

אפיון עומסי עבודה בבתי צמיחה לירקות במטרה להביא לצמצום וחסכון בידיים עובדות

Reduction workloads in vegetables growing houses in order to reduce human labor and increase the yield

מוגש לקרן המדען הראשי במשרד החקלאות

ע"י

אביטל בכר¹, רזיאל רימר²

¹המכון להנדסה חקלאית, מנהל המחקר החקלאי, ²המחלקה להנדסת תעשייה וניהול, אוניברסיטת בן-גוריון בנגב

Avital Bechar (avital@agri.gov.il); *Inst. of Agri. Eng., A.R.O. P.O.Box 6, Bet-Dagan, 50250*

דצמבר 2013

האם הנך מאשר את ציון הפסקה הבאה בדף הפתיחה לדו"ח **כן/לא** מחק את המיותר*
הממצאים בדו"ח זה הנם תוצאות ניסויים ואינם מהווים המלצות לחקלאים



חתימת החוקר

תקציר

במדינת ישראל מעל 60,000 דונם עגבניות, פלפלים מלפפונים ותבלינים טריים בבתי צמחיה. העבודה בשלבי הגידול ההדליה והקטיף דורשת כ- 30 – 60 ימי עבודה לדונם ומתבצעת בתנאי סביבה ועבודה קשים הפוגעות ביכולותיו של העובד לאורך זמן ומשפיעות על יעילותו ותפוקתו. צורת העבודה והמבנים לא תוכננו בהתאם לשיטות הנדסת ייצור ובהתאם לנתונים הפיסיולוגיים של העובד, כגון עייפות, עומס פיסי ומנטלי והתאמה ארגונומית של סביבת העבודה. בנוסף קיים שוני רב בין החלקות והמבנים השונים ובשיטות העבודה ויעילותם ויתכן כי צורת עבודה אחת ומערך היעילים לגידול מסוים, אינם מתאימים לגידול אחר. ידוע שסביבת העבודה החקלאית עלולה לגרום לפציעות שלד-שריר כגון בעיות גב, צוואר ועוד.

בוצע חקר שיטות וחקר עבודה של תהליך הקטיף וההדליה בעגבניות אשכולות, עגבניות שרי, עגבניות בודדות, ופלפל ובתהליך הקציר השתילה והאריזה בבית האריזה בתבלינים. נערכו מדידות עומסי עבודה פיסיולוגיים של עובדים בשלבים הללו ומדידות מטאורולוגיות (טמפרטורה, לחות יחסית, קרינה ורוח) בסביבת העבודה. כמו כן בוצעו מדידות הכוח הנדרש לקטיף בשיטות שונות ולהרמה ודחיפה של ארגזים ועגלות בתהליכים השונים בוצעו חישובים של עומסי עבודה, ביומכאניקה ורמות סיכון לתהליכים ותנחות עבודה שונים.

בעגבניות, התוצאות הראו כי בשני התהליכים, תפוקת העובד קטנה עם העלייה בטמפרטורה, הירידה בלחות היחסית והעלייה בדופק באופן מובהק סטטיסטי אם כי הקשר הינו חלש. האלמנטים היצרניים, קטיף וקיסום עלים וענפים מהווים פחות מ-58% מסך הזמן המושקע. בנוסף, נמצא כי גובה העגבניות משפיע באופן מובהק על זמן הקטיף וכי בפירות נמוכים הזמן ארוך בכ- 20% מאשר בפירות גבוהים וכי שימוש בעגלה בשורות מקצר מאוד את זמן השינוע בהשוואה לשינוע ידני. בהדליה, האלמנטים המרכזיים הינם ליפוף הצמח סביב החוט, ביצוע שוצים באופן

ידי ונתנועה על גבי העגלה בתוך השביל והם מהווים 85.9% מסך הזמן. מספר העגבניות האופטימלי להחזקה בין הנחה בארגז עומדת על 4 ותגדיל התפוקה בכ- 20% בהשוואה למצב הקיים בו מחזיקים 2.23 עגבניות בממוצע. תפוקת הפועלים בדלייה בגובה על ידי השימוש בעגלה כמשטח גובה להדליה איטית בכ- 44% ביחס להדלייה ללא צורך בעלייה לגובה. לכן ויש למצוא פיתרון הקטנת כמות עבודה בגובה או חלופה לשימוש בעגלות הדליה בכדי שלא תיפגע תפוקת העובדים. בתבלינים, נמצא כי בקטיף נענע, יש להעביר את אלמנט החיתוך הנוסף (הקוסמטי) מהשדה לבית האריזה. מהלך זה ישפר את תפוקת העובדים ב- 5.2%. בקטיף הרוקולה נבחנו אפשרות של העברת פעולת ניקוי האגד מהשדה לבית האריזה. נמצא כי בשיטת עבודה זו זמן העבודה הכולל יגדל בכ- 30% אך זמן שהיית העובד בשדה יקטן בכ- 79% והתוצרת מהשדה תגדל ב- 8%. מאחר והעבודה בשדה מאופיינית בעומס גבוה וסיכון גבוה לפציעות יש לשקול מקרים בהם מומלץ לבצע את ניקוי הרוקולה בבית האריזה ולא בשדה. ככל שהזמן בין מועדי הקצירים גדל זמן העבודה מתארך אך בחישוב עונתי/שנתי, זמן העבודה הקטן ביותר מתקבל כאשר בזמן בין הקצירים הינו 14-15 יום.

במבחיני עומסי עבודה חושב כי בשלבי ההעמסה והשינוע של התוצרת העובדים הנמצאים בעומס עבודה בינוני עד גבוה והוצעו דרכים להקטין את עומסי העבודה והסיכונים הבריאותיים. בפלפל נמדד העומס בתהליך הקטיף תוך שימוש במזמרה או ללא מזמרה. נמצא כי העומס הנגרם לעובד בפעולת החיתוך בשימוש במזמרה הוא בעל סיכון נמוך לגרימת הפרעות שלד-שריר. העומס הנגרם מתלישה גם הוא בעל סיכון נמוך בטווח התקין אך מעט יותר גבוה מהעומס הנגרם בשימוש במזמרה. נבחנו עבודה של העמסת ארגזים לעגלת הטרקטור. בכל המקרים העובד מפעיל מאמץ פיזי רב במקרים בו הם מועמס ארגז אחד העומס הוא גבוהה אבל בתחום המותר. במקרים בהם מועמסים שני ארגזים בו זמנית המאמץ הפיזי הינו גבוה באופן חריג ברמה שמהווה סיכון בריאותי לפי קרטריוני משקלי הרמה) דוגמא לפי NIOSH). המשקל אשר יביא לעומס תקין הוא משקל ממוצע לארגז של 10 ק"ג ומשקל הרמה המקסימאלי של 12 ק"ג. יש לבצע פריקת ארגזים בודדים בלבד מעגלה קטנה לטרקטור כאשר מרחק נשיאת הארגז מגוף העובד לא תעלה כל 25 ס"מ. אופן עבודה זה יביא לעומס פיזי קטן על העובד וימנע סיכון לבריאות העובד. במעקב של השפעת כאב גב שארעה לאחד העובדים נמצא כי שהעובד סבל מכאבים בגב זמן הקטיף עלה ב- 26% והתפוקה קטנה ב- 18%, דבר שמדגיש את חשיבות שמירה על עומסים.

בביצוע פעולות ההדליה בעגבניות, כאשר העובד בתנוחה שידיו מעל 90° נמצא כי מפעיל מאמץ פיזי רב למשך 75% מזמן העבודה והיא מהווה סיכון בריאותי גבוה. בהשוואת תנוחות העבודה בקטיף נמצא כי בקטיף נמוך העובד נמצא בסיכון בריאותי גבוה אשר דורש שינוי מהיר במאפייני התנוחה ומומלץ לבצעה בכריעה. כאשר גובה הפרי מעל 60 ס"מ הסיכון הבריאותי נמוך.

בתבלינים, בוצעה השוואה בין שתילה ידנית לשתילה במכונת שתילה ונבדקה כדאיות הרכישה של מכונת שתילה. פותח כלי המאפשר לחקלאי לבחון את כדאיות רכישת מכונה ותקופת החזר ההשקעה כתלות בגודל המשק, סוג הגידול ונתונים נוספים.

במסגרת הניסיון לפיתוח שיטת גידול חדשה בעגבניות עם הדליה בזוית תוך יישום התוצאות שהושגו עד כה בכדי להקטין הסיכון לפציעה, עומסי העבודה והגדלת החיסכון בידיים עובדות, בוצע ניסוי בשלוש זוויות ההדליה, 30, 60 ו-90°, כל טיפול הכיל 6 ערוגות. התוצאות הראו כי מהיבטי זמני הפעולות, משך הזמנים בזוית גידול של 90° הינו קצר או זהה לשאר זוויות הגידול. תנובת החלקות בזוית הדלייה של 30 ו-60° היתה גבוהה באופן מובהק סטטיסטי מאשר ב-90°. בשקלול התוצאות נמצא כי זוית ההדלייה המיטבית הינה 30°.

תוכן עניינים

4.....	מבוא.....	1
4.....	רקע מדעי.....	1.1
4.....	מטרות המחקר.....	1.2
5.....	שיטות וחומרים.....	2
5.....	נתוני המשקים.....	2.1
6.....	חקר שיטות.....	2.2
6.....	מדידות חקר עבודה ועומסי עבודה פיסיוולוגיים.....	2.3
8.....	ניסוי השוואת זוויות הדלייה.....	2.4
8.....	תוצאות.....	3
8.....	חקר שיטות.....	3.1
9.....	חקר עבודה.....	3.2
9.....	פלפל.....	3.2.1
10.....	עגבניה.....	3.2.2
15.....	תבלינים.....	3.2.3
20.....	עומסי עבודה וביומכאניקה.....	3.3
20.....	פלפל.....	3.3.1
22.....	עגבניה.....	3.3.2
26.....	תבלינים.....	3.3.3
26.....	פיתוח תחשיב החזר הון למכונת שתילה לתבלינים.....	3.4
28.....	ניסוי זוויות הדלייה בעגבניה.....	3.5
28.....	חקר עבודה.....	3.5.1
30.....	ניתוח תפוקות היבול.....	3.5.2
30.....	סיכום ומסקנות.....	4

1 מבוא

1.1 רקע מדעי

במדינת ישראל מעל 60,000 דונם עגבניות, פלפלים מלפפונים ותבלינים טריים בבתי צמחיה. החלקות החקלאיות העבודה בשלבי הגידול ההדליה והקטיף דורשת כ- 30 – 60 ימי עבודה לדונם ומתבצעת בתנאי סביבה ועבודה קשים הפוגעות ביכולותיו של העובד לאורך זמן ומשפיעות על יעילותו ותפוקתו. צורת העבודה והמבנים לא תוכננו בהתאם לשיטות הנדסת ייצור ובהתאם לנתונים הפיסיולוגיים של העובד, כגון עייפות, עומס פיסי ומנטלי והתאמה ארגונומית של סביבת העבודה. בנוסף קיים שוני רב בין החלקות והמבנים השונים ובשיטות העבודה ויעילותם ויתכן כי צורת עבודה אחת ומערך היעילים לגידול מסוים, אינם מתאימים לגידול אחר. ידוע שסביבת העבודה החקלאית עלולה לגרום לפציעות שלד-שריר כגון בעיות גב, צוואר ועוד. במחקר שנערך בהולנד שהשווה 12 ענפים חקלאיים נמצא שבגידול ירקות בחממות ובגידול וטיפוח אחוז הפגיעות הוא הגבוהה ביותר. פגיעות אלו יכולות לגרום ולהאטה של קצב העבודה ובמקרים חמורים לאיבוד ימי עבודה. פיתוח שיטות העבודה ומערכי ייצור על פי עקרונות הנדסת ייצור עשויים ליעל את התהליך ולעלות את התפוקה. בנוסף אנו משערים כי תיכון מערך עבודה ואופן עבודה לפי עקרונות ביומכאנים יביא להקטנת עומסי העבודה בפגיעות שלד שריר.

שיפור יעילות תהליכי העבודה הנם נושא מרכזי בהנדסת תעשייה, בתחומים כגון חקר עבודה והנדסת שיטות, תכן מערכים ומיקום, ומבוססים בין היתר על הקצאת משימות, פיתוח והכנסת אמצעי עזר, מתקני ניווד ומיכון. פיתוח והתאמת שיטות יכולים לחסוך חלק ניכר מכוח האדם. כמו כן, ניתן לקצר את משך התהליך מבחינת הפרי – מקטיף עד אחסון סופי. פיתוח שיטות העבודה ומערכי ייצור על פי עקרונות הנדסת ייצור והקטנת העייפות ועומסי העבודה על הפועלים, עשויים ליעל את עבודת הפועלים לאורך זמן ולשמור על תפוקת העבודה. למיטב ידיעתנו לא בוצעו מחקרים המשלבים בין חקר שיטות, חקרי עבודה, מדידת נתונים סביבתיים ומדידות פיסיולוגיות וביומכניות ליעול העבודה ותיכנון סביבת עבודה ותהליך מיטבית בתנאי עבודה מעין אלו למעט עבודה קודמת וראשונית אשר בוצעה בבית אריזה לפרחים אשר מהווה סביבת עבודה שונה הן מבחינת העומס על העובד, תנוחות העבודה, והתנאים הסביבתיים. הצורך להתייחס למכלול האפשרויות, השיקולים והתועלת הכלכלית בבחירת שיטת העבודה המיטבית מצריך שימוש בכלים מתקדמים – כלי חקר ביצועים לקבלת החלטות.

1.2 מטרת המחקר

- איפיון מלא של תהליכי העבודה בשלב הקטיף, העבודה השינוע והגידול בבתי צמחיה.
- איפיון עומסי העבודה בשלבי ותחנות העבודה השונות ובהתאם לסוגי המטלות תוך שימוש במדדים פיזיולוגיים ומדדים סובייקטיביים.
- מציאת צווארי בקבוק ותהליכים לא יעילים.
- מציאת הפרמטרים החשובים ביותר בתהליכי העבודה.
- תיכנון סביבות עבודה ותחנות עבודה מיטביות בשלבי העבודה בבתי צמחיה מהיבטי הנדסת ייצור ועומסי עבודה פיסיולוגיים.
- פיתוח שיטות עבודה חליפיות מהיבטי הנדסת ייצור, חיסכון בכח אדם והקטנת עומסי העבודה.
- פיתוח מודל חקר ביצועים לשלבי העבודה בבתי צמחיה לירקות.
- הצעת כלי עזר ליעול תהליכי העבודה, הקטנת העומס הפיסיולוגי וחיסכון בידיים עובדות.
- פיתוח ושיפור כלים להפחתת כוח האדם, הקטנת העומסים הפיסיולוגיים מהעובדים ויעול העבודה.
- תיכון בית צמחיה חדשני הכולל מערך עבודה מיטבי מהבטי הנדסת ייצור ועומסי עבודה.

2 שיטות וחומרים

המחקר נערך במשך שלוש שנים כאשר בכל שנה בוצע חלקים שונים של המחקר בשנה הראשונה בוצע המחקר בחממות ובתי רשת לעגבניות ופלפלים ב"חוות הבשור" המשמש כתחנת ניסיונות של מו"פ דרום. בשנה השנייה החלטנו על סמך המידע שנאסף והידע שניצבר לבצע המחקר בחממות מסחריות של משקים באיזור, כאשר בשנת המחקר השלישית המחקר התמקד על השיפורים והתופעות שנמצאו בחממות עגבניות במו"פ דרום וגידולי תבלינים במשקים באיזור.

2.1 נתוני המשקים

ברשות המו"פ שטח של 50 דונם אדמה חקלאית, מתוכם 15 דונם פלפל, הנחלקים ל-3 בתי רשת ו-4 חממות. במו"פ עובדים 6 עובדים קבועים ממוצא אסייתי אשר מבצעים את כל תהליכי הגידול לכל הגידולים הקיימים בו. בנוסף 4 עובדות ישראליות אשר אחראיות על תחום השקילה והמדידה של הפרי בסיום הגידול. כל ששת העובדים מתמחים בכל תהליכי גידול הפלפל והעגבנייה, מלבד תהליך הריסוס בו נדרש עובד אחד ולעיתים שניים בהתאם לכלי הריסוס החקלאי עימו מתבצע הריסוס. הפועלים עובדים כ- 9 שעות ביום בכל ימי השבוע. מנתוני המו"פ תפוקה ממוצעת לדונם בגידול פלפל עומדת על 10 טון בבתי רשת ו-13-14 טון בחממות.

משק המחקר בשנה ב' ממוקם בתלמי יוסף אשר בחבל הבשור, הגידולים העיקריים בו הם עגבניות ופרחים. בגידולי העגבניות במשק זה מועסקים עשרה עובדים ממוצא אסייתי. מאחר ועובדים אלה מועסקים גם בגידולים אחרים, במשך היום מבצעים של עבודות שונות בגידולי ירקות ופרחים. העבודה מתבצעת בכל ימות השבוע (כולל סופי שבוע) משעות הבוקר המוקדמות ועד לשעות הערב. שעות העבודה הם 06:00-17:00 כאשר בין השעות 11:00-12:30 מתבצעת הפסקה ארוכה, העבודה הינה 6 ימים בשבוע. גידולי העגבניות משתרעים על שטח של 24 דונם אשר מתחלקים ל-2 חממות של 12 דונם כל אחת. בחממות אלה ישנן 1-2 מחזורי גדילה בשנה. החממה מחולקת ל-4 חלקות כשבכל חלקה 60 שורות. המרחק בין שורות העגבניות הוא 130 ס"מ כאשר ערוגה אחת מכילה 2 שתילים של עגבניות מכל צד והמרחק בין השתילים הוא 50 ס"מ. אורך של שורה הוא 16-21.4 מ'. במשק זה העבודה התבצעה בחממת עגבניות מסוימת. בחממה שתי חלקות כאשר בכל חלקה שיטת ההדלייה שונה. בחלקה אחת ההדלייה מתבצעת באמצעות חוטים ללא גלגלת (הדליה קבועה) ובחלקה השניה באמצעות גלגלת (הדליה הולנדית).

משק התבלינים בשנה ג' ממוקם במושב עין הבשור. המשק קיים כ-30 שנים ומתמחה בגידול שיווק ויצוא תבלינים מסוגים שונים כגון נענע, רוקולה, רוזמרין, תמין, בזיל וכדומה. שטח המשק משתרע על 200 דונם המשלבים חממות, בתי רשת מנהרות ושדות פתוחים. החלוקה לפי גידולים היא: נענע 30 דונם, רוקולה 30 דונם, אם כי נפח הגידול משתנה בהתאם לעונה, תימין 8 דונם, רוזמרין 8 ושאר השטח החקלאי מתחלק בין גידולים נוספים. מחזורי הגדילה משתנים מגידול לגידול והם, לרוקולה שבועיים בקיץ וארבעה שבועות בחורף, לנענע 13 מחזורי גידול בשנה, לתימין פעם בשבעה שבועות, לרוזמרין פעם בחודשיים ואת הבזיל מגדלים רק בקיץ והקציר מתבצע פעם ב-14 ימים.

המנהרות מסודרות כך שבכל מנהרה ישנן ארבע ערוגות ברוחב 1.5 מ', רוחב המנהרה 4-13 מ' ואורכן 40-100 מטרים. השדות מחולקים כך ששטח כל שדה הינו דונם אחד ושטח בתי הרשת הינו שמונה דונם בממוצע. במשק מועסקים כ-30 עובדים תאילנדים, 19 נשים ו-11 גברים. לעובדים יש יכולת לעבוד בכל סוג גידול שהוא בשתילה, קטיף, אריזה וריסוס. בנוסף ישנם עוד שני עובדים שמתמחים בשתילה ממכונת ומבצעים את מלאכת השתילה על ידי מכונה. עבודת המיון והאריזה של התוצרת נעשית גם היא על ידי אותם הפועלים ומתבצעת בסוף כל יום עבודה בבית האריזה של המשק. הפועלים עובדים ששה ימים בשבוע משעה 06:00-17:00 ולפעמים גם יותר. הפסקת הצהריים נערכת מ 11:00-12:00. מגורי העובדים נמצאים בסמוך לבית האריזה.

2.2 חקר שיטות

בוצעה חקירה של השיטות הקיימות ותהליכי העבודה בשלבי הקטיף וההדלייה של עגבניה ופלפל. בתבלינים התמקדנו בתחנות השתילה, הקטיף והאריזה. הוגדרו שלבי העבודה. כמו כן הוגדר באילו אמצעים טכניים ומיכון נעשה שימוש, תיאור זרימת החומר וכוח האדם.

2.3 מדידות חקר עבודה ועומסי עבודה פיסיולוגיים

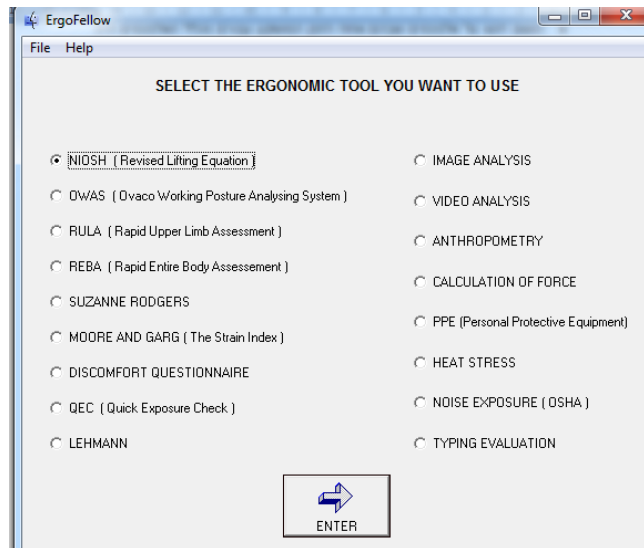
בוצע חקר עבודה של זמני פעולות כוח האדם ונאספו נתונים על המערכת והתוצרת בשלבי העבודה בשדה ובבית האריזה לפי שיטות מדידה ישירה וחקר רב תצפיתי [2, 4], בשיטת המדידה הישירה כל שלב חולק לאלמנטים, והזמן שאורך כל אלמנט נמדד. מדידות חקר העבודה בוצעו באמצעות מחשבי כף יד (PPC) המכילים בתוכם תוכנת חקר עבודה ייעודית [5] המדידות בוצעו במהלך רוב העונה בכדי שנוכל לעמוד על ההבדלים במידה וקיימים הנובעים משינוי בתנאים הסביבתיים כגון טמפרטורה, לחות וקרינה ושינויים בגידול. המדידות בוצעו בטכניקת מדידה ישירה מכיוון שמדובר באלמנטי עבודה קצרים בתדירות גבוהה ובעבודה מחזורית.

מדידות עומסי עבודה פיסיולוגיים בוצעו באמצעות מדידת קצבי לב העובד במהלך ביצוע האלמנטים השונים. לצורך כך נעשה שימוש במכשירי POLAR625 ו-POLAR S810i. המכשירים בנויים משני חלקים: רצועת חזה – מכילה משדר, נחגרת על היקף חזהו של הנחקר ושעון – מכיל מקלט ומראה בכל רגע נתון את קצב הלב. תדירות הדגימה היתה אחת לחמש שניות (0.2 Hz). העובד לובש את המכשיר לאורך כל זמן ביצוע המדידה הישירה שנעשית במקביל. נתוני קצב הלב נשמרים בקובץ ומועברים לתצוגת גרף על ידי תוכנת העזר הנמצאת במחשב נייד. מלבד קצב הלב, במהלך המדידות נדגמו התנאים הסביבתיים, במיוחד טמפרטורה מאחר ובית האריזה והחממות מקורות ולרוב העובדים אינם חשופים לקרינה רבה. נתונים אלו נדגמו בעזרת מערכת ייעודית מסוג HOBO אשר מאפשרת העברתם למחשב תוך הצגת השינוי במדידות בהתאם לתדירות הדגימה.

בניתוח נתוני מדידות חקר העבודה לא נופו חריגים, מכיוון שאופי העבודה הקיים בבית האריזה בעל שונות גבוהה בכל אלמנט. ניפוי "חריגים" ישנה את ההתפלגות האמיתית ויעוות את אמיתות הנתונים. בניתוח נתוני קצב הלב נופו חריגים וניתוח הנתונים מתחיל רק לאחר שתי הדקות הראשונות. ניתוח המדידות הישירות נעשה בכדי למצוא זמני תקן עבור האלמנטים המרכזיים, התפוקות, ובחינת ההבדלים בתפוקה הנובעים: מותק העובדים, רמת מאמץ (הדופק) והתנאים הסביבתיים. בחינת הגורמים המשפיעים נעשתה באמצעות מבחנים סטטיסטיים. בניתוח הנתונים בוצע איחוד מידע בין נתוני חקר עבודה, המדידות המטאורולוגיות ומדידות קצב לב על מנת למצוא את ההשפעה של סוג האלמנט על עומס העבודה של העובד.

בוצעה מדידה של הכוח המופעל על ידי העובד לפעולות הרמה, משיכה ודחיפה שונות באמצעות מד כוח דיגיטלי מסוג SH-500 למדידת כוח המופעל בזמן דחיפה / משיכה של אובייקט. כמו כן בוצעה מדידה של כוח לחיצה של כף היד בעזרת דינמומטר אנלוגי מסוג TAKEI 5001. כדי לאפיין עומס נימדדו 10 חזרות מכל פעולה, כאשר בכל פעם נמדד הכוח המקסימאלי שהופעל. בתום המדידה, נלקח ממוצע של 10 החזרות לפעולה מסוימת.

הערכת עומסי עבודה על מערכת שלד שריר בוצעה בעזרת שיטות מקובלות של שיטות מדידה ישירות כגון: ErgoFellow המרכזת מספר רב של NIOSH, Strain Index, REBA, OWAS. חלק מההערכה בוצע בעזרת תוכנת המרכזת מספר רב של שיטות מדידה ישירות. שיטות למדידת עומס ביומכאני ומבצעת ניתוח ובכך מיעלת את התהליך להערכת העומסים הביומכאניים החלים על העובדים. התוכנה פותחה בברזיל על ידי FBF Sistemas בשנת 2008, מהווה כלי להערכה ושיפור של תנאי העבודה במטרה להפחית סיכונים תעסוקתיים ולהגביר את התפוקה. דוגמה לתצוגת התוכנה מובאת באיור 1.



איור 1: מסך הפתיחה למשתמש.

נסקרו שיטות למדידת עומס עבודה על ידי תצפיות, נמצאו חמש המתאימות למחקר הנוכחי:

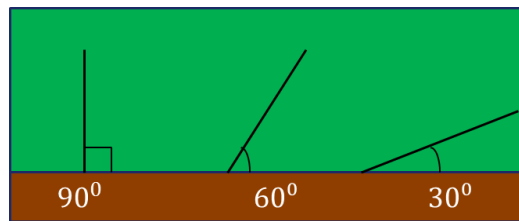
- **OWAS** - שיטה המשמשת לניתוח והערכה של יציבת העובד. בשיטה זו שני אלמנטים: הראשון הינו ביצוע תצפיות של חוקרים על העובדים. השני, הינו דירוגן של היציבות השונות על פי קריטריונים שנקבעו מראש ומדורגים על פי מידת הנוחות של העובד. נמצא כי לנוחות העובד בעבודתו קשר הדוק לבריאותו לאורך זמן וכן למידת הפרודוקטיביות שלו. דירוג התנוחות נעשה באמצעות תוכנת ErgoFellow.
- **NIOSH** - שיטה זו פותחה לקביעת העומס המותר להרמה על ידי העובד מבלי לחשוף אותו לסיכונים בריאותיים. לאחר ניתוח פעולה של עובד בשיטה זו מתקבלים שני ערכים: **RWL** - התוצאה של משוואת העומס. תוצאה זו מתייחסת לפעולה מסוימת תחת סט של תנאים ספציפיים. משמעות התוצאה היא המשקל המקסימאלי שעובד יכול להרים בפרק זמן של שמונה שעות מבלי להגביר סיכון בריאותי לגב התחתון. הערך השני הוא **LI** - הערכה של העומס הפיזי המוטל על העובד כתוצאה מפעולה מסוימת. מוגדר כיחס בין המשקל המורם לבין המשקל המקסימאלי המומלץ (**RWL**).
- **REBA** – קידוד של מעל 600 יציבות שונות של גוף האדם. ביניהן יציבות דינאמיות וסטטיות. לכל תנועה המבוצעת ישנו ציון מוגדר. מסכמים את כל ציוני התנועות ומתקבל מדד אחיד. בהתאם לגובה המדד ישנן המלצות לגביי דחיפות השינוי הנדרש. ניתוח תנוחות הגוף נעשה באמצעות תוכנת ErgoFellow.
- **STRAIN INDEX** - בהתבסס על הידע הקיים בפיזיולוגיה, ביומכניקה והתחלואה של הפרעות שרירים בגפיים העליונות, פותחה שיטה הכוללת מדידה או הערכה של שישה משתנים של העבודה הנמדדת: עוצמת המאמץ, משך המאמץ בכל מחזור, מספר המאמצים לדקה, תנוחת היד, מהירות ביצוע המאמץ ומשך הפעילות ליום. כל משתנה מדורג על פי נתוני החשיפה. מדד המאמץ הינו המכפלה של כל המשתנים הללו ומשקלם. על פי מדד זה ניתן לקבוע את מידת הסיכון של העובד לפתח בעיות שרירים בגפיים העליונות.
- **SNOOK Tables** - כלי המספק טבלאות של משקלים וכוחות מקובלים. טבלאות אלו מבוססות על ניסוי מבוקר שעשה שימוש בהערכות פיסיולוגיות וניתן להשתמש בהן לצורך מציאת אחוז מהאוכלוסייה שיהיה מסוגל

לבצע את פעולת ההרמה, הורדה, דחיפה, משיכה ונשיאה. טבלאות אלו מקובלות יותר מאשר משוואת NIOSH משום שפונות למגוון רחב יותר של משימות. עם זאת, פחות מדויקות משיטת NIOSH מאחר ומבוססות על מדידות פיסיולוגיות ולא ביו-מכאניות. בעוד ששיטת NIOSH מאפשרת לקבל משקל הרמה גבולי, ניתן באמצעות טבלאות Snook לקבל פרופורציה מהאוכלוסייה שתוכל להרים משקלים אלו בהתאם למשימה. עבור ניתוח עומסים הנגרמים עקב הרמה של משקל נעשה שימוש בשיטת NIOSH, עבור ניתוח עומסים הנגרמים עקב מאמץ בפעולות שונות נעשה שימוש בשיטות: OWAS, REBA ו-Strain Index אשר מופקים באמצעות התוכנה. עבור מבחני הרמה/הורדה, דחיפה/משיכה נעשה שימוש בטבלאות בשיטת Snook Table ולא באמצעות התוכנה.

2.4 ניסוי השוואת זוויות הדלייה

במסגרת הניסיון לפיתוח שיטת גידול עגבניות חדשה עם הדליה בזווית תוך יישום התוצאות שהושגו עד כה בכדי להקטין הסיכון לפציעה, עומסי העבודה והגדלת החיסכון בידיים עובדות, בוצע ניסוי בחממת עגבניות במו"פ דרום. הניסוי הורכב משלושה גידולים כאשר השוני ביניהם היה זווית ההדליה, 30, 60 ו-90° (איור 2). כל טיפול הכיל 6 ערוגות.

בתקופת הניסוי, במהלך מבצע עמוד ענן נפלה רקטת קסאם והרסה חלק מהגידול בטיפול ההדליה בזווית של 90° שהינה זווית ההדליה הרגילה בגידול זה. ולכן הנתונים נלקחו מחממה סמוכה שבה זווית ההדליה הינה 90° שנשתלה במועד מוקדם יותר מבחממת הניסוי.



איור 2: זוויות ההדליה בניסוי.

3 תוצאות

3.1 חקר שיטות

בעגבניות בודדות נחקרו תהליכי ההדליה בפלפל תהליך הקטיף בלבד מאחר והינם צורכים את כח האדם הרב ביותר בשלב השדה. תיאור מפורט של התהליכים הללו ואלמנטי העבודה מופיע בהרחבה בסעיף 3.1 בדוח שנה א' ו-3.1.1, 3.1.2 בדוח שנה ב'.

בתבלינים השתילה, הזריעה, הניקיון, ההשקיה והתחזוקה מהווים 10% אחוז מכלל הזמן המושקע בגידולים, הקטיף מהווה 60% אחוז מכלל הזמן המושקע בגידולים, המיין והאריזה מהווים 15% אחוז מכלל הזמן המושקע בגידולים, הריסוס מהווה 5% מכלל הזמן המושקע בגידולים והכנת השטח ועיבודו דורש השקעה של 10% מכלל זמן העבודה במשק.

בקטיף, קיימות שונות רבה בין סוגי הגידולים השונים. הקטיף מתבצע בעזרת סכין לחיתוך וגומיות לאיגוד הזר. בתחילת כל יום הפועלים מקבלים את סידור העבודה הכולל את סוגי התבלינים שיש לקטוף והכמות הדרושה מכל סוג. בנוסף הם נשלחים למנהרות ובתי רשת אשר בשלים לקטיף מהבטיי הזמן שעבר מהקטיף האחרון או מהשתילה.

כאשר הפועלים מגיעים לשטח הם מתחלקים ברחבי החממה באופן אקראי ומתחילים בקטיף, כל זר שנאגד מונח על הקרקע ונאסף לארגז לאחר שנערמו מספיק אגדים על ידי אחד העובדים שגם הוא מבצע קטיף. הארגזים מונחים בעגלת קירור בכדי שהתוצרת לא תיפגם ומועברת לבית האריזה. הקטיף מתבצע במספר אלמנטים הכוללים חיתוך מהקרקע, ניקוי הזר ואיגודו בגומיה. סדר הפעולות והאופי שלהם משתנה בין סוגי התבלינים.

אריזה: לאחר סיום הקטיף בשטח נאספים העובדים בבית האריזה בכדי להכין את התוצרת לשיווק. במהלך היום, בכל פעם שעגלת הקירור מתמלאת פורקים אותה במחסן הקירור בבית האריזה ובסוף היום מוציאים את התוצרת, אורזים אותה ומכניסים למחסן קירור התוצרת לשיווק. בבית האריזה העובדים מבצעים מיון נוסף של התוצרת, מוודאים שהאגדים במשקל הנכון, מבצעים בדיקת איכות ואורזים את התוצרת. בבית האריזה העבודה היא יותר סטרילית והעובדים לובשים חלוק וכיסוי ראש בכדי לשמור על סטריליות המתחם.

שתילה: במשק הנחקר ישנם שני סוגי שתילה, ידנית וממוכנת, לאחר רכישת מכונת השתילה המשק מבצע שתילה ידנית רק במקרים חריגים שבהם לא ניתן להפעיל את המכונה כגון, ימים גשומים או כאשר המכונה מקולקלת. את השתילים מגדלים בתוך מגשים המותאמים למכונת השתילה, המשק מכין השתילים בעצמו, רק במצבים שהביקוש בגידול מסויים עולה ואין די שתילים במשתלת המשק קונים מגשים מוכנים.

3.2 חקר עבודה

3.2.1 פלפל

תוצאות מדידות חקר העבודה מובאות בטבלה 1. הטבלה מראה כי אחוז האלמנטים היצרניים (שלושת סוגי החיתוכים) מהווה כ-50% מסך האלמנטים. נמצא כי משך זמן חיתוך רגיל וחיתוך תחתון דומה למרות שחיתוך תחתון מצריך כיפוף הגוף. משך קטיף פלפל יחיד הוא כ-8 שניות בממוצע וכי כמחצית מהחיתוכים הנם מסוג חיתוך רגיל. תנועה בשורה מהווה 13.8% מסך זמן העבודה, חיפוש פלפל בין העלים מהווה – 10.6% והעמסת ארגזים לטרקטור הינו כ-7%.

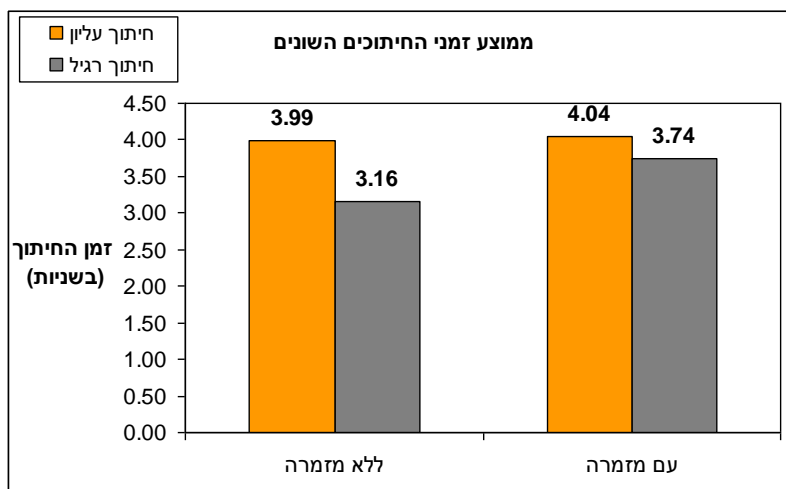
חיפוש פלפלים הינו אלמנט בעל שונות גבוהה והוא תלוי במצב הגידול ובמועד הקטיף. שיח אשר עמוס בפרי יקטין את אחוז זמן חיפוש פלפלים ואילו שיח בעל מספר מועט של פלפלים יגדיל את משך זמן חיפוש הפלפלים עד למציאת פלפל.

טבלה 1 : סיכום נתוני מדידות חקר עבודה לשלב הקטיף. יחידות הזמן הינם שניות.

	חיתוך עליון	חיתוך תחתון	חיתוך רגיל	תנועה בשורה	מעבר בין שורות	חיפוש פלפלים	סידור פלפלים	העסת ארגזים לעגלה	פריקת ארגזים מעגלה	העמסת ארגזים לטרקטור	בטלה	המתנה
AVERAGE	5.0	3.8	3.8	6.8	27.1	6.7	10.8	23.7	19.4	191.6	59.3	27.9
STD	2.9	2.2	2.3	7.0	16.1	3.7	7.8	31.4	14.1	114.4	97.9	12.1
CV	0.6	0.6	0.6	1.0	0.6	0.5	0.7	1.3	0.7	0.6	1.6	0.4
N	1,532	1,145	3,069	964	90	752	139	97	54	17	21	11
TT	7,616	4,348	11,742	6,558	2,437	5,023	1,496	2,300	1,045	3,257	1,246	307
%TT	16.1%	9.2%	24.8%	13.8%	5.1%	10.6%	3.2%	4.9%	2.2%	6.9%	2.6%	0.6%
PROD	1,532.0	1,145.0	3,069.0									
TT PROD	5,746.0											

במהלך ביצוע התצפיות בתהליך הקטיף, הובחן כי ישנם עובדים אשר משתמשים במזמרה לצורך קטיף הפלפלים וישנם עובדים אשר קוטפים ללא מזמרה על כן נבדקה השפעת השימוש במזמרה על זמן קטיף הפלפלים ונמצא כי

קיים גידול מובהק סטטיסטי ($\alpha < 0.05$) של 18% בזמן פעולת הקטיף עם מזמרה. בהשוואת זמן החיתוך עם וללא מזמרה בחיתוך גבוה והרגיל לא נמצא הבדל מובהק בין הזמנים (איור 3) למרות שממוצעי הקטיף עם מזמרה בשני סוגי הקטיפים היו ארוכים יותר מאשר ללא מזמרה וזמני הקטיף הגבוה היו ארוכים יותר מאשר הקטיף הרגיל (עם וללא מזמרה). אם זאת נאמר לנו שמסיבות של אורך חיי מדף של הפלפל עדיף להשתמש במזמרה



איור 3 : זמני חיתוך ממוצעים.

3.2.2 עגבניה

בתום המדידות ואיסוף הנתונים לצורך עיבוד הנתונים הומרו הקבצים: פלט תוכנת חקר העבודה, פלט שעוני הדופק ופלט התחנה המטאורולוגית, לקבצי Excel. בוצע ניתוח סטטיסטי עבור כל אלמנט בכל מדידה: מספר תצפיות, זמן ממוצע, סטיית תקן, ערך מקסימאלי, ערך מינימאלי, גודל מדגם רצוי ואחוז הזמן המושקע לאלמנט. מכיוון שבתחום זה קיימת שונות גבוהה, לא נופו חריגים והתייחסות לתוצאות שהתקבלו הייתה כנתונים אמיתיים ומדויקים המתארים את המצב האמיתי. במידה והיו מנופים חריגים היו אובדות מדידות המתארות את המצב האמיתי. הניתוח נעשה במטרה להגיע לתובנות הנוגעות לשיפור וייעול התהליכים הקיימים ולהראות כיצד ישפיעו השינויים המוצעים על התפוקה לשעה של העובד. טבלה 2 מציגה את המדדים העיקריים עבור האלמנטים השונים בשלב הקטיף בשני התהליכים.

טבלה 2: ריכוז תוצאות חקר העבודה בתהליך הקטיף. הערכים מוצגים בשניות.

חיתוך תחתון	חיתוך עליון	דחיפת עגלה	ניקוי הפרי	פינוי לעגלה	הליכה בשביל	אחר	הליכה אל הטרקטור	בטלה	הכנת ארגז	פינוי ארגזים	סידור ארגזים	חיתוך תחתון
2.37	2.40	2.47	2.69	2.12	4.10	9.40	20.05	16.15	21.30	9.42	10.80	2.37
1.94	2.18	2.98	2.01	1.32	4.38	9.73	52.03	22.39	12.58	9.04	13.57	1.94
3278	3804	1128	357	3083	63	172	38	26	71	106	55	3278

האלמנטים המרכזיים בתהליך הקטיף הינם: חיתוך תחתון/עליון וזריקת העגבניות אל עגלת הפינוי והם מהווים כ- 60% מכלל העבודה. משך זמן חיתוך תחתון וחיתוך עליון כמעט זהה, למרות שניתן היה לצפות שזמן אלמנט קטיף תחתון יהיה ארוך יותר בשל תנוחת העבודה. אלמנט פינוי עגלה דומיננטי אף הוא וצורך כ- 20% מזמן העבודה. פעולה

זו בעלת שונות גבוהה ועומס גבוה החל על גוף העובד. כמו כן אלמנט דחיפת העגלה במהלך התנועה בשורה מהווה 8.4% מסך זמן העבודה ובנוסף הינו בעל משמעות גדולה מבחינת העומסים הבינומכאניים שחלים על העובד בזמן פעולה זו.

תוצאות המדדים העיקריים עבור האלמנטים השונים בשלב ההדליה מובאים בטבלה 3. האלמנטים העיקריים בפעולת ההדליה הם: ליפוף הצמח סביב החוט, ביצוע שוצים באופן ידני ותנועה על גבי העגלה בתוך השביל והם מהווים 85.9% מסך הזמן.

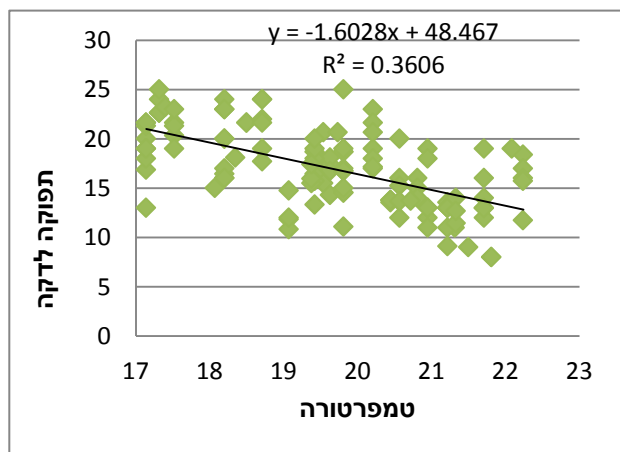
טבלה 3: ריכוז תוצאות חקר העבודה בתהליך ההדליה. הערכים מוצגים בשניות.

ליפוף	תנועה	שוצ מזמרה	שוצ ידני	אחר	בטלה	עליה וירידה	הליכה	
4.00	4.02	4.15	4.38	4.82	9.45	16.48	6.00	ממוצע
2.60	2.32	1.81	2.66	3.27	12.49	21.07	5.90	ס.ת.
945	243	20	668	418	11	29	14	N

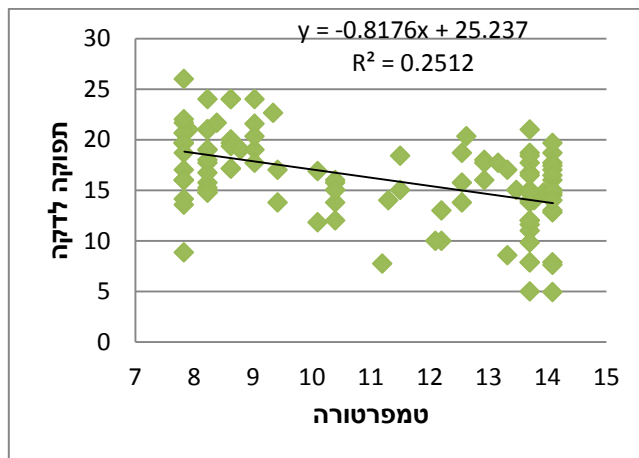
ביצוע הניתוחים הסטטיסטיים עבור טמפרטורה ולחות על התפוקה נלקחו מ-3 ימי מדידה בלבד כאשר ביום מדידה מס' 1 נמדד עובד א' וביום מדידה מס' 2 ו- מס' 3 נמדד עובד ב' ועבורם נבדקה השפעת הטמפרטורה והלחות על תפוקתם. התפוקה הינה מספר העגבניות שנקטפו ונמדדה ביחידות של דקה.

איור 4 מציג את השפעת הטמפרטורה על תפוקת העובדים. נמצאה קורלציה שלילית ברמת מובהקות של 0.01 בין הטמפרטורה לבין התפוקה. בממוצע על כל עליה של מעלה אחת בטמפרטורה התפוקה של עובד א' יורדת ב- 0.86 עגבניות לדקה, כלומר ב- 51 עגבניות לשעה ושל עובד ב' ב- 1.6 עגבניות לדקה, כלומר ב- 96 עגבניות לשעה. הטמפרטורה ביום מדידה ראשון נעה בין 8 ל 14 מעלות וביום מדידה שני בין 17-22 מעלות. להבדלים בטמפרטורות בין שני ימי המדידה יש השפעה רבה על ההבדל בין התפוקות.

איור 5 מציג את השפעת הלחות היחסית על תפוקת העובדים. נמצאה קורלציה חיובית ברמת מובהקות של 0.01 בין הטמפרטורה לבין התפוקה. בממוצע על כל עליה של אחוז אחד בלחות היחסית, התפוקה של עובד א' עולה ב- 0.2 עגבניות לדקה, כלומר ב- 12 עגבניות לשעה ושל עובד ב' ב- 0.47 עגבניות לדקה, כלומר ב- 28 עגבניות לשעה. הלחות ביום מדידה א' נעה בין 57%-80% וביום מדידה ב' בין 78%-93%. להבדלים בלחות בין שני ימי המדידה יש השפעה רבה על ההבדל בין התפוקות. תופעות דומות נמצאו במחקר השנה הראשונה (איור 6).

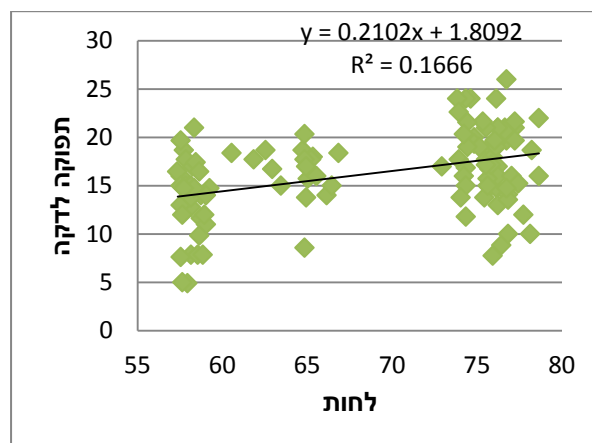
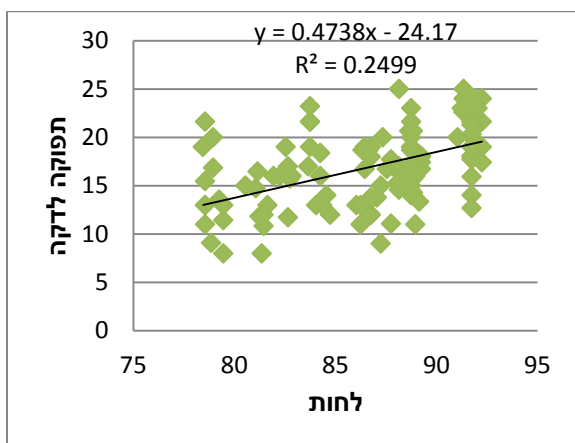


עובד ב'



עובד א'

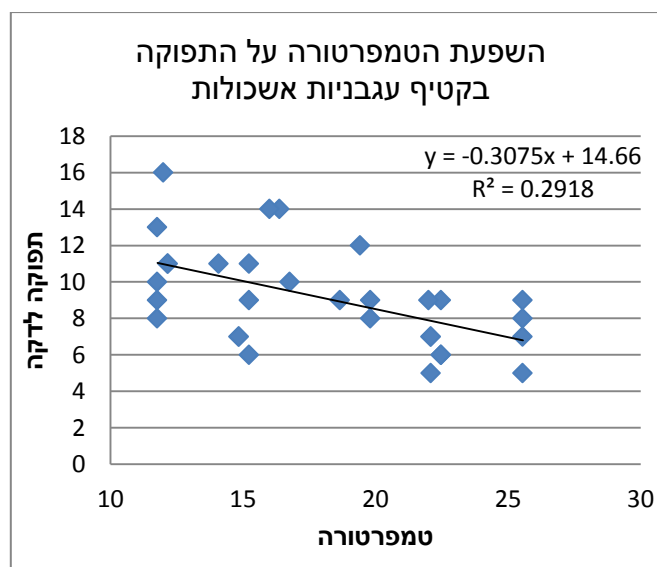
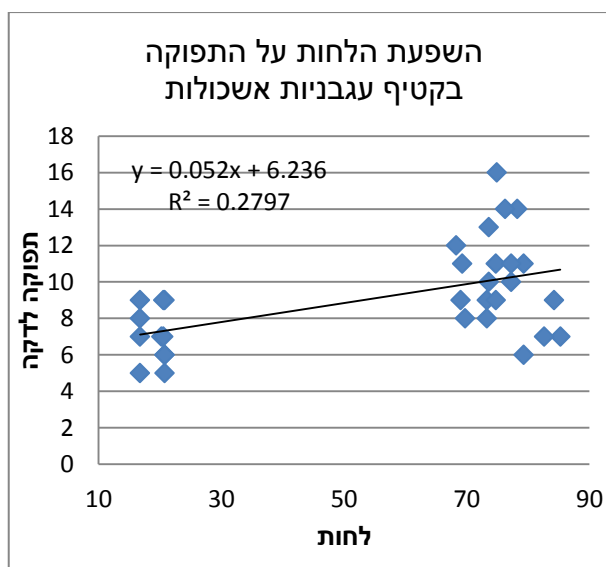
איור 4: השפעת הטמפרטורה על תפוקת העובדים.



עובד ב'

עובד א'

איור 5 : השפעת הלחות היחסית על תפוקת העובדים.

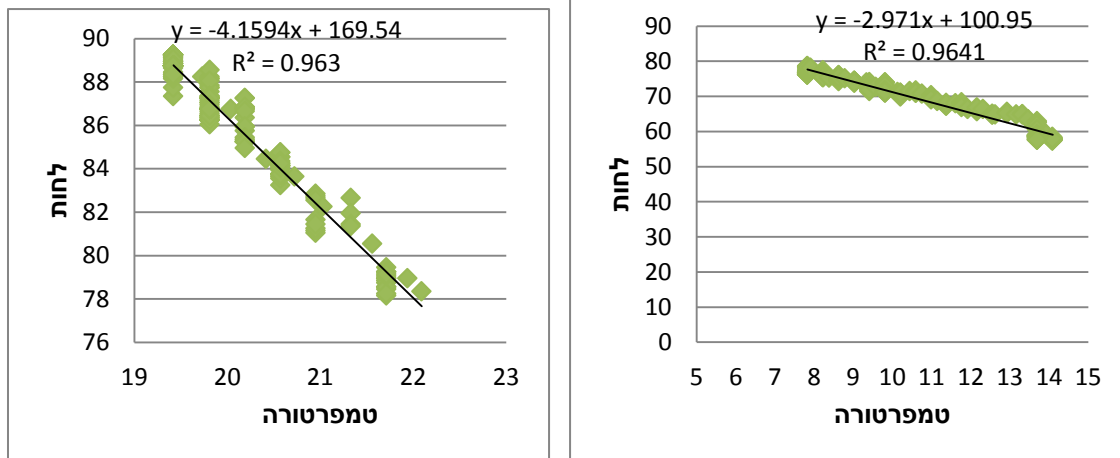


איור 6 : השפעת הטמפרטורה והלחות על התפוקה בעגבניות אשכולות.

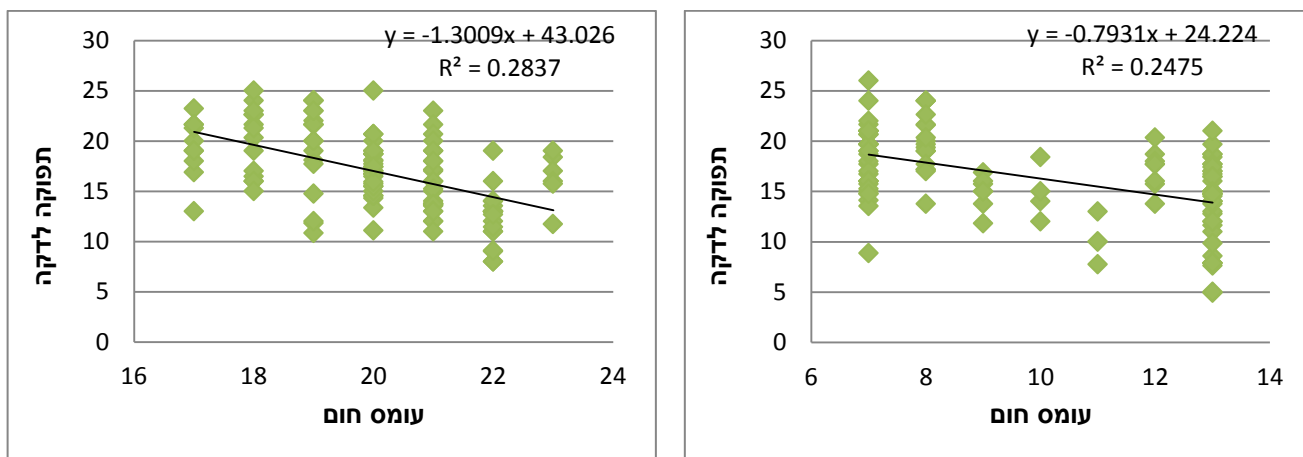
איור 7 מציג את הקשר בין הטמפרטורה ללחות היחסית. נמצאה קורלציה שלילית ברמת מובהקות של 0.01 בין הטמפרטורה ללחות היחסית בשני המקרים. ממצאים אלו מתיישבים עם התוצאות כי בתחילת יום עבודה הטמפרטורה השוררת בחממה נמוכה ואילו הלחות גבוהה כך שתפוקת העובד גבוהה יותר בתחילת היום. על פי ניתוח התוצאות העובדים עולה כי קיימת השפעה לא מבוטלת של הטמפרטורה והלחות על תפוקת העובד ולכן נמליץ להתחיל את יום העבודה מוקדם ככל הניתן, כאשר תנאים אלה מתקיימים.

נבדקה ההשפעה שיש לתנאי מזג האוויר על תפוקת העובדים. עומס החום הוא מדד המשלב בתוכו את הטמפרטורה, הקרינה והלחות היחסית. נתוני הטמפרטורה והלחות היחסית נמדדו על ידי תחנה מטאורולוגית ניידת מסוג HOBO ולאחר מכן באמצעות מחשבון עומס החום הנמצא באתר האינטרנט של National Weather Service חושב עומס החום. לצורך החישובים נילקחו נתונים מארבעה ימי מדידה בהם נמדדו 5 עובדים. עבור טמפרטורות זהות חושבה הלחות הממוצעת וכן התפוקה הממוצעת. לאחר מכן עבור כל טמפרטורה ולחות ממוצעת חושב עומס החום. התפוקה שנמדדה הינה תפוקה לדקה. בוצע מבחן ANOVA ונמצא כי עומס החום משפיע על התפוקה באופן מובהק גבולי ($\alpha=0.065$) כניראה בשל איחוד נתונים ממספר ימי מדידה שונים בהם טווח עומסי החום היה שונה,

בשני ימי מדידה טווח עומס החום היה 17-23 ובשניים אחרים 7-13 (איור 8). במבחן ANOVA שבדק את הקשר בין עומס החום לתפוקה עבור כל טווח עומס חום נמצא כי קיים קשר מובהק סטטיסטי ($\alpha=0.05$).



איור 7: הקשר בין הטמפרטורה ללחות היחסית בחממה.



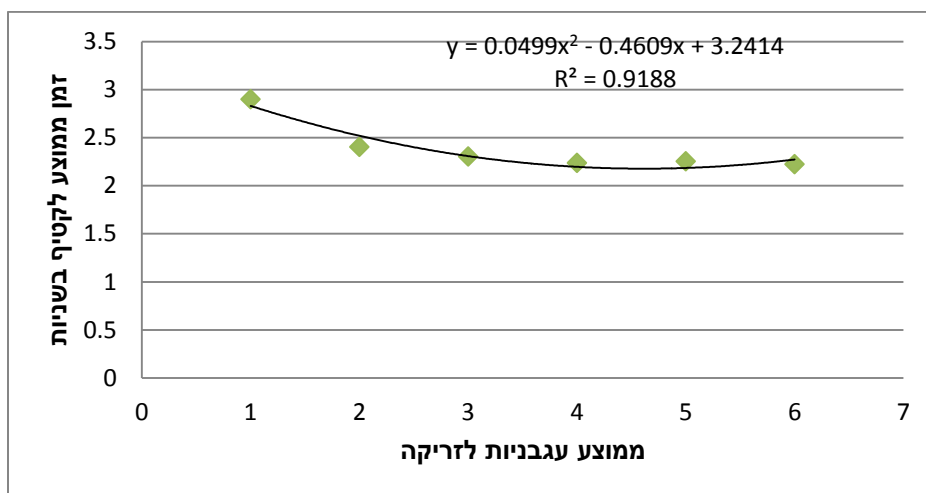
איור 8: השפעת עומס החום על התפוקה.

בחינת השפעת כמות עגבניות הנקטפת ברצף לפי העברה לארוז. במצב הקיים היום בחממה העובדים קוטפים בממוצע 2.24 עגבניות ברצף לפני זריקתן אל הארגז (טבלה 4). מניתוח הנתונים נמצא כי ישנה השפעה של כמות העגבניות שעובד אוחר בידו עד לזריקתם לארגז על זמן החיתוך, ככל שהעובד קוטף יותר עגבניות לפני שהוא זורק אותן לארגז הזמן הממוצע לקטיף בודד יורד. נמדדו 6 עובדים לבדיקת התלות בין מספר העגבניות המוחזקות ביד לפני הזריקה לארגז וזמן הקטיף (איור 9). הניסוי בוצע על כ-3000 עגבניות. בשנת המחקר השלישית בוצעה חזרה על הניסוי והתקבלו תוצאות דומות.

התוצאות מראות כי הזמן הממוצע המינימלי לקטיף עגבנייה בגידול של 90° הינו כאשר מחזיקים 4 עגבניות. לצורך בדיקה אם יש שיפור בתפוקת העובדים חושב הזמן שנחסך כאשר העובדים קוטפים בכל פעם 4 עגבניות קטיף ממוצע עבור 4 עגבניות הינו 2.23 ש' לעומת קטיף ממוצע רגיל הינו 2.51 ש' לעגבנייה. דהיינו שיפור של 11 בנוסף, על ידי הגדלת מספר העגבניות ביד לפני זריקתן לארגז, תקטן כמות הפעמים הכוללת שיש לבצע את האלמנט "פינוי לעגלה" בכ-40%. יש לכך חשיבות רבה משום שאלמנט זה מהווה 19.6% מסך זמן פעולת הקטיף. מניתוח זה עולה כי ניתן לקצר את זמני הקטיף בשורה בודדת בכ-16.5% ומיום עבודה מלא (4 שעות) בכ-13.14%.

טבלה 4 : התפוקה כתלות בכמות העגבניות

עובד	N	מס' עגבניות ממוצע	ס.ת. של מס' עגבניות	זמן קטיף ממוצע (ש')	תפוקה לשעה
א'	451	2.4834	1.73502	2.10	1064
ב'	537	1.6946	1.02571	2.51	744
ג'	403	1.9404	1.14014	2.32	867
ד'	758	2.2058	1.28393	2.54	928
ה'	318	2.7893	1.32542	1.92	1240
ו'	262	2.7939	1.29377	1.98	1223
Total	2729	2.2364	1.36496	2.23	1011



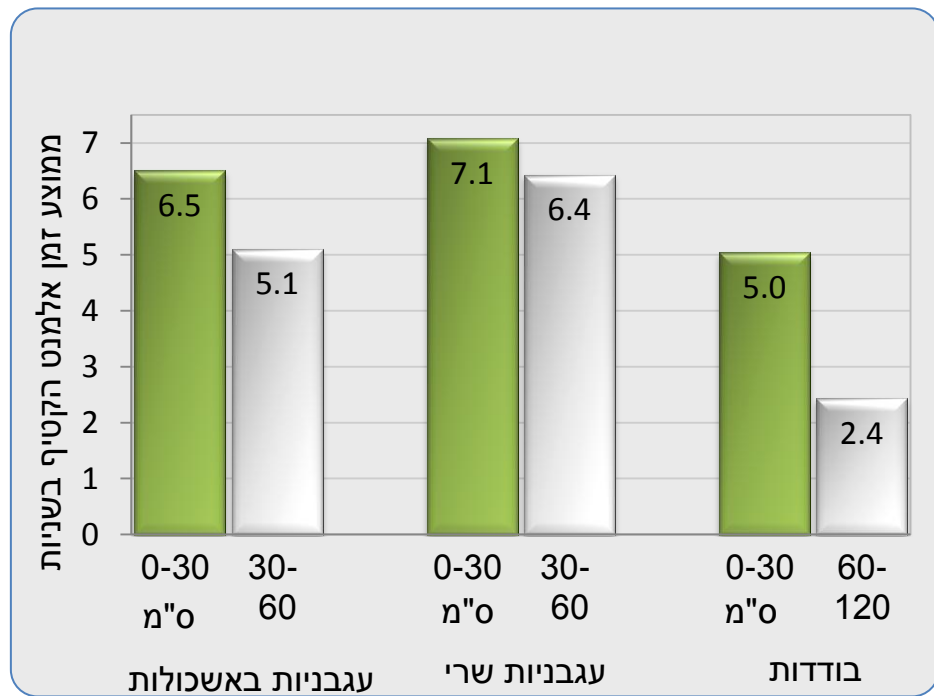
איור 9 : זמן ממוצע לקטיף עבור מספר עגבניות מוחזקות לפני זריקה לארגז.

בכדי לבדוק את הניתוח התאורטי בוצע ניסוי בו השוותה שיטת העבודה של שני פועלים בקטיף של 4 עגבניות וקטיף רגיל ונמצאה שהתפוקה השתפרה ב 17% תוצאות אלו דומות לתוצאות שקיבלנו בשנה לאחר מכן עבור 60° ו- 30° ששם כמות האופטימלית היתה 5 עגבניות.

בחקירת המרחק המיטבי לקידום עגלה בשורה נמצא כי כ- 30% מהשינוי בתפוקה מושפע ממרחק קידום העגלה בשורה. ככל שמספר הדחיפות בשורה גדל התפוקה קטנה באופן מובהק ($\alpha=0.01$). בניתוח הנתונים נמצא כי התפוקה הגבוהה ביותר מתקיימת כאשר העגלה מקודמת בכל פעם בכ- 1.8 מ'. במצב הקיים העגלה מקודמת כ- 1.5 מ' בלבד בכל פעם. שינוי מרחק קידום העגלה ישפר את תפוקה בכ- 18%. התוצאות הנ"ל מובאות בהרחבה בדוח שנה ב'.

בבדיקת השפעת חשיפת הפרי נמצא כי קטיף ללא עלים באיזור הפרי מקצר את הזמן הממוצע לאלמנט הקטיף מ- 8.32 ל- 6.15 שניות בעגבניות אשכולות ומ- 5.03 ל- 1.73 שניות בעגבניות בודדות. מכיוון שאחוז אלמנט זה מכלל פעולות הקטיף לעגבניות אשכולות ובודדות הינו 55.3% ו- 61.3% בהתאמה, החיסכון בתפוקת העובד הינו 14.4% ו- 40.2% בהתאמה. במצב הנוכחי מבצעים בפעולות ההנמכה חשיפה של ענפי הצמח ומותירים אותו ללא עלים. על פי הערכות מול גורמים מקצועיים ממוצע אחוז הזמן שמתבצע קטיף עם כמות רבה של עלים סביב הפרי הינו כ 60%. בהתייחסות לנתון זה מתקבל כי החיסכון בתפוקה הכוללת הינו 8.6% ו- 24.12% לעגבניות אשכולות ובודדות בהתאמה.

השפעת גובה הפרי מהקרקע על הזמן הממוצע לאלמנט הקטיף נבחנה עבור כל עגבניות אשכולות, שרי ובודדות. לצורך ההשוואה נלקחו מדידות בעלות מאפיינים דומים (כמות העלים סביב הפרי וסוג הגידול) ממספר עובדים שונים. איור 10 מציג את זמני הקטיף הממוצעים עבור הגבהים והגידולים השונים. בכל הגידולים, זמן הקטיף של פרי נמוך היה ארוך באופן מובהק ($\alpha < 0.05$) מקטיף פרי גבוה. בעגבניות אשכולות ושרי נלקחו מדידות שבהן לא היתה עלווה סביב הפרי. ובעגבניות בודדות נלקחו מדידות שבהן היתה עלווה גבהים סביב הפרי. גובה הפרי הנמוך בכל הגידולים היה בין 0 – 0.3 מ' וגובה הפרי הגבוה היה 0.3 – 0.6 מ' בעגבניות אשכולות ושרי ו- 0.6 – 1.2 מ' בעגבניות בודדות.



איור 10 : זמן קטיף ממוצע כתלות בגובה הפרי וסוג הגידול.

3.2.3 תבלינים

בוצעו מדידות של תהליך העבודה בקציר ומיון נענע ורוקולה ובתהליך השתילה בעירית.

נענע

במהלך המדידות השונות, תהליך הקטיף התבצע באופן שונה (אלמנטים שונים) בהתאם לתנאים והאילוצים. טבלה 5 מסכמת מדידות של תהליך קציר סטנדרטי בו קיימים האלמנטים השכיחים ביותר. החיתוך הראשי והאיגוד הם האלמנטים היצרניים כאשר את הניקוי והחיתוך הקוסמטי ניתן לבצע גם בבית האריזה ואלו אינם הכרחיים לתהליך בשדה. סך אחוז הזמן המושקע באלמנטים לא יצרניים הינו 26% כאשר מתוכם האלמנט העיקרי והקבוע בכל מחזור הינו חיתוך קוסמטי אשר משכו במוצע כ-2.2 שניות והינו כ-10% מסך זמן המחזור. אלמנט האיגוד הכרחי בתהליך מכיוון שלא ניתן לשלוח את התוצרת מהשדה לבית האריזה בתפוזרת. העובדים מבצעים אלמנטים אלו לאורך זמן בישיבה שפופה (איור 11) בהתאם לכמות הנדרשת באותו יום כאשר העבודה מתבצעת בשעות הבוקר והצהריים בכל עונות השנה. בתקופת הקיץ, סביבת העבודה בבתי הרשת אינה ידידותית לעובד לאור הטמפרטורות הגבוהות שבשילוב עם תנוחת העבודה יוצרות תנאים לא נוחים לעבודה.



	חיתוך ראשוני	ניקוי	חיתוך קוסמטי	איגוד	אחר
ממוצע (שניות)	11.7	3.3	2.2	3.4	13.1
סטיית תקן (שניות)	5.8	3.3	1.3	2.7	7.3
מספר מדידות N	295.0	232.0	259.0	264.0	14.0
זמן כולל (בשניות)	3458.0	772.0	570.0	905.0	183.0
cv	0.5	1.0	0.6	0.8	0.6
אחוז מזמן המחזור (%)	0.6	0.1	0.1	0.2	0.0
תפוקה ממוצעת (ק"ג לשעה לעובד)				161.4	
זמן ממוצע (בשניות) לזר				22.3	
גודל מדגם נדרש	268.5	1071	397.0	664.8	343.6

איור 11 : תנוחת העבודה בקציר נענע.

תהליך העבודה בבית האריזה כולל את הוצאת האגדים מתוך הארגזים שהגיעו מהשטח, בחינה חזותית קצרה לכל זר והכנסתו לקופסה לייצוא. לעיתים בעת הבחינה החזותית שוקלים את הזר שאכן הוא במשקל הרצוי. כמו כן לעיתים מבוצע ניקוי נוסף של הזר במידה ונמצא ליקוי כלשהו בתכולתו. העבודה בבית האריזה מבוצעת בעמידה אל מול שולחן עבודה עליו מונח המשקל, קופסאות האריזה והארגזים שהגיעו מהשדה. תנאי העבודה הם תנאי חדר ממוזג.

לאור ממצאי המצב הקיים הוחלט לבחון את העברת ביצוע פעולת החיתוך הקוסמטי מהשדה לבית האריזה. תהליך החיתוך הקוסמטי מאריך את זמן העבודה הכולל בשדה ואת הזמן בשדה בו העובד שרוי בתנוחת העבודה ובתנאים לא נוחים. הליך החיתוך הקוסמטי כפי שמבוצע כיום הינו חלק נפרד בשרשרת הכלל תהליכית ואנו משערים כי במידה ויבוצע בבית האריזה, מקומו ברצף התהליכי יהיה תוך כדי הוצאת הזר מהארגז ובחינתו החזותית ועל כן לא יפגע ברצף ויחסוך זמן יקר בשדה.

בוצע ניסוי של שינוי שיטת העבודה בה שלב החיתוך הקוסמטי יבוצע בבית האריזה ולא בשדה. בניסוי השתתפו שתי עובדות מהמשק הנחקר. הניסוי נערך בתהליך הקציר בשדה ובתהליך המיון בבית האריזה. בחלקו של הניסוי שבוצע בשדה אחת מהעובדות ביצעה את הקציר הרגיל על פי השיטה הנהוגה (כולל חיתוך קוסמטי בשדה) והעובדת השנייה ביצעה קציר ללא החיתוך הקוסמטי. בשלב בית האריזה נימדד אלמנט החיתוך הקוסמטי על האגדים הרלוונטיים. בנוסף, האגדים נישקלו במעבר מהשדה לבית האריזה ובסיום התהליך כולו. שתי העובדות נבחנו באותו יום ושעה ובאותה ערוגה בכדי לצמצם את ההשפעות השונות כגון מזג אוויר, איכות השתיל, אורך העלים ומידת העירנות של העובד.

תוצאות הניסוי מובאות בטבלה 6. סה"כ הזמן הנמדד בעת ביצוע הניסוי עבור כל קבוצה בשלב הקציר הינו 19.32 דקות. הזמן הממוצע לפעולות לא יצרניות עבור כל אגד (85-80 גרם) קצר ב- 1.8 שניות (44%) בשיטה בה אלמנט החיתוך הקוסמטי מבוצע בבית האריזה לעומת השיטה בה החיתוך הקוסמטי מבוצע בשדה. תפוקת העובד בשיטה בה אלמנט החיתוך הקוסמטי מבוצע בבית האריזה גבוהה ב 5.2% מהתפוקה לעובד בשיטה בה אלמנט החיתוך מבוצע בשדה. המשקל הממוצע לזר בשתי השיטות נע בין 81.6 ל- 82.2 גרם וסטיית התקן בין 6.3 ל- 9.9 גרם. ברמת מובהקות סטטיסטית של 5% לא נמצא הבדל במשקל האגדים בין שתי השיטות. כתוצאה משינוי שיטת העבודה והעברת אלמנט החיתוך לבית האריזה, תפוקת הקציר עלתה בכ- 32% ולכן גם שהיית העובדים בשדה תקטן בשיעור

דומה. נמצא כי משך פעולת הקציר בשיטה שבה החיתוך הקוסמטי בוצע בבית האריזה קצר בכ- 7% מאשר בשיטה הרגילה אך תוצאה זו אינה מובהקת סטטיסטית.

טבלה 6 : תוצאות חקר העבודה בניסוי.

קבוצה ב' (חיתוך קוסמטי בבית האריזה)	קבוצה א' (חיתוך קוסמטי בשטח)	מדדים
19.32	19.32	זמן בשטח (בדקות)
8.54	4.27	זמן בבית האריזה (בדקות)
17.08	8.54	זמן בבית האריזה בדקות אדם
36.40	27.86	סה"כ זמן להכנת התפוקה לייצוא בדקות אדם
13622.00	9210.00	סה"כ תפוקה מהשדה (גרם)
146.2	110.0	מספר האגדים
512.4	256.2	זמן בבית האריזה בשניות
0.0	3.00	זמן חיתוך קוסמטי ממוצע בשטח
3.51	0.0	חיתוך קוסמטי + ניקוי הזר ואריזתו בבית האריזה
0.0	2.33	ניקוי הזר ואריזתו בבית האריזה
3.51	5.33	זמן ממוצע לזר לפעולות לא יצרניות לא כולל הניקוי בשטח (שניות)
11.00	8.00	סה"כ תפוקה סופית (ק"ג)
18.13	17.23	סה"כ תפוקה לשעה לאדם בק"ג
3.31	3.48	זמן להכנת ק"ג תוצרת בדקות אדם
81.58	82.23	ממוצע משקל אגד (בגרם)
9.89	6.28	סטיית תקן משקל אגד (בגרם)

רוקולה

בקציר הרוקולה האלמנטים משתנים מקטיף לקטיף ומשדה לשדה לאור גורמים כגון גיל הצמחים, זמן בין מועדי קציר, מזג אויר ועוד. לעיתים נוספים אלמנטים כגון חיתוך נוסף וכן ניקוי הקרקע בין חיתוך לחיתוך. בנוסף לעובדי הקציר, קיים עובד נוסף שתפקידו לאסוף את ערימות האגדים מהקרקע לתוך ארגזים ולהעמיס את הארגזים למקרר הנייד הנמצא מחוץ לבית הרשת. ארגזים אלו מגיעים לבית האריזה ומוכנסים לחדר קירור. טבלה 7 מסכמת תצפיות של תהליך קטיף סטנדרטי בו קיימים האלמנטים השכיחים ביותר.

סך האלמנטים הלא יצרניים (ניקוי, אחר) מהווים כ- 50% מזמן העבודה כאשר נבחין כי אלמנט הניקוי לבדו מהווה כ- 48% ואורך בממוצע כ- 19.4 שניות כאשר זמן המחזור הממוצע של הקטיף הינו 49.2 שניות. אלמנט הניקוי הינו העיקרי בשרשרת העבודה ומהווה צוואר בקבוק בהליך קטיף הרוקולה.

סדר הפעולות בבית האריזה כולל את הוצאת האגדים מתוך הארגזים שהגיעו מהשטח ואריזתם לקופסאות המשלוח. עבור התוצרת המגיעה מהשדה לא נעשית שום בדיקה נוספת כיוון שתהליך הניקוי הארוך והאיכותי הנעשה בשטח. במהלך אריזת האגדים מבוצעת שקילה ראנדומלית אחת לכמה אגדים בכדי לוודא שמשקלם תקין. העבודה בבית האריזה מבוצעת בעמידה אל מול שולחן עבודה עליו מונח המשקל, קופסאות האריזה והארגזים שהגיעו מהשדה. תנאי העבודה הם תנאי חדר ממוזג.

לאור ממצאי בחינת המצב הקיים הוחלט כי יש לבחון אפשרות של העברת ביצוע פעולת הניקוי מהשדה לבית האריזה. לפי תוצאות ניתוח המצב הקיים תהליך הניקוי מאריך את זמן התהליך הכולל בשדה ולכן גם מאריך את זמן העובד בשדה תוך שהוא שרוי בתנחות העבודה ובתנאים לא נוחים.

טבלה 7: תוצאות מדידת קציר רוקולה.

אחר	איגוד	ניקוי	חיתוך ראשי	ממוצע (שניות)
9.3	7.6	19.4	13.0	ממוצע (שניות)
4.6	4.0	7.6	8.7	סטיית תקן (שניות)
13.0	202.0	202.0	202.0	מספר פעמים שהאלמנט בוצע
121.0	1526.0	3914.0	2621.0	זמן כולל (שניות)
0.0	0.2	0.5	0.3	% from cycle time
0.5	0.5	0.4	0.7	cv
	88.9			תפוקה ממוצעת (ק"ג לשעה)
	40.5			זמן ממוצע (בשניות) לזר
264.8	298.3	167.8	485.5	גודל מדגם

בוצע ניסוי של שינוי שיטת העבודה. בניסוי השתתפו שתי קבוצות: אחת ביצעה קציר על פי השיטה הנוכחית והשנייה, שיטת קציר שבו לא מתבצע ניקוי האגד בשטח אלא בבית האריזה. השלב השני התבצע בבית האריזה, בו נבדקה רק הקבוצה שבצעה את החלופה ונמדדו זמני אלמנט ניקוי האגד. בנוסף, נמדדו משקלי היבול בכדי למדוד את כמות הפחת. כל קבוצה קיבלה חלק בערוגה בשטח של 17.5 מטר X 1.5 (0.026 דונם), השטחים היו סמוכים זה לזה ובאותו בית רשת בכדי למנוע הבדלים במצב הגידול של הרוקולה. ארגזי הקבוצות השונות סומנו והופרדו וכל קבוצה הניחה את האגדים שקטפה בארגזים השייכים לה. במהלך העבודה נמדדו זמני המחזור של קטיף אגד ואת זמן העבודה הכולל של כל קבוצה. באופן מדגמי נשקלו 50 אגדים מכל קבוצה בכדי לבדוק את שונות משקלי האגדים בשתי השיטות. תוצאות הניסוי מובאות בטבלה 8.

התוצאות מראות כי אחוז זמן שהיית העובד בשדה בשיטה בה אלמנט ניקויי הזר מבוצע בשדה (המצב הקיים) גדול ב- 79% מזמן שהייה בשדה בשיטה בה אלמנט ניקויי הזר מבוצע בבית האריזה. זמן העבודה הכולל לדונם גדול ב- 50% בשיטה בה אלמנט ניקויי הזר מבוצע בבית האריזה. היבול לדונם (בק"ג) גדלה ב- 8% כאשר אלמנט ניקויי הזר מבוצע בבית האריזה מאחר וניקוי האגדים בבית האריזה נעשה תחת תנאים נוחים יותר לעובד וכתוצאה מכך הוא מבצע את פעולת הניקוי באופן יעיל יותר. לא נמצא הבדל מובהק בין משקלי האגדים בשתי השיטות. בצפייה בצילומי הווידאו שבוצעו בבית האריזה נראה כי לצורך ביצוע תהליך הניקוי יש להסיר את הגומיה מהאגד, לנקות אותו ולהחזיר את הגומיה. כלומר ישנם תהליכים נלווים לתהליך הניקוי בבית האריזה. התהליך בשתי סביבות העבודה לא נעשה באותו אופן ובבית האריזה מתווספים אליו אלמנטים נוספים.

במהלך ביצוע המחקר נאספו נתונים על מועדי הקציר וזמני העבודה בכל מועד (טבלה 9). נבדקה כדאיות קציר הרוקולה בתלות בזמן בין מועדי הקציר אשר נובעת מרמת הפריחה. ככל שהזמן העובר מהקציר האחרון גדל כך גדלה רמת הפריחה והזמן שהעובדים צריכים להשקיע בתהליך.

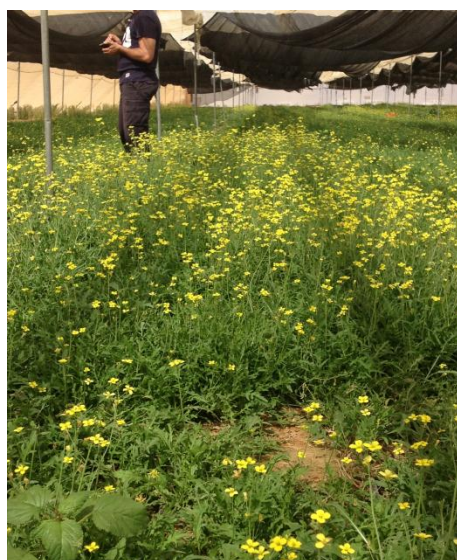
בוצע ניסוי להערכת משך זמן המחזור על פי הזמן בין הקצירים. הוגדרו שלוש רמות של זמן מהקציר האחרון: הראשונה 10-11 ימים מהקטיף האחרון (איור 12 ימין), השנייה בין 14-15 ימים והשלישית בין 18-19 ימים (איור 12 שמאל). נבחרה חלקה ייעודית לניסוי בכדי לשמור על אחידות בפני השטח ולנטרל גורמים משפיעים אחרים כגון כמויות מים שונות וחיפה שונה לשמש.

טבלה 8 : תוצאות חקר העבודה בניסוי.

טבלה 9 : זמני מחזור קציר במועדים שונים.

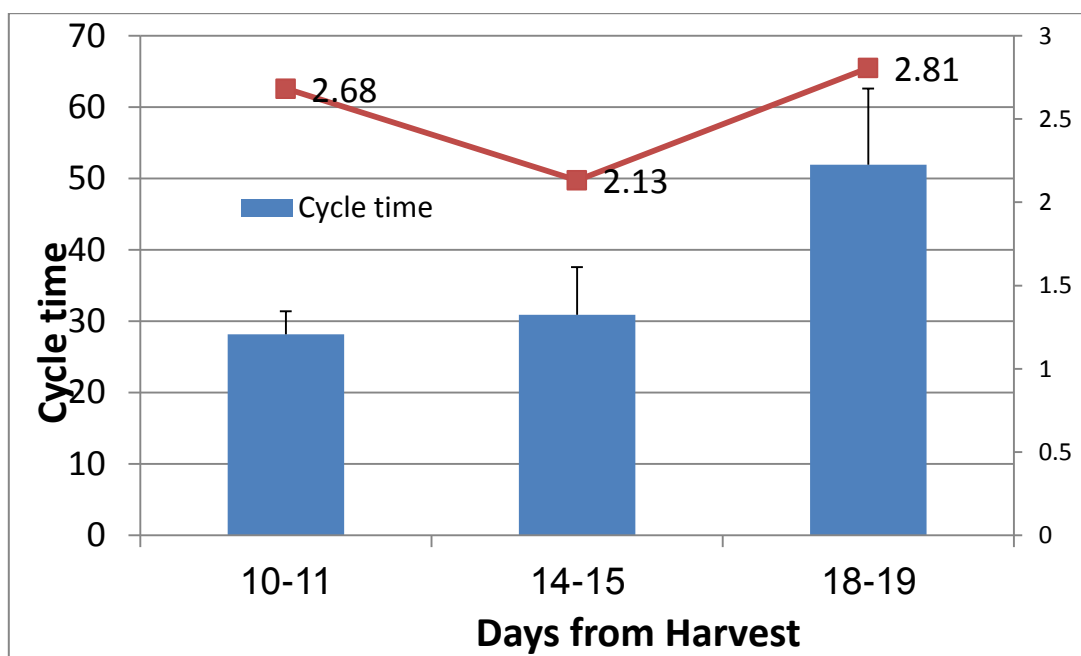
מדידה	חיתוך	ניקוי	זמן מחזור
1	37.39	21.88	70.39
2	14.68	22.02	47.13
3	9.63	8.15	37.06

מדדים	קבוצה א' (ניעור בשטח)	קבוצה ב' (ניעור בבית האריזה)
סה"כ שטח שנמדד (מ"ר)	26.25	
זמן בשטח בדקות אדם	67.12	37.5
זמן בבית האריזה בדקות אדם	0	62.88
זמן להכנת התפוקה בדקות אדם	67.12	100.38
סה"כ תנובה מהשדה (ק"ג)	13.32	31.91
תנובה סופית לאחר פחת (ק"ג)	13.32	14.5
סה"כ תוצרת סופית לדונם (ק"ג)	507.43	552.19
דקות אדם בשדה לדונם	2557	1428.6
סה"כ זמן בדקות אדם לדונם	2556	3824
דקות אדם לק"ג יבול	5.04	6.93
ממוצע משקל אגד (בגרם)	85.5	80.24
סטיית תקן משקל אגד (בגרם)	11.1	11.5
תפוקה לשעה לאדם (ק"ג)	11.91	8.66
תפוקה לשעה לאדם (אגדים)	139	108



איור 12 : מצב פריחה בחלקות אחרי 10-11 ימים (ימין) ו-18-19 ימים (שמאל).

נמצא כי ישנה השפעה מובהקת סטטיסטית ברמת 5% של הזמן מהקטיף האחרון על זמן העבודה. ככל שהזמן מהקטיף האחרון גדל זמן העבודה מתארך (איור 13). זמן המחזור המנורמל ליום המיטבי הינו 2.13 שניות כאשר הזמן בין הקטיפים הינו כ- 14.5 ימים. תדירות הקציר המיטבית הינה אחת לכ- 14-15 ימים. במצב זה זמן העבודה החודשי או השנתי יהיה הנמוך ביותר.



איור 13 : זמן מחזור קטיף עבור מרווחי קטיפים.

3.3 עומסי עבודה וביומכאניקה

3.3.1 פלפל

מידת העומס בפעולת קטיף הפרי: נבחנה מידת העומס בפעולת קטיף הפרי במספר אופנים: חיתוך באמצעות מזמרה ישנה, חיתוך באמצעות מזמרה חדשה ופעולת תלישת הפרי. בחינת העומס בוצעה באמצעות שיטת ה Strain Index (SI)-. נבדקה עוצמת המאמץ על פי הכח המירבי אותו יכול העובד להפעיל על ידיות מזמרה. המדידה בוצעה על 3 עובדים שונים בעזרת במכשיר למדידת כוח דינמומטר אנלוגי. נמצא כי הכח המירבי הממוצע הינו 398.28 N. בוצעו ניסויים למציאת הכוח הנדרש לצורך ביצוע המשימה- חיתוך הפרי או תלישה. חושב ממוצע של 10 מדידות מכל פעולה. חושב אחוז הכוח הנדרש מתוך הכוח המקסימאלי אותו העובד מסוגל להפעיל. על פי טבלאות השיטה נקבע דירוג הפעולה בהתאם לאחוזים המחושבים והניקוד. התוצאות מסוכמות בטבלה 10 :

טבלה 10: ריכוז תוצאות עוצמת המאמץ עבור חיתוך ותלישה.

ניקוד	דירוג	כוח נדרש (%) מכוח מכסמלי	כוח נדרש (N)	
1	light	8.8	35.34	חיתוך-מזמרה חדשה
1	light	8.8	35.4	חיתוך-מזמרה ישנה
1	light	<10%	42.23	תלישה*

ממחקרים שבוצעו נמצא כי עבודות בעלות מדד SI Score של 5 ומעלה מזוהות עם הפרעות שלד-שריר. עבודות בעלות מדד SI Score של 3 ומטה הן בעלות סיכון נמוך לגרימת הפרעות שלד שריר מכל הסוגים. על סמך זאת

והבדיקות שבוצעו לשלב הקטיף נמצא העומס הנגרם לעובד בפעולת החיתוך בשימוש במזמרה וגם בפעולת התלישה הוא בעל סיכון נמוך לגרימת הפרעות שלד-שריר.

בחירת העומס בתהליך העמסה: תהליך העמסת הארגזים מבוצע באופן מרוכז על ידי כלל העובדים בסיום עבודת הקטיף בחממה, למעשה הארגזים במהלך עבודת הקטיף מרוכזים בסוף כל שורת גידול ובסיום הקטיף משונעים לטרקטור ושם מועמסים. העומס המופעל על העובדים כתוצאה מהעמסת הארגזים לטרקטור נבחן באמצעות משוואת NIOSH לבחינת העומס על אדם בזמן הרמת משא. תנועת העובד בזמן העמסת הארגזים לטרקטור הינה מינימאלית שכן, העובד עומד קרוב לטרקטור ומעמיס כל ארגז מהעגלה אשר עומדת על ידו לטרקטור. סידור הארגזים על גבי הטרקטור הינו באופן שכל ארבעה ארגזים מונחים זה על זה. אופן שינוע הארגזים לטרקטור מבוצע ע"י שני סוגים של עגלות: (1) עגלה גדולה אשר על גביה מועמסים 12 ארגזים, במערך של 3 טורים בכל טור 4 ארגזים זה על זה. (2) עגלה קטנה אשר על גביה מועמסים 8 ארגזים, ב-2 טורים, 4 ארגזים בכל טור. פריקת הארגזים מבוצעת באופן הבא: הארגז העליון ביותר על גבי העגלה מועמס במיקום התחתון ביותר על גבי הטרקטור, הארגז אשר הונח מתחתיו ע"י העגלה (גובה 3) הועמס על הארגז התחתון ביותר בטרקטור (גובה 2) וכן הלאה. נמדדו מספר פרמטרים לצורך שימוש המודל: גובה הטרקטור מהרצפה עד למשטח הארגזים – 89 ס"מ. משקל ממוצע של ארגז – 8 ק"ג. משקל מירבי – 10.5 ק"ג. מימדי הארגז: $W=32\text{cm}$, $L=54\text{cm}$, $H=18\text{cm}$.

מאחר וקיימת שונות רבה בין העובדים השונים והן עבור אותו עובד בזמנים שונים. אופן פריקת הארגזים משתנה בין תהליכי הפריקה השונים ואף באותו תהליך הפריקה. מספר הארגזים אשר כל עובד פורק לטרקטור משתנה בין פריקה לפריקה ונע בין 1-3 ארגזים לפעולת פריקה אחת. כמו כן גם סוג העגלה בה העובד משתמש שונה עבור כל עובד. לכן בוצעה חלוקה ל-4 מקרים וכל אחד מהם נבחן באמצעות שיטת NIOSH: 1. פריקת ארגזים בודדים מעגלה גדולה לטרקטור. 2. פריקת ארגזים בודדים מעגלה קטנה לטרקטור. 3. פריקת שני ארגזים במקביל מעגלה גדולה לטרקטור. 4. פריקת שני ארגזים במקביל מעגלה קטנה לטרקטור. טבלה 11 מרכזת את תוצאות ערכי CLI של שיטת NIOSH לארבעת המקרים. נמצא כי בכל המקרים בכל המקרים העובד מפעיל מאמץ פיזי רב החורג מהמאמץ המומלץ על פי מודל NIOSH אך במקרים 3 ו-4 בהם מועמסים שני ארגזים בו זמנית המאמץ הפיזי הינו גבוה ומסכן את העובד. יש לציין שמבחן NIOSH בהגדרה שלו הוא מבחן שמחמיר לכן בדקנו גם במבחן Snook במבחן זה המשקל המותר ל 75% מאוכלוסיית גברים הוא כ 12 ק"ג. מאחר ומשקל ארגזים ששקלנו (ככל המחקרים שנה) נעה בן 9 ל 13 ק"ג נמליץ לא להרים שני ארגזים. בנוסף נמצא כי לא קיים הבדל בתדירות פריקת ארגזים בודדים מעגלה קטנה או מעגלה גדולה מאחר ותהליך הפריקה אינו מורכב רק מפריקת ארגזים אלא גם ממשימות אחרות כגון הליכה לחממה, העמסת ארגזים לעגלה והליכה לטרקטור. משך זמן המשימות הנלוות ומשך זמן הפריקה מתארך עם העמסת מספר ארגזים רב יותר. כמו כן, העובד מפעיל מאמץ רב יותר בפריקת ארגזים מעגלה גדולה מאשר מעגלה קטנה, ללא תלות במספר הארגזים שהוא מרים. ההבדל בין עגלה קטנה לגדולה מבחינת העומס על העובד הינו רק במרחק ההרמה אשר קטן יותר בעגלה קטנה. על פי מודל NIOSH נמצא כי המשקל אשר יביא לעומס תקין הוא משקל ממוצע לארגז של כ- 10 ק"ג ומשקל הרמה המקסימאלי של 12 ק"ג. במקרה זה יתקבל כי $LCI=0.73$. על פי הניתוחים שבוצעו, יש לבצע פריקת ארגזים בודדים בלבד מעגלה קטנה לטרקטור כאשר מרחק נשיאת הארגז מגוף העובד לא תעלה כל 25 ס"מ. אופן עבודה זה יביא לעומס פיזי קטן על העובד וימנע סיכון לבריאות העובד. המלצות אלו נכונות גם לעבודה בעגבניות (מאחר והן רק קשורות למשקל הארגז ומבנה העגלות נשיאה ועגלת טרקטור).

בנוסף נמצא שכאשר עובד דוחף יותר משלושה ארגזים על משטח עגלת הטרקטור, העובד עשוי להיות שרוי בסיכון בריאותי. לפיכך, נמליץ להנחות את העובדים לדחוף עד שלושה ארגזים בו זמנית.

טבלה 11 : ערכי CLI עבור ארבעת מקרי ההעמסה

מקרה העמסה	1	2	3	4
CLI	1.22	1.26	1.79	1.74

3.3.2 עגבניה

עבור ניתוח עומסים הנגרמים עקב הרמה של משקל נעשה שימוש בשיטת NIOSH, עבור ניתוח עומסים הנגרמים עקב מאמץ בפעולות שונות נעשה שימוש בשיטות: OWAS, REBA ו- Strain Index אשר מופקים באמצעות התוכנה. עבור מבחני הרמה/הורדה, דחיפה/משיכה נעשה שימוש בטבלאות בשיטת Snook Table ולא באמצעות התוכנה. מספר תהליכים נותחו:

דחיפת עגלה עם כמויות שונות של ארגזים

איור 14 ממחיש דחיפת עגלה עם כמויות ארגזים שונות. כוח הדחיפה שנמדד בדחיפת העגלה עמד על 4.5 ק"ג כאשר מועמס ארגז אחד מלא על העגלה ו-13 ק"ג כאשר מועמסים 6 ארגזים מלאים על העגלה. נתונים אלה התקבלו באמצעות מדידה של דחיפת עגלה עם מספר משתנה של ארגזים מועמסים באמצעות מכשיר מד-כוח. מבחינת דחיפה בעומסים אלו העובד לא שרוי בסיכון בריאותי (לפי Snook) אך במבחן STRAIN INDEX קיימת בעייתיות בתנוחה זו, במידה והעובד ישהה בה זמן רב, יהיו לכך השלכות בריאותיות בעתיד ועל כן, נמליץ לעובד ליישר את הגב בזמן פעילות זו ובכך למנוע סיכונים בריאותיים כלשהם בעתיד.



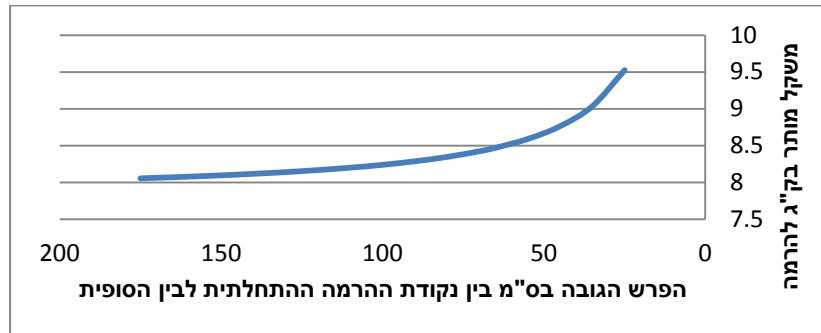
איור 14 : דחיפת עגלה עם כמויות שונות של ארגזים

הרמה של ארגז מהעגלה האישית אל משטח עגלת הטרקטור

מניתוח המדידות מחקר העבודה נמצא כי מתבצעת הרמה של ארגז אל משטח הטרקטור במוצע כל 8 ש" או 6-7 הרמות בדקה, ע"פ נתוני המדידות, לפי קרטיון snook המשקל המותר הוא 12 ק"ג ולפי קרטיון NIOSH המשקל המקסימאלי המותר הוא כ 9 ק"ג. כאשר המשקל המקסימאלי לארגז שמדדנו בשטח היה 12.5 ק"ג. אנחנו ממלצים לא להרים יותר מארגז אחד (שני ארגזים מגיעים למשקל המקסימום). וגם עבור ארגז אחד להוריד את העומס על ידי עבודה נכונה יותר, נמליץ להקטין את מרחק ההרמה של הארגז ככל הניתן ובכך להגדיל את המשקל המקסימאלי המותר להרמה.

בניתוחי רגישות עבור המשתנים של משוואת NIOSH, עולה, כי המשקל המירבי להרמה שניתן לקבל נע סביב 75 ס"מ מעל הקרקע, כלומר, כאשר נקודת תחילת ההרמה בגובה המותניים משקל ההרמה המותר יהיה המקסימאלי. על פי הממצאים, נקודת ההרמה ההתחלתית בפעולת העובד הנוכחית עומדת על 65 ס"מ וקרובה יחסית לנקודת

המקסימום. ההפרש בין הגובה של נקודת ההרמה המקורית ושל גובה המיקום שבו האובייקט ממוקם בסוף ההרמה מובא באיור 15. ככל שהמרחק הפרש הגובה בין הנקודה ההתחלתית לסופית קטן יותר המשקל המותר להרמה גדול יותר. נקודת ההרמה ההתחלתית בפעולת העובד הנוכחית עומדת על 40 ס"מ. על פי NIOSH במידה ומשקל הארגז עולה על 8.88 ק"ג הסיכון הבריאותי בו שרוי העובד הולך ועולה. על כן נמליץ להפחית את משקל הארגז לכל היותר ל- 9 ק"ג בממוצע.



איור 15 : משקל הרמה מותר ביחס להפרשי גובה ההרמה.

תנוחת העובד בעת ביצוע פעולות ההדליה

בניתוח התוצאות עבור תנוחת העובד כשידיו מ-90° ומעלה (איור 16), משך המאמץ חושב ע"פ חישוב אחוז הזמן המושקע בשוטים ובליפוף ונמצא שהוא 75% וכי פעולה מסכנת את העובד בסיכון גבוה. בנוסף תנוחת העובד על גבי עגלה בגובה של 65 ס"מ, בקרקע לא יציבה וללא תמיכה, מעמידה את העובד בתנאים קשים. מאחר ופעולה זו מתבצעת בתדירות גבוהה ישנה חשיבות גבוהה למציאת חלופה לפעולה זו. בבדיקת עבודה בזוויות ידיים קטנות יותר נמצא תוך שימוש במבחן REBA כי כאשר תנוחת העובד משתפרת וזווית של תנוחת היד נעה בין 75° ל-90° רמת הסיכון הבריאותי קטנה משמעותית. בניתוח התוצאות עבור תנוחת העובד עם כיפוף של מעל 60° לצמח ע"פ מבחן REBA נמצא כי הוא תחת סיכון בריאותי בינוני ויש לשפר את מאפייני התנוחה אך לא ניתן למזער את הסיכון הבריאותי באופן משמעותי בפעולה זו עקב מאפייניה. בתנוחת העובד עם כיפוף של 20° - 60° ניתוח תוצאות מבחן REBA מראה כי כאשר תנוחת העובד משתפרת ופעולת ההדליה נעשית עם כיפוף של בין 20° - 60° הסיכון הבריאותי קטן.



איור 16 : ביצוע ליפוף.

בדיקת תנוחת קטיף כאשר הפרי בגובה 0 עד 30 ס"מ

על פי מבחן REBA נמצא כי כאשר העובד נמצא בתנוחה זו הוא נמצא בסיכון בריאותי גבוה אשר דורש שינוי מהיר במאפייני התנוחה. נמליץ לבצע את הקטיף בגובה זה בתנוחת כריעה אשר תקטין את הסיכון הבריאותי. נמליץ לעובד לא לבצע תנוחה זו באופן ממושך על מנת למנוע סיכון זה באופן מתמשך ובנוסף נמליץ לעובד ליישר את הגב לעיתים תכופות ולעבוד עם חגורת גב אשר מונעת כיפוף מסוכן מעין זה. עבודה בתנוחה זאת איטית יותר מאשר בשיטה של כיפוף גב אך בריאה יותר לגב של העובד (איור 17 ימין).

בדיקת תנוחת קטיף כאשר הפרי בגובה 30 עד 60 ס"מ

על פי מבחן REBA נמצא כי כאשר העובד נמצא בתנוחה זו הוא נמצא בסיכון בריאותי בינוני ויש לשפר את מאפייני התנוחה. ניתן לשפר את מאפייני תנוחה זו על שינוי העמידה לכריעה אך רמת הסיכון לא תשתנה (רמה 4) וניראה כי אין אפשרות לשפר את רמת הסיכון באופן משמעותי. נמליץ לעובד לא לבצע תנוחה זו (איור 17 שמאל) באופן ממושך על מנת למנוע סיכון זה באופן מתמשך ובנוסף נמליץ לעובד ליישר את הגב לעיתים תכופות. כאשר העובד מבצע קטיף עליון, כאשר גובה הפרי הוא בגובה המותניים, הוא נמצא בסיכון בריאותי נמוך (רמה 2) אשר איננה מסכנת את בריאותו של העובד.



איור 17 : תנוחות העובד בביצוע קטיף.

תהליך החשיפה

האלמנט העיקרי בתהליך נחשיפה הינו אלמנט הגיזום (איור 18 ימין), מטרתו הסרת העלים שגדלו מסביב לעגבניות וחשיפתן טרם ביצוע הקטיף. תהליך החשיפה מתבצע כ-3 פעמים בעונה. על-אף תדירות נמוכה זו הוחלט לחקור תנוחה זו בכדי לוודא כי אין בה סיכון ממשי ומיידי לעובדים. העבודה מבוצעת בכפיפה קלה ולאורך זמן. בוצע מבחן REBA (נספח 4.8) והתקבל הערך 5 - סיכון בינוני המצריך שינוי. בנוסף, בוצע מבחן OWAS והתקבל הערך 2- יש לבצע שינוי בתנוחת העובד בהקדם. מנייתוח חלופות אחרות לתנוחה זו לא הושג שיפור משמעותי אך בכדי להקל על העומס שחוזה העובד נמליץ לבצע יישור גב לעיתים תכופות, ביצוע הפסקות קצרות ועבודה עם חגורת גב.

בשלב איסוף העלים (איור 18 מרכז ושמאל), בוצע מבחן REBA והתקבל הערך 6 - סיכון בינוני המצריך שינוי. מביצוע מבחן NIOSH נמצא כי תוצאת המשקל המומלץ להרמה (RWL) שאותו העובד יכול להרים בפרק זמן של שמונה שעות מבלי להגביר סיכון בריאותי משמעותי לגב התחתון היא 10.14 ק"ג. תוצאת אינדקס ההרמה (LI) המודד את היחס בין המשקל הנוכחי למותר הינה 0.3 - אין חריגה מהמשקל המותר. מכיוון שתכיפות ביצוע האלמנט איננה גבוהה במהלך יום עבודה ולאורך העונה כולה לא ניתן ליחס לתוצאה זו משקל רב.



איור 18 : ימין) שלב הגיזום בתהליך חשיפת הפירות, מרכז) הרמת ואיסוף העלים, שמאל) העמסת המריצה בעלים.

תהליך ההנמכה

בתהליך זה נותחו תנועות העובדים בעת עבודתם על עגלת טיפולי גובה, בגובה 180 ס"מ מעל פני הקרקע. האלמנט העיקרי שזוהה הינו פעולת ההנמכה שבמהלכה העובד מאריך את החוט עליו תלוי הצמח, מקבע את הרולר מחדש על תיל ברזל שבתקרת החממה ומסיטו על גבי הרולר בכדי לשמור על הזווית המקורית בה גדל הצמח (איור 19). מביצוע מבחן REBA התקבל הערך 7 - סיכון בינוני שדורש שינוי בעתיד הקרוב.



איור 19 : תהליך ההנמכה.

השפעת פציעות כתוצאה מעומסים על העובדים בחקלאות (case study)

במהלך ביצוע המחקר אחד העובדים קיבל פציעת גב כתוצאה מעומס עבודה בקטיף. הפציעה מגבילה מאוד את העובד בקטיף תחתון שכן פעולת ההתכופפות עבורו צורכת זמן רב יותר. על מנת להראות את ההשפעה שיכולה להיות לפגיעות ולעומס על העובדים נמדד עובד זה לאחר קבלת הפציעה והנתונים הושו למדידות של אותו עובד לפני הופעת הפציעה. ההשוואה בוצעה על ידי מבחן Anova חד כיווני שבו נבדקה השפעת הפציעה על זמן הקטיף. נמצא כי קיים הבדל סטטיסטי מובהק ($\alpha=0.01$) בזמן הקטיף ובתפוקה לפני ואחרי הפציעה. לפני הפציעה זמן הקטיף הממוצע היה 2.49 ש' והתפוקה 13 עגבניות לדקה ולאחר הפציעה זמן הקטיף היה במוצע 3.38 ש' והתפוקה כ- 11 עגבניות בדקה, עליה של 26% וירידה של 18% בהתאמה.

3.3.3 תבלינים

רוקולה

בהשוואת תנוחת העבודה בניקוי רובולה בשדה ובבית האריזה (איור 20) נמצא כי בשדה העובד נמצא בתנוחת ישיבה שפופה כאשר הברכיים מקופלות ושתי הרגליים על הקרקע. הגב נמצא בכיפוף קדימה בכדי לשמור על שיווי משקל ולצורך ההתעסקות עם האגד. גם הצוואר מכופף קדימה. הידיים שלוחות קדימה עם כפוף במרפקים וכפות הידיים בתנועות סיבוביות. בבית האריזה העובד נמצא בתנוחת עמידה עם שתי רגליים על הקרקע. הגב בכיפוף קל קדימה כלפי שולחן העבודה. הצוואר גם בכיפוף קל. שתי הידיים שלוחות קדימה עם כיפוף במרפקים. כפות הידיים בתנועות סיבוביות. במבחן REBA לתנוחת העבודה בבית האריזה התקבל הציון 3 (בסולם של עד 11). משמעותו כי העובד נמצא תחת סיכון בריאותי נמוך ובעתיד יש צורך בבדיקה נוספת שבעקבותיה ייתכנו שינויים. ניתן להקטין החשיפה לסיכון על ידי הקטנה בכיפוף הגב והצוואר. בתנוחת העבודה בשדה התקבל הציון 8. משמעותו כי העובד נמצא תחת סיכון בריאותי גבוה ויש לחקור ולשנות את הרגלי העבודה.



איור 20 : תנוחת עבודה בשדה ובבית אריזה בניקוי אגדי רוקולה.

על פי תוצאות המבחנים הביומכניים, העובד נמצא תחת סיכון גבוה כאשר מבצע את אלמנט ניקוי האגד בשדה מאשר בעת ביצוע אלמנט זה בבית האריזה. במידה ונעביר את אלמנט הניקוי לבית האריזה נחסוך זמן רב בשדה (כ-79%, סעיף 3.2.3) אך זמן התהליך הכולל יהיה ארוך יותר ב 50%. לאחר ניתוח עומסי העבודה נמצא כי העברת פעולת ניקוי הזר לבית האריזה תקצר ב 79% את הזמן בו העובד נמצא תחת סיכון גבוה בעת עבודתו ותאריך את הזמן הכולל שהעובד נמצא תחת עומס כלשהו (זמן העבודה הכולל) כאשר מדובר בעומס נמוך.

3.4 פיתוח תחשיב החזר הון למכונת שתילה לתבלינים

בוצעה השוואה של שתילה ידני לממוכנת בענף הרוקולה. חקרי עבודה מקדמיים בענף הירקות הראו שעובד שותל ביד כ-8000 שתילים ביום עבודה בממוצע. לעומת זאת, עובד מיומן שותל בעזרת מכונת שתילה המיועדת

לשתילה באדמות יבשות בין 60 ל- 70 שתילים בדקה המסתכמים ל-33,600 שתילים ביום עבודה של 8 שעות. ממצאים אלו תואמים לפרסומים בקטלוגים של חברות מסחריות. בבדיקות שבוצעו במשק נמצא כי יחס קצב השתילה הוא 1:7.738 למכנות השתילה. מאחר והשתילה הממוכנת מבוצעת על ידי שני עובדים, אחד מפעיל את המכונה ושני אשר מבקר ומתקן את תהליך השתילה יחס קצב השתילה הוא 1:3.87. ממצא זה תואם את דברי החקלאים לגבי שימוש ב-1/4 מכמות כ"א הנדרשת כיום בשתילה ידנית.

בחישוב זמן החזר ההשקעה (ROI) הכולל את עלות רכישת המכונה (כ- 96,000 ₪), עלות צריכת דלק שעתית (15₪), עלות שכר עבודה, עלות אחזקה שנתית (2000 ₪), עלות מים נוספת עקב דרישה בהפעלת המכונה (100 ₪ לדונם) ועלויות זריעה. בנוסף התחשיב התייחס ל"קרחות" עקב חוסר נביטה בכ- 5% משטח הזריעה. פיתוח משוואת התחשיב בוצעה בתוכנת אקסל (איור 21).

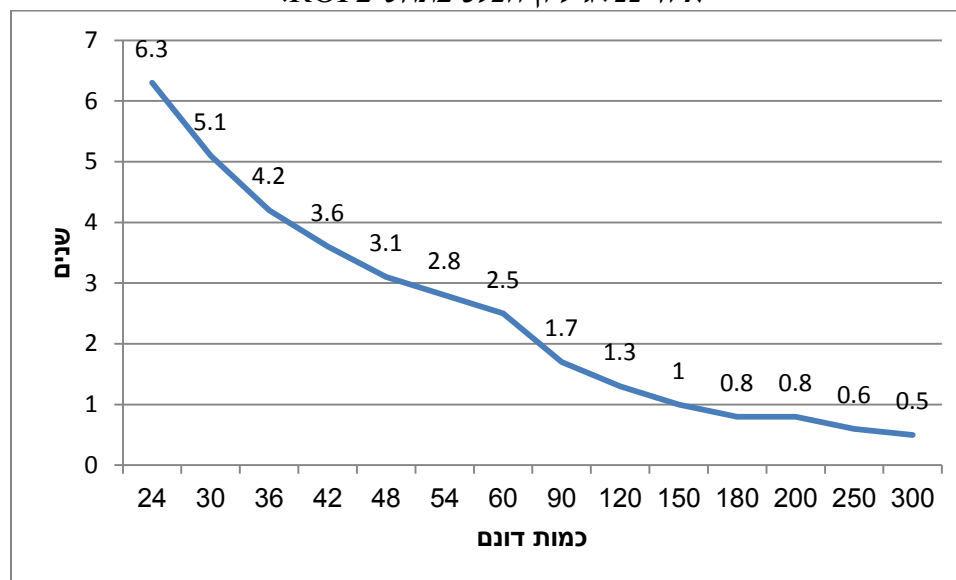
אנא, הכנס נתונים אל התאים המודגשים בצבע ורוד									
שעות שתילה	כמות שתילים סה"כ	דונם(כמות)	כמות שתילים בדונם	לדונם(זמן שתילה)	סוג	יחיד	מכונה	חישוב חסכון שנתי	
400	2500000	50	50000	8	עירית	1800	1800	שעות שתילה	
200	1000000	50	20000	4	טרגון	300	315	שטח גידול בדונם	
200	1000000	50	20000	4	בזיל	0	7.5	מחיר דלק (ליטר)	
400	2000000	50	40000	8	קורנית	23.5	23.5	מחיר שעת עובד	
200	1000000	50	20000	4	מנטה	2.5	2.5	מחיר מים (ק"ב)	
400	2500000	50	50000	8	רוקולה		80	תוספת מים לשבוע ראשון	
1800	10000000	300	סה"כ דונם		סה"כ דונם	11	10	מחיר מגש (יחיד 442, מכונה 220)	
							2000	עלויות אחזקה שנתית	
							27000	עלויות דלק	
								מענק משרד החקלאות	
						0	31500	עלויות מים (שבוע ראשון- 40 ק"ב לדונם)	
						זהה		עלויות זרעים- משתלה חיצונית	
							0	עלויות זרעים- משתלה פנימית	
						338400	88830	עלויות עובדים	
						15000		מגשי שתילה	
						353400	149330	עלויות סופיות	
						204070		חסכון שנתי	
							96000	מחיר השקעה	

איור 21: גיליון הקלט לחישוב ROI.

הפלט התחשיב כולל את תקופה החזר ההשקעה על רכישת המכונה ועל כדאיות הרכישה (איור 22). בנוסף ניתן לקבל מידע גם על שיעור התשואה הפנימית אשר מהווה מדד לבחינת כדאיות ביצוע השקעות. המדד מצביע על יעילותה ואיכותה של השקעה ספציפית, לעומת ערך ה-NPV אשר מצביע על ערכה וגודלה. דוגמא לתחשיב משך החזר ההון כתלות בגודל השטח מובאת באיור 23.

	A	B	C	D	E	F
1						
2		מכונת שתילה				
3		הנחות				
4		מיסים	7.0%			
5		ריבית שנתית	10.0%			
6		פחת מכונות-מגן פחת	25.0%			
7						
8						
9		נתונים	Yr0	Yr1	Yr2	Yr3
10		חסכון שנתי		69163	69163	69163
11		חסכון שנתי לפני מיסים		69,163	69,163	69,163
12		פחת מכונה לצורך מס		24,000	24,000	24,000
13		הפחתת מס שנתית	-	3,161	3,161	3,161
14		מחיר השקעה	(96,000)			
15		רווח לשנה	(96,000)	66,002	66,002	66,002
16						
17		תזרים הכנסות/הוצאות		Yr1	Yr2	Yr3
18		פירוט הכנסות/הוצאות	(96,000)	(29,998)	36,003	102,005
19		זמן מותר להחזר השקעה		1.0	0.5	-
20						
21		חישובים				
22		תקופת החזר השקעה	1.5 Years			
25						

איור 22 : גיליון הפלט בתחשיב ROI.



איור 23 : דוגמה לזמן החזר ההון.

3.5 ניסוי זוויות הדלייה בעגבניה

3.5.1 חקר עבודה

נבדקו משכי זמן האלמנטים בין זוויות הגידול השונות לאחר איחוד הימים. באלמנט הליפוף נמצא כי אין הבדל בין משכי האלמנט בזוויות הגידול השונות ברמת מובהקות של 5%. בטבלה 12 מובאים עיקרי תוצאות הליפוף עבור זוויות הגידול השונות.

טבלה 12: נתוני אלמנט הליפוף בזווית הגידול השונות.

ליפוף	30	60	90	30 גובה
N	155	636	839	465
ממוצע	5.58	5.533	5.502	5.503
סטיית תקן	2.262	2.723	2.363	2.616
N רצוי	178.9553	263.7557	200.8696	246.0959
% זמן מהתהליך	63	49	52	49

בבחינת אלמנט השוץ בזוויות הגידול השונות בתהליך ההדלייה נמצא הבדל מובהק. משך אלמנט השוץ הוא הקצר ביותר (3.79 שניות בממוצע) בזווית 30° כאשר התהליך מתבצע על הקרקע, אין הבדל בין משך האלמנט בזוויות גידול 60 ו-90 אך הוא ארוך יותר (4.69 ו-4.74 שניות בממוצע בהתאמה) מאשר בזווית 30° על הקרקע, ומשך ביצוע האלמנט הוא הארוך ביותר (6.41 שניות בממוצע) כאשר מתבצע בגובה (בזווית 30°, טבלה 13). על פי אלמנט זה, יש לגדל בזווית של 30° על פני הקרקע על-מנת לקצר את משך העבודה.

טבלה 13: נתוני אלמנט השוץ בזוויות הגידול השונות.

שוץ	30	60	90	30 גובה
N	90	461	624	261
ממוצע	3.79	4.74	4.69	6.41
סטיית תקן	2.008	3.526	2.713	4.38
N רצוי	305.6869	602.6093	364.4029	508.4638
% זמן מהתהליך	23	37	34	32

בניתוח תהליך ההנמכה נמצא כי ברמת מובהקות של 5% קיים הבדל בין משכי אלמנט ההנמכה בזוויות הגידול השונות. בזווית גידול של 90° אלמנט ההנמכה הוא הקצר ביותר (7.04 שניות בממוצע), וארוך ביותר בזווית 60° (29.8 שניות בממוצע). מבחינת אלמנט זה בלבד, נעדיף זווית גידול של 90° על-מנת לקצר את משך העבודה (טבלה 14). בבחינת אלמנט השוץ בזוויות הגידול (טבלה 15), השונות בתהליך ההנמכה נמצא כי ב-30° משך האלמנט קצר באופן מובהק בזווית 30° בהשוואה ל-60 ו-90 (*). ממצאים אלו דומים לאלו שהתקבלו בביצוע המבחן על אלמנט השוץ בתהליך ההדליה. בתהליך חשיפת העלים, נמצא כי אין הבדל בין משכי אלמנט הגזימה בזוויות הגידול השונות. *הערה: הנתונים בזווית 90° נלקחו מפרויקט קודם. ניתן לראות הבדלים מהותיים בין משכי זמן ההנמכה בין הפרויקט הנוכחי לקודם אשר ככל הנראה נובעים מתנאי סביבה שונים, מודדים שונים, עובדים שונים וגורמים נוספים. לפי הנתונים שנמדדו בפרויקט זה בלבד נעדיף גידול של 30° על-מנת לקצר את משך העבודה. כמו כן, יש לציין כי בגידול בזווית של 30° ההנמכה נעשתה בשלב המאוחר ביותר ולכן ייתכן ובעונת גידול שלמה יצרוך גידול בזווית זו פחות טיפולי הנמכות.

בטבלה 16 מובא סיכום זמני העבודה של התהליכים השונים עבור זוויות גידול שונות. בניתוח הנתונים נמצא כי גידול בזווית הדלייה של 30° בכל תהליכי הגידול עדיפה מכיוון שמשכי זמני האלמנטים שנחקרו הם הקצרים ביותר.

בנוסף, מאחר ותהליך ההדליה מתבצע ברמה שבועית הוא מהווה את עיקר עבודת החקלאים במהלך עונת הגידול, בשקלול זמני העבודה ותדירות התהליכים זווית זו עדיפה לגידול.

טבלה 14 : נתוני ההנמכה בזווית הגידול השונות. טבלה 15 : נתוני שוץ בהנמכה בזווית הגידול השונות.

90	60	30	שוץ
261	82	107	N
13.605	14.463	10.122	ממוצע
7.924	3.908	4.458	סטיית תקן
369.4194	79.50972	211.2396	N רצוי
59	20	18	% זמן מהתהליך

90	60	30	הנמכה
276	100	183	N
7.04	29.8	21.557	ממוצע
5.004	13.536	12.3	סטיית תקן
550.1957	224.686	354.5369	N רצוי
32	70	66	% זמן מהתהליך

טבלה 16 : סיכום התהליכים עבור זווית ההדלייה השונות.

חשיפה		הנמכה				הדליה				תהליך	
גזימה		שוץ		הנמכה		ליפוף		שוץ		אלמנט	
%	t [s]	%	t [s]	%	t [s]	%	t [s]	%	t [s]		
78	31.99	18	10.1	66	21.6	63	5.58	23	3.79	30	זווית
97	32.18	20	14.5	70	29.8	49	5.53	37	4.74	60	
80	29.43	59	13.6	32	7	52	5.5	34	4.69	90	
-	-	-	-	-	-	49	5.5	32	6.41	30 גובה	
2-3		2-3				25				תדירות תהליך	
אין הבדל		30		90		אין הבדל		30		זווית מומלצת	

3.5.2 ניתוח תפוקות היבול

הוגדרו 3 חלקות בגודל של כ-2.28 מ"ר אחת לכל זווית הדלייה, ומהן נמדדה תנובת הפרי. נמדד משקל היבול של עגבניות הראויות לשיווק שנקטפו בתום כל יום קטיף. בכל זווית הדלייה, נמדדו 16 ימי קטיף החל מהקטיף הראשון בכדי לבצע השוואה נאותה לתפוקות הקטיף בזוויות השונות במשך תקופה זהה. רמת היבול הגבוהה ביותר התקבלה בזווית הדלייה של 60° (כ-66 ק"ג) והנמוכה ביותר בזווית הדלייה של 90° (35 ק"ג). נמצא כי ההבדל ברמת היבול בין ההדליה ב-90° לשתיים האחרות מובהק. בזווית הדלייה של 60° רמת היהול היתה כ-56 ק"ג.

4 סיכום ומסקנות

בוצע חקר שיטות וחקר עבודה של תהליך הקטיף וההדלייה בעגבניות אשכולות, עגבניות שרי, עגבניות בודדות, ופלפל ובתהליך הקציר השתילה והאריזה בבית האריזה בתבלינים. נערכו מדידות עומסי עבודה פיסיולוגיים של עובדים בשלבים הללו ומדידות מטאורולוגיות (טמפרטורה, לחות יחסית, קרינה ורוח) בסביבת העבודה. כמו כן בוצעו מדידת הכוח הנדרש לקטיף בשיטות שונות ולהרמה ודחיפה של ארגזים ועגלות בתהליכים השונים בוצעו חישובים של עומסי עבודה, ביומכאניקה ורמות סיכון לתהליכים ותנוחות עבודה שונים.

בעגבניות, התוצאות הראו כי בשני התהליכים, תפוקת העובד קטנה עם העלייה בטמפרטורה, הירידה בלחות היחסית והעלייה בדופק באופן מובהק סטטיסטי אם כי הקשר הינו חלש. האלמנטים היצרניים, קטיף וקיטום עלים וענפים מהווים פחות מ-58% מסך הזמן המושקע. בנוסף, נמצא כי גובה העגבניות משפיע באופן מובהק על זמן הקטיף

וכי בפירות נמוכים הזמן ארוך בכ- 20% מאשר בפירות גבוהים וכי שימוש בעגלה בשורות מקצר מאוד את זמן השינוע בהשוואה לשינוע ידני. בהדליה, האלמנטים המרכזיים הינם ליפוף הצמח סביב החוט, ביצוע שוצים באופן ידני ותנועה על גבי העגלה בתוך השביל והם מהווים 85.9% מסך הזמן. מספר העגבניות האופטימלי להחזקה בין הנחה בארגז עומדת על 4 ותגדיל התפוקה בכ- 20% בהשוואה למצב הקיים בו מחזיקים 2.23 עגבניות בממוצע. השימוש בעגלה כמשטח גובה להדליה פוגע בתפוקת הפועלים בכ- 44% ויש למצוא פיתרון או חלופה לשימוש בעגלות הדליה בכדי שלא תיפגע תפוקת העובדים. בתבלינים, נמצא כי בקטיף נענע, יש להעביר את אלמנט החיתוך הנוסף (הקוסמטי) מהשדה לבית האריזה. מהלך זה ישפר את תפוקת העובדים ב- 5.2%. בקטיף הרוקולה נבחנה אפשרות של העברת פעולת ניקוי האגד מהשדה לבית האריזה. נמצא כי בשיטת עבודה זו זמן העבודה הכולל יגדל בכ- 30% אך זמן שהיית העובד בשדה יקטן בכ- 79% והתוצרת מהשדה תגדל ב- 8%. מאחר והעבודה בשדה מאופיינית בעומס גבוה וסיכון גבוה לפציעות יש לשקול מקרים בהם מומלץ לבצע את ניקוי הרוקולה בבית האריזה ולא בשדה. ככל שהזמן בין מועדי הקצירים גדל זמן המחזור מתארך אך בחישוב עונתי/שנתי, זמן העבודה הקטן ביותר מתקבל כאשר בזמן בין הקצירים הינו 14-15 יום.

במבחני עומסי עבודה חושב כי בשלבי ההעמסה והשינוע של התוצרת העובדים הנמצאים בעומס עבודה בינוני עד גבוה והוצעו דרכים להקטין את עומסי העבודה והסיכונים הבריאותיים. בפלפל נמדד העומס בתהליך הקטיף תוך שימוש במזמרה או ללא מזמרה. נמצא כי העומס הנגרם לעובד בפעולת החיתוך בשימוש במזמרה הוא בעל סיכון נמוך לגרימת הפרעות שלד-שריר. העומס הנגרם מתלישה גם הוא בעל סיכון נמוך בטווח התקין אך מעט יותר גבוה מהעומס הנגרם בשימוש במזמרה. נבדקו 4 מקרים של העמסת ארגזים לעגלת הטרקטור. בכל המקרים העובד מפעיל מאמץ פיזי רב החורג מהמאמץ המומלץ אך במקרים בהם מועמסים שני ארגזים בו זמנית המאמץ הפיזי הינו גבוה באופן חריג. המשקל אשר יביא לעומס תקין הוא משקל ממוצע לארגז של 10 ק"ג ומשקל הרמה המקסימאלי של 12 ק"ג. יש לבצע פריקת ארגזים בודדים בלבד מעגלה קטנה לטרקטור כאשר מרחק נשיאת הארגז מגוף העובד לא תעלה כל 25 ס"מ. אופן עבודה זה יביא לעומס פיזי קטן על העובד וימנע סיכון לבריאות העובד.

בביצוע פעולות ההדליה בעגבניות, כאשר העובד בתנוחה שידי מעל 90° נמצא כי מפעיל מאמץ פיזי רב למשך 75% מזמן העבודה והיא מהווה סיכון בריאותי גבוה. בהשוואת תנוחות העבודה בקטיף נמצא כי בקטיף נמוך העובד נמצא בסיכון בריאותי גבוה אשר דורש שינוי מהיר במאפייני התנוחה ומומלץ לבצעה בכריעה. כאשר גובה הפרי מעל 60 ס"מ הסיכון הבריאותי נמוך. בבחינה של השפעת פציעה שארעה באחד העובדים נמצא כי זמן הקטיף עלה ב- 26% והתפוקה קטנה ב- 18%.

בתבלינים, בוצעה השוואה בין שתילה ידנית לשתילה במכונת שתילה ונבדקה כדאיות הרכישה של מכונת שתילה. פותח כלי המאפשר לחקלאי לבחון את כדאיות רכישת מכונה ותקופת החזר ההשקעה כתלות בגודל המשק, סוג הגידול ונתונים נוספים.

במסגרת הניסיון לפיתוח שיטת גידול חדשה בעגבניות עם הדליה בזווית תוך יישום התוצאות שהושגו עד כה בכדי להקטין הסיכון לפציעה, עומסי העבודה והגדלת החיסכון בידיים עובדות, בוצע ניסוי בשלוש זוויות ההדליה, 30°, 60° ו- 90°, כל טיפול הכיל 6 ערוגות. התוצאות הראו כי מהיבטי זמני הפעולות, משך הזמנים בזווית גידול של 90° הינו קצר או זהה לשאר זוויות הגידול. תנובת החלקות בזווית הדלייה של 30° ו- 60° היתה גבוהה באופן מובהק סטטיסטי מאשר ב- 90°. בשקלול התוצאות נמצא כי זווית ההדלייה המיטבית הינה 30°.

סיכום עם שאלות מנחות

נא לענות על כל השאלות, בקצרה ולעניין, ב 3 עד 4 שורות מכסימום לכל שאלה (לא תובא בחשבון חריגה מגבולות המסגרת המודפסת).

מטרות המחקר לתקופת הדו"ח תוך התייחסות לתוכנית העבודה.
איפיון מלא של תהליכי העבודה בשלב הקטיף, העבודה השינוע והגידול בבתי צמיחה. איפיון עומסי העבודה בשלבי ותחנות העבודה השונות ובהתאם לסוגי המטלות תוך שימוש במדדים פיזיולוגיים ומדדים סובייקטיביים. מציאת צווארי בקבוק ותהליכים לא יעילים. מציאת הפרמטרים החשובים ביותר בתהליכי העבודה. תיכנון סביבות עבודה ותחנות עבודה מיטביות בשלבי העבודה בבתי צמיחה מהיבטי הנדסת ייצור ועומסי עבודה פיסיולוגיים. פיתוח שיטות עבודה חליפיות מהיבטי הנדסת ייצור, חיכוך כח אדם והקטנת עומסי העבודה. פיתוח מודל חקר ביצועים לשלבי העבודה בבתי צמיחה לירקות. הצעת כלי עזר ליעול תהליכי העבודה, הקטנת העומס הפיסיולוגי וחיכוך בידיים עובדות. פיתוח ושיפור כלים להפחתת כוח האדם, הקטנת העומסים הפיסיולוגיים מהעובדים ויעול העבודה.
עיקרי הניסויים והתוצאות שהושגו בתקופה אליה מתייחס הדו"ח.
בתהליכי הקטיף וההדלייה, האלמנטים היצרניים, קטיף וקישום עלים וענפים מהווים פחות מ-58% מסך הזמן המושקע. תפוקת העובד קטנה עם העלייה בטמפרטורה, הירידה בלחות היחסית והעלייה בדופק באופן מובהק סטטיסטי אם כי הקשר הינו חלש. בנוסף, נמצא כי גובה העגבניות משפיע באופן מובהק על זמן הקטיף וכי בפירות נמוכים הזמן ארוך בכ-20% מאשר בפירות גבוהים וכי שימוש בעגלה בשורות מקצר מאוד את זמן השינוע בהשוואה לשינוע ידני. בקטיף הרוקולה נבחנה אפשרות של העברת פעולת ניקוי הזר מהשדה לבית האריזה. נמצא כי בשיטת עבודה זו הזמן הכולל של התהליך יגדל בכ-30% אך זמן שהיית העובד בשדה יקטן בכ-79% והתוצרת מהשדה תגדל ב-8%. מאחר והעבודה בשדה מאופיינית בעומס גבוה וסיכון גבוה לפציעות יש לשקול מקרים בהם מומלץ לבצע את ניקוי הרוקולה בבית האריזה ולא בשדה. נמצא כי זמן העבודה הקטן ביותר מתקבל כאשר הזמן בין הקצירים הינו 14-15 יום. במבחינה עומסי עבודה חושב כי בשלבי ההעמסה והשינוע של התוצרת העובדים הנמצאים בעומס עבודה בינוני עד גבוה. המשקל אשר יביא לעומס תקין הוא משקל ארגז של 10 ק"ג ומשקל הרמה המקסימאלי של 12 ק"ג. בהשוואת תנוחות העבודה בקטיף נמצא כי בקטיף נמוך העובד נמצא בסיכון בריאותי גבוה אשר דורש שינוי מהיר במאפייני התנוחה ומומלץ לבצע בכריעה. בבחינה של השפעת פציעה שארעה באחד העובדים נמצא כי זמן הקטיף עלה ב-26% והתפוקה קטנה ב-18%. בתבלינים פותח כלי המאפשר לחקלאי לבחון כדאיות רכישת מכונה ותקופת החזר ההשקעה בתלות בגודל המשק, סוג הגידול ונתונים נוספים.
המסקנות המדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו. האם הושגו מטרות המחקר בתקופת הדו"ח.
בביצוע פעולות ההדליה בעגבניות, כאשר העובד בתנוחה שידיו מעל 90° נמצא כי מפעיל מאמץ פיזי רב למשך 75% מזמן העבודה והיא מהווה סיכון בריאותי גבוה. בהשוואת תנוחות העבודה בקטיף נמצא כי בקטיף נמוך העובד נמצא בסיכון בריאותי גבוה אשר דורש שינוי מהיר במאפייני התנוחה ומומלץ לבצע בכריעה. כאשר גובה הפרי מעל 60 ס"מ הסיכון הבריאותי נמוך. בתבלינים, נמצא כי בקטיף נענע, יש להעביר את אלמנט החיתוך הנוסף (הקוסמטי) מהשדה לבית האריזה. מהלך זה ישפר את תפוקת העובדים ב 5.2%. יש לבצע פריקת ארגזים בודדים בלבד מעגלה קטנה לטרקטור כאשר מרחק נשיאת הארגז מגוף העובד לא תעלה על 25 ס"מ. במסגרת הניסיון לפיתוח שיטת גידול חדשה בעגבניות עם הדליה בזווית תוך יישום התוצאות שהושגו עד כה בכדי להקטין הסיכון לפציעה, עומסי העבודה והגדלת החיכוך בידיים עובדות, בוצע ניסוי התוצאות הראו כי זווית ההדליה המיטבית הינה 30°. במבחינה העומס נותחו מספר תנוחות עבודה לבחינת רמות הסיכון הבריאותי, והמאמץ הנדרש מהעובדים: בהרמה של ארגזים במשקל של מעל 13 ק"ג אל משטח הטרקטור, ובמשטח הטרקטור בעת סידור ארגזים העובד מפעיל מאמץ פיזי רב החורג מהמאמץ המומלץ ונמצא בסיכון בריאותי גבוה.
הבעיות שנתרו לפתרון ו/או השינויים שחלו במהלך העבודה (טכנולוגיים, שיווקיים ואחרים); התייחסות המשך המחקר לגביהן, האם יושגו מטרות המחקר בתקופה שנתורה לביצוע תוכנית המחקר.
לא רלוונטי
האם הוחל כבר בהפצת הידע שנוצר בתקופת הדו"ח - יש לפרט: פרסומים – כמקובל בביבליוגרפיה, פטנטים - יש לציין מס' פטנט, הרצאות וימי עיון - יש לפרט מקום ותאריך.
לא
פרסום הדו"ח: אני ממליץ לפרסם את הדו"ח: (סמן אחת מהאופציות)
<input type="checkbox"/> רק בספריות
<input checked="" type="checkbox"/> ללא הגבלה (בספריות ובאינטרנט)
<input type="checkbox"/> חסוי – לא לפרסם