

דו"ח סופי לתכנית עבודה מספר 13 4423 459

פיתוח מכונת שתילה לפקעות פרחים

Development of planter – machine for flowers bulbs

מוגש לקרן המדען הראשי במשרד החקלאות והנהלת ענף הפרחים ע"י:

בני רונן, נחשון שמיר, בעז ציון, אוהליאב קיסר, יפתח עפג'ין, אבי שלו, אהרון ויסבלום

המכון להנדסה חקלאית

רוני אמיר – אגף המיכון שה"מ

Beni Ronen, Institute of Agricultural Engineering, ARO, Bet Dagan, P.O.B. 6. Email:
beni@volcani.agri.gov.il

Boaz Zion, institute of Agricultural Engineering, ARO, Bet Dagan , P.O.B. 6

Aharon Weissblum, Institute of Agricultural Engineering, ARO, Bet Dagan, P.O.B. 6

Nachshon Shamir, Institute of Agricultural Engineering, ARO, Bet Dagan, P.O.B. 6

Ohaliav Kysar, Institute of Agricultural Engineering, ARO, Bet Dagan, P.O.B. 6

Yiftach Afargin, Institute of Agricultural Engineering, ARO, bet Dagan, P.O.B. 6

Avi Shilo, Institute of Agricultural Engineering, ARO, bet Dagan, P.O.B. 6

Rony Amir, the Agricultural Extension Service

יולי 2014

הצהרת החוקר הראשי:

***הממצאים בדו"ח זה הינם תוצאות ניסויים ואינם מהווים המלצות לחקלאים.**

----- תאריך -----

----- חתימת החוקר -----

רשימת פרסומים שנבעו מהמחקר

תוכן עניינים

2	1. תקציר
3	2. מבוא
4	3. מטרת המחקר
4	4. פרוט הפיתוח ועיקרי הניסויים
8	5. דיון
9	6. סיכום ושאלות מנחות

1. תקציר

הצגת הבעיה: בישראל נשתלים מידי שנה כ 6000 דונם פקעות פרחים. לרוב, אין חשיבות רבה לצורת הצבת הפקעות באדמה. גם אם יוצבו כשהשורשים לא בדיוק מטה, הן יתפתחו ויניבו פרחים. יש פרחים בהם חשיבות הצבת הפקעות כשהשורשים מטה רבה מאוד וזאת כדי שהצימוח והנבת הפרח, ייעשה טוב וללא עיכובים. אחד מהם הוא שושן צחור. היקף השתילות מידי שנה של פרח זה הוא כ 2000 דונם. שטח לא קטן כשמדובר בהשקעה של שישה ימי עבודה בשתילה של דונם אחד.

מטרת המחקר: פיתוח מיכון לשתילת פקעות שושן צחור כדי להקטין ולהיטיב את השתילה ולחסוך מעלותה בעבודת ידיים.

שיטות עבודה: בסוף שנת המחקר הקודמת תוכננו וניבנו כלי עזר ומכונת שתילה שנבחנו בשטח בהשוואה לשתילות יד קיימות. בשנת המו"פ הנוכחית שונו שופרו מנגנוני המכונה- פולחי הקרקע הפותחים חריצים בקרקע התחוחה ומאפשרים שתילת פקעות, מנגנון תפיסת הפקעות על גלגלי קרוסלה המניעים אותן אל הקרקע ואף מנגנוני חילוץ הפקעות מהתפסניות והנחתן החריצים. מעבר לכך שונה מבנה הקרוסלה כך שיאפשר הרחבתו והצרתו להתאמה מיטבית לגודל הפקעות הנשתלות.

תוצאות עיקריות: פותחה שיטה ומכונה לשתילה מכוונת של בצלים ופקעות פרחים. דיסקים צורניים פולחים את הקרקע המתוחחת לפני מנגנון השתילה ויוצרים חריצים בעומק וצורה רצויים כדי לאפשר הנחת פקעות יציבה בכיוון ועומק מתבקשים; מנגנון התפיסה ששונה לתפסניות קפיציות האוחזות פקעות בכוח מתאים (במקום נעיצת פקעות על גבי פינים דקים) הוכיח עצמו כיעיל; מנגנון שחרור הפקעות שונה וכעת קפיצי התפסנית נמשכים אל מרכז הקרוסלה "ונעלמים" כך

שהבצל משתחרר מאחיזתם. הקרוסלה המשופרת נבנתה כאבטיפוס ראשוני ודגם שני משופר תוכנן ויוזמן בימים הקרובים כדי לעמוד במבחני שדה.

2. מבוא

שתילה של גידולים חקלאיים בקרקע כמו ירקות, פרחים שיחים ועצים נעשית כשהשורשים מטה והצמחים זקופים. ייחודם של גידולים אלה הוא בהכנה לשתילה בבתי הגידול בהם הם גדלים בתבניות המשווים להם צורה וגודל כמעט אחיד. בתנאים אלה, ניתן למכנ את השתילה בקלות יחסית. ואולם כאשר כשמדובר בפקעות ובצלים ("פקעות" להלן) חלק גדול מהם נזרע והזריעה לא מציבה את הפקעות בקרקע בצורה אחידה. ברב ההמקרים והגידולים (למשל פקעות תפוחי אדמה, בוטנים, חמניות וסוגים שונים של פקעות פרחים) אין לכך חשיבות גדולה..

מנגד, יש סוגי פרחים הגדלים מפקעות או בצלים שעבורם צורת ההצבה בקרקע קובעת את איכות וכדאיות הגידול. אחד מהם הוא שושן צחור. בפרח זה יש חשיבות רבה לאופן הצבת הבצלים בקרקע. השורשים חייבים להיות מטה כתנאי לצימוח העלווה באופן מהיר וישר המוביל לפרח איכותי. בהיעדר מיכון לשתילת פקעות אלה, כדי לקבל שתילה מכוונת כנדרש, מבוצעת עבודת השתילה בארץ (גם בעולם) באופן ידני. העובדים שותלים את הפקעות לתוך חורים בקרקע תחוחה ואוורירית שהם עושים בעזרת כף קטנה. שיטת שתילה אחרת היא הצבת הפקעות על פני הקרקע כשהשורשים מטה וכיסוין בקרקע הערוגות הנחפרת באתים מסביבת הערוגה.

בכל שיטות השתילה הנעשות ידנית, העובדים כפופים כדי להגיע עם הפקעות לנקודת ההצבה. עבודה זו קשה ומעייפת והעייפות פוגמת בקצב ואיכות השתילה. מספר הבצלים הנשתלים בדונם בגידול פרחים גדול מאוד ביחס לגידול ירקות וזה מכביד מאד על העובדים בתנוחת גוף כזו. לאורך 1 מטר, שותלים כ- 16 בצלים, כ-44,000 פקעות בדונם. ספיקת שתילה של עובד ממוצע היא כ- 850 פקעות בשעה לערך. ביום עבודה של 8 שעות הוא שותל 6800 פקעות. בנתון כזה, מספר ימי השתילה הנדרשים לדונם אחד הוא 6.5 בממוצע. עלות יום עבודה היא כ- 200 ₪ מכאן עלות שתילה ביד של דונם היא 1300 ₪- מרכיב גבוה מאוד בעלויות הייצור.

אין כיום מיכון המסוגל לשתול פקעות פרחים באופן מכוון בעלות סבירה. מהידע שיש, פותחה לאחרונה בהולנד מכונת שתילה רובוטית אך עלותה גבוהה ואיננה כלכלית למגדלים בארץ. בהולנד משקי הגידול של השושן גדולים בהשוואה למגדלים בארץ, וגם שם השימוש במכונה מצומצם מאוד מסיבה כלכלית.

הנחת העבודה הייתה שאם תעמוד לרשות המגדלים מכונת שתילה המבצעת את עבודתה כראוי ושתאיץ מאוד את קצב השתילה, מגדלים של פרחים אחרים גם כן יאמצו את המכונה. בנוסף לכך בשנים האחרונות עלתה רמת הדיוק של כלי עיבוד של גידולים חקלאיים לסוגיהם וישנם כלים המסוגלים לעבד את הקרקע בין השתילים ולא רק בין השורות. התנאי לעיבודים אלה הוא דיוק המיקום של השתילים בשטח. לשורות מקבילות ומרווחים אחידים בין הפרחים, ניתן להגיע רק במיכון מלא של השתילה.

לכן, מטרת המחקר הייתה פיתוח מכונה לשתילה מכוונת של פקעות פרחים. הדגש הוא בשתילת פקעות בקרקע כשהשורשים מוצבים מטה והגבעולים מעלה. שתילת הפקעות בקרקע כשהשורש מופנה כלפי מטה, מונעת שיבושים קשים בגידול הנגרמים מהצבה לא "ישרה" של הפקעות.

פיתוח המכונה התמקד במוצהר בשתילת שושן צחור. ואולם נראה שגם לפרחים אחרים הגדלים מפקעות כמו הסייפן, שהחשיבות לאופן הצבתו בקרקע פחותה, יהיה למכונה ולשתילה המכוונת יתרון בגידול. דו"ח זה מתייחס לבעיות השתילה בשושן צחור שהיקף הגידול השנתי נאמד ב – 2000 דונם לערך.

בצלי שושן צחור נשתלים במרווח ממוצע של כ 6.5 ס"מ בלבד (16 בצלים לאורך מטר). פקעות שקוטרן 6 ס"מ כמעט נוגעות אחת בשנייה. הפתרון הנדרש צריך לתת מענה לצפיפות גדולה שכזו.

3. מטרת המחקר

פיתוח כלי עזר המסוגל לשתול בצלי שושן צחור בכיוון נכון ומרווחים קבועים. בהמשך, תכנון ובניית מכונת שתילה מלאה לפי דרישת המגדלים.

4. פירוט הפיתוח ועיקרי הניסויים

פיתוח מיכון לבעיות "חדשות" (כגון שתיל מכוונת של בצלים ופקעות) דורש זמן ויצירתיות מיוחדת כיוון שאינו מתבסס על ידע קיים אשר אך ורק זקוק לשיפור. במהלך הפיתוח עולים פתרונות שונים שנבדקים ונפסלים מסיבות שונות. תוך כדי פיתוח נחשפים המפתחים לגודל הבעיה. ושלב הלימוד הוא חשוב ויכול לקחת זמן רב. במקרה זה למעלה משנה. נוסו בפועל כיווני חשיבה שונים שלא נתנו פיתרון מושלם והובילו את לכיוון הפתרון המוצע כאן.

שלב הפיתוח מחולק לשלושה. בראשון ניבדק הרעיון החדש כדי לאמתו בהיבט המכאני. אנו מדגישים שהבעיה הקשה במיכון הייתה הצבה נכונה של הפקעות בקרקע למרות המרווחים הקטנים ביניהן. כל מגע קל יכול להסיט את כיוון הפקעות בקרקע ולפסול את השתילה.

בשתילה ביד, העובדים חופרים בקרקע תחוחה בורות קטנים בעומק 10 ס"מ ומציבים בהם פקעות. מיכון השתילה נעשה בחרץ ע"י זוג דסקות צמודות. כיסוי הפקעות ע"י קורה נגררת בשילוב גלגלי הידוק. עיקר הפיתוח התמקד באופן הצבת הפקעות בקרקע. הפיתוח נחלק לשלושה שלבים בהתאם לממצאי השתילה.

שלב ראשון

הצבת הפקעות בקרקע בתוך חריצים שפוחים דיסקים צורניים, בוצע ע"י זוג גלגלים אנכיים. גלגל גדול בקוטר 60 ס"מ ("קרסולה) וגלגל קטן בקוטר 10 ס"מ. שני הגלגלים הם גלגלי הנעה של רצועת V ברוחב 1/2". הגלגל הקטן הוצב בתחתית הגלגל הגדול כך שכאשר הרצועה מגיעה לתחתית הגלגל הגדול, היא נפרדת ממנו ונעה כברת דרך קצרה בכיוון אופקי במקביל לקרקע. סביב הגלגל הגדול, הוצבו בכיוון רדיאלי זוגות מסמרות במרחק של כ 6 ס"מ. כל פקעת

ננעה בזוג מסמרות כשהשורשים כלפי חוץ. עם סיבוב הגלגלים הנסיעה הבצלים מובלים לכיוון הקרקע ובהיותם בתחתית הגלגל ובתוך החרוץ שבקרקע, חילצה הרצועה המתרחקת מהגלגל את הפקעות מהמסמרות והציבה את הפקעות בתלם כשהשורשים מטה.

בניסיונות שבוצעו הוברר שאיכות השתילה (הצבת הפקעות בקרקע) הייתה טובה (ציור 2). הבעיה הייתה בנעיצת הפקעות במסמרות (ציור 1) שיצר חשש להיפגעותן בגלל נזק ולאילוח הדדי במקרה של מחלות. הוחלט לשנות את שיטת התפיסה של הפקעות ע"י הקרוסלה ולהמשיך לבחון את השיטה.



ציור 2 – פקעות מוצבות בחריץ בקרקע עומק 15 ס"מ עם השורשים כלפי מטה.



ציור 1 - הצבת הפקעות בנעיצה על הקרוסלה האנכית עם השורשים קלפי מעלה

שלב שני

הקרוסלה נבנתה משני גלגלים צמודים במקום אחד מתוך מטרה לאפשר שינוי מרווח ביניהם כדי להתאימו בנקל לפקעות ובצלים בגדלים שונים וכדי לאפשר הצבת בצלים אשר החלו לנבט כך שהנבט נמצא במרווח שבין שני הגלגלים ולא נפגע. במקום המסמרות לתוכן ננעצו בעבר הבצלים, הוצבו בצידי הקרוסלה זוגות קפיצים שטוחים (רוחב 25 מ"מ עובי 0,5 מ"מ). שאר המנגנון המכאני היה בעיקרון זהה. במקום רצועת הנעה אחת, הוצבו שתי רצועות עגולות בקוטר 6 מ"מ (ציור 3) כך שבעת חילוץ הבצלים מהתפסניות, הלחיצה על הבצל נעשית משני צדי הניצן ולא ישירות עליו. כדי למנוע נזק.

התקבלו ממצאי השתילה לא חד משמעיים. היו הצבות טובות של פקעות והיו הצבות פחות טובות. חלק מהבעיות נבע מחילוץ לא אחיד וישר של הבצלים מהתפסנית ובעיות אחרות נבעו מהתפסות שורשים ברצועות המניעות ומחלצות. בהערכת מצב חדשה אחרי שני הניסיונות הראשונים, הוחלט שיש צורך בגישה שונה כדי להתמודד עם בעיית השתילה של פקעות.



ציור 3. תפסנית מפלדה קפיצית לפקעות. השחרור לקרקע נעשה ע"י שני רצועות עגולות למניעת לנזק לניצנים.

שלב שלישי

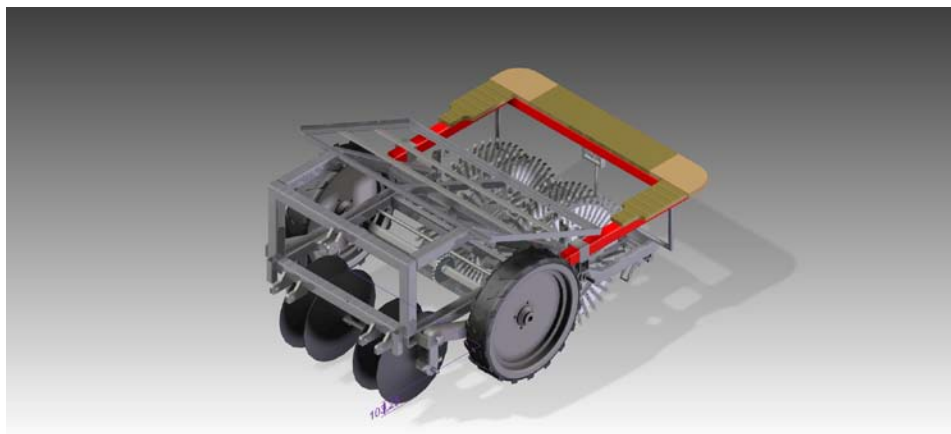
בשלהי שנת 2013, התבררה תמונת מצב שונה בהצבת הפקעות בקרקע, למרות פשטות המנגנון המכאני בשני השלבים הראשונים. היה צורך לשנות את השיטה כדי לשפר את השתילה. הרעיון של חילוץ פקעות המוצבות על גלגל אנכי ע"י רצועת הנעה הנכנסת אליו בחלקו העליון ויוצאת מחלקו התחתון, הוא טוב. אבל בתנאי שהפקעות ללא שורשים ואמיר צמיחה, שלחלקן הגדול יש. כאשר יש שורשים רבים (ולעתים קרובות יש) או ניצן צימוח, כל נגיעה מיותרת בפקעת או בשורשים הארוכים עלולה להסיט אותן מכיוון הרצוי. הפתרון שעלה היה הצבת הפקעות ע"י הקפיצים בלבד ללא שימוש ברצועת הנעה. לשם כך פותחו תפסניות לפקעות הבנויות מזוג קפיצי עלה החובקים אותן בעדינות בעת שעובד מניח אותן ביניהן (כך ששורשיהן מופנים כלפי מעלה) (ציור 7) תוך כדי תנועת הקרוסלה מולו. התפסניות מובילות את הפקעות אל הקרקע וכאשר הן מגיעות לתחתית הגלגל, הן נמצאות בתוך החרץ שבאדמה וכיוון הפקעת התהפך כך שהשורשים כלפי מטה, הן נדרכות ונמשכות לכיוון מרכז הקרוסלה ולמעשה "נעלמות" לכיוון מרכז הגלגל (ציור 8). עקב כך הפקעות משתחררות מאחיזתן. שחרור הבצל נעשה בתוך החרץ הפתוח כאשר שתי דפנותיו הרכות תומכות ברכות את הבצל ומונעות ממנו תזוזה.

בשנה החולפת בוצעו מספר ניסיונות לשתילת פקעות ואלה עלו בהצלחה הגם שבהיקפים מוגבלים. חריצת הקרקע ע"י דיסקים צורניים הנה פשוטה וטובה ויכולה כבר כעת לשמש מגדלים ככלי לעזר לשתילה ידני (ציור 5). במקום לחפור

חורים צפופים ולהניח בהם את הפקעות, ניתן לעבור על הערוגה עם סט דיסקים, לחרוץ את הקרקע במהירות ולאפשר לעובדים הנחה זריזה ויעילה של פקעות במרווחים רציים ועומק מדויק ואחיד. הצבת הפקעות בקרקע ע"י המכונה נעשית לפי הדרישה לשתלה כשהשורשים כלפי מטה ובמרווחים של 6,5 ס"מ בין מרכזי הבצלים. בעזרת המכונה השותלים יושבים בנוחות וניתן להכתיב קצב עבודה גבוה ביחס לשתילה ביד. בניסיונות שדה נאמד הקצב ב – 2500 פקעות בשעה לעובד. על סמך הניסיון שהצטבר, ניתן להניח שעובד מיומן יגיע לשתילת 3000 פקעות בשעה. הניסיונות בוצעו בתחום המכון להנדסה חקלאית. עיקרון השתילה הוא פשוט בהיבט המכאני לכן אנו משערים שעלות המכונה תהיה נמוכה. המכונה מציבה את הפקעות בתלם רציף אשר הדיסקים פולחים בקרקע שתחוה לעומק 15 ס"מ. נוצר דיסקים צורניים יוצרים תלם בעל חתך בצורת משולש שחלקו העליון פתוח ברוב 6 – 7 ס"מ בלבד. מנגנון השתילה מציב את הפקעות בתלם בעומק 10 ס"מ.



ציורים 5,4 מכונת שתילת פקעות עם דיסקים פולחים לארבעה שורות



ציור 6. תיכון של מכונת שתילה מסחרית לחממות הכוללת שימוש בתפסנית קפיצת.



צור 8, הפקעת משתחררת לקרקע כתוצאה מנסיגת הקפיצים לתוך הקרוסלה.



צור 7 תפסנית קפיצים, דגם מתקדם הקפיצים בולטים מהקרוסלה וחובקים את הפקעת בעדינות

5. דין

הצורך לאתר פיתרון מכאני פשוט לשתילת פקעות. הוא תנאי ליישום המכונה ע"י המגדלים. כפי שנאמר, המכונה חייבת לתת פיתרון מכאני לשתילה אבל בעלות נמוכה כדי להיות זמינה למגדלים. זה ייחודה בניגוד למיכון קיים יקר מאוד שבודדים יכולים להצדיק את רכישתו.

פיתוח המכונה עבר מספר שלבים וכל אחד נבחן היטב. בכל שלב היו בדיקות ושינויים כדי לקבל ממצאים טובים. על סמך אלה בוצעו ניסיונות בשדה ונלמדו הלקחים הנכונים. בימים אלה, אנו עומדים בפני בדיקת המכונה של השלב השלישי. ממצאי השתילה טובים של שלב זה, מאפשרים בניה חדשה של מנגנון שתילה שינוסה בקרוב. המכונה החדשה תאפשר שתילת פקעות של זנים שונים של פרחים. גם כאלה שלא מחייבים הצבה מיוחדת בקרקע. ההנחה היא שהצבת נכונה של פקעות מזנים כאלה, רק תיטיב את השתילה והצימוח.

מיכון השתילה יועיל מאוד לחקלאים בהיבט הכלכלי ואיכות השתילה. שתילה בקרקע מחייבת את העובד לעבוד בכפיפה שעות רבות. המיכון יוצר תנוחת עבודה טובה בה העובד איננו מתעייף ועובד בקצב אחיד כל שעות היום. היא לפחות תשלש את ספיקת השתילה העומדת כיום על כ 800 פקעות לשעת עבודה בשתילה ביד. הפקעות יוצבו בקרקע בעומק ומרחקים אחידים. צריך להתאים את המיכון לעבודה בחממות כדי שיביא את מירב התועלת.

בעתיד הקרוב ביותר, תנוסה המכונה החדשה ונוכל לפרסם ממצאים לגבי איכות השתילה.

<p>מטרות המחקר תוך התייחסות לתוכנית העבודה:</p>
<p>פיתוח מכונת שתילה לפקעות פרחים הדורשים כיווניות בשתילה כדי לחסוך בכוח אדם, להקל על עבודת השותלים, ולקבל מרוחי שתילה מדויקים.</p>
<p>עיקרי הניסויים והתוצאות:</p>
<p>דגם ראשון פותח ונוסה בניסויים מקיפים אשר הראו ייתכנות הנדסית וכלכלית. מנגנוני תפיסת הפקעות שופרו מנעיצה במסמרים לחביקה באמצעות זוגות קפיצי עלה. נבנה אבטיפוס ראשון לארבע שורות שתילה אשר שופר במהלך הניסויים. פותחה מערכת של דיסקים לחרוץ הקרקע המתאימה גם לשתילה ידנית. עיקר הבעיה בתפיסה ושחרור הפקעת ללא גרימת נזק וכן שונות גדולה בין סוגי הפקעות,</p>
<p>מסקנות מדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו. האם הושגו מטרות המחקר לתקופת הדוח?</p>
<p>מטרות המחקר הושגו נבנתה מכונת שתילה עם הספק של 2500 פקעות לשעה לעובד, המופעלת ע"י ארבעה עובדים המזינים את הפקעות. יש לשפר את התפסנית לפקעות כך שתתאים לפקעות בגדלים שונים מתוכנן דגם מסחרי המבוסס על מסקנות הניסויים.</p>
<p>בעיות שנתרו לפתרון ו/או שינויים (טכנולוגיים, שיווקיים ואחרים) שחלו במהלך העבודה; התייחסות המשך המחקר לגביהן, האם יושגו מטרות המחקר בתקופה שנתרה לביצוע תוכנית המחקר?</p>
<p>בחינת המערכות המשופרות מבחינת תפקוד הנדסי ויעילות השתילה בניסויי שדה בהיקף נרחב. בחינת הצורך בפיתוח מכונה מונעת עצמאית בהשוואה למכונה נגררת ע"י טרקטור. המשך פיתוח תפסנית המתאימה למגוון גדול של פקעות.</p>
<p>הפצת הידע שנוצר בתקופת הדו"ח (פרסומים):</p>
<p>פרסום הדוח: אני ממליץ לפרסם את הדוח: (סמן אחת מהאופציות)</p>
<p>לפרסם <</p>
<p>האם בכוונתך להגיש תוכנית המשך בתום תקופת המחקר הנוכחי? לא</p>