



2001-2003

תקופת המחקר :

463-0212-03

קוד מחקר :

Subject: METHODS IMPROVING WORK EFFICIENCY
IN TOMATO GREENHOUSES**Principal investigator:** Yael EDAN**Cooperative investigator:** SHLOMO YOSEPH, Yael
EDAN, AVITAL BECHAR**Institute:** Agricultural Research Organization (A.R.O)**שם המחקר:** ייעול תהליכי עבודה בבתי צמיחה
לעגבניות**חוקר ראשי:** יעל אידן**חוקרים שותפים:** שלמה יוסף, יעל אידן,
אביטל בכר**מוסד:** מינהל המחקר החקלאי, ת.ד. 6 בית דגן
50250

תקציר

תהליך גידול עגבניות בחממות הוא עתיר ידיים עובדות ודורש כ- 95 ימי עבודה לדונם. כוח אדם הרב הנדרש לבצע את הפעולות השונות מהווה צוואר בקבוק לגידול הן מבחינת עלויות והן מבחינת קיבולות עבודה. צווארי הבקבוק העיקריים הם בתהליכי ההדליה, הקטיפ והשינוע לבית האריזה. בארץ דרושים 11 ימי עבודה לטון תוצרת, ערך זה כפול מאשר בהולנד. מטרת המחקר הינה ייעול תהליכי העבודה בבתי צמיחה לעגבניות וחיסכון בכוח אדם. המחקר בוצע בשני משקים בבשור ובערבה. בוצע חקרי עבודה ואופיינו שיטות העבודה הקיימות. פותחו שני מודלים סימולציה של תהליכי העבודה בחממות אשר התבססו על ניתוחים סטטיסטיים של נתוני חקר העבודה. הסימולציות פותחו ב- ARENA ו- EXCEL בסביבת BASIC VISUAL. הוצעו והוערכו מספר חלופות לתהליכי העבודה. התוצאות הראו ששלב הקטיפ צריך להתבצע עם עגלות קטיפ, התנועה בשורות צריכה להיות בצורת התקדמות קבוצתית, יש לבצע הקצאת משימות בין העובדים ושורות ארוכות עדיפות ומקצרות את זמן העבודה. השימוש בשיטות הללו יכול להביא לחיסכון של עד 52% בידיים עובדות בתהליכי העבודה השונים בגידול עגבניות ועד כ- 24% מכלל ימי העבודה הדרושים בענף זה.

דוח מסכם לתוכנית מחקר מספר 463-0212-03

ייעול תהליכי העבודה בבתי צמיחה לעגבניות

Improvement of work methods in tomato greenhouse

מוגש לקרן המדען הראשי במשרד החקלאות

ע"י

המכון להנדסה חקלאית, מנהל המחקר החקלאי

אביטל בכר, שלמה יוסף

המחלקה להנדסת תעו"נ, אוניברסיטת בן-גוריון בנגב

יעל אידן, סיניה נתניהו

Avital Bechar (avital@agri.gov.il); Shlomo Yosef (shlomo@agri.gov.il)

Inst. Of Agri. Eng., ARO. P.O.Box 6, Bet-Dagan, 50250

Yael Edan (yael@bgumail.bgu.ac.il); Sinaia Netanyahu (sinaia@bgumail.bgu.ac.il)

Dept. of Ind. Eng. and Mngnt, Ben-Gurion University of the Negev, Beer-Sheva

מרץ 2004

אדר תשס"ד

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

תהליך גידול עגבניות בחממות הוא עתיר ידיים עובדות ודורש כ- 95 ימי עבודה לדונם. כוח אדם הרב הנדרש לבצע את הפעולות השונות מהווה צוואר בקבוק לגידול הן מבחינת עלויות והן מבחינת קיבולות עבודה. צווארי הבקבוק העיקריים הם בתהליכי ההדליה, הקטיפה והשינוע לבית האריזה. בארץ דרושים 11 ימי עבודה לטון תוצרת, ערך זה כפול מאשר בהולנד. מטרת המחקר הינה ייעול תהליכי העבודה בבתי צמיחה לעגבניות וחיסכון בכוח אדם. המחקר בוצע בשני משקים בבשור ובערבה. בוצע חקרי עבודה ואופיינו שיטות העבודה הקיימות. פותחו שני מודלי סימולציה של תהליכי העבודה בחממות אשר התבססו על ניתוחים סטטיסטיים של נתוני חקר העבודה. הסימולציות פותחו ב- ARENA ו- EXCEL בסביבת BASIC VISUAL. הוצעו והוערכו מספר חלופות לתהליכי העבודה. התוצאות הראו ששלב הקטיפה צריך להתבצע עם עגלות קטיפה, התנועה בשורות צריכה להיות בצורת התקדמות קבוצתית, יש לבצע הקצאת משימות בין העובדים ושורות ארוכות עדיפות ומקצרות את זמן העבודה. השימוש בשיטות הללו יכול להביא לחיסכון של עד 52% בידיים עובדות בתהליכי העבודה השונים בגידול עגבניות ועד כ- 24% מכלל ימי העבודה הדרושים בענף זה.

1. מבוא

1.1. רקע מדעי

תהליך גידול עגבניות בחממות הוא עתיר ידיים עובדות ודורש כ- 95 ימי עבודה לדונם (גל וחובריה, 1997). כוח אדם הרב הנדרש לבצע את הפעולות השונות מהווה צוואר בקבוק לגידול הן מבחינת עלויות והן מבחינת קיבולות עבודה. צווארי הבקבוק העיקריים הם בתהליכי ההדליה, הקטיפה והשינוע לבית האריזה אך אין מידע על חשיבות ועלות כל שלב. בארץ דרושים 11 ימי עבודה לטון תוצרת, ערך זה כפול מאשר בהולנד (Hendrix, 1993).

במחקר בוצע שימוש בשיטות חקר עבודה להגדרת שלבי תהליך הגידול, זמני הפעולות, פעולות מיותרות וצווארי בקבוק, ובסימולציה להשוואה בין שיטות, תהליכים ומערכים שונים. ההשוואה בין האלטרנטיבות בוצעה באמצעות כדאיותם הכלכלית (עלות הכלים מול חסכון בידיים עובדות).

חקר עבודה הינה גישה אנליטית, מדעית לחקירת השימוש בכוח אדם, בציד, בחומרים, במערכים, בתהליכים ובשיטות על מנת להביא לשיפור השימוש בהם ולחיסכון. תחום זה שייך להנדסת ייצור/תעשייה ומורכב מחקר שיטות ומדידות עבודה (גלברזון, 1980). הנדסת אנוש הינה תחום העוסק באינטראקציה שבין האדם למערכת ובמחקר ופיתוח של כלים ואביזרים המותאמים לתכונות הפיסיולוגיות, והתפיסתיות לאדם בכדי להקטין את המאמץ, העומס והעייפות ולשפר את תפקוד המערכת. השילוב בין השיטות הקלאסיות של חקר עבודה והנדסת אנוש חשובה בפיתוח מערכות מיטביות ומהווה כיוון עדכני במחקר (Freuvalds et al., 2000).

סימולציה היא כלי לניתוח מערכות (Tersine, 1985). באמצעות הסימולציה ניתן להעריך את ביצועי המערכת המוצעת, להשוות בין שיטות עבודה שונות, ומערכים שונים, לחזות ביצועי מערכת תחת תנאים שונים ולבצע אופטימיזציה של מערכת. החשיבות של שימוש בסימולציה בחקלאות גדולה עקב השונות הרבה הנובעת מההשפעה של זנים שונים, תנאי גידול שונים והשונות האינהרנטית הביולוגית. הסביבה החקלאית מאופיינת כסביבה לא מובנית, משתנה ודינמית, סביבה שלא ניתנת לחיזוי מראש והלוקה בחוסר באינפורמציה. הסימולציה מאפשרת לבחון את השפעת השינויים הגדולים בין זנים ואף בתוך אותו זן באמצעות מודל וללא צורך בחזרה על ניסויים בשטח, הצורכים זמן רב ותזמונים תלוי בעונת הגידול. כלי הסימולציה מקצר את הזמן למציאת הפתרון האופטימלי ומקטין את התלות של המחקר בעונות הגידול אשר מהווה מרכיב דומיננטי במחקר החקלאי.

1.2 מטרות המחקר

מטרות המחקר הכלליות היא שיפור תהליכי העבודה בבתי צמיחה לגידול עגבניות, הוזלת עלויות הגידול וחיסכון בכמות הידיים העובדות.

המטרות הספציפיות הן:

1. איפיון תהליכי העבודה בבתי צמיחה לגידול עגבניות בתקופת הגידול
2. מידול תהליכי העבודה בבתי צמיחה לגידול עגבניות באמצעות סימולציה
3. מציאת צווארי בקבוק ותהליכים לא יעילים בתהליכי העבודה.

4. הצעת שיטות וכלי עזר לייעול תהליכי העבודה וחיסכון בידיים עובדות.

5. פיתוח ושיפור כלים ושיטות להפחתת כוח האדם וייעול העבודה.

6. ניתוח כדאיות כלכלית של השיטות והטכנולוגיות המוצעות.

2. שיטות וחומרים

2.1. נתוני המשקים

העבודה בוצעה בשני משקים: משק נחום במושב ישע ומשק צור בעין יהב. משק נחום הינו בעל 300 דונם חממות ו- 35 עובדים תאילנדים. המשק מתבסס על גידול עגבניות רגילות, עגבניות צירי, עגבניות אשכולות, ופלפלים. גודל החממות הוא בין 3.5 ל- 28 דונם כאשר המחקר התמקד בחממות בגודל 12, 15, ו- 28 דונם. בחממות אלו מתקיימים 1-2 מחזורי גידול בשנה. בגידולי העגבניות המרחק בין הערוגות הינו 0.8 ו- 1.2 מ' (ממוצע של 1 מ' בין הערוגות). מרחקי השתילה הם 0.3-0.4 מ' ומספר שיחי העגבנייה נע בין 2500-3300 שיחים לדונם. במשק צור כ- 60 עובדים תאילנדים ובורמזים ו- 100 דונם חממות עגבניות רגילות, עגבניות צירי ופלפלים. גודל החממות נע בין 1 ל- 10 דונם. המחקר התמקד בחממות של 5 דונם. בכל חממה מתקיים מחזור גידול אחד בשנה. משקים אלו נבחרו מאחר והינם גדולים, מתקדמים, ומצליחים המאפיינים את המשקים העתידיים בענף המתמחים בגידול של זני עגבניות.

2.2. חקר שיטות

בוצעה חקירה של השיטות הקיימות והשלבים בגידול עגבניות רגילות וצירי. הוגדרו שלבי העבודה בתהליך הגידול. שלבי הגידול של עגבניות רגילות ועגבניות צירי דומים למעט שלבי הקטיפ. בשני הגידולים סדר השלבים הינו אחיד:

הדליה - ההדליה נמשכת כ- 60 יום בקיץ וכ- 100 יום בחורף, בתדירות שבין פעם לפעמיים בשבוע בהתאם לתנאי מזג האוויר. שלב ההדליה מתחיל כשבועיים לאחר שתילת השיחים ועד הקטיפ האחרון. סוג ההדליה שנבדקה היה הדליה רגילה. תהליך ההדליה מורכב משלושה שלבים: הדליה שיח נמוך – גובה הצמח עד 1.5 מ', ליפוף ראש השיח על חבל ההדליה, וקיטום ענפים צדדיים. הדליה שיח בינוני – ליפוף ראש השיח על חבל ההדליה, וקיטום ענפים צדדיים. הדליה שיח גבוה – משיכת השיח על גבי החבל כלפי מטה, ליפוף ראש השיח על חבל ההדליה, וקיטום ענפים צדדיים. המעבר משלב לשלב הינו בהתאם לקצב גדילת השיח.

קטיפ – קטיפ העגבניות נמשך כחודשיים עד ששה חודשים בהתאם לעונה, לדרישות השוק ולהחלטות החקלאי, בתדירות שבין קטיפ אחת לשבוע או אחת לשבועיים בהתאם לתנאי מזג האוויר ודרישות השיווק. בעגבניות רגילות כל עגבנייה נקטפת בנפרד, ובעגבניות צירי נקטפים אשכולות שלמים. הקטיפ מורכב משלושה שלבים: קטיפ נמוך – שניים עד שלושת הקטיפים הראשונים, העגבניות נמצאות בגובה של 0.2-0.5 מ' מפני הקרקע, העבודה מתבצעת בקריעה וקטיפ העגבניות מתבצע באופן סלקטיבי. קטיפ גובה בינוני – בין 5 ל- 8 מועדי קטיפ, העגבניות נמצאות בגובה של 0.5-2 מ' מפני הקרקע, העבודה מתבצעת בעמידה וקטיפ העגבניות כמעט ואינו סלקטיבי. קטיפ גבוה – מתבצע מספר פעמים עד עקירת השיחים וסיום הגידול, העבודה מתבצעת

בעמידה על עגלה המותאמת לשני עובדים. בכל שלבי הקטיף העגבניות נקטפות לדליים ומרוקנות לארגזים הנמצאים בעגלה הנגררת.

ניקיון גזם – מתבצע בכל תקופת ההדליה, כאחת לשבועיים ובהתאם למספר הפעמים שבוצע קיטום.

ריסוס – מתבצע בכל השלבים בהתאם לצורך ולפי החלטת החקלאי בשטח.

2.3. חקר עבודה

בוצע חקר עבודה של זמני פעולות כוח האדם ונאספו נתונים על המערכת והתוצרת בשלבי ההדליה והקטיף השונים מאחר והם מרכיבים כ- 50% מסך ימי העבודה שמושקעים בגידולים הללו (גל וחובריה, 1997). החקר בוצע לפי שיטות מדידה ישירה וחקר רב תצפיתי (גלוברזון, 1980; Barnes, 1980). בשיטת המדידה הישירה כל שלב חולק לאלמנטים, והזמן שאורך כל אלמנט נמדד. עבור כל שלב בוצעו בין 50 ל- 200 חזרות בהתאם למבנה השלב ומורכבותו.

2.4. סימולציה

נבנו שני מודלי סימולציה מפורטים של תהליכי העבודה בשיטות העבודה הקיימות. הראשון נכתב בתוכנת ARENA וכולל בנית מודל גיאומטרי של החממה וסימולציה גראפית של תהליכי העבודה ברמת חיקוי הפעולות הבסיסיות ביותר ובסדר האמיתי בהן הן מתקיימות. הסימולציה היא ברמת העגבנייה/האשכול הבודד והשיח הבודד (רובין וזילברמן, 2003). המודל השני נכתב ב- Visual Basic (VB) והינו תוכנת של תהליכי הגידול וחישובים ברמת השורה, החלקה או המשק ומחשבת את התפוקות, יעילות העבודה וכמות הידיים העובדות עבור חלקה או משק. הסיבה לפיתוח מודלים בשתי תוכנות סימולציה שונות נובע מהשוני בין הסימולציות, לכל סימולציה יתרון בתחומים שונים ויכולת התאמה שונה לסביבות עבודה חקלאיות. היתרונות בפיתוח מודל בתוכנת ARENA הם: שימוש בתוכנה מסחרית קיימת, בעלת יכולת ניתוחים סטטיסטיים מקיפים, יכולת תצוגה גרפית ומאגר כלי תוכנות וספריות. חסרונות ה- ARENA הם: קשיחות בתיכנון מערכי העבודה, ה- ARENA מתאימה לתהליכים בהם תחנות העבודה קבועות ופחות לסביבות עבודה חקלאיות, מצריכה פיתוח אפליקציה מיוחדת לסביבה חקלאית ספציפית ועקב כך זמן הפיתוח ארוך עבור כל סביבת עבודה. היתרונות בפיתוח מודל סימולציה ב- VB הם: הסימולציה מתאימה יותר לסביבות עבודה חקלאיות בעלות תחנות עבודה לא קבועות כגון שדה או חממה, הסימולציה גמישה יותר וניתן לבצע שינויים במודל ביתר קלות ומהירות עבור אותה סביבת עבודה, חסרונות הסימולציה ב- VB הם ביכולות גרפיות נמוכות, לא קיים ניתוח סטטיסטי, ולא קיימות ספריות ומאגרי כלים. הנתונים הסטטיסטיים אשר נמדדו בחקר עבודה במשק נחום היוו את בסיס מודלי הסימולציה. המודל הורחב בכדי שיתאים לשיטות עבודה נוספות הקיימות במשקים נוספים (ישראלס ואביגדור, 2003). הוצעו ונבדקו בסימולציה מספר שיטות עבודה חלופיות (שכללו: 1) שיטות עבודה ותנועה שונות בתוך השורה בשלב ההדליה והקטיף, 2) הקצאת משימות, 3) ומיקום העגלה הנגררת על ידי טרקטור בחממה. בנוסף בוצעו ניתוחי רגישות עבור השפעת גודל הדל/עגלה או מספר דליים בשלב הקטיף, מספר העובדים בחממה, גודל החממה, מבנה החממה, ואורך

השורה. שני המודלים אומתו על ידי השוואה של הנתונים שנאספו בחממה בשלב חקר העבודה למוצג 10 חזרות במודל.

ARENA – מודל הסימולציה בנוי בגישה הקובעת כי הישות הינה העובד והשרת הינו השיח. זמן הטיפול של השרת ביישום מיוצג על ידי זמן הקטיף/השוצים של העובד. במציאות העגבניות ממתינות לקטיף ואינן מופיעות בחממה בהתפלגות כלשהי, ולכן העובד נקבע כיישום אשר הופעתה במערכת מוגדרת על פי התפלגות הזמנים המחושבים בשלב הניתוחים הסטטיסטיים. הסימולציה מתארת שורה אחת בחממה ובה עובד אחד, מתוך כך נוכל להסיק לגבי חממה שלמה ומספר עובדים גדול יותר. החישובים מתבצעים ב- Visual Basic (VB) המקושר למודל הסימולציה.

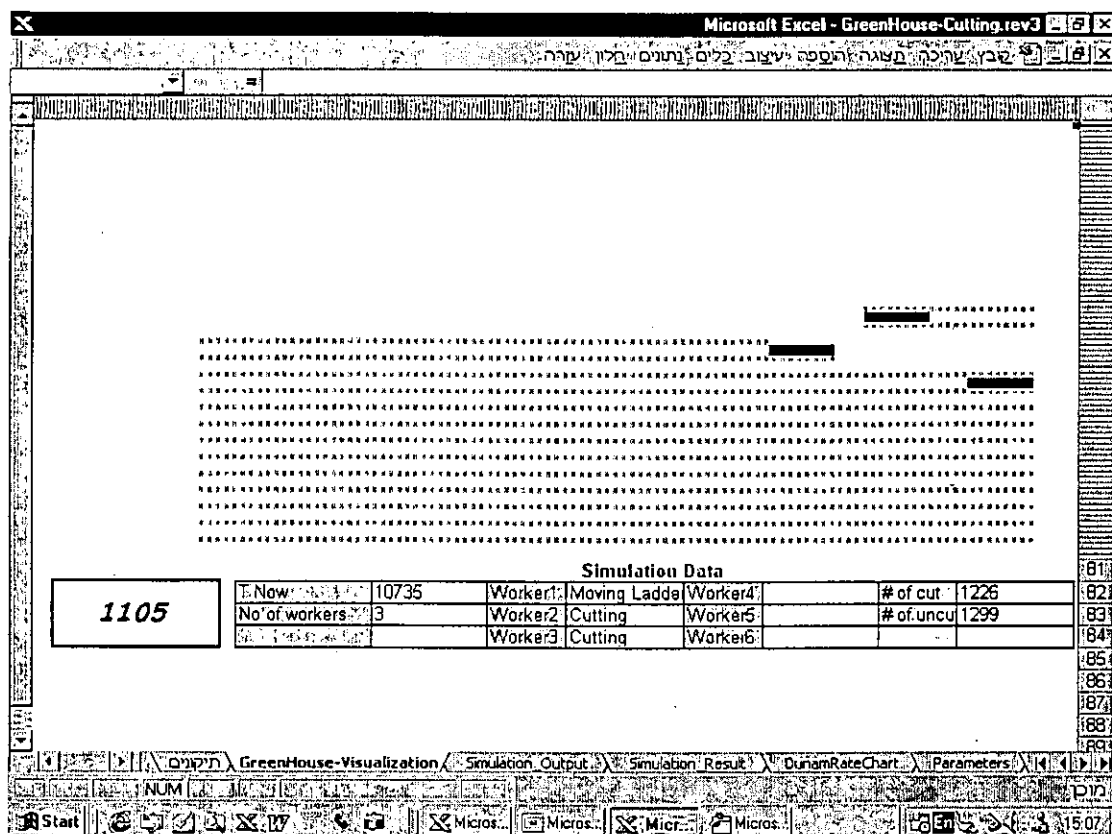
קלטי הסימולציה: מספר השורות – לצורך חישוב כולל של החממה, אורך שורה – לצורך חישוב מרחקי הליכה, רווח בין שיח לשיח – לצורך חישוב מרחקי הליכה, מספר שיחים בשורה, זמן הפעולה (קטיף / שוצים) לשיח, מיכון בשימוש בזמן העבודה, מספר העובדים, מספר חזרות נדרש, משקל ארגון/דלי. קיימים ממשקי VB המאפשרים למשתמש להזין את הנתונים הבסיסיים והמיוחדים עבור הסימולציה אותה ירצה להריץ.

פלטי הסימולציה: זמן כולל של עבודה בשורה, משקל כולל שנקטף בשורה, זמן עבודה נטו (הזמן בו העובד היה פרודוקטיבי), זמן ההליכה בין השיחים (הזמן בו העובד אינו פרודוקטיבי), זמן הליכה לריקון (הזמן בו העובד אינו פרודוקטיבי).

EXCEL/VB – מודל הסימולציה מבוסס על התרחשותם של אירועים המהווים את הפעילויות בעבודה בחממות עגבניות. הסימולציה הינה מבוססת אירועים, קיום האירועים הוא המקדם את הסימולציה. הסימולציה נבנתה בצורה מודולרית על מנת לאפשר הורדה/הוספה של אירועים. כל פעילות מיוצגת על ידי פונקציה אשר מבצעת באופן וירטואלי את עבודת העובד בחממה. לסימולציה ישנו שעון פנימי אשר מקודם על ידי הפונקציות ומאפשר חישוב הפרמטרים המבוקשים. קיים ממשק למשתמש אשר מאפשר למשתמש הרצת סימולציה, אפשרויות לבדיקות רגישות בסימולציה ואף שינוי הגדרות מבנה החממה בסימולציה. הממשק מאפשר למשתמש ויזואליזציה של הפעילות המתבצעת בחממה (איור 1) אשר תורם להבנת שיטת העבודה המיוצגת בסימולציה וכן יכולה לסייע בפיתוח שיטות שונות של עבודה שניתן לבחון.

הסימולציה בנויה משלושה מרכיבים עיקריים הכוללים גיליונות Excel, טפסים (Forms) וקוד Visual Basic. בניית המודל הצריכה הגדרה של הפרמטרים והמונחים הקשורים למודל. ההגדרות כוללות את: המונחים הקשורים למבנה החממה ובהן שורות כפולות, טורים, מספר שיחים בשורה ושביל מרכזי. הנתונים של השיח הכוללים את מערך השיחים, סטטוס השיח ומיקומו. הנתונים על האירוע (פעילות המתרחשת בחממה כגון קטיף, הליכת עובד וכו') הכוללים את סוג האירוע, שיוך השיח לאירוע, זמן תחילת האירוע, משך זמן האירוע, הסטטוס של האירוע והעובד. המשוך לאירוע. הנתונים על העובד הכוללים את המידע הכללי על כל העובדים (מספר העובדים, הפרמטרים של זמני הטיפול בשיח וקצבי ההליכה לכלל העובדים) וכן מידע פרטי לכל עובד (סטטוס של עובד, הפרמטרים של זמני הטיפול בשיח וקצב ההליכה של העובד המסוים וכן מספר השיחים בהם טיפל כל עובד). הנתונים לגבי הפסקות של העובדים הכוללים הפסקה קצרה וארוכה, פרמטרים של ההפסקות השונות וכן שיעור היציאה להפסקה של העובדים השונים.

קלט הסימולציה מחולק לשני חלקים- מידע בסיסי ומידע מתקדם. המידע הבסיסי בא להגדיר את הפרמטרים שבונים את מבנה החממה עצמה ונתונים בסיסיים של העובדים. לעומת זאת המידע המתקדם בא להגדיר פרמטרים אשר משפיעים על בחירת חלופת הסימולציה ועל ניתוחי הרגישות השונים.



איור 1 : דוגמה להדמיית חממת עגבניות בסימולציה.

הנתונים אשר מהווים את הקלט הבסיסי הם: המרחק בין שורות השיחים, המרחק בין טורי השיחים, מספר שיחים בשורה, ממוצע מהירויות הליכת העובדים, סטיית תקן ממוצע מהירויות הליכת העובדים, ממוצע מהירויות טיפול בשיח של העובדים, סטיית תקן ממוצע מהירויות טיפול בשיח של העובדים, ממוצע משך הפסקה קצרה, סטיית תקן ממוצע משך הפסקה קצרה, ממוצע משך הפסקה ארוכה, סטיית תקן ממוצע משך הפסקה ארוכה.

הנתונים אשר מהווים את הקלט המתקדם הם: שם הסימולציה, מספר העובדים בסימולציה, האם יש שימוש בסולם, מספר העובדים בכל שורה כפולה, האם העובד מטפל בכל השורות בצורה עיקבית (מבחינת כיוון הליכה), האם העובד משתמש בשיטה המשופרת (כאשר רק עובד אחד בשורה), שיעור אחוז יציאה להפסקה קצרה, שיעור אחוז יציאה להפסקה ארוכה.

מודל הסימולציה שפותח כולל בתוכו תרחישים שונים אשר יכולים להתרחש בחממה ומוגדרים על ידי המשתמש. הרעיון שעמד בבסיס פיתוח הסימולציה היה מתן אפשרויות רבות של תרחישים למשתמש באותה סימולציה, ללא הזדקקות לסימולציות משנה רבות.

הסימולציה נותנת כפלט את חלוקת הזמן למצבים השונים בהם נמצא העובד במהלך העבודה בחממה, את הזמן לסיום במשימה ומדד ביצוע לחישוב קצב התקדמות העבודה בחממה. מאחר שנתון זה צריך להיות מנומל בין כל האפשרויות השונות של הסימולציה פותח מדד ה- Doanam Rate המייצג את שעות העבודה המושקעות בטיפול בדונם חממת עגבניות. פלט הסימולציה הוא ערך ה-DunamRate שהתקבל בהרצת הסימולציה על פי הפרמטרים המסוימים.

3. תוצאות

3.1. חקר עבודה

3.1.2. הדליה

הדליית צמח נמוך מתבצעת בעמידה (איור 1א'), על שורה אחת וכוללת הורדת ענפים צדדיים וליפוף הצמח על חוט התלייה (איור 2). הדלייה של צמח "בינוני" מתבצעת בעמידה על ארגז (איור 2), עבודה בשתי שורות צמודות וכוללת הורדת ענפים צדדיים וליפוף הצמח על חוט התלייה, בשני המקרים אין הפרדה לאלמנטים בגלל גודלו של הצמח וזמן מחזור קצר. זמן המחזור להדליית צמח "נמוך" היה קצר ב- 25% מאשר עבור צמח "בינוני" ($\alpha=0.01$). הבדל בזמן הדלייה לדונם עבור שתי השיטות הינו כשעתיים לטיפול אחד. הסיבות להבדל בזמני הטיפול נובע מכך שהעמידה על הארגז בהדליית שיח בינוני אשר מאלצת את העובד לעבוד על שתי השורות יחד ולא לאורך שורה אחת כפי שנעשה בהדליית שיח נמוך. לא נמצא הבדל מובהק במספר הענפים שנקטמו ואלמנטי העבודה עבור הדליית צמח "נמוך" ו"בינוני".



(a)



(b)

איור 2: הדליה (א) שיח נמוך. (ב) שיח בינוני

הדליית צמח "גבוה" מתבצעת על שורה אחת בתנוחת עמידה וכוללת שלושה אלמנטים: (1) פתיחת התפס האוחז בחוט ושחרורו של החוט מהצמח. (2) החלקת הצמח כלפי מטה על גבי החוט וליפוף החלק העליון על חוט התלייה. (3) הורדת ענפים צדדיים. בטבלה 1 מסוכמים הערכים הממוצעים וסטיית תקן לשלב זה במאיות דקה.

טבלה 1: מדידות זמנים להדליית צמח "גבוה" במאיות דקה.

	אלמנט 1	אלמנט 2	אלמנט 3	סה"כ
ממוצע	14.17	18.51	9.55	42.23
סטיית תקן	6.86	6.95	5.11	11.2
n	100	102	96	

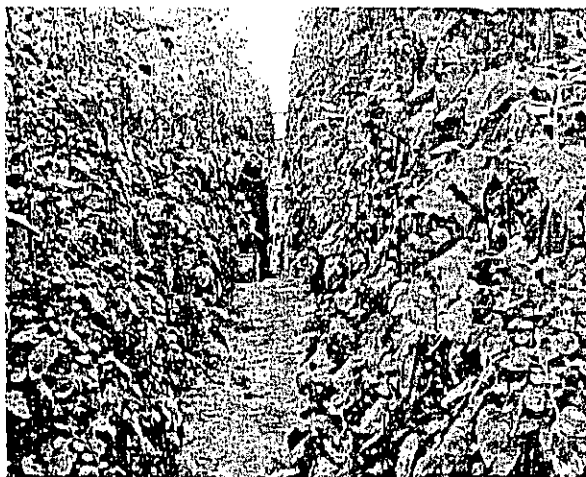
3.1.2. קטיף

קטיף צמח "נמוך" מתבצע על שתי שורות שמשני צידי השביל, העבודה הינה על הברכיים (איור 3א) כאשר העגבניות נקטפות באופן סלקטיבי על פי צבען. קטיף צמח "בינוני" מתבצע על שתי שורות שמשני צידי השביל, העבודה מתבצעת בעמידה (איור 3ב). האלמנטים בשלב זה בצמח "נמוך" ו"בינוני" הינם (1) קטיף והנחת העגבניות בדלי. (2) התקדמות לשיח הבא. (3) הליכה לעגלה וריקון הדלי כאשר הוא מתמלא. אלמנטים 2, 3 אינם מתקיימים בכל מחזור. בטבלה 2 מסוכמים הערכים הממוצעים וס"ת לאלמנטים 1, 2 במאיות דקה.

בהשוואה בין קטיף בצמח "נמוך" ו"בינוני" נמצא כי זמן קטיף וריקון לדלי (אלמנט 1) וזמן ממוצע לקטיף עגבנייה הינם ארוכים יותר בקטיף שיח נמוך לעומת קטיף שיח בינוני באופן מובהק ($\alpha < 0.01$). בהשוואת מספר העגבניות שנקטפו בכל מחזור באלמנט 1 לא נמצא הבדל מובהק. הסיבות האפשריות להבדל בזמני הקטיף עלולים לנבוע מזמן זיהוי שונה של עגבנייה ראויה לקטיף, שוני בצפיפות הצמח בשלבים שונים של הגידול ועמדת העבודה של העובד.

טבלה 2: מדידות זמנים בשלב הקטיף במאיות דקה.

	N	קטיף צד + ריקון	מס' עגבניות	קטיף לעגבנייה	התקדמות
קטיף "נמוך"	50	13.08 (5.51)	4.68 (1.5)	2.73 (0.93)	0.96 (1.41)
קטיף "בינוני"	179	10.09 (4.19)	4.29 (1.87)	2.37 (0.72)	1.00 (1.42)



(a)



(b)

איור 3 : קטיפת עגבניות רגילות (א) שיח נמוך. (ב) שיח בינוני

ריקון הדליים מתבצע כאשר הדלי שאליו העובדים קוטפים את העגבניות מתמלא, העובדים נושאים אותו אל עגלה נגררת טרקטור הניצבת מחוץ לשורות בשביל המרכזי. ההליכה לעגלה מתבצעת עם דלי אחד או שניים כל פעם. הזמנים מתקצרים עבור כל ריקון מאחר והעובדים מתקדמים בשורות והמרחק אל העגלה מתקצר. בממוצע בכל שורה אלמנט ריקון הדליים מתבצע ארבע פעמים והזמן הכללי הממוצע הינו כ- 330 מאיות דקה. קיימת חוסר יעילות רבה באלמנט ריקון הדליים הנובע מהליכה למרחקים ארוכים, הליכה בדרך כלל עם דלי אחד בלבד, בזבוז זמן במציאת המקום בו הופסק הקטיפה וההפסקה ברוטינת העבודה עקב הצורך לרוקן הדליים.

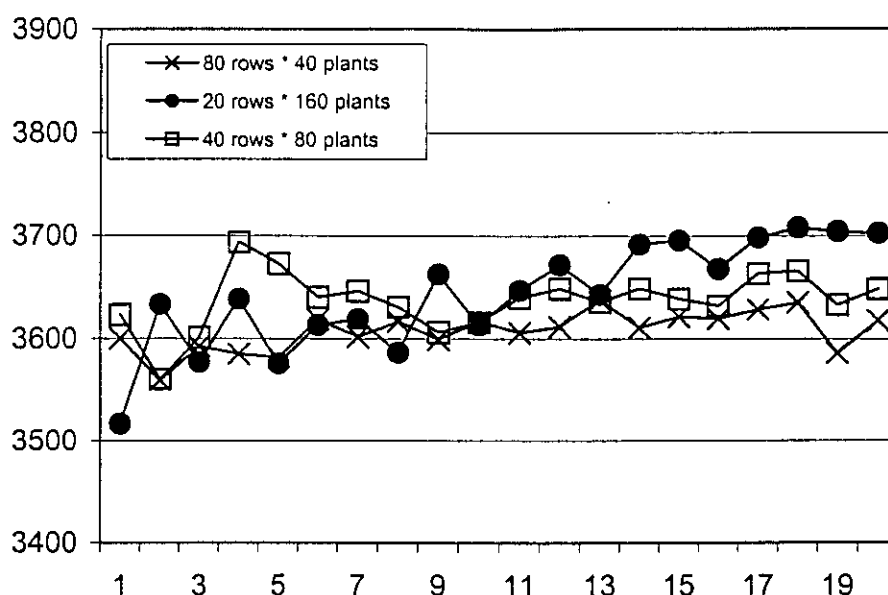
3.2. סימולציה

3.2.1. אימות המודל

בוצע אימות של מודל הסימולציה על פי שיטות העבודה הקיימות במשקים ונתוני חקר העבודה שנאספו בחממות. האימות הראה שקיימת שגיאה ממוצעת של 7.8% בין תוצאות המודל לנתוני חקר העבודה.

3.2.2. ניתוחי רגישות

(1) מספר עובדים – מספר העובדים בו זמנית בחממה הינו בעל השפעה קטנה על זמן העבודה הכולל בכל שלבי העבודה (איור 4).



איור 4 : ניתוח רגישות של מספר עובדים ותצורות חממה שונות עבור שלב הדליית צמח "נמוך".

2) גודל דלי / עגלת קטיף – בוצעה השוואה בין שלושה גדלי דליים: דליים היכולים להכיל עגבניות שנקטפו מ-70 צמחים (גודל דלי המצוי בשימוש), גודל של 280 צמחים (תואם לתכולת עגלת קטיף ותכולת שתי שורות), ו-560 צמחים (מכיל באופן תיאורטי לארבע שורות). השימוש בדלי / עגלת קטיף המכילים 280 צמחים צמצמה את הזמן הדרוש לקטיף בכ- 32% בהשוואה לזמן המתקבל בקטיף עם דליים המכילים 70 צמחים (טבלה 3).

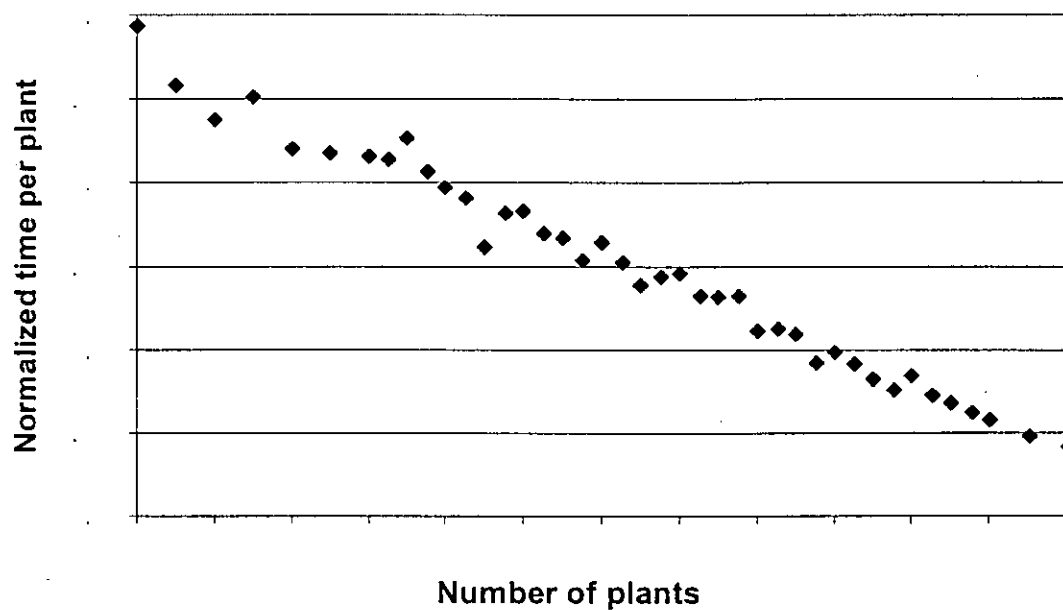
טבלה 3: זמני עבודה לדונם לגודלי דלי שונים.

גודל דלי / עגלת קטיף (מספר צמחים)	70	280	560
זמן ממוצע [דקות לדונם]	287 (10.7)	194.5 (7.5)	185 (8.8)

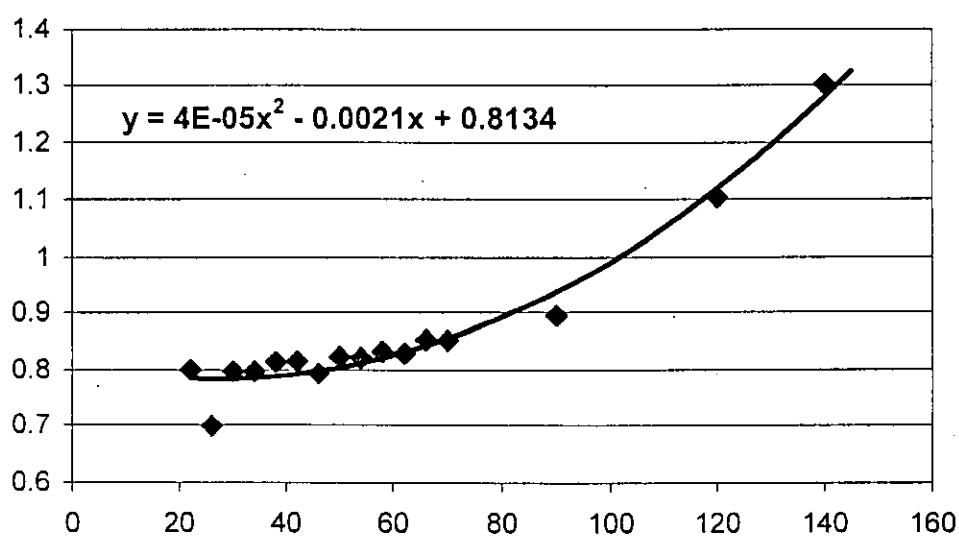
3) צורת חממה ואורך שורה – אורכי שורה שונים נבדקו בסימולציה עבור קטיף עם דלי המכיל 70 צמחים. התוצאות הראו ירידה בזמן המחזור לצמח עם הגדלת אורך השורה, הנובעות מכך שחלקן של עבודות השירות וההליכות מכלל עבודות הנדרשות בקטיף קטן עם הגדלת אורך השורה כאשר קיימים מספר ערכי מינימום ומקסימום מקומיים (איור 5) אשר נובעים מגמר שורה עם דלי מלא או מלא בחלקו.

השפעת צורת החממה (מספר שורות ואורך כל שורה) נבחן עבור חממה בשטח של 5 דונם עם 7 עובדים עבור כל שלבי העבודה. צורת החממה בוטאה על ידי מספר השורות ואורכן. **בשלבי ההדליה** צורת החממה לא השפיע באופן משמעותי על זמן העבודה הכולל (איור 4). **בשלבי הקטיף** (איור 6) הגדלת מספר השורות בחממה (והקטנת אורכי השורות), הגדילה את זמן העבודה. בחממות בעלות מספר שורות קטן (עד 75 שורות בחממה)

גרדיאנט זמן העבודה נותר נמוך. גרדיאנט זמן העבודה גדל כאשר מספר השורות בחממה היה גבוה מ- 80. מקדם התאמה של $R^2=0.96$ התקבל עבור פונקציית הרגרסיה המוצגת באיור 6.



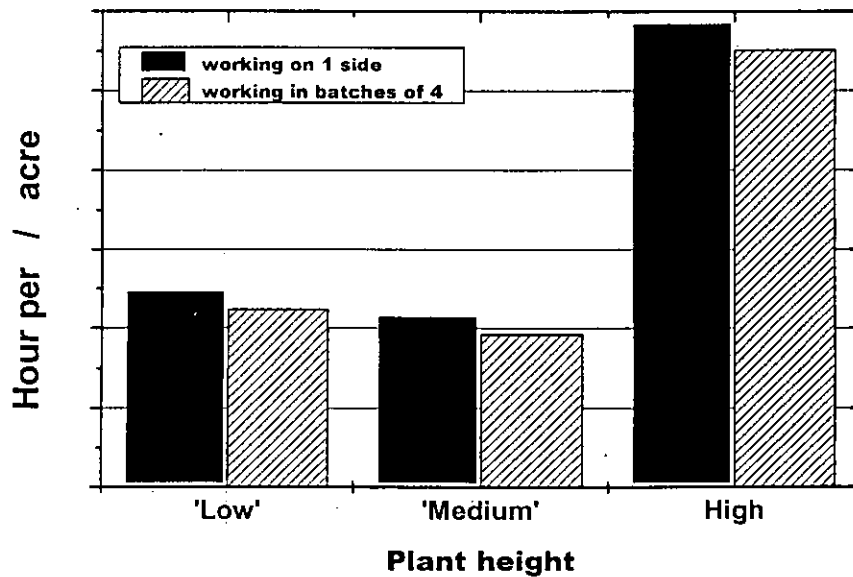
איור 5 : השפעת אורך השורה על זמן עבודה מנורמל לצמח.



איור 6 : השפעת מספר השורות על זמן העבודה.

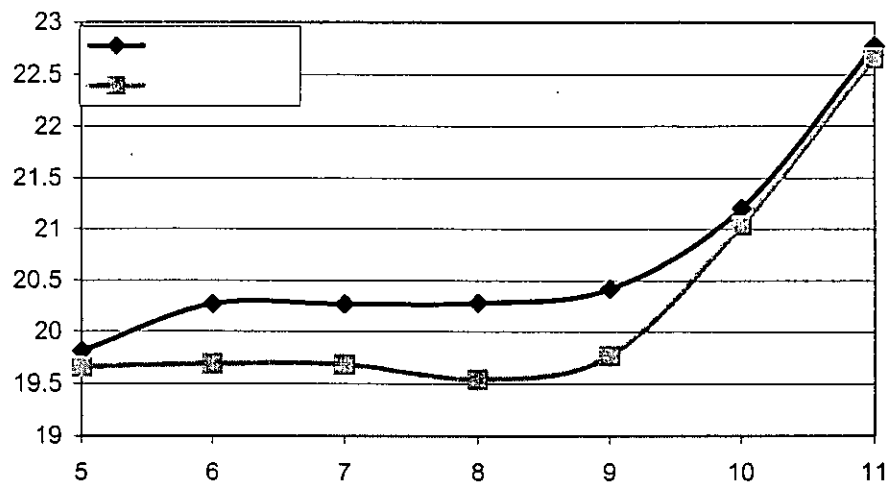
3.2.3 שיטות עבודה חלופיות

(1) שיטת עבודה על שורה או שתי שורות – בשלבי ההדליה העובד יכול לעבוד על שורה אחת כפי שמתקיים בשיטת הדליה של צמח "נמוך" שנמדדה בחלק חקר העבודה, או על שתי שורות כפי שמתקיים בשיטת הדליה של צמח "בינוני". שתי השיטות נבחנו בסימולציה עבור הדליה של צמח "נמוך", "בינוני" ו"גבוה" (איור 7). התוצאות מראות כי שיטת העבודה על שתי שורות מהירה בכ- 12% משיטת העבודה על שורה אחת עבור אותו שלב הדליה. שינוי שיטת ההדליה לצמח "נמוך" מעבודה על שורה אחת לעבודה על שתי שורות תחסוך כ- 13% מזמן העבודה. התוצאות הראו כי מתוך 25% ההבדל שבין הדליית צמח "נמוך" לצמח "בינוני" שנמדדו בחקר העבודה, 13% נובע משיטת העבודה ו- 12% נובע מההבדל בין הצמחים כגון גובה, נפח, צורה ומאפיינים נוספים.



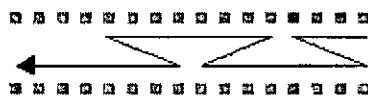
איור 7: זמן עבודה להדליית דונם בעבודה על צד אחד ובהתקדמות קבוצתית.

(2) תנועה בין שורות – בשלב הקטיף, העובד מסיים שורה עם דלי או עגלת קטיף מלאה וצריך לחזור לאורך השורה לנקודת הריקון. אנו מציעים לנוע בצורת עקלתון בתוך השורות וכך לחסוך התקדמות מיותרת בתוך השורות עם דלי / עגלת קטיף ריקה. בשלבי הקטיף תנועה בצורת עקלתון בין השורות יכולה לחסוך כ- 2% מהזמן הכולל. השיפור המשמעותי ביותר התקבל כאשר מספר העובדים בחממה עמד בין שישה לתשעה (איור 8).

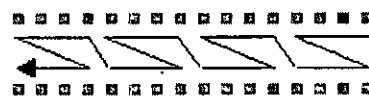


איור 8 : זמן עבודה מנורמל עבור צורות התקדמות בין שורות.

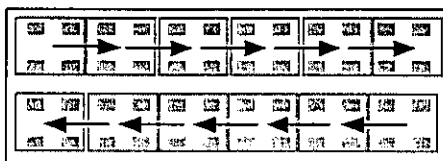
3) התקדמות לאורך שורה – ארבע שיטות התקדמות לאורך שורה הושוו: "רגילה" (איור 9א), "משופרת" (איור 9ב), "ישרה" (איור 9ג) ו"קבוצתית" (איור 9ד). בצורת התקדמות "רגילה" הפועל עובד על מספר צמחים בשורה אחת ואז עובר ועובד על מספר צמחים בשורה השנייה. בצורה ה"משופרת" ההתקדמות דומה לשיטה ה"רגילה" אך הפועל עובד על מספר כפול של צמחים בכל שורה. בצורת התקדמות "ישרה" הפועל עובד על שורה אחת וכשהוא מסיים אותה הוא עובד בדרכו חזרה על השורה השנייה. בצורת התקדמות "קבוצתית" הפועל עומד בשביל בין שתי השורות ועובד על שני צמחים בשורה אחת מסתובב ועובד על שני צמחים בשורה השנייה ומתקדם לקבוצת הצמחים הבאה.



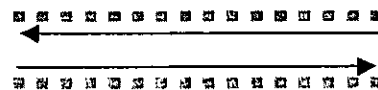
(ב)



(א)



(ד)



(ג)

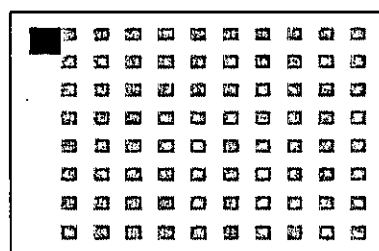
איור 9 : שיטות התקדמות לאורך שורה.

צורת ההתקדמות המיטבית הינה ההתקדמות ה"קבוצתית" ($\alpha=0.01$). בהדליית צמח "נמוך" שיטת ההתקדמות ה"קבוצתית" מהירה ב- 12% משיטת ההתקדמות ה"ישרה" שהינה שיטת ההתקדמות הנוכחית. בשלב הקטיפה, שיטת ההתקדמות ה"קבוצתית" נמצאה כמהירה ב- 34% משיטת ההתקדמות ה"ישרה" (טבלה 4).

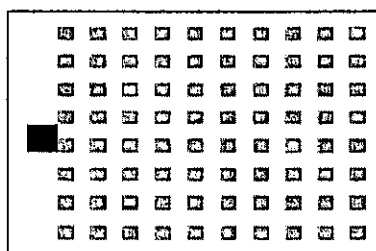
טבלה 4: זמני עבודה עבור שיטות התקדמות לאורך שורה.

הדליית צמח "נמוך"		קטיפה		
[min / acre]		[min / acre]		
ממוצע	ס.ת.	ממוצע	ס.ת.	
3115	1014	983	97	ישרה
3618	821	1256	242	רגילה
3262	1320	1180	133	משופרת
2746	240	570	56	קבוצתית

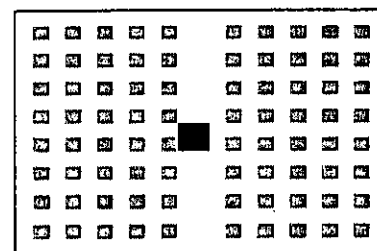
4) מיקום עגלה נגררת טרקטור – מיקום העגלה נגררת הטרקטור משפיע על זמן ההליכה לריקון הדליים / עגלות קטיפה ועל זמן העבודה הכולל בשלב הקטיפה. שלושה מקומות למיקום העגלה נבדקו (איור 10): א) על שביל שירות צדדי בקצה השורה הראשונה בחממה, ב) על שביל שירות צדדי בקצה השורה המרכזית בחממה, ו- ג) בשביל הגישה המרכזי, במרכז החממה בין שתי חלקות.



(א)



(ב)

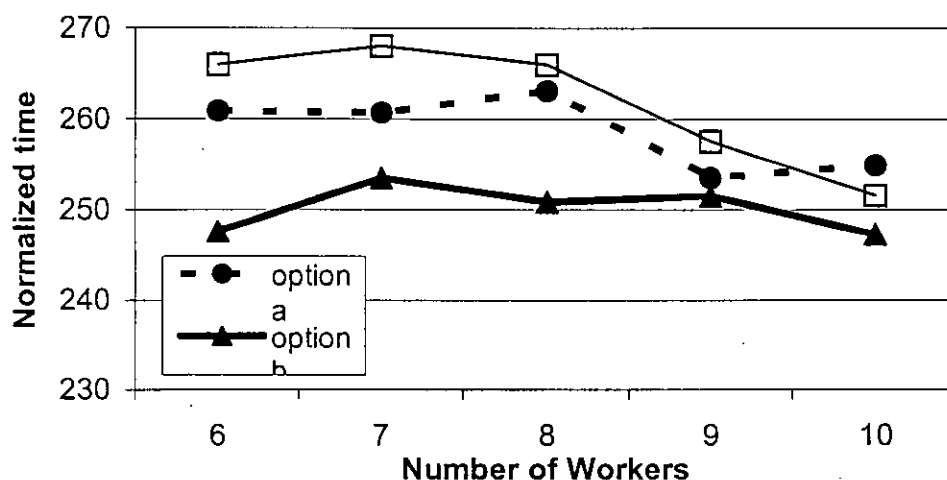


(ג)

איור 10: מיקום עגלה נגררת טרקטור.

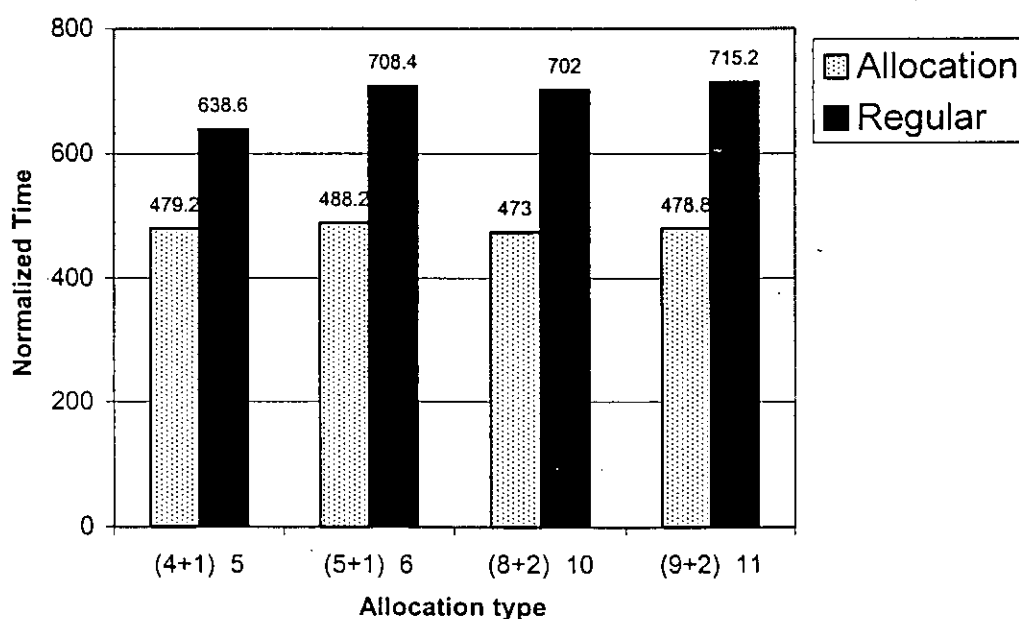
התוצאות הטובות ביותר התקבלו כאשר העגלה מוקמה בשביל המרכזי במרכז החממה (איור 10, ג, 11). במקרה זה זמן העבודה הכולל היה נמוך ב- 4% באופן מובהק בהשוואה למקרה בו העגלה מוקמה על שביל

השירות הצדדי בקצה השורה הראשונה בחממה וב- 6% במקרה בו המגלה מוקמה על שביל שירות צדדי בקצה השורה המרכזית בחממה ($\alpha=0.01$).



איור 11: זמן עבודה מנורמל עבור מיקום עגלת טרקטור ומספר פועלים.

5) הקצאת משימות – כל עובד קוטף עגבניות תוך שימוש בדלי או עגלת קטיף ומרוקנס לעגלה נגרת הטרקטור. אנו מציעים לחלק את המשימה לשתי תת-משימות כך שמספר עובדים מוקצים לקטיף בלבד ואחרים אחראיים לרוקן דליים/עגלות קטיף. שיטה זו הפחיתה את זמן העבודה הכולל בכ- 25% - 34% באופן מובהק ($\alpha=0.01$, איור 12).



איור 12: זמן עבודה מנורמל עבור הקצאת משימות בשלב הקטיף.

3.3. ניתוח כלכלי

בטבלה 5 מוצגות החלופות העיקריות לחיסכון בכוח אדם וייעול תהליכי העבודה עבור משקים בהיקפי גידול של 50 עד 500 דונם. הערכים המופיעים הינם החיסכון משוער בשעות עבודה למשק לפי אופני התייעלות שונים וגודל משק לטיפול אחד (לדוגמה: יום קטיף אחד). אומדן החיסכון הממוצע למשק נעשה על פי מדידות בחממות בשטח של 5, 12 ו- 15 דונם וסימולציה של חממות בשטח 5 דונם.

טבלה 5: זמני החיסכון המתקבלים עבור החלופות המיטביות לאפליקציה אחת.

גודל משק (דונם)				
500	200	100	50	
770	308	154	77	החלפת דלי קטיף בעגלת קטיף
				הקצאת משימות עבודה בקטיף
1970	788	394	197	(9 קוטפים + 2 בריקון לעומת 11 עובדי קטיף שגם מרוקנים)
				התקדמות קבוצתית לעומת ישרה
890	355	177	89	קטיף:
1450	580	290	145	הדליית צמח "נמוך":
500	200	100	50	מעבר בין השורות ממצב קיים (כניסה מאותו צד) לתנועת עקלתון
66.7	26.7	13.3	6.7	שינוי מיקום טרקטור מקצה החממה למרכזת כאשר מועסקים 10 עובדים

עבור משק בעל 100 דונם בעונת גידול של שלושה חודשים שהם כ- 15 אפליקציות ובמידה וייושמו החלופות המופיעות בטבלה 5 בלבד, יתקבל חיסכון של 16924 שעות עבודה, שהם כ- 1880 ימי עבודה (עבור יום עבודה של 9 שעות), או כ- 5.2 פועלים.

4. סיכום ומסקנות

מחקר זה הראה את חשיבות היישום של שיטות הנדסת תעשייה מתקדמות כגון ניתוח חקר עבודה וסימולציה לשיפור הייצור, חיסכון בכוח אדם וניהול משימה. השימוש בשיטות הללו יכול להביא לחיסכון של עד 52% בידיים עובדות בתהליכי העבודה השונים בגידול עגבניות, ועד כ- 24% מכלל ימי העבודה הדרושים בענף זה או כ- 5 פועלים עבור תקופת גידול של שלושה חודשים במשק בעל 100 דונם.

השוואה בין שני מודלי הסימולציה הראתה כי מודל EXCEL/VB מתאים יותר לדמות תהליכי עבודה בסביבות שאין בהן תחנות עבודה קבועות כגון שדות או חממות. מודל זה היה יותר גמיש, קל לשימוש ולהפעלה מאשר מודל ה- ARENA. זמן תכנון ובדיקת שיטת עבודה מסוימת היה ארוך יותר ב- ARENA

מאשר ב- VB מאחר וסביבות חקלאיות שונות מסביבות תעשייתיות טיפוסיות שלהן תוכננה ה- ARENA :
בסביבה תעשייתית החומר זורם בין תחנות העבודה בעוד שבסביבות חקלאיות העובדים נעים לחומרים.

על סמך מחקר זה הנקודות הבאות מומלצות בשלבי גידול עגבניות חממה:

- בשלבי הקטיפה יש להשתמש בעגלת קטיפה.
- גודל עגלת הקטיפה צריך להספיק לקטיפה של שתי שורות.
- שיטת ההתקדמות היעילה ביותר לאורך שורה היא ההתקדמות ה"קבוצתית".
- שורות ארוכות מקטינות את זמן העבודה הכולל.
- המעבר בין שורות צריך להתבצע בתנועת עקלתון.
- ההדליה צריכה להתבצע על שתי שורות במקביל.
- המיקום המיטבי לעגלה נגררת טרקטור הוא במרכז שביל השורות המרכזי במרכז החממה.
- יש לבצע הקצאת משימות לעובדים בשלב הקטיפה.

5. תודות

ברצוננו להודות לסטודנטים אשר ביצעו את העבודה כחלק ממטלות פרויקט הגמר שלהם: אפי ברנד, גל לוי, אביעד קניגסברג, ניר קסלר, חני אביגדור, נטלי ישראלס, טל רובין, כנרת זילברמן.

6. מקורות

1. רובין, ט. וזילברמן כ. 2003. ייעול תהליכי עבודה ופיתוח מודל כלכלי בבתי צמיחה של עגבניות באמצעות סימולציה ב- ARENA. פרויקט גמר. המחלקה להנדסת תעשייה וניהול, אוניברסיטת בן-גוריון שבנגב.
2. אביגדור, ח. וישראלס נ. 2003. ייעול תהליכי עבודה בבתי צמיחה של עגבניות צרי באמצעות סימולציה. פרויקט גמר. המחלקה להנדסת תעשייה וניהול, אוניברסיטת בן-גוריון שבנגב.
3. Bar, A., Y. Edan, Y. Alper. 1996. Robotic transplanting: adaption and simulation. ASAE Paper No. 96-3008, ASAE, St. Joseph, MI 49085.
4. Barnes, R. M., Motion and time study design and measurement of work. Wiley. 1980.
5. Brandt, J. A. and French, B. C. 1983. Mechanical Harvesting and the California Tomato Industry: A Simulation Analysis. American Journal of Agricultural Economics v65, n2 (May 1983): 265-72
6. Chen, L.H., T. Ahmad, M.H. Willcutt. 1990. Cotton harvesting machinery management via simulation. ASAE Paper No. 90-1566, ASAE, St. Joseph MI 49085.
7. Chief Scientist, Ministry of Agriculture. 2000. Profile of tomato cultivar. <http://www.science.moag.gov.il/>. (in Hebrew).
8. Edan, Y. and G. E. Miles. 1994. Systems engineering of agricultural robot design. IEEE Trans. on Systems, Man and Cybernetics 24(8): 1259-1264.
9. Elkabetz, P., Y. Edan, A. Grinstein, H. Pasternak. 1998. Simulation model for evaluation of site-specific sprayer design. ASAE Paper No. 98-1013, ASAE St. Joseph, MI 49085.
10. Gal, B., Natur, M. and Merom, D. 1997. Calculations for vegetables growing. Department of production economy, Tech. Rep. Ministry of Agriculture, Israel. (In Hebrew).

11. Halachmi, I. And Heesterbeek, J. A. P. 1999. Computer simulation and stochastic model for optimal facility allocation in a robotic milking barn. ASAE paper no. 903019, ASAE, St. Joseph, MI 49085.
12. He, C. S. 2003. Integration of geographic information systems and simulation model for watershed management. *Environmental Modeling and Software*, 18 (8-9): 809-813.
13. Kutz, L.J., Miles G.E., Hammer P.A. and Krutz G.W., 1987. Robotic Transplanting of Bedding Plants, *Transactions of the ASAE*, Vol.30, No. 3.
14. Muttiah, R.S., G.E. Miles, 1988. Systems engineering of grading plants using machine vision. ASAE Paper No. 88-1543, ASAE, St. Joseph MI 49085.
15. Otmi, R. and Karni, S. 2000. Packing layout model for grapes. Final project report. Department of Industrial Engineering and Management. Ben-Gurion University, Beer-Sheva 84105, Israel. (In Hebrew).
16. Tersine, R.J. 1985. *Production/operations management*. North Holland, New York.

הנחיות למילוי 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)

שיתוף הפעולה שלך יסייע לתהליך ההערכה של תוצאות המחקר.

הערה: נא לציין הפנייה לדו"ח אם נכללו בו נקודות נוספות לאלה שבסיכום.

<p>1. מטרת המחקר לתקופת הדו"ח תוך התייחסות לתוכנית העבודה</p> <p>איפיון של תהליכי העבודה בבתי צמיחה לגידול עגבניות בשלבי הגידול. פיתוח כלי סימולציה ומודל סימולציה לתהליכי העבודה בבתי צמיחה לגידול עגבניות. בחינת שיטות חליפיות לייעול ושיפור תהליכי העבודה בבית גידול לעגבניות באמצעות הסימולציה. מציאת צווארי בקבוק ותהליכים לא יעילים בתהליכי העבודה. פיתוח ושיפור שיטות להפחתת כוח האדם וייעול העבודה. ניתוח כלכלי לתהליכי העבודה ושל השיטות והטכנולוגיות המוצעות.</p>
<p>2. עיקרי הניסויים והתוצאות שהושגו בתקופה אליה מתייחס הדו"ח</p> <p>בוצע חקר שיטות וחקר עבודה בשלבי ההדליה והקטיף השונים בעגבניות רגילות ועגבניות צ'רי. פותחו מודלים וסימולציות לתהליכי הגידול של עגבניות בחממה. נמצא כי צווארי הבקבוק העיקריים הם בתהליכי ההדליה, הקטיף והשינוע לבית האריזה. התוצאות הראו ששלב הקטיף צריך להתבצע עם עגלות קטיף. התנועה בשורות צריכה להיות בצורת התקדמות קבוצתית, יש לבצע הקצאת משימות בין העובדים בקטיף וששורות ארוכות עדיפות ומקצרות את זמן העבודה. השימוש בשיטות הללו יכול להביא לחיסכון של עד כ- 24% מכלל ימי העבודה הדרושים בענף זה.</p>
<p>3. המסקנות המדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו.</p> <p>מחקר זה הראה את חשיבות היישום של שיטות הנדסת תעשייה מתקדמות כגון ניתוח חקר עבודה וסימולציה לשיפור הייצור, חיסכון בכוח אדם וניהול משימה. השימוש בשיטות הללו יכול להביא לחיסכון של עד כ- 24% מכלל ימי העבודה הדרושים בענף זה. על סמך מחקר זה הנקודות הבאות מומלצות בשלבי גידול עגבניות חממה: בשלבי הקטיף יש להשתמש בעגלת קטיף, גודל עגלת הקטיף צריך להספיק לקטיף של שתי שורות, שורות ארוכות מקטינות את זמן העבודה הכולל, המעבר בין שורות צריך להתבצע בתנועת עקלתון, ההדליה צריכה להתבצע על שתי שורות במקביל, המיקום המיטבי לעגלה נגררת טרקטור הוא במרכז שביל השירות המרכזי במרכז החממה ויש לבצע הקצאת משימות לעובדים בשלב הקטיף. מודל הסימולציה שפותח יוכל להיות מותאם לענפי גידול אחרים.</p>
<p>4. הבעיות שנתרו לפתרון ואו השינויים שחלו במהלך העבודה (טכנולוגיים, שיווקיים ואחרים); התייחסות המשך המחקר לגביהן.</p> <p>הצלחת הפיתוח והשימוש של כלים טכנולוגיים מתקדמים לביצוע והצלחת המחקר תאפשר את פיתוחם, התאמתם ושימושם בתחומים נוספים כגון מיון ואריזה ובגידולים נוספים.</p>
<p>5. 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.</p> <p>הצגת הנושא: בכנס USA, ASAE, 2003. בכנס טכנולוגיה וחסכון בידיים עובדות, בית דגן, 2002. בפורום מגדלי מלפפונים במושב אחיטוב, 2003, בפורום מגדלי פרחים ומועצת הפרחים, 2002. ביום עיון ייעול תהליכי עבודה, ערבה, 2002, ו-2003. ביום עיון חיסכון בידיים עובדות, הבשור, 2004.</p>