



מנער גזע לקטיף מיכני של אשכוליות

א. גולומב, המח' להדרים, מינהל המחקר החקלאי, מרכז וולקני,
מ. ניבון (ויינבלום) המכון להנדסה חקלאית, מרכז וולקני,
ח. ברס, המכון להנדסה חקלאית, מרכז וולקני.

הפרי - תופעה נסבלת רק בפרי המיועד לעיבוד תעשייתי, או לנשירת עלים - תופעה שאינה רצויה כלל.

פיתוחם של תכשירי ניתוק יעילים וספציפיים, חופשיים מתוצאות לוואי בלתי רצויות היא משימה חיונית ביותר, במיוחד כשהשאיפה להגיע בעתיד לקטיף מיכני גם של פרי המיועד לשיווק למאכל.

שיעור קטיף בלתי מספיק של הפירות הוא מגבלה שכיחה ומשמעותית כאשר מנסים לקטוף הדרים באמצעים מיכניים. אפילו באשכוליות, שהן לכל הדעות זן מתאים במיוחד למטרה זו, ידועים לנו דיווחים על הצלחות כדי 95% קטיף לעומת כשלונות של 60% קטיף בלבד, בתנאי מטע זהים בשימוש במנערי גזע שונים.

תוצאות אלה מצביעות על כך שישנם אולי מדדי-ניעור קריטיים העשויים להיות המפתח להצלחה או לכישלון בניתוק הפרי מן העץ המנוער.

אופן פעולתם של מנערי-תאוצה (Inertia Shakers) מבוסס על תנודות-רטט הנוצרות בעקבות סיבובן המהיר של משקולות בלתי מאוזנות (לרוב, זוג משקולות) ואופי תנודות הניעור הוא תוצאת מהירות הסיבוב, המשקל והשקולים הרגועים בין הוקטורים שיוצרים כוחות התנועה הבלתי מאוזנת.

במחקרנו זה ניסינו לברר השפעתם של מדדי ניעור שונים בגזע על תוצאות ניתוק הפרי מעצי אשכוליות ומצאנו שיש חשיבות רבה לשימוש

הדרך היחידה הידועה עד כה לניתוק אפקטיבי של פרי הדר בקטיף מיכני היא באמצעות ניעור העץ. במהלך פיתוח מערכות קטיף מיכני של פרי הדר לתעשייה נחקרת בפלורידה, מאז שנות השישים, האפשרות של ניעור ע"י מפוחים חזקים במיוחד, תוך נסיעה במקביל לשורות העצים (4). בשיטה זו ניתן להגיע להספקי עבודה גדולים מאד.

שיטות ניעור אחרות מתבססות על מגע ישיר עם העץ המנוער והן יעילות יותר מבחינת האנרגיה המושקעת וגורמות פחות נזקים של נשירת עלווה. עם זאת, חסרונן בכך שהן דורשות זמן תימרון להתקשרות המנוער לכל עץ ועץ.

למנערי גזע נדרשת התקשרות יחידה לעץ לעומת התקשרויות אחדות הדרושות לעבודה באמצעות מנערי זרועות, שמקנה למנערי הגזע עדיפות בהספקי עבודה סבירים, הנראים לנו כמתאימים להיקפי העבודה בפרדסי ישראל. חסרונם העיקרי של מנערי הגזע שיעילותם נפגמת יותר מזו של מנערים אחרים, כתוצאה מגמישותם של אברי העץ (1, 6).

השימוש בתכשירים להרפיית קשר הפרי אל העוקץ עשוי לסייע בשיפור תוצאות הקטיף (3) אולם מלבד מגבלות אחרות, כל התכשירים המצויים עד כה אינם חופשיים מתוצאות לוואי שליליות, כגון: צריבות בקליפת

1. עתה בחברת קאל למיטעני אויר, תל-אביב

בכל אחד משלבי הניסוי וכן אלה שנשארו על כל עץ, נספרו לצורך חישוב אחוז הפרי שנקטף.

הפרדסים

הניסוי בוצע בשתי חלקות אופיניות של פרדס אשכוליות מרש חסר זרעים על כנת חושש. א. פרדס בעל עצים נמוכים: בקיבוץ חניתה, עצים בני 15 שנה שגובהם 4-5 מ', נטועים במירווח 4×6 מ'. קוטר הגזע 16-18 ס"מ, יכול ממוצע של כ-530 פירות לעץ. כל צירוף של טיפולי נייעור נבחן בחמש חזרות (עץ אחד לכל חזרה) באקראי. הניסוי בוצע ב-9-12 בפברואר 1976.

ב. פרדס בעל עצים גבוהים: בחוות המטעים בעכו, עצים כבני 40 שנה, בגובה 7-8 מ' נטועים במירווח 7×7 מ'. קוטר הגזע 22-25 ס"מ יכול ממוצע של כ-840 פירות לעץ. כל צירוף של טיפולי נייעור נבחן בשלוש חזרות (עץ אחד לכל חזרה). הניסוי בוצע ב-2-6 במרס 1976. הכוח (בק"ג) הדרוש לניתוק הפרי נמדד כל יום במדגם אקראי של 30-40 פירות לשם חישוב הערכים הממוצעים האופייניים למטע.

תוצאות ודיון

הכוח הממוצע שנדרש לניתוק הפירות משך הניסוי היה 5.58 ± 0.15 ק"ג בעצים הנמוכים בחניתה ו- 6.22 ± 0.21 ק"ג בעצים הגבוהים בעכו.

התוצאות בטבלה 1 מדגימות היטב את ההבדל בין עצים נמוכים וגבוהים בהיענות הפרי לניתוק באמצעות נייעורי הגזע. מסתבר כי עצים גבוהים הם אתגר קשה למערכות הקטיף המיכני כשם שאינם נוחים לקטיף ידני.

שינוי יחסי המהירות של סיבוב המשקולות מ-1:1.1 ליחס מואץ של 1:1.3 נבחן בשלושה צירופי נייעור ונמצא חסר כל השפעה על תוצאות הקטיף.

תוצאות הקטיף בעת סיבוב זוג המשקולות בכיוון זהה או מנוגד הושוו ב-14 צירופי נייעור. בדרך כלל לא נמצאה לגורם זה השפעה בעלת חשיבות מעשית משמעותית. עם זאת, מן הראוי לציין כי סיבוב בכיוון מנוגד של משקולות בנות 15 ק"ג כ"א נמצא נחות בתוצאותיו במהירות 250 סל"ד, וזה בתוצאותיו במהירות 400 סל"ד

במנער גזע עם משקולות כבדות המופעלות במהירות סיבוב גדולה.

חומרים ושיטות

המנערים

לפי הזמנתנו, נבנה ע"י חברת "מיכון למטע בע"מ" בפרדס-חנה מנער גזע בעל רכיבי נייעור הניתנים לשינוי, המנער הופעל בצירופים שונים של מדדי נייעור כדלהלן:

1. מהירויות סיבוב שונות: 250, 400, 540, 800, 1000 סיבובים לדקה (סל"ד) במעביר הכוח של הטרקטור (P.t.o).

2. משקולות במשקל שונה: $15+0$, $10.5+10.5$, $15+15$, $18+18$ ק"ג (וכן $28.5+28.5$ ק"ג, כפי שיפורט להלן).

3. כיוון סיבוב שונה של זוג המשקולות: בכיוון אחד לשתייהן או מנוגד.

4. יחס שונה בין מהירויות הסיבוב של המשקולות (תוך כדי סיבוב בכיוון אחד): יחס סטנדרטי 1:1.1, יחס מוגבר 1:1.3.

כל המשקולות בצורת חצי עיגול שקוטרו 12 ס"מ והשוני במשקלן נובע מעוביין השונה.

המנער מופעל ע"י טרקטור International Hydro בעל 55 כוחות סוס במעביר הכוח כאשר מהירות הסיבוב 540 סל"ד. מרכז מלחצי ההידוק של המנער הוצמד לגזעים בגובה 30-35 ס"מ מעל פני הקרקע.

כבר מן התוצאות הראשוניות התרשמנו שיש הצדקה לבדיקתן של משקולות כבדות יותר. החלל של בית-הקיבול, המיועד למשקולות במנער הנסיוני, היה מוגבל למשקולות עד 18 ק"ג כל אחת. זוג המשקולות הללו גם גרם לעומסייתר למנוע הטרקטור, אשר לא הצליח להניען במהירות העולה על 800 סל"ד. לכן הכנסנו לניסוי מנער נוסף (מתוצרת חברת Shock-Wave מארה"ב שהגיע אלינו כחלק ממערכת קטיף ואסיף מיכני של פירות מתוצרת חברת O.M.C.). מנער זה פועל במהירות סיבוב סטנדרטית, שוות ערך ל-800 סל"ד במעביר-הכוח והתאמנו לו זוג משקולות בנות 28.5 ק"ג כ"א.

ביצועיו של מנער "משופר" זה נבדקו כחלק מן הניסוי ולאחר מכן גם השתמשנו בו לנייעור חוזר של מרבית עצי הניסוי. הפירות שנותקו

טבלה 1. האזון הממוצע של פירות שנותקו בהשפעת מהירויות סיבוב שונות של מעביר הכוח וכוונת המשקולות.¹

כובד המשקולות (ק"ג)	מהירות הסיבוב במעביר הכוח (סל"ד)				
	250	400	540	800	1000
א. עצים נמוכים ²					
15.0 + 0	-	-	54.6 97.2	-	59.3 98.5 (62.2)
10.5 + 10.5	-	-	77.3 (57.7)	-	78.7 (80.4)
15.0 + 15.0	[77.2] 63.9 94.9	(74.6) 96.2	-	[77.1] 79.3 97.4	(80.2) - [77.6] 88.8 (79.5) 97.8
18.0 + 18.0	72.1 95.1	-	77.4 97.1	78.6 97.6	- 79.0 98.3 96.5 97.1
28.5 + 28.5	-	-	-	-	-
ב. עצים גבוהים ³					
15.0 + 0	-	-	26.3 70.7	(25.3) 78.0	- 39.4 (50.3) 80.0 88.3
10.5 + 10.5	-	-	31.2 63.4	(37.2) 81.3	- 52.6 (54.1) 83.5 88.2
15.0 + 15.0	17.1 79.3	(38.3) 78.9	-	59.0 83.3	- 74.1 (39.1) 89.2 74.4
18.0 + 18.0	47.9 83.9	-	63.7 85.5	69.6 89.9	68.3 90.9
28.5 + 28.5	-	-	-	-	87.7

1. התוצאות בטבלה לפי כוונת המשקולות: בסוגריים יחס סיבובים 1:1.1 כביוון זהה, ללא סימון יחס סיבובים 1:1.1 כביוון מנוגד, בסוגריים מרכיבים יחס סיבובים 1:1.1 כביוון זהה, והדגשה בקו תחתון: כולל הפעלה ע"י "המנער המשותף".
2. עצים בגובה 4-5 מ' ממוצע של 5 עצים לטיפול.
3. עצים בגובה 7-8 מ', ממוצע של 3 עצים לטיפול.

שעיקרה עלים זקנים או בוגרים, הרי שבניעור "נמרץ" ע"י משקולות בנות 15 ק"ג ב-800-1000 סל"ד או 18 ק"ג ב-800 סל"ד נגרם נזק בלתי נסבל של נשירת עלים צעירים ושבירת ענפוני לבלוב.

תופעה זו כמעט נעלמה לחלוטין בעת הגברה נוספת של הניעור באמצעות משקולות בנות 28.5 ק"ג ב-800 סל"ד. נראה כי צירופי הניעור המזיקים גרמו לתנודות בתחום התדירויות של התהודה העצמית של האברים שנפגעו. אם אמנם כך הדבר, הרי יש לשער כי גם ניעור מוגבר עוד יותר, בתדירויות גדולות יותר, עשוי להתבצע ללא חשש לנזק מן הסוג שתואר לעיל.

בעוד שהתוצאות שהושגו בעצי אשכולית נמוכים עם משקולות בנות 28.5 ק"ג כ"א במהירות סיבוב 800 סל"ד היו משביעות רצון למדי, דרושה בחינה נסיונית נוספת של צירופי משקולות ומהירויות מוגברות כאמצעי לשיפור אחוזי הקטיף של פירות מעצי אשכוליות גבוהים.

ספרות

1. אלפר י. 1972. השפעת הניעור של אברי העץ על ניתוקם של פירות הדר. עבודה לתואר דוקטור לפילוסופיה מוגשת לטכניון, חיפה.
2. Burkner P.F., Chesson 1972. A shake and catch harvest system for desert grapefruit. Special publication sp-01-72 ASAE International Conference on Tropical and Subtropical Agriculture. Honolulu, Hawaii: p. 92-96.
3. Coppock G.E. 1976. Abscission chemicals effect on the performance of a limb shaker-catching frame citrus harvest system. *The Citrus Industry* 57(8): 19-23.
4. Fisher J. 1976. Mechanical harvesting. *The Citrus Industry*. 57(8): 1-19.
5. Lenker D.H. and Hedden S.L. 1968. Optimum shaking action for citrus fruit harvesting. *Trans. of ASAE*. 11(3): 347-349.
6. Summer H.R. and Hedden S.L. 1976. Harvesting oranges with a full-powered positioning limb shaker. *The Citrus Industry*. 57(8):6-13.

ועדיף במהירות 1000 סל"ד. מימצא זה מצדיק תשומת לב נוספת מאחר והיה משותף לעצים גבוהים ונמוכים. ניתוח ממוחשב של וקטורים עשוי לעזור להבנתן של התוצאות הנסיוניות (5).

הגדלת מהירות הסיבוב של משקולות אחידות הגדילה במידה מובהקת את יעילות הקטיף. גם הגדלתן של המשקולות תוך שמירה על מהירות סיבוב אחידה הגדילה במידה משמעותית את יעילות הקטיף.

עם זאת, נראה היה שיש להגדלתו הנפרדת של כל אחד משני המדדים האחרונים מגבלת ביצועים אסימפטוטית שלא ניתן להתגבר עליה אלא תוך כדי הגדלה בריזמנית של המדד המשלים (מהירות למשקל או משקל למהירות). בהסתמך על המימצא הנ"ל, הגדלת המשקולות ל-28.5 ק"ג כ"א והאצתן לכדי 800 סל"ד (במנער "המשופר") איפשרה להגיע להישג ממוצע של 96.5% קטיף בעצי האשכולית הנמוכים.

בעצים הגבוהים נמצאו המגבלות לצירופי משקל-מהירות שונות בנתונייהן במידת-מה מאלה של העצים הנמוכים. נראה שהגענו למגבלות בביצוע במשקולות בנות 18 ק"ג במהירויות מ-400 סל"ד ומעלה. אין זה ברור מן הנתונים שלנו האם בתחום שנבדק על ידינו הגענו למגבלה כזאת גם תוך כדי הגדלת המשקולות, במהירות סיבוב אחידה.

יש בכך אולי כדי לרמוז ששיעור הקטיף הסביר, אם כי הבלתי מספק, של מקסימום 87.7% קטיף שהושג בעצים הגבוהים, עשוי להשתפר באמצעות הגברה בריזמנית של משקולות ומהירויות למימדים גדולים מאלה שבדקנו.

ניעור חוזר של מרבית עצי הניסוי ע"י המנער "המשופר" הביא לתוצאה מאוחדת של סה"כ 96.9% קטיף בממוצע ל-115 עצים נמוכים ו-82.2% ל-57 עצים גבוהים. הערכים הללו עומדים בהתאמה גמורה עם ערכי הקטיף שהושגו כשהמנער "המשופר" כשלעצמו נבחן כאחד מטיפולי הניסוי.

נשירת עלים מסוימת נגרמה בכל צירופי הניעור שבדקנו ושיעורה גדל עם הגדלת המהירויות ו/או המשקולות. בעוד שבצירופי ניעור "מתונים" נגרמה רק נשירת עלים נסבלת,