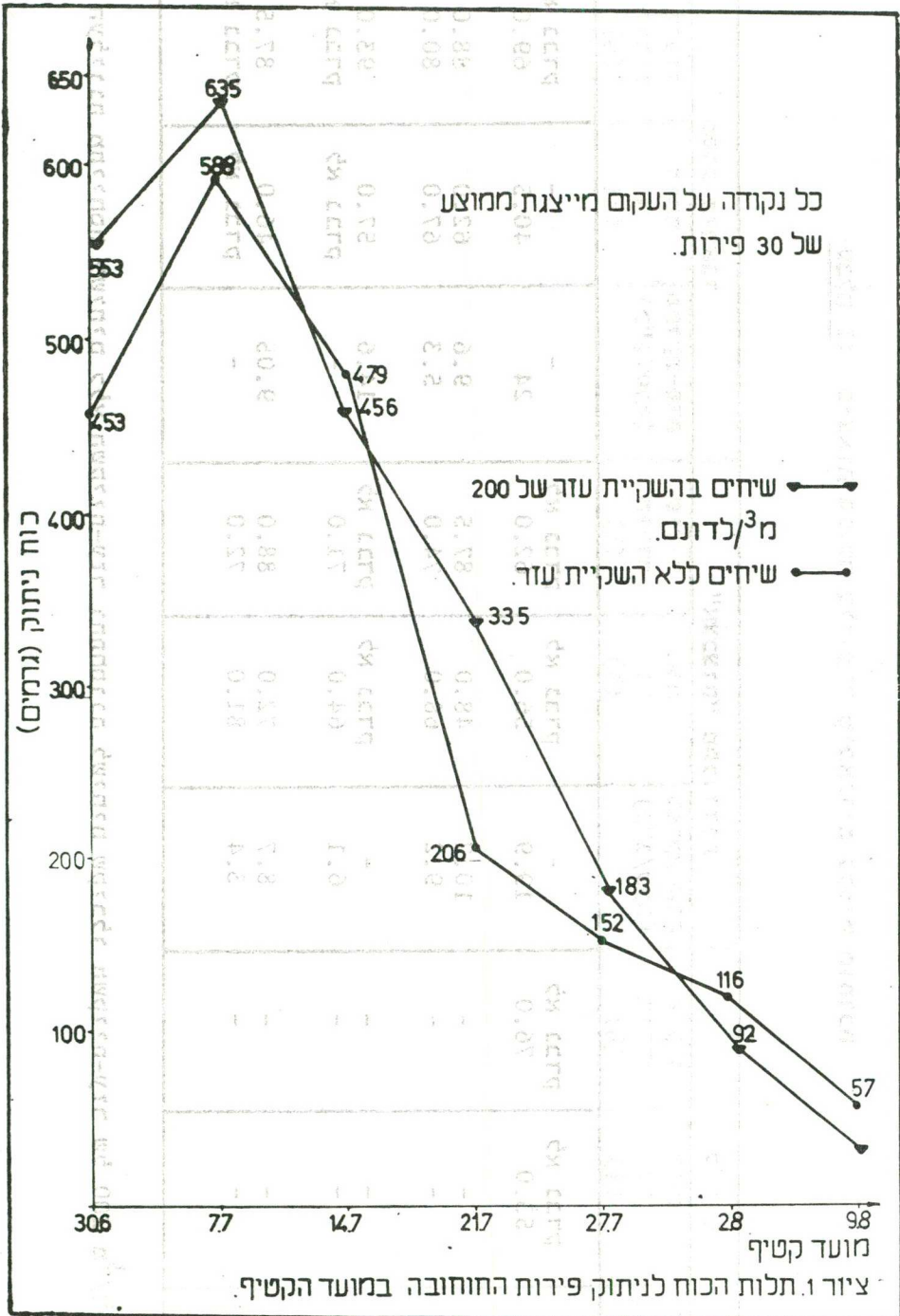
תלות הכוח הנדרש לניתוק פירות החוחובה במועד הקטיף נתונה בצירוד 1, לגבי שיחים שקיבלו השקיית-עזר ולגבי שיחים שללא השקיית-עזר. כל נקודה על העקום מייצגת ממוצע של 30 פירות מ-5 שיחים. פירוט התוצאות לכל שיח בנפרד מובא בנספח 1.

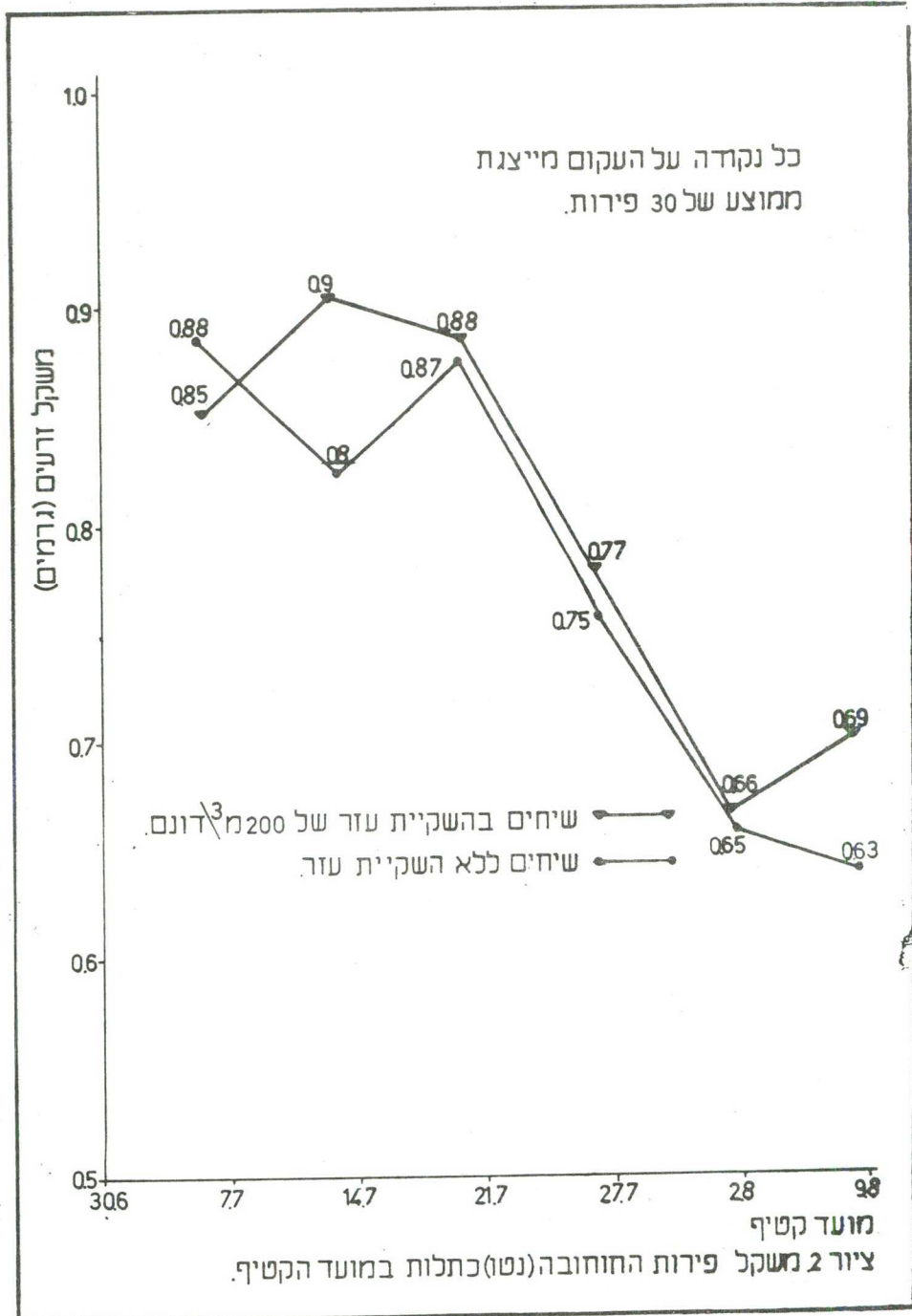
בציורים 2 ו-3 מתוארת ההישתנות של אחוז השעווה בזרעים ומשקל הזרעים, תוך תלותם במועד הקטיף.

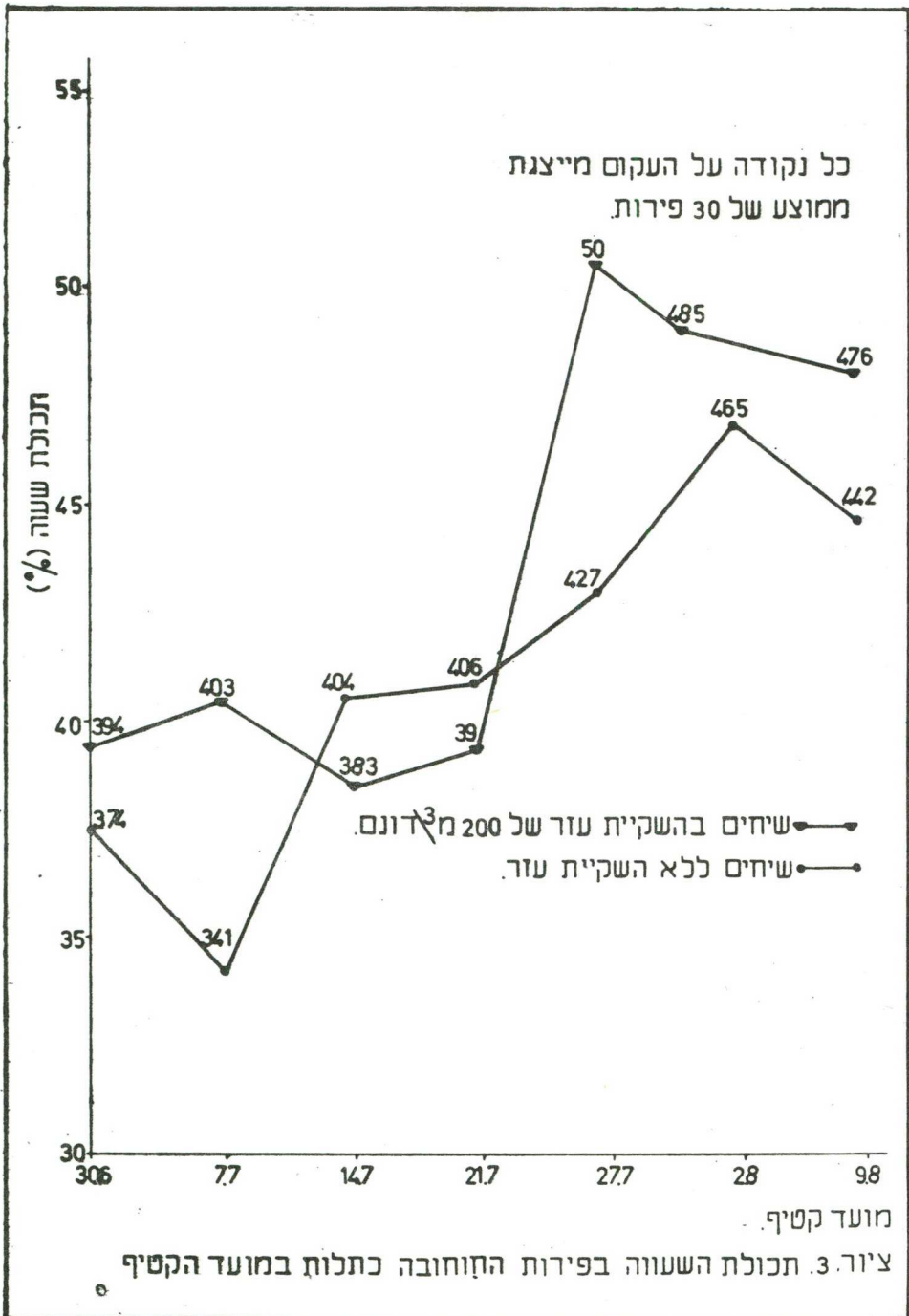
טבלה 1: תוצאות הפעלת כלי-עזר מיכאניים לקטיף חוחובה

ק ר ס			"אצבעות" מתנודדות			מסרק מיכאני			תאריך הניסוי
ספיקת-שדה (ק"ג/שעה)	חומר זר (%)	שיעור הורדה (%)	ספיקת-שדה (ק"ג/שעה)	חומר זר (%)	שיעור הורדה (%)	ספיקת-שדה (ק"ג/שעה)	חומר זר (%)	שיעור הורדה (%)	
- 4.9	לא נבדק 53.0	לא נבדק 76.0	- 19.9	לא נבדק 56.0	לא נבדק 62.0	- 24	- 40.5	לא נבדק 69.0	7.7.77
-	-	-	10.2	48.0	87.5	9.6	62.0	88.0	11.7.77
-	-	-	9.2	68.0	74.0	5.3	67.0	80.0	
-	-	-	-	לא נבדק 64.0	לא נבדק 71.0	14.6	57.0	93.0	13.7.77
-	-	-	6.1	לא נבדק 64.0	לא נבדק 71.0	-	לא נבדק	לא נבדק	
-	-	-	8.7	72.0	88.0	9.05	46.0	87.5	21.1.77
-	-	-	3.4	81.0	72.0	-	לא נבדק	לא נבדק	

(1) התוצאה העליונה מתייחסת לשיחים ללא השקיית-עזר והתחתונה לשיחים שקיבלו השקיית-עזר של 200 מ³/דונם.







ד ו י ן

1. כלי-עזר מיכאניים לקטיף

החסרון בשימוש בכלי-עזר מיכאניים לקטיף הוא בצורך בתשומה ידנית מרובה, וזאת למרות החיסכון המושג בעזרתם לעומת שיטות קטיף ידניות מקובלות. אף-על-פי-כן יכולים כלים אלה, אם יימצאו מתאימים, לשמש כפתרון-ביניים עד למציאתו של פתרון מיכאני כולל. הניסויים בעונה החולפת איפשרו בחינתם של מספר כלים (שפותחו למטרת מסיק מיכאני של זיתים), ובעיקר סיפקו מידע חשוב לגבי סדרי גודל של הפראמטרים הדינמיים הדרושים במערכת ניתוק מיכאנית.

הקrs המתנוודד נמצא בלתי מתאים עוד בשלב מוקדם של הניסויים, אף שאחוז הורדת הפרי (76%) לא נפל בהרבה מזה שהושג בכלים האחרים (טבלה 1). כלי זה הוא סלקטיבי לגבי ענפים המתאימים לחביקת הקrs, וכדי להגיע לניעור מיטבי יש צורך בכיוון מיוחד של הכלי כלפי הענף. אילוץ זה יהיה קשה ליישום במערכת מיכאנית בתנועה רצופה ואינו נראה מעשי גם בהפעלה ככלי-עזר.

לא נמצאו הבדלים משמעותיים, באחוז הורדת הפרי, בין המסרק המיכאני ובין "האצבעות" המתנוודדות (טבלה 1); אך הנזק שנגרם לשיח באמצעות המסרק היה גדול ועלול להתבטא בפחיתה ניכרת של היבול בעונה הבאה.

מן התוצאות נראה, שלאחר מועד מסוים (במקרה הנדון - 11.7.77) מגיע שיעור ההורדה למעלה מ-80%. מעקב אחר השיחים שנוערו הראה שרוב הפירות שנשארו על השיח הינם לחים מאוד (במקרים מסוימים הגיעה הלחות ל-100%) וצבעם ירוק. במצב זה רב יותר הנזק הנגרם לשיח.

לא נאסף מידע מספיק בדבר הבדלים אפשריים בין משטרי השקיה שונים. בניסויים הבודדים שנערכו נתקבל אחוז הורדה גדול יותר בשיחים בלתי מושקים; אך השונות הרבה בין טיפוס השיחים שנבדקו - אינה מאפשרת העלאת מסקנות סופיות.

כמויות החומר הזר שנותק יחד עם הפירות היו גדולות בכל אחד מכלי הקטיפ שנוסו (כ-60% בממוצע), וחייבו תשומת עבודה מרובה בהפרדתם. אף שפעולה זו ניתנת להיעשות מיכאנית בעתיד, יש להביא בחשבון את תוספת העבודה המושקעת. אף יש לבחון את תכונותיהם הפיסיקאליות של מרכיבי החומר המנותק, כדי למצוא את שיטת ההפרדה המיטבית.

2. כוח ניתוק

מטרת המדידות של כוחות הניתוק היא לקבוע את התלות שבין הכוח לניתוק פירות החוברה ובין מועד הקטיפ, כדי לנסות ולקבוע מועד קטיפ מיטבי. אף כי מנגנוני ניתוק הפירות במכונות הקטיפ אינם מאופיינים, ברוב המקרים, על-ידי משיכה ישירה של הפרי - אפשר להשתמש באמד כוח הניתוק הנמדד על-ידי משיכה ישירה לשם הערכה איכותית של האפשרויות לניתוק הפרי במועדים שונים.

בציור 1 רואים כי קיימת מגמה ברורה של ירידת כוח הניתוק ככל שמתאחר מועד הקטיפ. אף שמגמה זו היתה צפויה, בהיותה קשורה במנגנון ההבשלה הטבעי של הפרי וביצירת רקמת ניתוק, קדמה לה עליה בכוח הניתוק ב-80% מכלל השיחים שנבדקו. לא ניתן הסבר לתופעה זו הקשורה, כפי הנראה, בשינויים פיסיולוגיים של רקמת הניתוק של הפרי.

ניתוח סטטיסטי של תוצאות מדידת כוח הניתוק נערך לגבי כל שיח בנפרד, ונמצא מיתאם (קורלציה), ברמת מובהקות שלמעלה מ-90%, בין מועד הקטיפ ובין כוח הניתוק. בנוסף לכך, נערך

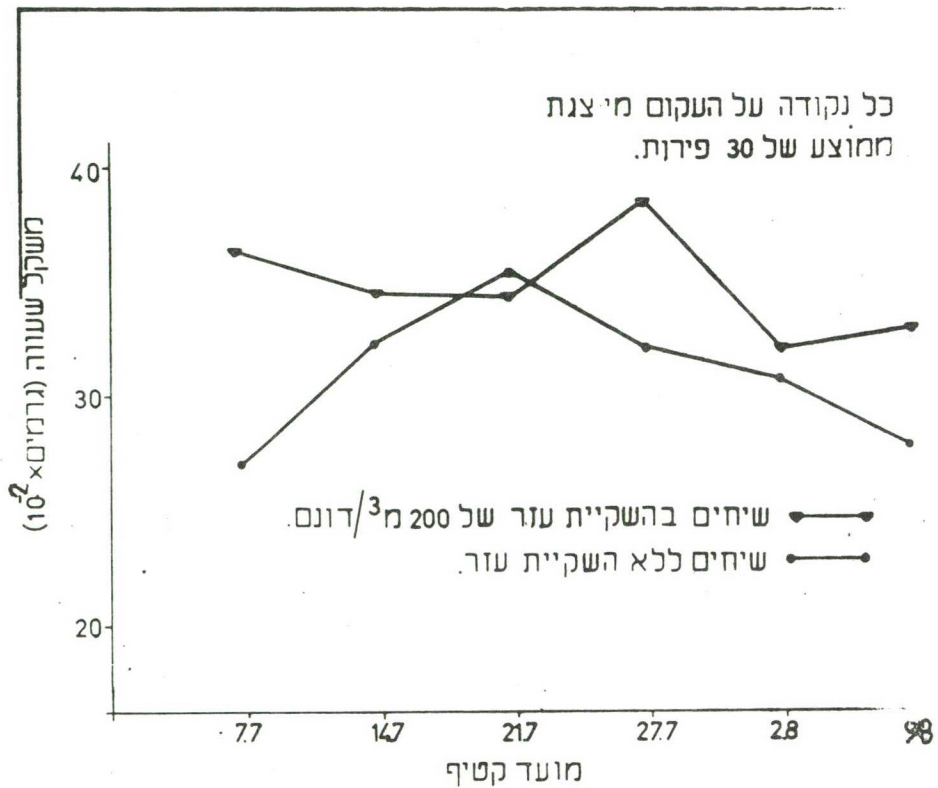
מבחן תחומים לפי TUKEY בין ממוצעי הבדיקות לגבי כל מועד בדיקה, ונמצאה השפעה שווה (ברמת מובהקות של 95%) של מועד הקטיף לגבי כל אחת מהתוצאות המופיעות בציור 1. אפשר לסכם, שמעבר למועד מסוים כוח הניתוק של פירות החוחובה יורד באופן משמעותי ככל שמתאחר מועד הקטיף. תוצאה דומה, ללא ציון נקודת המעבר של העלייה בכוח הניתוק לפני הירידה התלולה, נזכרת גם בעבודתם של Burkner ו-Chesson (3). הפיזור הרב בתוצאות המדידות מלמד על השונות הגדולה אפילו בין פירות שמאותו עץ. שונות זו, שבאה לידי ביטוי אפילו אחרי אקראיות הדגימה, מצביעה על מנגנון הבשלה בלתי אחיד של פירות החוחובה. אם דבר זה יבוא לידי ביטוי גם בזני העתיד, הנמצאים כעת בטיפוח, יהיה צורך לבדוק אפשרות להשגת הבשלה אחידה - החיונית לקטיף מיכאני - בעזרת חומרים מווסתי גידול.

מכיוון שקביעת מועד קטיף מיטבי מותנית בגורמים נוספים, נבדקה התלות של משקל הפרי ואחוז השעווה בו - במועד הקטיף. בציור 2 אפשר לראות כי מעבר למועד מסויים קיימת ירידה תלולה במשקל הפרי, המתייצבת לאחר מספר שבועות. הירידה במשקל נובעת מהתייבשות של הפירות, הקשורה במנגנון ההבשלה הטבעי.

אחוז השעווה, לעומת זאת, גדל ברציפות (ציור 3); אך מגמה זו משתנה אחרי מספר שבועות. מכיוון שהניסויים לא נתמשכו מעבר לפרק-זמן מוגדר מראש, קשה לקבוע בוודאות אם שינוי זה של המגמה מקורו בתופעה אופיינית ועקבית או שהוא נובע מהשונות הגדולה בין הפירות והשיחים. מכיוון שמסיבות כלכליות ברורות שואפים להגיע למשקל שעווה מירבי דרוש לקבוע את המועד שבו הפראמטר: אחוז שעווה \times משקל הזרע שואף לערך מירבי.

השתנותו של פראמטר זה כתלות במועד הקטיף, הנתונה בציור 4, מצביעה על קיום נקודת מכסימום לגבי שיחים בהשקיית-עזר ולגבי

שיחים שללא השקיה (אם כי במועדים שונים). חיתוך העקום בציר
4 עם זה שבציר 1 המתאר את השתנות כוח הניתוק יכול לשמש כמדד
אפשרי לקביעת מועד קטיף מיטבי. מסקנה זו חייבת להיבחן
בניסויים נוספים בעונות הבאות.



ציר 4 משקל שעווה בפירות החחובה כתלות במועד הקטיף.

ס פ ר ו ת

1. Anon (1974) Simmondsia wax production in Israel.
Ben-Gurion University of the Negev, Research and
Development Authority, Beer-Sheva.
2. Anon (1977) Jojoba - feasibility for cultivation
on Indian reservations in the Sonoran Desert
Region. Committee on jojoba production systems
potential. National Academy of Sciences,
Washington, D.C.
3. Chesson, J.H. and Burkener, P.F. (1976) Preliminary
investigations for jojoba harvesting. Trans. ASAE.
19(4): 614-616.
4. Yermanos, D.M. and Gonzales, R. (1976) Mechanical
harvesting of jojoba. Calif. Agric. 30(1): 8-9.
5. ישי ספרים (1975) סימונזיה - הערכה כלכלית של פרוייקט
המחקר. שיכפול. מינהל המחקר החקלאי, בית-דגן.

existence of a maximum value for both irrigated and non-irrigated bushes. This value, when superimposed on pull-force measurements, may provide a good criterion for the optimal harvest date.

This work is being carried out in cooperation with the institute of Applied Research of Ben-Gurion University, Be'er Sheva.

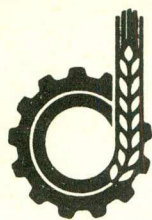
SUMMARY

Since information related to mechanical harvesting of jojoba is limited, preliminary investigations were needed before a mechanical harvesting system could be developed.

Several hand-held mechanical picking aids were evaluated as to their suitability for harvesting jojoba. Each trial consisted of measuring the rate of fruit removal, percentage of foreign material collected with the fruit, and field capacity of the harvesting aids. In addition, pull-force for fruit detachment was measured as a function of the harvesting date.

Mechanical picking aids can be considered only as an intermediate solution, until a comprehensive mechanical harvesting system is developed, since they still require a considerable amount of manual labor. However, tests with such aids have provided useful information on the expected rate of fruit removal and an indication of the range of dynamic parameters required for future work.

Pull-force measurements showed a general trend of decrease in detachment force with progressively later dates, for both irrigated and non-irrigated bushes. However, the results demonstrated a significant non-uniform ripening of the jojoba fruit which may call for pre-harvest treatment with growth regulators. Measurements of the weight of wax in the fruits as a function of harvesting date indicated the



AGRICULTURAL RESEARCH ORGANIZATION

INSTITUTE OF AGRICULTURAL ENGINEERING

**PRELIMINARY EXPERIMENTS
IN MECHANIZED PICKING
OF JOJOBA**

BY

Y. SARIG, O. MALKIN

PRELIMINARY REPORT 764

Division of Scientific Publications
The Volcani Center, Bet Dagan,
Israel

1978