

1. הצגת הבעיה

גידולים חקלאיים רבים בעולם כגון: עצים, ירקות למיניהם, פרחים ועוד רבים אחרים נשתלים בקרקע להמשך גידולם, כשתילים ולא נזרעים באופן ישיר בשדה. לשתילה ישנם מספר יתרונות על פני זריעה המתבטאים גם בטיב ובאיכות הגידול, והן בחיסכון בהוצאות נלוות ובאבטחת זמן איסוף מתאים. יתרונות אלו הנם תוצאה ישירה של אופן הגידול עד לשתילה, המאפשר ביחס לזריעה שיפור ניכר ביכולת ההשרדות, מקטין את צריכת המים, יעילות טובה יותר בדישון והדברה מכיוון שאין צורך להדביר שטחים גדולים, תקופת הגידול בשדה מתקצרת, ולכן מתאפשר איסוף מוקדם. הגידולים המתקבלים הנם אחידים יותר. טכניקת השתילה אינה מיושמת בקנה מידה רחב מספיק, למרות יתרונותיה הייחודיים לעומת זריעה. הסיבה העיקרית לכך טמונה במחסור במכונות שתילה אוטומטיות בשדה, אשר אינן מתבססות על הזנה ידנית וקצב עבודתן נמוך יחסית. מיכון אוטומטי מקטין את השימוש והתלות בכוח אדם שהינו מרכיב עיקרי בעלויות הכרוכות בשתילה. בכדי ליעל ולהוזיל את תהליך השתילה ולהתאימו לרמת האוטומציה והמיכון הקיימים בבתי הצמיחה, נדרשת מערכת שתילה אוטומטית, ואמינה. המטרה הכללית של מחקר זה היא לפתח מערכת הזנה אוטומטית מהירה של שתילים ממגשים למכונות שתילה קימות, ובבחינת פתרונות אפשריים לשילוב רובוטים בעזרת סימולציות גרפיות.

2. מהלך ושיטות עבודה

נערכו סימולציות גרפיות להפעלת רובוט בנושא השתילה, התוצאות שמשו בסיס לפיתוח דגם ניסיוני ראשוני של מערכת הזנה אוטומטית המותאמת למכונות שתילה קונבנציונאלית. בעונה אחרונה תוכנן וניבנה דגם ניסיוני משופר (דגם מס' 2) של מערכת הזנה אוטומטית השולפת את הצמיחונים ממגשי הגידול ומעבירה אותם למכונות שתילה קונבנציונאלית מטיפוס צינור נפילה ופולח. בשלב נוכחי נערכו ניסויים ראשוניים של הדגם הניסיוני המשופר בתנאי הפעלה סטטים וזאת כדי לאפיין את היעילות המשולבת של כל המכלולים יחד.

3. תוצאות עיקריות

התוצאות שהתקבלו בשלב זה מתייחסות בעיקרן לקצב שתילה מכסימאלי אפשרי (כ- 130 עד 120 שתילים בדקה) לשורת גידול, שהתקבלו בניסוי מעבדה

הגדלת קצב השתילה ניתן להעשות על ידי שילוב של מספר שורות ליחידת שתילה אחת. במקביל פותח מבנה פונקציונאלי אופטימאלי של מרכיבי המערכת השונים. המשך המחקר ופיתוח המערכת יגלוש אל מעבר לתקופת המחקר המתוכננת וכרוך בהשלמת ניסויי השדה בעונה הקרובה ופיתוח דגם תעשייתי בשיתוף עם גורם מסחרי.

פותחו סימולציות גרפיות לתהליך העתקת השתילונים ממגשי הגידול והעברתו למכונות השתילה. סימולציות אלה שימשו בסיס לפיתוח מערכת ההזנה האוטומטית.

4. מסקנות והמלצות

פיתוח מערכת הזנה אוטומטית הניתנת לשילוב עם מכונות השתילה הקונבנציונליות ומבוססת על מגשי הגידול הרגילים, מאפשרת גמישות יתר ביישום מאחר ואין צורך לבצע שינויים מהותיים בתהליכי הכנת השתילונים במשתלה. אולם הכנסת מערכות הזנה אוטומטיות הפועלות ישירות ממגשי הגידול, והשאיפה להשגת עומד שתילה מלא ככל האפשר בשדה, מחייבים שיפור שיטות הגידול במשתלה שיבטיחו עומד מלא יותר של השתילונים במגשים, ואחידות טובה יותר של השתילים במגש. במקביל יש לבחון ולפתח אלטרנטיבות לשילוב המערכת האוטומטית להזנת השתילים בסוללה של מספר מכונות שתילה המופעלות יחד בעת השתילה בשדה.

פיתוח מערכת שתילה אוטומטית לקצבים מהירים

דו"ח מסכם - 1997, תוכנית מס. 463-0100-97

מוגש על-ידי: י. אלפר, פ. גרוס, ע. בר, ו.י. אידן

Agricultural Research Organization

מינהל המחקר החקלאי

תקציר

1. גידולים חקלאיים רבים בעולם כגון: עצים, ירקות למיניהם, פרחים ועוד רבים אחרים נשתלים בקרקע להמשך גידולם, כשתילים ולא נזרעים באופן ישיר בשדה. לשתילה ישנם מספר יתרונות על פני זריעה המתבטאים גם בטיב ובאיכות הגידול, והן בחיסכון בהוצאות נלוות ובאבטחת זמן איסוף מתאים. יתרונות אלו הנם תוצאה ישירה של אופן הגידול עד לשתילה, המאפשר ביחס לזריעה שיפור ניכר ביכולת ההישרדות, מקטין את צריכת המים, יעילות טובה יותר בדישון והדברה מכיוון שאין צורך להדביר שטחים גדולים, תקופת הגידול בשדה מתקצרת, ולכן מתאפשר איסוף מוקדם. הגידולים המתקבלים הנם אחידים יותר.

טכניקת השתילה אינה מיושמת בקנה מידה רחב מספיק, למרות יתרונותיה הייחודיים לעומת זריעה. הסיבה העיקרית לכך טמונה במחסור במכונות שתילה אוטומטיות בשדה, אשר אינן מתבססות על הזנה ידנית וקצב עבודתן נמוך יחסית. מיכון אוטומטי מקטין את השימוש והתלות בכוח אדם שהינו מרכיב עיקרי בעלויות הכרוכות בשתילה. בכדי ליעל ולהחיל את תהליך השתילה ולהתאימו לרמת האוטומציה והמיכון הקיימים בבתי הצמיחה, נדרשת מערכת שתילה אוטומטית, ואמינה..

המטרה הכללית של מחקר זה היא לפתח מערכת הזנה אוטומטית מהירה של שתילים ממגשים למכונות שתילה קימות. ובבחינת פתרונות אפשריים לשילוב רובוטים בעזרת סימולציות גרפיות.

2. נערכו סימולציות גרפיות להפעלת רובוט בנושא השתילה, התוצאות שמשו בסיס לפיתוח דגם ניסיוני ראשוני של מערכת הזנה אוטומטית המותאמת למכונת שתילה קונבנציונאלית. בעונה אחרונה תוכנן וניבנה דגם ניסיוני משופר (דגם מס. 2) של מערכת הזנה אוטומטית השולפת את הצימחונים ממגשי הגידול ומעבירה אותם למכונת שתילה קונבנציונאלית מטיפוס צינור נפילה ופולח. בשלב נוכחי נערכו ניסויים ראשוניים של הדגם הניסיוני המשופר בתנאי הפעלה סטטיים חזאת כדי לאפיין את היעילות המשולבת של כל המכלולים יחד.

3. התוצאות שהתקבלו בשלב זה מתייחסות בעיקרן לקצב שתילה מכסימאלי אפשרי (כ - 130 עד 120 שתילים בדקה) לשורת גידול, שהתקבלו בניסוי מעבדה. הגדלת קצב השתילה ניתן להעשות על ידי שילוב של מספר שורות ליחידת שתילה אחת. במקביל פותח מבנה פונקציונאלי אופטימאלי של מרכיבי המערכת השונים. המשך המחקר ופיתוח המערכת יגלוש אל מעבר לתקופת המחקר המתוכננת וכוון בהשלמת ניסויי השדה בעונה הקרובה ופיתוח דגם תעשייתי בשיתוף עם גורם מסחרי. פותחו סימולציות גרפיות לתהליך העתקת השתילונים ממגש הגידול והעברתו למכונת השתילה. סימולציות אלה שימשו בסיס לפיתוח מערכת ההזנה האוטומטית.

4. מסקנות והמלצות - פיתוח מערכת הזנה אוטומטית הניתנת לשילוב עם מכונות השתילה הקונבנציונליות ומבוססת על מגשי הגידול הרגילים, מאפשרת גמישות יתר ביישום מאחר ואין צורך לבצע שינויים מהותיים בתהליכי הכנת השתילונים במשתלה.

אולם הכנסת מערכות הזנה אוטומטיות הפועלות ישירות ממגשי הגידול, והשאירה להשגת עומד שתילה מלא ככל האפשר בשדה, מחייבים שיפור שיטות הגידול במשתלה שיבטיחו עומד מלא יותר של השתילונים במגשים, ואחידות טובה יותר של השתילים במגש. במקביל יש לבחון ולפתח אלטרנטיבות לשילוב המערכת האוטומטית להזנת השתילים בסוללה של מספר מכונות שתילה המופעלות יחד בעת השתילה בשדה.

מבוא ותיאור הבעיה

גידולים חקלאיים רבים בעולם כגון: עצים, ירקות למיניהם, פרחים ועוד רבים אחרים נשתלים בקרקע להמשך גידולם, כשתילים ולא נזרעים באופן ישיר בשדה. לשתילה ישנם מספר יתרונות על פני זריעה המתבטאים גם בטיב ובאיכות הגידול, והן בחיסכון בהוצאות נלוות ובאבטחת זמן איסוף מתאים. יתרונות אלו הנם תוצאה ישירה של אופן הגידול עד לשתילה, המאפשר ביחס לזריעה שיפור ניכר ביכולת ההשרדות, מקטין את צריכת המים, יעילות טובה יותר בדישון והדברה מכיוון שאין צורך להדביר שטחים גדולים, תקופת הגידול בשדה מתקצרת, ולכן מתאפשר איסוף מוקדם. הגידולים המתקבלים הנם אחידים יותר.

למרות יתרונות אלו טכניקת השתילה אינה מיושמת בקנה מידה בינלאומי רחב מספיק כפי שאמור היה להיות, זאת מכיוון שתהליך השתילה מתבצע באמצעות מכונות המתבססות ברובן על הזנה ידנית של שתילים, גורם המגביל את קצב העבודה ומגדיל את העלות הכספית כתוצאה מהצורך

להשתמש בעבודת ידניים מרובה. מכונות שתילה אוטומטיות מופעלות כיום בהיקף מסחרי כעט אך ורק בשתילת אורז בשטחים מוצפים, שהם תנאי גידול מאוד ייחודיים.

מגבלת הזמן האופטימאלי שבו ניתן לבצע שתילה מהווה גם כן גורם ממריץ נוסף לצורך במציאת פתרון להעלאת הספק השתילה בזמן נתון. ההספק המכסימלי אליו יכולות להגיע מכונות השתילה העכשוויות הנו מוגבל זאת מכיוון שהזנת השתילים הינה ידנית, ולמעשה מהירות העבודה תלויה בקצב ההזנה של המזין או המזינים.

בתהליך הגידול של השתילים במשתלה הושגה בשנים האחרונות התקדמות רבה בתחום האוטומציה והמיכון המחליף עבודת ידניים, מאידך בעיית השתילה האוטומטית עדיין לא נפתרה באופן שיאפשר בניית מערכת שתילה אוטומטית לחלוטין, זאת למרות שנעשו ניסיונות רבים לאורך השנים לפתח מערכות מסוג זה במטרה להגיע להקטנת תולות בעבודת ידניים והגדלת קצב השתילה. פתרונות רבים הוצעו וחלקם אמנם מיושמים במכונות השתילה הקונבנציונליות, אבל בעיית ההזנה האוטומטית של השתילים למכונות עדיין לא נפתרה. הקושי נובע בחלקו מתנאי העבודה הקיימים בשדה המקשים על הפעלת מערכת אוטומטית, לעומת סביבת העבודה בנוחה יחסית בבתי הצמיחה להכנת שתילים. ההתקדמות הרבה והתפתחות האוטומציה בתחום בתי הגידול להכנת השתילים

הביאו לכדי כך שמערכות אלו מופעלים כיום במתכונת תעשייתית, הן בשיטות העבודה והן בכמויות השתילים המסופקים ללקוחות.

כדי להגיע להישגים דומים בתהליך השתילה ולהתאימו לרמת האוטומציה והמיכון הקיימים בתהליכי הכנת השתילים וגידולם, נדרשת מערכת שתילה אוטומטית, אמינה, מהירה וגמישה המתאימה לעבודה בתנאי שדה וסוגי קרקעות שונים. בכדי לאפיין את הדרישות של מערכת כזו ותכנונה, יש לבחון פתרונות שונים ומגוונים כמו: רובוט, מניפולטור, מע' אוטומטית אחרת, או שילוב בין כמה סוגי מערכות.

מבנה מכונות השתילה ועיקרון פעולתן תלוי בגודל ומבנה השתילים בשלב השתילה בשדה, בשיטת הכנת השתילים במשתלה, השוני בכלי קיבול וחומרי מצע שונים לגידול השורשים, וכדומה. בכדי להגיע לשתילה ממוכנת בהיקף רחב, הושקעו בשנים האחרונות מאמצים ליצור מגוון רחב של סוגי שתילים וכלי קיבול, כגון: שקיות פלסטיק, תבניות כוורת מנייר, מגשי פלסטיק בעלי תבנית גלילית, חרוטית או מלבנית.

תהליך השתילה כולל מספר פעולות המתבצעות ברצף - שליפת השתילים ממגשי הגידול, פתיחת חריץ או שקע בקרקע, הצבת השתיל, כיסוי שרשים והידוק הקרקע.

קצב העבודה הנוכחי של המכונות הקיימות - נע סביב 60 שתילים בדקה ליחידת שתילה, המטרה בפיתוח מכונת השתילה האוטומטית העתידית היא להגיע לקצבי שתילה מהירים של כ- 200 שתילים בדקה לשורה. מערכת זו חייבת לשלב בתוכה מתקן להזנה אוטומטית המותאמת לקצב הנדרש.

תוכנית מחקר זו מהווה המשך עבודת המחקר והפיתוח בנושא "בחינת התכונות לשתילה אוטומטית באמצעות רובוט". מטרת העבודה המוקדמת שנעשתה בנושא זה הייתה לבחון את הפוטנציאל של מערכות אוטומטיות לביצוע פעולת השתילה. המחקר התרכז בשני תחומים עיקריים, (א) החלפת ההזנה הידנית של מכונות שתילה קיימות בהזנה אוטומטית (ב) פיתוח מודלים לשתילה בקצבים מהירים בעזרת מניפולטורים. ממצאי המחקר המוקדם עליהם מבוסס המחקר הנ"ל, מפורטים בדו"ח מסכם - 1995. דו"ח זה מציג פתרונות ורעיונות אפשריים להשגת המפורטת לעיל, באמצעות מערכות הזנה אוטומטיות בקצבים סבירים, ואו שימוש במניפולטורים לשתילה ישירה בקרקע. מערכות אלה נבחנו בחלקם באמצעות מתקנים ניסיוניים מעבדתיים, ובחלקם באמצעות מודלים קינטיים.

מטרת המחקר הכוללת היא לפתח מערכת הזנה אוטומטית מהירה של שתילים ממגשים למכונות שתילה קיימות, לבחון בעזרת סימולציות גרפיות וניסויי התאמה של מניפולטור פתרונות שונים אפשריים לשילוב רובוטים בנושא השתילה.

בשנה הנוכחית התרכזה העבודה בפיתוח ושיפור המערכת האוטומטית להחלפת ההזנה הידנית במכונות השתילה הקיימות, בהזנה אוטומטית מלאה בקצב מהיר.

רקע מדעי ומקצועי

בעשור האחרון ישנה עליה מתמדת במספר המגדלים המשתמשים במגשי גידול לעומת גידול של שתילים חשופי שרשים, זאת למרות המחיר הגבוה יחסית. לשתילים במגשים יש כושר הישרדות גבוה יותר וכושר התאוששות מהיר מ"הלם השתילה" (Shaw (1993. המגמה המסתמנת מעידה על מעבר

של מגדלים לשימוש במגשים מודולריים, ולכן גובר הצורך בפיתוח מערכת שתילה אוטומטית המחנת ממגשי גידול. השתילים במגשים אלה מסודרים במערך מוגדר, וניתנים לטיפול ממוכן. ניסיונות רבים נעשו במשך השנים לפתח מכונת שתילה הכוללת מערכת הזנה אוטומטית, בעיקר ב- 20 השנים האחרונות, (Moden et al. (1977), Suggs et al. (1987), Brewer (1990), De Groot (1990). בבדיקה השוואתית בין שתי מכונות שתילה לשתילים בשקיות ניר לעומת מכונת שתילה לשתילים חשופי שרשים הסתבר כי נדרשת הכנה מדויקת ואחידה של שתילים מסודרים לשם הזנה תקינה שלמעשה הינה המשפיע העיקרי על קצב השתילה.

מתוך הניסיונות הרבים ניתן להסיק כי התכונות הנדרשות ממכונת שתילה אוטומטית הינם:

1. מערכת הזנה אוטומטית מודולרית וגמישה לשינויים בהתאם לסוג השתילים, גודלם, וכלי הגידול.

2. להימנע מתלות בין מהירות הנסיעה והמרווח המתקבל בין השתילים

3. מרווחי שתילה משתנים, בין 15 ל- 40 ס"מ

4. התאמה לסוגי קרקע שונים

הפעילות המחקרית האקדמית בנושא השתילה בשטח הפתוח הצטמצמה מאוד בשנים האחרונות. אולם מספר מפעלים לייצור מיכון חקלאי המשיכו את המו"פ בנושא זה במיוחד בשלב הכנת או העברת השתילונים במשתלה, וכן בשטח הפתוח. לאחרונה הוצגה בתערוכה באיטליה דגם של מכונת שתילה המתבססת בדומה לפיתוח בעבודה הנוכחית, על מתקן אוטומטי להזנת שתילים למכונת שתילה קיימת המותאמת להזנה ביד. שיטת שליפת השתילונים ממגשי הגידול נעשית על ידי אצבעות קשיחות הדוחפות את גושי הגידול בחלקו האחורי של מהמגש. שיטה זו נבחנה בשלבים מוקדמים של עבודה זו ונמצאה בעייתית בחלק ניכר מהמקרים. מסיבות אלו וממצאי הניסיונות בעונה החולפת הושקעו מירב מאמצי המו"פ שיפורטו בהמשך בשיפור תת המערכות השונות המרכיבות את המערכת האוטומטית הכוללת שפותחה ונבחנה בשנים קודמות, ונמצאו מתפקדות עקרונית באופן יעיל וטוב.

היקף ושיטות

א. פיתוח מודלים לשתילה אוטומטית בקצבים מהירים

הפעלת מערכת רובוטית בתנאי שדה כרוכה בקשיים רבים בגלל בעיות של תנאי סביבה בלתי מוגדרים ובלתי יציבים, כמו - אבק, מהמורות, שיפועים, וגם בגלל בעיות הקשורות לחוסר האחידות של השתילים עצמם הגורמים לתנאי עבודה משתנים. בכדי להתגבר על בעיית חוסר ההומוגניות ניתן להשתמש לצורך התכנון והבדיקה בסימולציה, המאפשרת בדיקת פרמטרים תיכוניים שונים והקטנת מספר הניסויים הנדרש. הסימולציה צריכה להתחשב בפרמטרים הנבחנים ובהשפעתם על ביצועי המערכת הנבדקת.

פותרתה סימולציה גרפית בעזרתה נבחנו ונותחו אלטרנטיבות שונות לשתילה באמצעות רובוט, ומערכות שתילה והזנה אוטומטיות, ממצאים אלה שמשו כבסיס לפיתוח המערכת הניסיונית המפורטת בהמשך.

ב. פיתוח ושיפור המערכת האוטומטית להזנת השתילים

בתחילת העונה הנוכחית נמשכו ניסויי השדה של המערכת הכוללת שנבנתה בעונה חולפת. ממצאי בדיקות אלה היוו בסיס לתוכנית העבודה בשנה הנוכחית. המחקר והפיתוח בנושא זה התמקד בשנה הנוכחית בתכנון, פיתוח, בניה של מרבית מרכיבי המערכת הכוללת את הפונקציות הבאות: שליפת השתילים ממגשי הגידול, והזנתם הבודדת למכונת שתילה קונבנציונאלית, המציבה אותם בקרקע במרווחי השתילה הרצויים. מפרטי התכנון של המערכות השונות ועקרונות פעולתם מבוססת על ממצאי הניסויים שנערכו בשנה הקודמת.

מערכת ההזנה ושינוע של מגשי השתילים

השתילים מועברים לשדה במקרה זה בתוך מגשי הגידול. מגשים אלה מוצבים בקבוצות ממושטחות על גבי משטח מתאים המהווה חלק ממכונת השתילה. עובד הנמצא אף הוא על גבי המכונה מזין את המערכת במגשים, בהתאם לקצב הנדרש. עובד אחד מסוגל להזין יותר מיחידת שתילה אחת, כאשר כמה יחידות שתילה צמודות בדרך כלל למסגרת אחת הרתומה לטרקטור ומבצעת באותו זמן שתילה של כמה שורות.

ממצאי הבדיקות של מערכת האנכית להזנת המגשים שפותחה בעונה קודמת הראו שעקרון פעולתה הינו מתאים לביצוע פעולת השליפה של השתילונים, יש להתאימה לספיקות גדולות יותר, ולשנות את המבנה האנכי הגבוה למערכת נמוכה ונוחה יותר. במהלך העונה הנוכחית תוכננה ונבנתה מערכת אלטרנטיבית הכוללת תוף ריבועי הנע סביב ציר אופקי כאשר ניתן להצמיד לכל אחד מצלעותיו מגש עם שתילונים (ראה ציור - 1). התוף מוצב כלפי מצבטי השליפה כך ששליפת השתילונים נעשית בכיוון השורות הארוכות במגש, ולא כפי שניבנה בדגם הקודם. שינוי זה מאפשר הצבה של תשעה מצבטים הפועלים בעת ובעונה אחת במקום ארבעה שהיו במקרה הקודם. התוף עצמו מתוכנן ומתוכננת לבצע תנועות מתואמות עם חלקי המערכת האחרים בכיוונים הבאים:

א. תנועה מדורגת ("פעימות") בכיוון האנכי המקדמת אותו מדי צעד בשורה נוספת של

שתילונים, לאחר שליפת כל השתילונים מהשורה הקודמת במגש.

ב. תנועה אנכית מהירה כלפי מעלה בסיום שליפת כל השתילונים מהמגש.

ג. תנועה סיבובית להחלפת המגש המזין.

תנועות התוף עם המגשים הצמודים אליו מתחמנות עם קצב ההתקדמות מכונת השתילה ושליפת הצמחונים מהמגש. עם סיבוב תוף המגשים משתחרר גם המגש הריק במקום המיוחד ונאסף למשטח מתאים. (ראה ציור - 1).

מנגנון שליפת הצמחים מהמגש

פותחה מערכת מורחבת ומשופרת לשליפת הצמחים מתוך המגש המעבירה אותם ישירות לאחר השליפה למתקן ההזנה הרציפה של שתילים בודדים, המפילה אותם ישירות לצינור ההזנה של מכונת השתילה הרגילה המורכבת גם היא לאותה מסגרת. שליפת הצמחונים מהמגש ומתבססת על מצבטים

גמישים ומרופדים התופשים את הגבעול הראשי בחלקו התחתון בכוחות שאינם גורמים למק אולם חזקים מספיק כדי לשלוף את הצמחון על שורשיו העטופים בגוש הגידול מתוך המגש. שיטה זו נבחנה בעונה קודמת ונמצאה יעילה ביותר למטרת השליפה. מנגנון השליפה שניבנה בדגם הנוכחי כולל תשעה מצבטים הפועלים בצורה סימולטנית ושולפים מדי מחזור 8 או 9 צמחונים (פעמיים 8 ופעם 9 מדי שורה). מספר המצבטים המופעלים באמצעות אותו מנגנון קובע במידה רבה את קצב השתילה. מאידך הצבת המצבטים או המרחק בין אחד לשני מושפע משני גורמים משמעותיים: א. כדי להשיג הפרדה מרבית בין השתילים הנשלפים לא ניתן לשלוף שני צמחונים סמוכים באותו מחזור, ולכן רצוי להגדיל את המרווח ביניהם. ב. כדי להשיג העברה אופטימאלית ללא תקלות של השתילונים, ממערכת השליפה הנייחת למתקן ההזנה הרציפה הנמצא בתנועה תוך כדי קליטת הצמחונים, חייבים תאי הצמחונים הבודדים (שיפורטו בהמשך) להיות מספיק גדולים. גודל התאים נקבע על ידי ניסויים במיני צמחים שונים.

תת מערכת מצבטי השליפה המורכבים למסגרת אחת המבצעת בתאום עם שאר חלקי המערכת את התנועות הבאות:

א. הזזה אופקית-המאפשרת לשלוף מדי פעם מחזור נוסף של שתילונים מאותה שורה. בכל שורה מתבצעות שלוש הזזות, פעמיים 8 שתילונים במחזור פעם אחת 9 שתילונים, ס"ה 25 שתילים בשורה.

ב. תנועה אופקית של כל המצבטים יחד בכיוון שליפת הצמחים,

ג. תנועה סיבובית סביב ציר אופקי, המעבירה את הצימחונים שנשלפו מסביבת המגש אל מעל התאים של מערכת ההזנה הרציפה (ראה ציור - 2) תנועה סיבובית נוספת באותו כיוון

ד. תנועה משנית נוספת נועלת ופותחת את המצבטים בתהליך השליפה.

מתקן הזנה רציפה של שתילים בודדים למכונת השתילה

מערכת זו מורכבת מסדרה של תאים אנכיים הצמודים למסוע שרשרות הנעים בזימון עם גלגלי ההסעה של מכונת השתילה. (ראה ציור 1 ו 2) התאים פתוחים כלפי מעלה, לקליטת השתילונים הנופלים לתוכם בנפילה חופשית, וחסומים בדלתית אלכסונית בחלקם התחתון. הדלתית האלכסונית נתמכת תוך כדי תנועתה על ידי פס הפעלה הפותח אותה מול צינור מכונת השתילה ומאפשר על ידי כך את נפילת השתילים הבודדים אל תוך המכונה. בהמשך מסלול התנועה סוגר פס ההפעלה את הדלתית ומאפשר קליטה של סדרת שתילונים חדשים. ממדי התאים ומיקומם האופטימאלי ביחסי למרכיבי המערכת האחרים נקבע ניסויי מעבדה בעונה החולפת.

בעונה הנוכחית תוכננה ונבנתה מערכת חדשה ארוכה יותר המותאמת להזנת מספר גדול יותר של מצבטים כפי שפורט בסעיף קודם.

הפעלה ובקרה

מכונת השתילה מורכבת לשלש נקודות הרתום של הטרקטור, ונשענת על גלגלי נסיעה. הפעלת המערכות השונות נעשה באמצעות מערכות הדראוליות ופנאומטיות (ראה שרטוטים - 3 ו 4). מערכות אלו מבוקרות באמצעות בקר מתוכנת. תוכנית הבקרה של אחת המערכות מפורטת בציור - 5. בדגם החדש תוכנן משטח שרות לעובד המדריך את המגשים וקולט את המגשים הריקים, המותאם למבנה המכונה הנוכחי.

מילוי השתילונים החסרים

מגשי השתילונים מגיעים מהמשתלה כאשר אחוז מסוים, השונה בין גידול לגידול, מתאי הגידול ריקים משתילים. מצב זה יוצר שתילה חסרה (בלתי אחידה מבחינת מריווחים) בתנאי שדה. אחוז התאים הריקים עשוי להגיע לכ - 10 % ולעתיים אף יותר, ולכן יש חשיבות למציאת פתרון מתקן לתופעה זו. לאחרונה נבחנה רעיונית מספר אלטרנטיבות עקרוניות לפתרון הבעיה ואפשרויות שילובם בדגם המכונה החדש. עם התחלת ניסויי השדה יוגדר היקף הבעיה באופן כמותי ויוחל בבדיקה ראשונית יישומית של האלטרנטיבות השונות.

ניסיונות ותוצאות

סיכום ניסויי השדה עם דגם מערכת ההזנה מהשנה החולפת - בתחילת העונה הנוכחית נמשכו ניסויי
ההשדה של דגם מערכת ההזנה האוטומטית שפותח בעונה חולפת. בבדיקות אלו שנערכו מחוץ לעונה
 בתנאי הכנת שטח לא מיטביים התקבלו התוצאות הבאות:

א. שלילת הצמחים מהמגשים כשהשתילונים במצב התפתחות סביר (המקובל בהעתקת השתילים מהמשתלה לשדה), נעשית בצורה יעילה ומבלי לגרום נזק לצמחים. כשהצמחונים בעת השתילה גדולים מהרגיל מסתבכים לעתיים צמחים מתאים סמוכים הנשלפים יחד ואינם מועברים למסוע התאים באופן תקין. מכאן שיש להקפיד על מועד השתילה וגודל הצימחונים בעת השימוש במערכת הזנה אוטומטית.

ב. קצב ההזנה האוטומטית בדגם שנבדק (הכולל 4 מצבטים בלבד, הפועלים מדי מחזור), מגיע לכדי 80 - 60 לדקה בלבד, ומחייב שיפור משמעותי בהמשך הפיתוח. ניתן להשיג זאת על ידי הגדלת מספר המצבטים הפועלים יחד מדי מחזור.

ג. הבקרה והתאום (סינכרוניזציה) בין מרכיבי המערכת השונים, והמנגנון שפותח להשגת מרווחי שתילה אחידים ובלתי תלויים בקצב התקדמות המכונה, פעלו בצורה יעילה וטובה ללא תקלות.

ד. תוצאות הצבת השתילים בקרקע, הנעשית באמצעות מכונת שתילה רגילה המוצמדת למערכת ההזנה האוטומטית, לא הגיעה בעת הניסויים לרמה נאותה. זאת מסיבה שהחברה כבר המתייחסת להכנת שטח בלתי מספיקה לצורך הבדיקות כפי שמתבקש ומקובל בשתילה מעשית.

ה. מבנה המכונה הכולל מסוע אנכי להזנת המגשים הינו גבוה מדי ואינו נוח להזנה הידנית של המגשים המלאים, וקליטת המגשים הריקים.

פיתוח ובניה של מערכת הזנה אוטומטית חדשה - תוכנן וניבנה דגם חדש של מערכת הזנה אוטומטית מלאה המורכבת למכונת שתילה קונבנציונאלית מטיפוס צינור נפילה ופולח. מכונה זו כוללת את כל תת המערכות המשופרות כפי שפורט בסעיף קודם - "היקף ושיטות", כמו כן נערכו כל השינויים הנדרשים במכונת השתילה עצמה כדי לקבל זימון מלא בין כל מרכיבי המכונה.

ממצאי בדיקות המעבדה בשלב הנוכחי - המערכת הכוללת מופעלת בשלב הנוכחי בניסויי התאמה ובדיקות אמינות תפעולית בתנאי מעבדה, זאת על מנת לאפיין את היעילות המשולבת של כל המכלולים יחד. מגשי שתילים מסוגים שונים ובשלבי גידול שונים נבחנו בשלב זה. כתוצאה מניסויים אלה יוכנסו שיפורים ושינויים נוספים לפני היציאה לניסויי שדה בעונה הבאה הקרובה. בניסויים אלה הגענו לקצב שתילה של כ 120 - 130 שתילונים לדקה, מבנה המכונה נמוך וקומפקטי יותר, הזנת המגשים המלאים ופריקת הריקים נוחה יותר. תוצאות שליפת הצימחונים מהמגשים והעברתם למכונת השתילה בקרקע דומות לאלה שהתקבלו בעונה קודמת (ראה דו"ח שנה קודמת). בהמשך בדיקות המעבדה יבחנו סוגי שתילים שונים במצבי גידול והתפתחות שונים, וכל זאת לפני היציאה לניסויי שדה בעונה הקרובה.

תקציר הדו"ח

1. מטרת המחקר לתקופת הדו"ח

לפתח מערכת הזנה אוטומטית מהירה של שתילים ממגשים למכונות שתילה קימות, לבחון בעזרת סימולציות גרפיות ניסויי התאמה של מניפולטור פתרונות שונים אפשריים לשילוב רובוטים בנושא השתילה.

2. עיקרי הניסויים והתוצאות לתקופת הדו"ח

נערכו סימולציות גרפיות להפעלת רובוט בנושא השתילה, התוצאות שמשו בסיס לפיתוח דגם ניסיוני ראשוני של מערכת הזנה אוטומטית המותאמת למכונת שתילה קונבנציונאלית. בעונה אחרונה תוכנן וניבנה דגם ניסיוני משופר (דגם מס. 2) של מערכת הזנה אוטומטית השולפת את הצימחונים ממגשי הגידול ומעבירה אותם למכונת שתילה קונבנציונאלית מטיפוס צינור נפילה ופולת. בשלב נוכחי נערכו ניסויים ראשוניים של הדגם הניסיוני המשופר בתנאי הפעלה סטטים חזאת כדי לאפיין את היעילות המשולבת של כל המכלולים יחד.

3. המסקנות המדעיות והשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו

המסקנות שהתקבלו בשלב זה מתייחסות בעיקרן לקצב שתילה מכסימאלי אפשרי (כ - 130 עד 120 שתילים בדקה), ומבנה פונקציונאלי אופטימאלי של מרכיבי המערכת השונים. המשך המחקר ופיתוח המערכת יגלוש אל מעבר לתקופת המחקר המתוכננת וכרוך בהשלמת ניסויי השדה בעונה הקרובה ופיתוח דגם תעשייתי בשיתוף עם ירון מסחרי.

4. הבעיות שנותרו לפתרון ואו השינויים שחלו במהלך העבודה

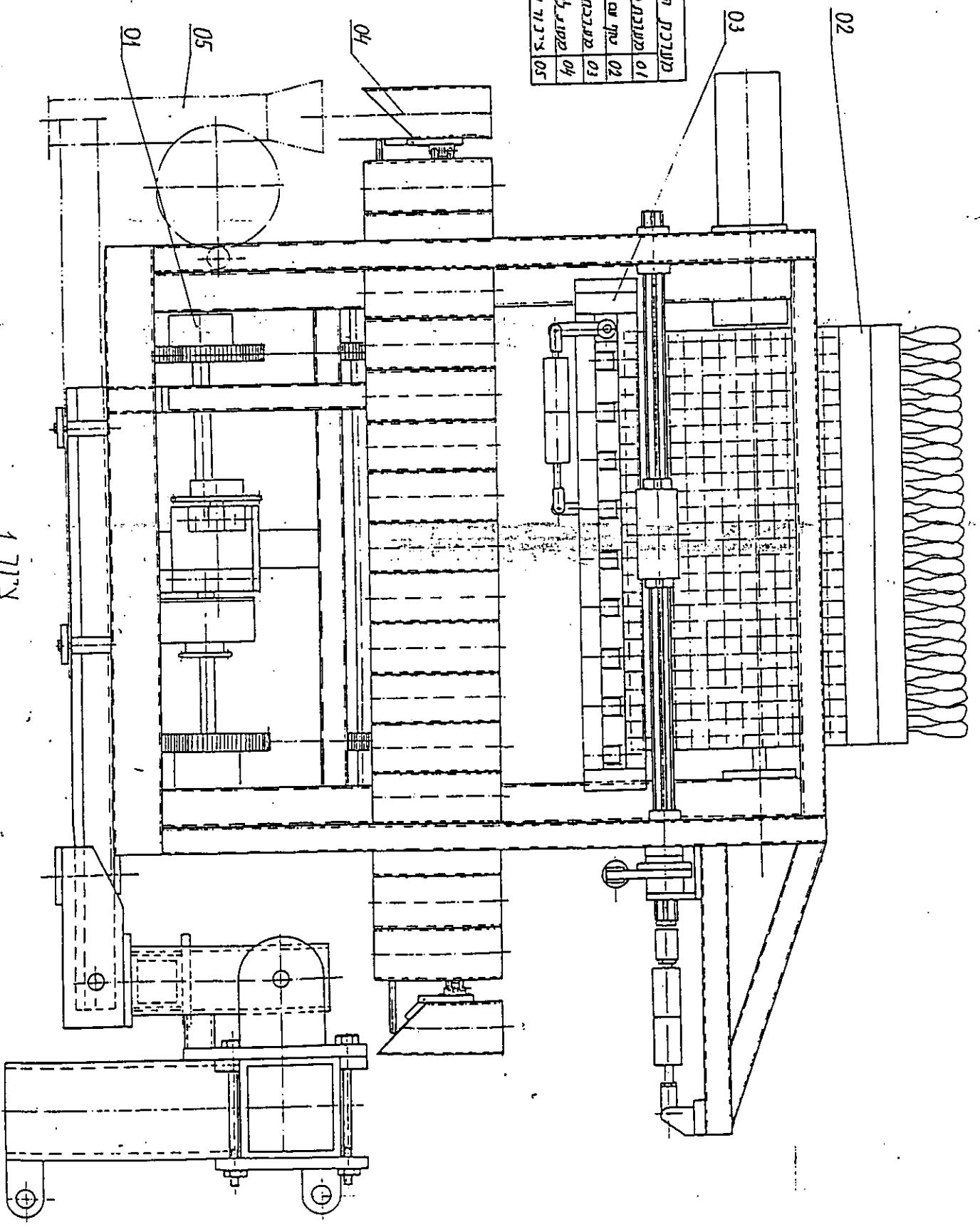
כדי להשיג עומד שתילה מלא ככל האפשר בשדה יש לבחון שיטות ותהליכים שיבטיחו עומד מלא יותר ואמינות גבוהה יותר במגשי השתילים המגיעים מהמשתלה. במקביל יש לבחון ולפתח אלטרנטיבות לשילוב המערכת האוטומטית בסוללה של מספר מכונות שתילה המופעלות יחד.

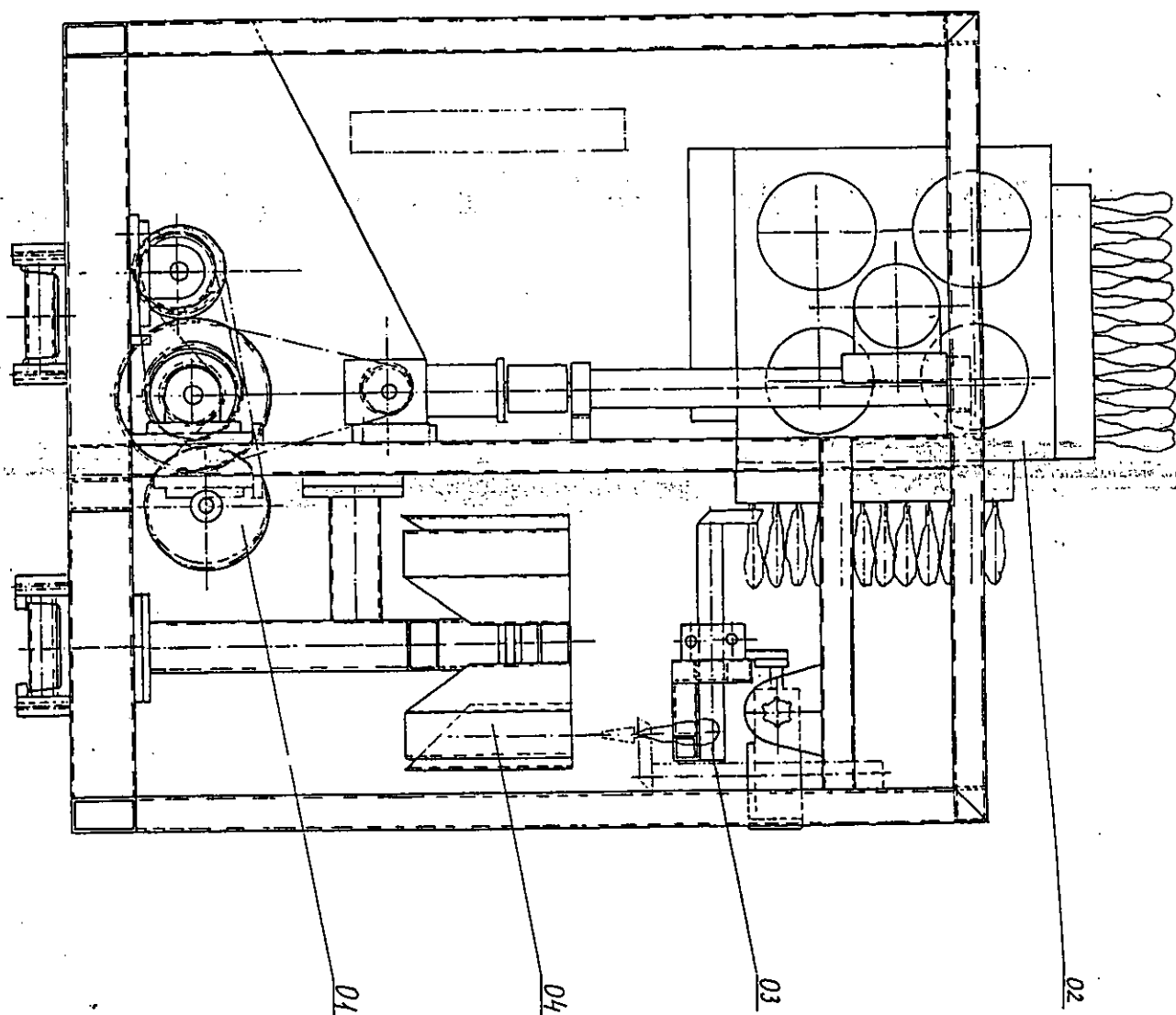
5. האם הוחל בהפצת הידע שנוצר בתקופת הפרויקט

Bar, A., 1996. "Robotic Transplanting Systems Engineering", M.Sc. thesis, Dept. of Industrial Engineering and Management, Ben-Gurion University of the Negev, Beer-Sheva 84105.

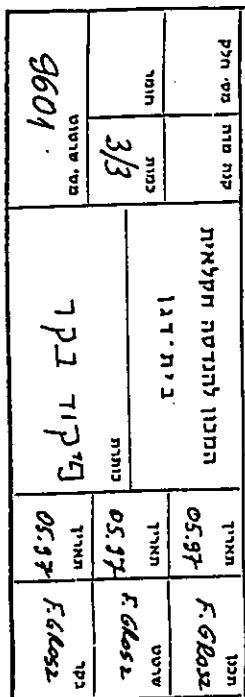
Adi Bar, Yael Edan, Yekutieli Alper. 1996. Robotic Transplanting: Simulation and Adaption. An Asae Meeting Presentation, Paper no. 96-3008.

01	מערכת קידום ידית מבש"ס
02	ידית עם מבש"ס ומחיל"ס
03	מערכת שליפה והעברת שחיל"ס
04	מסגרת ולדום נדנוד של שחיל"ס
05	צירי יד שחיל"ס של מכונת שחיל"ס





2717x



3. סיכום חדש לדוחות מחקר 1997

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. תודה.

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

1. מטרת המחקר לתקופת הדו"ח

לפתח מערכת הזנה אוטומטית מהירה של שתילים ממגשים למכונות שתילה קימות, לבחון בעזרת סימולציות גרפיות וניסויי התאמה של מניפולטור פתוחות שונים אפשריים לשילוב רובוטים בנושא השתילה. 2. עיקרי הניסויים והתוצאות לתקופת הדו"ח

נערכו סימולציות גרפיות להפעלת רובוט בנושא השתילה, התוצאות שמשו בסיס לפיתוח דגם ניסיוני ראשוני של מערכת הזנה אוטומטית המותאמת למכונת שתילה קונבנציונאלית. בעונה אחרונה תוכנן וניבנה דגם ניסיוני משופר (דגם מס' 2) של מערכת הזנה אוטומטית השולפת את הצימחונים ממגשי הגידול ומעבירה אותם למכונת שתילה קונבנציונאלית מטיפוס צינור נפילה ופולה. בשלב נוכחי נערכו ניסויים ראשוניים של הדגם הניסיוני המשופר בתנאי הפעלה סטטים וזאת כדי לאפיין את היעילות המשולבת של כל המכלולים יחד. 3. המסקנות המדעיות והשלכות לגבי יישום המחקר והמשכר

המסקנות שהתקבלו בשלב זה מתייחסות בעיקרן לקצב שתילה מכסימאלי אפשרי (כ-130 עד 120 שתילה בדקה), ומבנה פונקציונאלי אופטימאלי של מרכיבי המערכת השונים. המשך המחקר ופיתוח המערכת יגלוש אל מעבר לתקופת המחקר המתוכננת וכרוך בהשלמת ניסויי השדה בעונה הקרובה ופיתוח דגם תעשייתי בשיתוף עם ירן מסחרי. 4. הבעיות שנותרו לפתרון ו/או השינויים שחלו במהלך העבודה

כדי להשיג עומד שתילה מלא ככל האפשר בשדה יש לבחון שיטות ותהליכים שיבטיחו עומד מלא יותר ואחידות גבוהה יותר במגשי השתילים המגיעים מהמשטלה. במקביל יש לבחון ולפתח אלטרנטיבות לשילוב המערכת האוטומטית בסוללה של מספר מכונות שתילה המופעלות יחד. 5. האם הוחל בהפצת הידע שנוצר בתקופת הפרויקט

BAR, A, 1996. "ROBOTIC TRANSPLANTING SYSTEMS ENGINEERING", M.SC. THESIS, DEPT. OF INDUSTRIAL ENGINEERING AND MANAGEMENT, BEN-GURION UNIVERSITY OF THE NEGEV, BEER-SHEVA 840105.
ADI BAR, Yael EDAN, YEKUTIEL ALPER. 1996. ROBOTIC TRANSPLANTING, SIMULATION AND ADAPTION. AN ASAE MEETING PRESENTATION, PAPER