

**לשכת המדען הראשי**  
**משרד החקלאות ופיתוח הכפר**



**בקשה למענק מחקר**

**20-07-0042**

**רשות מחקר: מינהל המחקר החקלאי**

**מחלקה: הנדסה חקלאית**

**קול קורא: קול קורא לקרן מרכזית 2020 - 2020**

**צוות היגוי: מיכון חקלאי - חסכון בתשומות והתייעלות אגר-טכנ**

**ועדת שיפוט: מיכון חקלאי - חסכון בתשומות והתייעלות אגר-טכנ**

**שנים למימון: 3**

**ההצעה מוגשת שוב למרות שנדחתה בעבר מהסיבות הבאות:** ההצעה נדחתה בשלב השיפוט המתקדם, בה ניתן להצעה ציון גבוה, הערכה חיובית מאוד, והמלצה למימון. במהלך השנה האחרונה, כדי לא לאבד עונת קטיף, ערכנו ניסוי הקדמי (פילוט) בעונת קטיף סתיו 2018. התוצאות הראשוניות, אשר לא היו בידנו בעת ההגשה הקודמת - מוצגות כעת בהצעה. תוכנית ההצעה ומטרותיה מעודכנות לאור הממצאים והתובנות שנלמדו בעונת קטיף סתיו 2018, ובכך נבדלת ההצעה המוגשת כעת מהצעה שהוגשה במחזור הקודם.

<b>פיתוח פרוטוקול עבודה בקטיף תפוחים באמצעות במות ממוכנות להגדלת תפוקות וצמצום פגיעות בפרי</b>	<b>נושא בעברית</b>
<b>Development of apple harvesting protocol using mechanized platforms for increasing yields and reducing damage in the apple industry</b>	<b>נושא באנגלית</b>
<p>מטרת התוכנית לחקור את עבודת קוטפי תפוחים על גבי במות קטיף ממוכנות, לפתח שיטות עבודה אשר יביאו להגדלת תפוקות ולהקטנת פגיעות בפרי במהלך הקטיף. בכך גם נבחן האם במות קטיף מצדיקות את ההשקעה הכלכלית הגבוהה. המחקר יבחן תפוקות ואיכות פרי מבמות קטיף שונות, עבור סוגי הקטיף השונים (כולל, סלקטיבי) כתלות במבנה צוות הקוטפים על גבי הבמה, סוג המכונה, והזן הנקטף. במחקר ילמדו פעולות הקוטפים בכלל, ויעילותם על פי מיקומם על המכונה בפרט. המחקר יבחן את השפעתם של גורמים שונים כגון, מהירות מסועי המכונה וסוג המכונה על הפגיעה באיכות הפרי במהלך הקטיף. עבודת המחקר תבחן את המשמעות הכלכלית של כל אחת משיטות העבודה מבמות, הן בקטיף והן משימות גובה אחרות כגון גיזום, דילול, ופריסת רשתות.</p>	<b>תיאור תמציתי של יעדי המחקר</b>
<p>תוצרי המחקר הינם זיהוי מהלכים לשיפור וייעול בעבודת הקטיף, התוויית עקרונות בניהול צוות על במת קטיף, זיהוי הגורמים התפעוליים המשפיעים על פגיעה באיכות הפרי בקטיף, ואומדן הכלכליות של במת קטיף על פי המשימות הנוספות אשר ניתן לבצע בעזרתה. המחקר יספק פרוטוקול תפעול מיטבי לקטיף מבמות קבועות ועצמאיות. המחקר יגדיר את התפוקה לקוטף, על פי שיטת קטיף, ואת תפוקת הבמה ליחידת זמן בתנאי המטעים בצפון הארץ, וכן יבחן גורמים אפשריים לפגיעות פרי במהלך הקטיף. המחקר יתייחס להתאמה מכנית של הבמות לתוואי השטח הישראלי, לסוג העץ וסוג הקטיף. המחקר יבחן כדאיות כלכלית של השימוש בבמות למשימת קטיף ולמשימות גובה אחרות – גיזום, דילול, פריסה/גלגול רשתות. יעוד הבמות למשימות נוספות צפוי לשפר את יעילות העבודה במטע ואת כדאיות רכישתן.</p>	<b>תוצרי המחקר: ידע תשתית-בסיסי, טכנולוגיה או מוצרים שיפותחו</b>
<p>האתגרים העומדים בפני משק התפוח הישראלי אמנם אינם חדשים, אך המשבר הולך ומחמיר בשנים האחרונות. המחקר הנוכחי מוצע לאחר תקופה ארוכה בה לא נבחנו באופן יסודי הדרכים לייעול משמעותי בעבודה במטעים. תוצרי המחקר יאפשרו להבין את צווארי הבקבוק בניהול העובדים בקטיף במות ובעבודות המטע האחרות, ואף להצביע על המקומות בהם השקעה בפיתוח פתרונות מכאניים תהא כדאית, כגון התאמת הבמות לתוואי השטח ולאקלים הישראלי, ולתנאים הייחודיים במטעים, כדוגמת גודל מכלי הקטיף.</p>	<b>ייחודיות וחדשנות המחקר</b>

## תרומת המחקר לחקלאות אם תתברר הנחת המחקר כנכונה

המחקר מתמודד עם שתי בעיות המאיימות יחד על עצם קיום ענף התפוח בישראל: תחרות מול פרי מיובא וזמינות יורדת של כוח אדם. קטיף מבמות אמור להקטין משמעותית את כמות העבודה הנדרשת, ומכאן להפחית את הוצאות הקטיף. כמו גם לצמצם את הפגיעות בפרי בקטיף, ומכאן לשפר את איכותו ואת יכולתו להתמודד עם הפרי המיובא. תוצרי המחקר יאפשרו להעלות את תפוקת הקוטפים כך שניתן יהיה לבצע את הקטיף בעזרת פחות עובדים. ההתייעלות הצפויה במטעים ניתנת למדידה כבר בעונת הקטיף בשנה הראשונה של המחקר. המחקר יסייע לרכזי המטעים לאפיין ולהטמיע בהצלחה את במת הקטיף הרצויה להם. הטמעה מוצלחת של במות קטיף ממוכנות תאפשר למשק התפוח הישראלי להסתגל למחסור הקיים והעתידי בכוח האדם הזמין ולהתייקרות תעריפי העובדים ובכך תשפר את עמידותו מול תחרות היבוא.

### תקציב מבוקש מקרן המדען

שנה	סכום מבוקש
1	75,000
2	75,000
3	75,000
סה"כ	225,000

### מקורות מימון נוספים

מועצת הצמחים	
שנה	סכום מבוקש
1	75,000
2	75,000
3	75,000
סה"כ	225,000

החוקר הראשי אינו יוצא לגמלאות בתקופת המחקר

החוקר הראשי אינו יוצא לשנת שבתון בתקופת המחקר

### חוקרים שותפים

שם חוקר שותף	רשות מחקר	פקולטה/מחלקה	חוקר מחליף
PI	מינהל המחקר החקלאי	הנדסה חקלאית	<input type="checkbox"/>

### שותפים שאינם מקבלים מימון

חוקרים שותפים - תקציב שנתי ועלויות

שנה	תקציב שנתי	עובדים ארעיים	נסיעות	ציוד מתכלה	ציוד קבוע	נסיעות לחו"ל	תפעול ותחזוקה	שונות ומיקור חוץ	תקורה	סה"כ עלויות
1	75,000	50,000	1,717	3,250	0	0	7,500	2,750	9,783	75,000
2	75,000	50,000	1,717	3,250	0	0	7,500	2,750	9,783	75,000
3	75,000	50,000	1,717	3,250	0	0	7,500	2,750	9,783	75,000
סה"כ	225,000	150,000	5,151	9,750	0	0	22,500	8,250	29,349	225,000

#### נימוקים

שנה	נימוקים לציוד קבוע	נימוקים לנסיעות לחו"ל	נימוקים לשונות ומיקור חוץ
1			תוכנות מחשב, עלות שרת שמירה ועיבוד נתונים, שירותי תמיכה מיחשוב
2			תוכנות מחשב, עלות שרת שמירה ועיבוד נתונים, שירותי תמיכה מיחשוב
3			תוכנות מחשב, עלות שרת שמירה ועיבוד נתונים, שירותי תמיכה מיחשוב

#### נימוקים כלליים

עובדים ארעיים לאיסוף נתונים מהשטח, סטודנטים לביצוע המחקר, תוכנות מחשב, עלות שרת שמירה ועיבוד נתונים, שירותי תמיכה מיחשוב \*שולחן הצמחים צפוי לצרף מכתב התחייבות על מימון תואם. כאשר יתקבל האישור אזי יעודכן התקציב המבוקש (450,000) מהמדען למחצית (225,000). 2019-8-1: מצורף כעת מכתב התחייבות למימון משלים בסך 225,000 ש"ח מטעם מועצת הצמחים.

#### משימות

שנה	משימות
1	
1-א	<p><b>אומדן השפעת מהירות מסועי המכונה על איכות הפרי</b></p> <p>פרוט</p> <p>קצב הקטיף נגזר מעומס הפרי על העצים, סוג הקטיף (כולל/סלקטיבי/מיון על המכונה), ומספר הקוטפים בצוות, אשר מעמיסים על המסוע בו זמנית. כאשר תפוקת הצוות גדולה על המסועים לנוע מהר כדי לפנות את הפרי הנאסף אל המיכל. אנחנו משערים כי מהירות מסועי המכונה משפיעה על שיעור הנזק לפרי לאורך מסלול תנועתו מרגע הנחתו על המסוע ועד להגעתו למיכל. מהירות מסועים ומהירות סיבוב מיתקן מילוי המיכל קשורות זו בזו. לאור תוצאות התצפית המקדימה, עולה החשש שבמהירות סיבוב גבוהה עולה מספר פגיעות הפרי. הזנים השונים נבדלים ברגישות לנזקי קטיף ויש לבחון את הנושא לפי זנים. מהירות הנסיעה של במת הקטיף ועומס היבול משפיעים על קצב הקטיף והעומס על הקוטף וסביר שכמות הפגיעות בפרי תעלה עם עליית העומס על הקוטפים. יש צורך לבצע אופטימיזציה של קצב קטיף וקצב תנועת מסועים על מנת לקבל תפוקות גבוהות תוך פגיעה מזערית בפרי. במשימה הזו יבחנו שתי מהירויות מסועים (גבוהה, נמוכה) ושתי מהירויות התקדמות במה (מהירות גבוהה, מהירות נמוכה), במערך פקטוריאלי מלא 2X2. תבוצע מדידה של קצב מילוי המכלים, וכן יבוצע דיגום פרי לאורך תנועת הפרי מהעץ למיכל, בדומה לניסוי מקדים 2018 (איור 6), לצורך הערכת מידת הנזק לפרי. בנוסף המכלים יסומנו ותבוצע דגימה של פרי לבדיקת איכות בבית האריזה בתהליך המסחרי.</p>
2-א	<p><b>אומדן השפעת מספר הקוטפים והקצאת עובדים למשימות על התפוקה ואיכות הפרי</b></p> <p>פרוט</p> <p>קיימים הבדלים עקרוניים בין במות הקטיף. (1) N.Blosi בעלת במה משותפת. (2) לעומתה, ל Frumaco במות נפרדות-אישיות לכל קוטף. * (3) במה-נסרת מסועים N.Blosi ממנה הוסרו המסועים), כאשר התפוח נקטף מהגובה אל תוך הסל, אותו מרוקנים למיכל שבירכתי הבמה (ראו איור A-2 לדוגמא). מטרת הניסוי הזה הינה לבחון את אופן השימוש היעיל ביותר בכל אחת מבמות הקטיף, ולהציע שיפורים לאור הממצאים. במטרה למצוא את הרכב העובדים המיטבי, נבחן את השפעת מספר הקוטפים המצוותים לבמה על תפוקה ואיכות הפרי כתלות בזן, בקטיף סלקטיבי או כולל, ועומס היבול. בניסוי נצוות תבניות צוותים משתנות, בהן נשנה באופן מבוקר את מספר הקוטפים על הבמה ומספר הקוטפים מהקרע. ב-טבלה 1 מפורטות תבניות הצוותים שיבחנו. תבוצע מדידה של קצב קטיף פרטני של העובדים, וקצב מילוי המכלים. בנוסף המכלים יסומנו ותבוצע דגימה של פרי לבדיקת איכות בבית האריזה בתהליך המסחרי. * במשימה א-2 נבחן את במות קטיף (1) ו-(2) בלבד, במטעי אורטל. במת קטיף (3) תבחן במטעי מרום גולן במשימה ב-3.</p>

<p>3-א</p> <p>פרוט</p>	<p><b>השפעת מעבר מכונה בשורת-המטע על איכות הפרי</b></p> <p>תצפיות מוקדמות הראו כי יתכן שבקטיף סלקטיבי, בו רק חלק מהפרי נקטף וחלק נשאר על העץ למועד מאוחר יותר, המכונות שעוברות בשורות המטע פוגעות בפרי אשר הושאר על העץ. על כן, בחלק זה נאמוד את הנזק לפרי שנגרם כתוצאה ממעבר המכונה במטעים בהם הפרי נקטף במספר מחזורים. כמשימת המשך למשימה א-2, נחזור אל אותן השורות אשר בוצע בהן קטיף גובה בלבד או קטיף קרקע בלבד (תבניות 9-4 בטבלה 1) ונבצע דגימות איכות פרי עבור מעבר המכונה המשלים את הגובה או את הקרקע. באופן זה ניתן יהיה להשוות את מספר הפגיעות בפרי אשר נקטף במעבר הראשון לפרי אשר נקטף במעבר השני.</p>
<p><b>שנה 2</b></p>	
<p>1-ב</p> <p>פרוט</p>	<p><b>מידת זמני עבודה ותפוקה פרטנית בקטיף סלקטיבי</b></p> <p>ציוות הבמה לניסוי זה יבחר על פי התוצאות המיטביות במשימה א-2. חקר זמני עבודה של קטיף יתקיים במטעי תפוח ברמת הגולן אשר להם במות קטיף (אורטל). בעבודה זו נשווה בין במה עם משטח עבודה יחיד לבין משטחי עבודה ניידים בגבהים שונים הנשלטים על ידי הקוטפים. יתבצע ניטור פעולות הקוטף הבודד ע"פ מיקומו על המכונה: א. קרקע, ב. עמדה קדמית על גבי הבמה, ג. עמדה אחורית. ימדדו זמני הפעולות הבאות בעבודת הקוטף: זמן קטיף, זמני הנעת הפרי עד הנחתו במסוע, זמן טיפול בכשלים במערכת, וזמני בטלה בשל החלפת מיכל או המתנה של חלק מהקוטפים לקוטף האיטי ביותר. יבחנו היבטים ארגונומיים כגון מיקום המסוע יחסית לגוף, ומרחק הבמה מאתרי הפרי על העץ. כמו כן, תיבחן איכות הפרי בכל אחד מתנאי המדידה. יבחן תהליך ניהול הצוות שעל הבמה ופעולות התמיכה (קביעת קצב תנועה, הזזת עובדים ע"פ צרכי הצוות, הזנת מכלים ריקים, הוצאת מלאים, קשר למערך הקטיף). לאור התוצאות שיתקבלו יוצעו שינויים נדרשים בשיטת העבודה, חלוקת משימות וניהול הזמן, לשם התייעלות תפקוד העובד ותפוקה מרבית, והצעות להתאמה מכנית של הבמות לתוואי השטח הישראלי.</p>
<p>2-ב</p> <p>פרוט</p>	<p><b>מידת זמני עבודה ותפוקה פרטנית בקטיף כולל</b></p> <p>בספטמבר 2018 ביצענו תצפית מקדימה בה מדדנו זמני עבודה בקטיף כולל. החזרה על התצפית נדרשת שכן בתצפית הראשונה היו מספר גורמים מפריעים: ראשית, אוכלוסיית הקוטפים לא הייתה אחידה (תאילנדים מנוסים אל מול ישראלים מתחילים). שנית, חסרה האבחנה הנדרשת בין קוטף קדמי לקוטף אחורי על הבמה. לאבחנה בין התפקידים חשיבות גבוהה, ועל כן אנו משערים כי יעילותו של עובד הבמה האחורי מושפעת באופן ישיר מעומס ופיזור הפרי על העץ והחפיפה בגובה עם הקוטף הקדמי (חפיפה מלאה ב N.Blosi, חפיפה משתנה ב Frumaco), ותפקידו של הקוטף הקדמי (נהג, קוטף שאינו נהג). בתנאי בו הקוטפים על הבמה באותו הגובה, או בחפיפה גבוהה, נצפה לראות תפוקה נמוכה יותר ועל כן התועלת היחסית של הקוטף האחורי יורדת ככל שהעץ עמוס פחות. מהלך המשימה זהה למשימה ב-1. ציוות הבמה לניסוי זה יבחר על פי התוצאות המיטביות במשימה א-2 עבור קטיף כולל.</p>
<p>3-ב</p> <p>פרוט</p>	<p><b>בחינת שילוב קטיף סל ישירות למיכל על גבי במה והשפעתו התפוקה ואיכות הפרי</b></p> <p>כהמשך למשימה א-2, בשנה השנייה נבחן במת קטיף-חסרת מסועים (N.Blosi, ממנה הוסרו מבעוד מועד המסועים), כאשר התפוח נקטף מהגובה אל תוך הסל, אותו מרוקנים למיכל שבירכתי הבמה (ראו איור A-2 לדוגמא). בניסוי זה, נבחן השפעת נפח תרמיל אורך שרוול הפריקה על הנזק לפרי בעת הפריקה למיכל. במטרה למצוא את הרכב העובדים המיטבי, נבחן את השפעת מספר הקוטפים המצוותים לבמה על תפוקה ואיכות הפרי כתלות בזן בקטיף סלקטיבי או כולל, ועומס היבול. בניסוי נצוות תבניות צוותים משתנות, בהן נשנה באופן מבוקר את מספר הקוטפים על הבמה ומספר הקוטפים מהקרקע. ראו תבניות 4, 5, ו 6 בטבלה 1. תבוצע מדידה של קצב קטיף פרטני של העובדים, וקצב מילוי המכלים. המכלים יסומנו ותבוצע דגימה של פרי לבדיקת איכות בבית האריזה בתהליך המסחרי.</p>
<p><b>שנה 3</b></p>	

1-ג	כותרת	<b>מדידת זמני עבודה ותפוקה פרטנית בקטיף הכולל מיון על גבי הבמה</b>
	פרוט	קטיף זן מסוג פינק-ליידי מצריך מיון ראשוני, הכולל הפרדה בין פירות תקינים לפגומים בשטח המטע, על גבי הבמה. הדבר מצריך כוח אדם נוסף, המציב בשאלה את יעילות העבודה על במת קטיף. משימה זו תתבצע על פי פרוטוקול הדומה למשימות ב-1 ו ב-2. חקר זמני עבודה של קטיף יתקיים במטעי תפוח ברמת הגולן אשר להם במות קטיף (אורטל). בעבודה זו נשווה בין במה עם משטח עבודה יחיד לבין משטחי עבודה ניידים בגבהים שונים הנשלטים על ידי הקוטפים. יתבצע ניטור פעולות הקוטף הבודד ע"פ מיקומו על המכונה: א. קרקע, ב. עמדה קדמית על גבי הבמה, ג. עמדה אחורית, ד. ממין על גבי הבמה. ובפרט נחקר את זמני העבודה של התפקיד הנוסף, הממין, והשפעתו על שאר הצוות.
2-ג	כותרת	<b>התאמת סוג המשימה (גיזום, דילול, פריסה וגלילה של רשתות) לסוג הבמה</b>
	פרוט	במהלך העונה, שלא בתקופת הקטיף (ראו טבלה 2), מתבצעות במטע משימות גובה שונות: גיזום, דילול, פריסה, וגלילה של רשתות. שימוש בבמות גובה במשימות אלו מאפשר ייעול וחסכון משמעותי בעלויות בכוח אדם. מחקרים הראו כי התועלת הכלכלית הגבוהה ביותר הינה ברכישת במת קטיף שאשר יכולה לתת מענה גם משימות אלו. מטרת משימה זו לבחון את התאמת שלושת סוגי הבמות הקיימות בישראל לפעולות הגובה שאין קטיף. לשם כך נבחן את זמני עבודה והישנות מעצורים, בעת ביצוע המשימות על כל אחת מהבמות ונשווה לעבודה ללא במות. בהמשך, לאור תוצאות משימה זו יהיה מקום לבחון באופן ממוקד את יעילות הבמות השונות בכל אחת מהמשימות.
3-ג	כותרת	<b>ניתוח כלכלי של במות קטיף</b>
	פרוט	ניתוח כלכלי של במות קטיף על פי התפוקות במשימות הבמה השונות, ערך יבול על פי איכות פרי, ועלות הבמה ותחזוקתה.

<b>אבני דרך</b>	
<b>שנה 1</b>	
המלצות למדדים תפעוליים המשפיעים על איכות הפרי	
זיהוי תבנית צוות מיטבית בקטיף סלקטיבי וכולל. דרישה מקדימה למשימות ב-1 ו ב-2	
<b>שנה 2</b>	
אומדן התועלת בשילוב סל על גבי במת קטיף ללא-מסועים	
התווית עקרונות ניהול וציוות במה בקטיף כולל מיון על גבי הבמה	
התווית עקרונות ניהול וציוות במה בקטיף כולל על גבי במה	
התווית עקרונות ניהול וציוות במה בקטיף סלקטיבי על גבי במה	
<b>שנה 3</b>	
אומדן התועלת כלכלית של ההתייעלות מול העלויות הכרוכות בשילוב הבמות במטע	
המלצות לשיוך במה למשימת גובה	

#### קובץ ההצעה

מדען\_ראשי\_תפוח\_03\_2019\_04.pdf

#### הצהרה על ניסויים הדרושים למחקר

מצהיר/ה שאין במחקר ניסויים הדורשים אישור מיוחד

החוקר

מנהל המחלקה/המכון

רשות המחקר

---