

## פיתוח שיטה וציוד לפינוי שאריות צמחיות מבתי גידול

איציק שגיא, יוסי קשתי, אוהליאב קיסר, לוי אשר, גאולה פרהד, רומן בריקמן - המכון להנדסה חקלאית, מנהל המחקר החקלאי  
 רוני אמיר - שה"מ, משרד החקלאות  
 אילון גדיאל - מו"פ ערבה תיכונה וצפונית

### תקציר

עם סיום הגידולים בבתי הצמיחה נותרות שאריות הצמחים. את השאריות יש לפנות במלואן בעיקר מסיבות סניטציה. פעולה קשה זו מתבצעת בעבודה ידנית ומושקעים בה כ- 2-3 ימי עבודה לדונם. מטרת תכנית המחקר היא פיתוח שיטה וציוד לפינוי כל שאריות הצמחים, כולל שורשים נוף ופירות, מבתי הגידול, ללא עבודת ידיים. לאחר בדיקת חלופות שונות הוחלט על פיתוח שיטה שכוללת: א. עקירת הצמחים כולל השורשים באמצעות עקרון שיפוח לצורך זה. ב. ריכוז הצמחים שנעקרו לאומן במרכז מפתח החממה, באמצעות מגוב קלשונים סיבובי. ג. הרמת כל השאריות מהקרקע באמצעות מכסחה עם פיק אפ ומיכל עצמי, קיצוצם ופריקת המיכל לעגלה שמחוץ לבית הגידול. במהלך העונה בוצעו: 1. פיתוח ובדיקת שני דגמים של עקרני צמחים בשטחי פלפל. 2. בוצעו ניסויים לגיבוב הצמחים באמצעות מגוב קלשונים סיבובי. ג. בוצעו ניסויים להרמה וקיצוץ של צמחי פלפל שנעקרו ורוכזו ליבוש באומן, באמצעות מכסחה מתוצרת BERTI (איטליה) שכוללת פיק אפ ומיכל עצמי עם מערכת פריקה. בניסויים שבוצעו בערבה בעונת 2009/10 נמצא: 1. עקרון הצמחים חד הרגל מתאים לעקירת צמחי הפלפל עם השורשים, רק בקרקע לא יבשה. 2. המגוב הסיבובי נמצא מתאים רק לצמחים שנעקרו בקרקע לא יבשה. רתום המגוב אינו מתאים לעבודה בתוך חממה. 3. המכסחה שנבדקה נמצאה מתאימה לקיצוץ צמחי פלפל יבשים בלבד. מערכת ההרמה מהקרקע (פיק אפ) נמצאה מתאימה להרמת צמחים, אולם לא מתאימה להרמת שאריות פרי. תכנית העבודה בהמשך כוללת: 1. המשך פיתוח עקרון צמחים שמתאים גם לקרקע יבשה. 2. פיתוח מערכת רתום למגוב, לצורך התאמתו לעבודה בתוך חממה. 3. פיתוח מערכת הרמה למכסחה. שתתאים גם לאסיף שאריות הפרי.

### מבוא ותיאור הבעיה

בארץ מגדלים מידי שנה כ- 65,000 אלף דונמים של ירקות במבנים חסויים. הגידולים עתירי עבודת ידיים ועם הרחבת שטחי הגידול והצמצום במספר העובדים הזרים הופך הקושי שבהשגת עובדים לבעיה קיומית עבור המגדלים. חלק גדול משטחי הגידול נמצאים באזור הערבה. באזור קיים קושי רב יותר בהשגת עובדים ולכן רוב העובדים הם זרים. אחת מהפעולות המתבצעות מידי שנה היא פינוי שאריות הצמחים מבתי הגידול. עם סיום הגידול והכנת השטח לגידול הבא, יש לפנות את שאריות הצמחים במלאן, כולל שרשי הצמחים ושאריות הפרי. הפינוי המלא חשוב בעיקר למניעת העברת גורמי מחלות לגידול הבא. לפעולות הנדרשות לפינוי שאריות הצמחים אין מיכון מתאים. אי לכך חלק גדול מהמגדלים עוקרים את הצמחים ואוספים אותם ואת שאריות הפרי לעגלות הובלה בעבודה ידנית. את שאריות הצמחים הם מובילים לאתרי פסולת או מחזור, הנמצאים קרוב לאזורי הגידול. מנתונים שנאספו במשק שחק בחצבה עולה שאחרי פירוק מערכת

ההדליה, נדרשים לאסיף וסילוק כל שאריות הצמחים מדונם אחד, בעבודה ידנית, כ- 2 - 3 ימי עבודה ו 5 שעות טרקטור, שעלותם כ- 1,000 – 1,200 ₪. חלק מהמגדלים גורפים את שאריות הצמחים באמצעות כלים שונים שרתומים לטרקטור, אל מחוץ לחלקת הגידול. לאחר פעולת הגריפה נשארים חלקי צמחים ופרי אותם יש לעקור ולאסוף בעבודה ידנית. שיטה זו אפשרית רק במידה ויש מקום פנוי רב לערימות של שאריות הצמחים. את הערימות יש להעמיס בהמשך לעגלות ולהובילן לאתרי הפסולות. בשל החוסר בעובדים, ישנם מגדלים שמשאירים את שאריות הצמחים בשטח הגידול. מגדלים אלה מכסחים את נוף הצמחים באמצעות מכסחות שונות ולאחר מכן מתחחים את הקרקע ומצניעים בה את שאריות הצמחים. שיטה זו אינה מומלצת בשל גורמי המחלות המועברים לגידול הבא.

בעיית שאריות הצמחים אינה מסתיימת עם הוצאתם אל מחוץ לבתי הגידול, היות ומדיניות המשרד לאיכות הסביבה אינה מאפשרת את שרפתם, השארתם בערמות פתוחות, או סילוקם לאתרי אשפה. המשרד לאיכות הסביבה רואה בפתרון המחזור פיתוחה של חקלאות בת קיימא ומעודד אותה כספית (קפואה וחוב' 1999). באזור הערבה הצפונית נבחנה בעבר שיטה לסילוק שאריות הצמחים, ע"י הובלתם לאתר מרכזי לצורך קיצוצם. לצורך זה נרכשה מרסקת גזם גדולה ויקרה שהופעלה באתר המרכזי. השיטה נכשלה בשל העלות הגבוהה של הפעלת המרסקת, ועלות ההובלה של הנפחים הגדולים של שאריות הצמחים. באזור נעשה סקר שמטרתו "תכנית פעולה כוללת לטיפול כולל בפסולת חקלאית" (הייליג, 2006). הסקר המליץ על סגירתם של אתרי הפסולת הרבים שבאזור, ופתיחת אתר מרכזי מסודר אחד לכל האזור, לצורך קליטה ומיון של כל הפסולות החקלאיות, לצורך מחזורן, כולל ייצור קומפוסט משאריות הצמחים. בשלב זה עומדות בפני המגדל שתי אפשרויות:

אפשרות א': הטמנתן של שאריות הצמחים באתרי הטמנה מרכזיים מורשים, העומדים בתקנות המשרד לאיכות הסביבה. במקרה זה חובה לרסק את השאריות לפני הטמנתן. לשיטה זו חסרונות רבים כמו:

1. עלות גבוהה, בשל הובלת הנפחים הגדולים של שאריות הצמחים.
2. שחרור חומרים רעילים ומסרטנים הנוצרים בתנאי הפרוק הלא טבעיים של החומר הצמחי.
3. קושי באיטום האתרים ולכן סכנה לזיהום מקורות מים. בתחום זה נעשו מחקרים המחזקים גישה זו (שנקר וניסים, 1996).
4. השטחים המתאימים להטמנה מהווים בזבוז של הקרקע כמשאב לאומי וקיים חוסר הולך וגודל בהם.

אפשרות ב': סילוקן של השאריות בדרכים אחרות, שהן ידידותיות לסביבה. החלופה הטובה ביותר היא מחזור השאריות הצמחיות לקומפוסט. על מנת למחזר את שאריות הצמחים לקומפוסט איכותי, יש צורך בקיצוצם לגודל חלקים קטן ולערבבם בזבל. קיצוץ מוקדם של החומר יקטין את נפחו ב- 80% ובכך יקל את הובלתו לאתרים מרוחקים יותר. מטרת תכנית המחקר היא פיתוח שיטה וציוד לפינוי כל שאריות הצמחים, כולל שורשים נוף ופירות, מבתי הגידול, ללא עבודת ידיים.

בשנת 2009 בוצעו בשיתוף ובמימון מו"פ ערבה תיכונה וצפונית סקר לימודי של נושא פינוי שאריות הצמחים ומספר רב של ניסויים מוקדמים באמצעות ציוד קיים, לעקירת הצמחים, לגיבוב הצמחים ושאריות הפרי ולקיצוץ כל החומר הצמחי באמצעות מכסחות שונות. הניסויים

והסקר התבצע במטרה לבדוק את ההיתכנות לפיתוח שיטה ומיכון שיענו על מטרות המחקר, ולגבש החלטות על כיוונים אפשריים לפינוי מלא של שאריות הצמחים.

נערך סיור מקצועי בתערוכה (EIMA) בבולוניה, שהנושא המרכזי בה היה טיפול בגזם ובפסולת צמחיות. בשנים האחרונות גוברת המודעות לנושא זה ומושקע מאמץ בפיתוח מיכון לטיפול בגזם. בתערוכה נמצאו מספר דגמים חדשים של מכסחות לגזם שכוללות: א' מערכת להרמת החומר הצמחי מהקרקע. ב' מערכת לקיצוץ החומר. ג' מיכל עצמי בנפח של 2 מ"ק לאסיף החומר המקוצץ. ד' מערכת להרמת המיכל ופריקתו לעגלות או מכלים. גובהן של חלק מהמכסחות כ- 1.6 מ' והן מיוצרות במידות רוחב שונות. מכסחה כזו עשויה להתאים גם לאסיף שאריות הצמחים. בהמשך הוחלט לרכוש מכסחה ולהתאים את מערכת ההרמה מהקרקע לחומר הצמחי. הכלי (בגובה 1.6 מ') מתאים לעבודה בבתי הגידול בישראל, מתחת לחוטי ההדליה. מכסחה זו עשויה להתאים ולהשתלב בשיטה המוצעת לאסיף ופינוי שאריות הצמחים. בשנת 2010 אושר הפרויקט וזכה למימון למשך שלוש שנים.

### שיטות וחומרים

**א' עקרנים:** תוכננו ונבנו 2 דגמים של עקרנים לצמחים. 1. עקרון חד רגל. 2. עקרון סכין רחבה. **1. עקרון חד רגל:** הכלי צמוד לטרקטור בריתום תלת נקודתי (תמונה 1). כולל קורת רתום ראשית, רגל בגובה של 90 ס"מ שרתומה לסכינים שבקרקע. 2 סכינים באורך 45 ס"מ (כל אחת) מרותכות לרגל משני צידיה בחלקה התחתון. רוחב כולל של הסכינים 90 ס"מ. בחלקו האחורי של הסכין מרותך מסרק שעשוי ממוטות פלדה עגולים בקוטר 15 מ"מ. המרווח בין המוטות 100 מ"מ. זווית ההתקפה של הסכין והמסרק כ- 15-20 מעלות. שיטת העבודה כוללת החדרת הסכין לעומק של כ- 15 ס"מ, מתחת לשורשי הצמח. תוך כדי התקדמות מנותק הצמח עם בית השורשים מהקרקע, מתרומם לאורך הסכין והמסרק ויוצא מהקרקע. על מנת למנוע מצמחים מלהיתפס ברגל, ממוקם לפנייה דיסק חיתוך בקוטר 60 ס"מ, שחודר לקרקע לעומק של כ- 15 ס"מ. הכלי נבחן בהיקף של כ- 40 דונמים בגידול פלפל במשק רם גולן בעין יחב. במהלך הניסויים נבחנו עומקי עבודה שונים של הסכין בקרקע, מרווחים שונים בין מוטות המסרק, מהירויות שונות של התקדמות הטרקטור וזוויות ההתקפה שונות של הסכין והמסרק בעבודה בקרקע.



תמונה 1: עקרון חד רגל. הכלי צמוד לטרקטור בריתום תלת נקודתי

**2. עקרון סכין רחבה:** הכלי צמוד לטרקטור ברתום תלת נקודתי. כולל קורת רתום ראשית ושתי רגלים בגובה של 90 ס"מ. בין הרגלים בחלק התחתון מחוברת סכין סגורה באורך של 120 ס"מ. בחלקה האחורי של הסכין מחוברים מוטות מסרק בדומה לעקרון חד הרגל. על מנת למנוע מצמחים מלהיתפס ברגלים, ממוקמים מלפנים 2 דיסקים לחיתוך בקוטר 60 ס"מ. שיטת העבודה דומה לעקרון חד הרגל.

**ב' ניסויי גיבוב:** בוצעו ניסויים באמצעות מגוב קלשוניים סיבובי מתוצרת חברת – ANDEX 353 VICON צמוד לטרקטור ברתום 3 נקודות (תמונה 2). קוטר המגוב 2.8 מ'. הכלי נבחן בהיקף של כ- 40 דונמים בגידול פלפל במשק רם גולן בעין יהב, בחלקות שנעקרו ע"י העקרון חד הרגל.



תמונה 2 : מגוב קלשוניים סיבובי

**ג' ניסויי כיסוח:** בתאריך 4.2.2010 נעקרו צמחי פלפל בהדליה בחממה. גובה צמחים מלא (2 מטר) הגידול הופסק בשל מחלה. בחממה 4 מפתחים של 6 מ'. אורך שורות הגידול 24 מ'. בכל מפתח רוכזו הצמחים באומן מרכזי לצורך יבושם. מטרת הניסוי: בחינת התאמת המכונה להרמת הצמחים מהקרקע, קיצוץ ואסיף למיכל. הניסויים בוצעו באמצעות מכסחה (תמונה 3) מתוצרת BERTI איטליה דגם PICKER- C 180 שהובאה לארץ ע"י ימיני אהרון. ניסויי הכיסוח בוצעו בשלוש רמות של תכולת המים בצמחים: א' 5 ימים לאחר העקירה ב- 80% רטיבות. ב' 14 ימים לאחר העקירה ב- 50% רטיבות. ג' 21 ימים לאחר העקירה ב- 24% רטיבות. במהלך עונת פינוי הצמחים מבתי הגידול לא עמדה לרשותנו מכסחה ולכן לא בוצעו ניסויי כיסוח.

מפרט טכני של המכסחה:

1. תוף הרמה בקוטר של כ- 55 ס"מ. כולל 4 שורות של אצבעות במרווחים 28 ס"מ. מעבר אצבע הרמה כל 7 ס"מ. מהירות סיבוב כ- 100 סל"ד. ההנעה הידראולית, עם כיוון מהירות.
2. תוף קיצוץ - 4 שורות של כפות קיצוץ רחבות. מהירות 1800 סל"ד. 4 שורות של שכבים מרותכים, פרופיל U בגובה 2 ס"מ.
3. מיכל עצמי בנפח של 2.7 קוב.
4. מערכת להרמה ופריקה של המיכל.
5. רוחב הכלי 1.8 מ'.



תמונה 3 : מכסחה עם מיכל איסוף

## תוצאות

### א' ניסויים בעקרון

#### 1. עקרון חד רגל

- נצפה קושי של מפעיל הטרקטור בשמירה על עומק עבודת הכלי.
- בזווית התקפה של 20 מעלות ישנה גרירה של הצמחים עם חול.
- בזווית התקפה של 15 מעלות ישנה זרימה טובה ללא מעצורים.
- במהירות נסיעה של 8 קמ"ש מתבצעת עקירה טובה יותר מאשר במהירות נמוכה.
- מרווח של 90 מ"מ בין סיכות המסרק נתן תוצאה טובה ביותר.
- אורך של 400 מ"מ לסיכות המסרק נתן תוצאה טובה יותר להרמת השורשים אל מחוץ לקרקע.
- 3 שבועות לאחר הפסקת ההשקיה, יובש הקרקע לא מאפשר לעבוד בעומק שטחי כמו אחרי 10 ימים. היובש והרגבים מאלצים אותנו לעבוד עמוק יותר. לא ניתן לעבוד על גבול גריפת הצמחים, שנותנת תוצאה הכי טובה. שורשי הצמחים יוצאים עם גוש קרקע יבש. המגוב אינו מסוגל לגבב ולנפות קרקע מהשורשים לאחר עקירה בתנאים אלה.

#### 2. עקרון סכין רחבה

- הדיסקים לא חודרים בשבילי הנסיעה. כתוצאה מכך הם מונעים את חדירת הסכין לקרקע.
- נתפסים צמחים בדפנות הצד. מרחק הדיסק מהדופן מאפשר את כניסת הצמחים מול הדופן.
- עבודת הסכין בקרקע גורמת לניפוח כל חתך הקרקע במקום להרמת הצמחים.

### ב' ניסיונות גיבוב

- הגיבוב אחרי עקרון חד רגל נתן תוצאות טובות יחסית. השטח נשאר נקי, כל הצמחים ושאריות הפרי מרוכזים יפה לאומן.

- במהלך עבודת הגיבוב, נגרר חול עם הצמחים ונכנס לאומן.
- הגיבוב טוב יותר ככל שהקרקה לחה יותר. קשה לגבב צמחים שנעקרו 3 שבועות לאחר הפסקת ההשקיה. גוש הקרקה היבש שנאחז בשורשים לא מתנקה ע"י המגוב.

### ג' ניסיונות לכיסוח

ניסוי קיצוץ ראשון, 5 ימים אחרי העקירה. תאריך 9.2.10: קיצוץ יתר לגודל קטן מאד, עקב סתימות באזור השכבים ובתעלת האוויר. הסיבה לסתימות היא רטיבות החומר. קיים קושי רב בזרימת החומר אל מיכל הכלי כתוצאה מהסתימות. הניסוי הופסק והחומר שבאומן פוזר לצורך ייבוש מהיר יותר.

ניסוי קיצוץ שני, 14 ימים אחרי העקירה. בתאריך 18.2.10: נמצא חוסר אחידות בייבוש האומן. לחות ממוצעת 50%. כתוצאה מהרטיבות עדיין נוצרו במכסחה סתימות בשכבים ובתעלת האוויר. גודל החלקים קטן מ-1 ס"מ (קיצוץ יתר). ההפעלה הייתה באמצעות טרקטור פיאט 6066, כ-60 כ"ס. הטרקטור לא עומד בעומס. החומר הלח נדבק בתעלת האוויר ונוצר עומס יתר. הוחלט לפזר את החומר לצורך יבוש ולחזור שוב בעוד שבוע.

ניסוי קיצוץ שלישי, 21 ימים אחרי העקירה. בתאריך 25.2.10: החומר באומן נראה יבש, צבעו חום. נשירת עלים רבה. נמצאה תכולת לחות של 24%. שאריות פרי לפל לא התייבשו. הקיצוץ טוב. הכיסוח מיצר חלקים בגודל קטן מ-4 ס"מ. הרמה מהקרקה טובה ורצופה. אין סתימות בכלי.

### דיון

יש לזכור שפיתוח הכלים הוא בהתאם לשיטה שנבחרה לפינוי שאריות הצמחים. העקרון חד הרגל נמצא מתאים לעקירת הצמחים מהקרקה עד 3 שבועות לאחר הפסקת ההשקיה. לאחר מכן הקרקה יבשה ועקירת השורשים אינה טובה. מתקבלים גושי עפר גדולים ויבשים צמודים לשורשים והמגוב מתקשה להתמודד עם צמחים אלה. ההתמודדות עם הבעיה היא גם בהמשך פיתוח עקרון שמתאים לעבודה בקרקה יבשה וגם בניסיון לשמר קרקה לחה עד לעקירה. עבודת המגוב טובה רק בקרקה לחה ואחרי עקירה טובה. מבנה המגוב ומערכת הרתום אינם מאפשרים נסיעת הטרקטור ליד עמודי המבנה. יש לפתח להתאים מערכת רתום שתאפשר צידוד המגוב. הצידוד יאפשר את נסיעה הטרקטור בשבילים ובכך יקל על פעולת הגיבוב. ניסיון הכיסוח לא הייה טוב בגלל הייבוש הבעייתי באומן. את הצמחים יש לייבש בשורות הגידול לפני הגיבוב. הניסיון עם המכסחה היה בתנאי רטיבות, גרם לסתימות ולכן לא ניתן להסיק ממנו כל מסקנות.

### סיכום ומסקנות

\* עקרון חד רגל נמצא מתאים היטב לעקירת צמחי פלפל עם השורשים, עד לשלושה שבועות לאחר הפסקת ההשקיה. הסיבה היא שלאחר שלושה שבועות מתייבשת ומתקשה הקרקה וכתוצאה מכך מתקבלים גושי עפר יבשים וקשים שצמודים לשורשים וקשה להפרידם. נושא זה מטופל על ידינו בהמשך בשני כיוונים. א. לנסות לשמר את הרטיבות שבקרקה גם לאחר 3 שבועות. ב. המשך פיתוח של עקרון שמתאים לעבודה גם בקרקה יבשה.

\* המגוב הצליח וגיבב היטב את הצמחים, מפריד היטב את שאריות העפר מהשורשים, עד שלושה שבועות לאחר הפסקת ההשקיה. קוטרו של המגוב לא מאפשר לטרקטור נסיעה על שבילי הערוגה. כדי שהמגוב לא יפגע בעמודי המבנה הטרקטור הוא נוסע על ערוגת הגידול, דורס את הצמחים באופן שמקשה על עקירתם עם העקרון. המסקנה היא שיש לפתח מערכת רתום שתאפשר את צידוד המגוב כ-50 ס"מ. מערכת כזאת תפותח ותיושם במגוב שיירכש בקרוב.

\* נמצא שקשה לייבש צמחי פלפל באומן. את הצמחים צריך לייבש עוד בשורות הגידול.

\* המכסחה מתקשה לקצץ חומר ברמת רטיבות של 50%. חומר ברמת רטיבות של 24% קוצץ היטב. הסיבה לכך היא שהרטיבות גורמת לסתימות במכסחה.

\* מכסחה עם תוף במרווחי אצבעות של 270 מ"מ, מסוגלת להרים צמחי פלפל מהקרקע. שאריות פרי לא מורמות במידה מספקת. המסקנה היא שיש לפתח מערכת הרמה שמתאימה לכל שאריות הצמחים, כולל פרי. מערכת כזאת תפותח במכסחה שתירכש בתקופה הקרובה.

### הבעת תודה

ברצוננו להביע את תודתנו לכל מי שסייעו לקידומו של הפרויקט: למגדלים רם גולן מעין יחב, נועה ועטר שחק מחצבה; למיקי קפלן; לעובדי מו"פ ערבה תיכונה; למוטי בן עמי ממסגריית עין יחב; לימיני אהרון; לאמוץ מחברת אגו; למדען הראשי ולמו"פ ערבה תיכונה על מימון הפרויקט.

### מקורות

קפואה ש. אורן ע. (1999). הסביבה החקלאית שימור ופיתוח בר קיימא, המשרד לאיכות הסביבה [www.sviva.gov.il](http://www.sviva.gov.il)

הייליג א. (2006). טיפול בפסולת חקלאית בערבה התיכונה. עדכון לתכנית אב לפסולת חקלאית, הוגשה לוועדת היגוי בפסולת חקלאית, המשרד לאיכות הסביבה.

שנקר מ. וניסים א. (1996). גזם סכנות לסביבה ורקע לקביעת מדיניות. ביוספרה, כרך כ"ה 3.

### פרטי הדו"ח באנגלית

#### **Development of a system and machinery for collection of vegetation residue from protected cultivation**

Sagi I., Kashti Y., Kesar O., Levi A., Geoola F., Brikman R. – Institute of Agricultural Engineering, ARO.

Amir R. – Extension Service, Ministry of Agriculture and Rural Development

Gadiel A. – Central and Northern Arava R&D

Keywords: protected cultivation, vegetation residue, collecting machinery