

פיתוח שיטה וציוד לפינוי שאריות צמחיות מבתי גידול

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

דו"ח לתכנית מחקר מספר 458-0518-11

תקופת הדיווח 1.1.10 עד 31.12.12

מוגש למדען משרד החקלאות

ע"י

יוסף קשתי - הנדסת מערכות חישה, מידע ומיכון, מינהל המחקר החקלאי

ykashti@volcani.agri.gov.il

יצחק שגיא - הנדסת מערכות חישה, מידע ומיכון, מינהל המחקר החקלאי

אוהליאב קיסר - הנדסת מערכות חישה, מידע ומיכון, מינהל המחקר החקלאי

אשר לוי - הנדסת מערכות חישה, מידע ומיכון, מינהל המחקר החקלאי

פרהד גאולה - הנדסת מערכות חישה, מידע ומיכון, מינהל המחקר החקלאי

רומן בריקמן - הנדסת מערכות חישה, מידע ומיכון, מינהל המחקר החקלאי

רוני אמיר - שה"מ, משרד החקלאות ופיתוח הכפר

אילון גדיאל - מו"פ ערבה תיכונה וצפונית

תקציר

בגמר גידול ירקות בבתי צמיחה, הצמחים מפונים מהם בידיים. בעבודה זו מושקעים 3 ימי עבודה ו- 5 שעות טרקטור לדונם. הפינוי נעשה מטעמי סניטציה, כדי לא להעביר מחלות לגידול הבא. היקף ענף הירקות בבתי צמיחה בארץ עומד על כ- 65 אלף דונם ומושקעים בו אלפי ימי עבודה, רק בפינוי הצמחים. באזור הערבה התיכונה וכיכר סדום כ- 30 אלף דונם ירקות, מתוכם למעלה מ- 80% בבית צמיחה מסוגים שונים. באזור זה קשה במיוחד להשיג עובדים מקומיים, לכן רוב העובדים בענף הם עובדים זרים. מטרת המחקר היא לפתח שיטה ומיכון לפינוי של הצמחים ללא עבודת ידיים. לימוד הנושא העלה שלוש שיטות אפשריות לפינוי ממוכן. בתחילת העבודה נבחרה מתוכן לבדיקה השיטה הזולה ביותר. השיטה כללה שלוש פעולות ממוכנות שצריך לבצע אותן ברציפות בעזרת הטרקטור המשקי. הפעולות היו: עקירת הצמחים, ריכוזם באומן, איסופם וקיצוצם תוך כדי האיסוף כהכנה ראשונית לייצור קומפוסט. במשך השנתיים הראשונות של מחקר, תהליך פינוי הצמחים מבתי הצמיחה נבחן בעזרת מכוונות קיימות, מכוונות שתוכננו ונבנו במיוחד ומכוונות שנרכשו מיצרנים שונים. ארבעה טיפוסים מכוונות עקירה נבחנו בעקירת צמחים שלמים ושארייות צמחים ("גדמים") והם: עקרון סכין עם רגל אחת במרכזה, עקרון סכין עם שתי רגליים בצדדים, עקרון דיסקים ועקרון אצבעות. מגוב קלשונים נבחן בריכוז צמחים שלמים וגדמים. שני סוגי מכוונות כיסוח נבחנו באסיף ובקיצוץ של צמחים שלמים. ניסויי פינוי ממוכן נערכו באזור הנגב המערבי והערבה התיכונה. הניסויים נערכו בחלקות פלפל בבתי רשת ובחממות במפתחים שונים, בקרקעות חול וחול/לס, בטכנולוגיות גידול שונות (רוחב ערוגות, מספר שורות בערוגה, מרווח בין השורות ועוד). הניסויים העיקריים שנערכו באזור הערבה החלו בתחילת חודש מאי, מיד בתום הגידול כשהצמחים ירוקים ונמשכו על פני כל החודש ברציפות עד שהצמחים קמלו. בתום השנתיים הראשונות של המחקר, ממצאי העבודה הראו שהעיתוי המיטבי לפינוי הוא, מיד בתום הגידול כשהצמחים ירוקים. בשלב זה מעט מאוד עלים ופירות ניתקים מהצמחים ונופלים לקרקע. עוד נמצא, שאיסוף ישיר של צמחים ירוקים ועומדים במקומם בעזרת מכסחה עם מיכל עצמי וללא ניף (Pick up, גליל עם אצבעות הרמה), השיג שטח יותר נקי. עקרון

האצבעות עקר בהצלחה את הגדמים שנשארו מקרקע לחה ויבשה. על סמך הממצאים שהתקבלו משתי שנות המחקר 2009/10-2010/11 נראה שהתהליך האפשרי לפינוי ממוכן מורכב משני שלבים: 1. כיסוח נוף הצמחים במכסחה עם מיכל עצמי מיד בסיום הגידול כשהצמחים עדיין עומדים בקרקע. 2. עקירת הגדמים ואיסופם. על סמך מסקנות אלו, בשנת המחקר השלישית נבנו שתי מכונות. האחת, מכסחה ללא ניף, בעלת מיכל עצמי גדול שיספיק לאיסוף צמחים משתי ערוגות לפחות, והשנייה מאספת גדמים שתעקור ותאסוף אותם במיכל. המכונות הופעלו בשדה ובוצעו תצפיות וניסויי שדה בחלקות שונות ובצמחים בעלי תכולת מים שונה. התצפיות והניסויים הראו שהמכסחה מסוגלת לכסח ולאסוף צמחי פלפל בתכולת מים שונה. כושר הפינוי שלה היה כ- 80% בצמחים עם תכולת מים של כ- 76%, ולמעלה מ- 85% בצמחים עם תכולת מים של כ- 70%. הספק הכיסוח היה כ- 3 דונמים לשעה. גודל חלקי הצמח המקוצצים היה לא אחיד. החומר המקוצץ הכיל גם אדמה שכמותו תלויה ברכיבות הקרקע. מאספת הגדמים עקרה בהצלחה את כל הגדמים מערוגות מישוריות וגבוהות יחסית בהספק של יותר מ- 2.5 דונמים לשעה. נמצא שעל מנת להפעיל את מאספת הגדמים באופן מסחרי דרוש להוסיף לה מסוע רוחבי להעמסת עגלה. להפעלת שיטת הפינוי באופן מסחרי דרוש מיכל רמסע או עגלה לשירות המכסחה ולכל היותר 2 עגלות לשירות מאספת הגדמים. נמצא שלפינוי צמחי פלפל מדונם אחד של מבנה בתהליך של כיסוח נוף, עקירת גדמים וריכוזם וכיסוח נוסף, נדרשת שמינית (1/8) יום עבודה לדונם וזאת בהשוואה ל- 1.7 ימי עבודה הדרושים בעבודת ידניים. ההנחה היא שאיסוף הגדמים ישירות לעגלה יפחית עוד יותר את זמן העבודה הכולל. עלות המכונות גבוהה יחסית. לכן, השיטה תתאים, ככל הנראה, להפעלה משקית משותפת או ע"י קבלן. נמצא שאסוף צמחי פלפל להזנת בעלי חיים אפשרי וניתן לעשותו במיכון, בטכנולוגיה דומה לזו שמקובלת באסוף ירק לתחמיץ.

הצהרת החוקר הראשי
הממצאים בדו"ח זה הינם תוצאות ניסויים
הניסויים מהווים המלצות לחקלאים: כן (מחק את המיותר)
במידה וכן, על החוקר להמציא פרטים על הגוף שבאמצעותו מופץ את הידע – מו"פ ערבה תיכונה, שה"מ

תאריך: 3-01-2013

חתימת החוקר

מבוא

בארץ מגדלים כ- 65 אלף דונמים של ירקות במבנים חסויים. גידולי הירקות הם עתירי עבודת ידניים ומועסקים בהם מספר רב של עובדים זרים. הרחבת שטחי הגידול מחד וצמצום מספר העובדים הזרים מאידך מהווים בעיה קיומית למגדלים. באזור הערבה התיכונה וכיכר סדום כ- 30 אלף דונם ירקות, מתוכם למעלה מ- 80% בבית צמיחה מסוגים שונים. באזור זה קשה במיוחד להשיג עובדים מקומיים, לכן רוב העובדים בענף הם עובדים זרים. אחת מהפעולות המתבצעות בכל שנה בתום הגידול היא פינוי שאריות הצמחים מבתי הגידול. הדרישה היא לפנות את כל שאריות הצמחים, כולל שורשים ושאריות פרי וזאת כדי למנוע העברת גורמי מחלות לגידול הבא. לפי מומחים מתחום הגנת הצומח השארית הגזם בחלקה, מרוסק ומוצנע בקרקע, מקטינה את הסיכוי להצלחת החיטוי לקראת הגידול הבא (הייליג, 2006). עבודת הפינוי נעשית בידיים, בעזרת עגלות עליהן מעמיסים את הצמחים ומובילים אותם לאתרי אשפה. מנתונים שנאספו ע"י משק שחק בחצבה עולה שלפינוי שאריות צמחים מדונם אחד בידיים, נדרשו כ- 3 ימי עבודה ו- 5 שעות טרקטור, שעלותם כ- 1,200 ₪. חלק מהמגדלים גורפים את שאריות הצמחים באמצעות כלים שונים רתומים לטרקטור ועורמים אותם מחוץ למבנה. גריפת השאריות אפשרית רק במידה ויש מקום פנוי לערימות ליד המבנה. אחרי הגריפה נשארים צמחים לא עקורים ופרי, אותם יש לעקור

ולאסוף בידיים. בסוף, מעמיסים את הערימות על עגלות ומפנים אותם לאתרי הפסולת. בגלל מחסור בעובדים, חלק מהמגדלים מכסחים את נוף הצמחים באמצעות מכסחות שונות, מתחכים את הקרקע ומצניעים בה את הירק המכוסה. שיטה זו בעייתית בגלל הסיכון להעביר מחלות לגידול הבא.

סוגיית שאריות הצמחים אינה מסתיימת עם הוצאתם מחוץ לבתי הגידול, מפני שהמשרד לאיכות הסביבה אוסר לשרוף אותם או להשאיר אותם בערמות פתוחות ולפנותם לאתרי אשפה לא מוסדרים. המשרד רואה במחזור החומר הצמחי פיתוח של חקלאות בת קיימא ולכן מעודד אותו כספית (קפואה וחוב', 1999). באזור הערבה התיכונה והצפונית נבחנה בעבר שיטה לסילוק שאריות צמחים ע"י הובלתם לאתר מרכזי לקיצוץ במרסקת גזם נייחת גדולה ויקרה. השיטה נכשלה בגלל העלות הגבוהה של הפעלת המרסקת ומחיר ההובלה של צמחים שלמים שתופסים נפח גדול ביחס משקלם. באזור הערבה נעשה סקר שמטרתו "תכנית פעולה כוללת לטיפול כולל בפסולת חקלאית" (הייליג, 2006). בסיכומו של הסקר הומלץ על סגירתם של אתרי הפסולת הרבים שבאזור ופתיחת אתר מרכזי אחד מסודר לכל האזור, בו יקלטו וימוינו כל הפסולות החקלאיות לצורך מחזור ויצור קומפוסט משאריות צמחים.

בשלב זה עומדות בפני המגדלים שתי אפשרויות, אפשרות אחת הינה להטמין את שאריות הצמחים באתרי הטמנה מרכזיים, מורשים, העומדים בתקנות המשרד לאיכות הסביבה. לאפשרות זו חסרונות רבים והם:

1. עלות הובלה גבוהה, בגלל הובלת צמחים שלמים התופסים נפחים גדולים.
2. שחרור חומרים רעילים ומסרטנים הנוצרים בתנאי הפרוק הלא טבעיים של החומר הצמחי.
3. קושי באיטום האתרים וסכנה לזיהום מקורות מים (שנקר וניסים, 1996).
4. שימוש בשטחים שמתאימים להטמנה הוא בזבוז של קרקע שנחשבת למשאב לאומי וקיים חוסר הולך וגדל בה.

האפשרות השנייה היא לסלק את השאריות בדרכים אחרות שהן יותר ידידותיות לסביבה. החלופה הטובה ביותר מתוכן היא למחזר את שאריות הצמחיות כקומפוסט. בשתי האפשרויות צריך לקצץ את שאריות הצמחים לחלקים קטנים על מנת להטמין אותם או למחזר אותם ולייצר מהם קומפוסט איכותי. בנוסף, קיצוץ של הצמחים בשלב האסיף יקטין את נפחם ב- 80% ויוזיל את מחיר הובלתם לאתרים מרוחקים.

בשנת 2009 בוצע בשיתוף ובמימון מו"פ ערבה תיכונה וצפונית סקר לימודי בנושא פינוי שאריות צמחים מבתי גידול בארץ. כמו כן נערכו ניסויים מוקדמים של עקירה ואסיף באמצעות ציוד קיים כמו: עקרנים, מגובים ומכסחות שנמצאים בשימוש בענפי גידול השדה והמטע. קודם לכן, בסוף שנת 2008 נערך סיור מקצועי בתערוכת EIMA בבולוניה, שהנושא המרכזי בה היה טיפול בגזם ובפסולות צמחיות. בשנים האחרונות המודעות לנושא זה בעולם גוברת ומושקע מאמץ בפיתוח מיכון לטיפול בגזם. בתערוכה נמצאו מספר דגמים חדשים של מכסחות לגזם בעלות מערכת להרמת חומר צמחי מהקרקע, מערכת קיצוץ ומיכל עצמי לאחסון החומר המקוצץ. המכונות מצוידות גם במערכת פריקה עצמית. מכסחות מטיפוס זה מיוצרת במידות רוחב שונות והן עשויות להתאים גם לאסיף שאריות צמחים. בסיכום הסיור הומלץ לרכוש מכסחה מדגם זה ולהתאימה לאסיף שאריות של גידולי ירקות.

בשלב לימוד הנושא עלו שלוש חלופות אפשריות לפינוי ממכון של הצמחים מבתי הגידול. חלופות אלו נבחנו כלכלית במחירי הפעלה קבלניים ומתוכן נבחרה שיטת הפינוי הזולה ביותר. השיטה כוללת שלוש פעולות והן: עקירת הצמחים, גיבוב הצמחים העקורים ובניית אומן במרכזו של כל מפתח ואסיף האומן. פעולות אלו יעשו בזו אחר זו בעזרת שלוש מכונות שונות רתומות לטרקטור.

מטרת תכנית המחקר הייתה פיתוח שיטה וציוד לפינוי כל שאריות הצמחים, כולל שורשים, נוף ופירות מבתי הגידול, ללא עבודת ידיים.

המחקר הופעל בעיקר בערבה התיכונה והצפונית והתמקד בפינוי של צמחי פלפל, הגידול הנפוץ ביותר באזור. שיטת העבודה הייתה חקירת הבעיה, ניסויי היתכנות הקדמיים עם מכונות קיימות, תכנון פונקציונאלי למכונות ייעודיות לפתרון הבעיה, תכנון הנדסי ובניית אבי טיפוס של מכונות. בהמשך, הפעלת המכונות בשדה בתנאים שונים והערכת הביצועים שלהן בעזרת תצפיות וניסויים. בשנת המחקר הראשונה (עונה חקלאית 2009/10) פותחו ונבנו שתי מכונות עקירה שונות. האחת בעלת רגל אחת וממנה יוצאות שתי סכינים אלכסוניות מימין ומשמאל ("עקרון חד רגלי"). השנייה בעלת שתי רגליים וסכין אחת ביניהן. המכונות נוסו בשדה ועקרו במשך העונה צמחי פלפל בעלי תכולת מים שונה ובקרקע לחה ויבשה. גיבוב הצמחים העקורים נעשה בעזרת מגוב קלשונים סיבובי שמיועד לגבב גידולי מספוא. בנוסף, נעשה ניסוי ראשוני לאסוף צמחים מאומן בעזרת מכסחת ירק בעלת ניף ומיכל עצמי שמיועדת לאסוף גזם מטעים וכרמים. המסקנות שעלו משנת המחקר הראשונה היו (שגיא וחוב', 2010): העקרון חד הרגל נמצא מתאים לעקירת צמחי פלפל כשהקרקע לחה יחסית. העקרון עם הסכין האחת נכשל ולא הצליח לחדור לקרקע המהודקת שבשבילים. מגוב הקלשונים גיבב היטב את הצמחים העקורים וניקה אותם מעפר כשהקרקע הייתה לחה יחסית. אולם, בכדי לגבב את כל החומר ממפתח אחד לאומן אחד, הטרקטור נאלץ לנוע על הערוגות במקום שבבילים. המכסחה פעלה באופן סביר רק כשתכולת המים בצמחים ירדה והגיעה לכדי 25%. בסיכום שנת המחקר הראשונה נרשמו ההמלצות הבאות: יש לשפר את העקרון חד הרגל ולהתאימו לעקירה גם בקרקע יבשה. יש להמשיך לחפש פתרונות לעקירת הצמחים ולפתח מכונות עקירה נוספות. יש צורך לרכוש מגוב קלשונים ולפתח עבורו רתום בהיסט, בכדי להתאימו לעבודה בתוך מבנה על גבי ערוגות. יש לרכוש מכסחה עם ניף ומיכל עצמי ולהתאימה לאסוף וקיצוץ של צמחי ירקות.

בשנת המחקר השנייה (עונה חקלאית 2010/11), העבודה התמקדה בשלושת תחומי הפעולה של שיטת האסוף והם: עקירה, גיבוב, איסוף וקיצוץ. בכדי לשפר את עקירת הצמחים גם בקרקע יבשה, נערכו שינויים בעקרון חד הרגל ונבנו שתי מכונות עקירה נוספות, עקרון דיסקים ועקרון אצבעות הפועלים בעקרונות אחרים. על מנת לרכז את הצמחים העקורים, לאסוף אותם ולקצץ אותם נרכשו מגוב קלשונים ומכסחה בעלת ניף ומיכל עצמי. בסיום שנת המחקר השנייה נרשמו המסקנות וההמלצות הבאות (קשתי וחוב', 2011): עיתוי הפינוי המיטבי של פלפל הוא סמוך ככל שניתן לסיום הגידול כאשר הצמחים עדיין ירוקים ורעננים. פינוי בעיתוי זה מותיר את השטח יותר נקי. עקרון האצבעות הישרות עקר טוב יותר גדמים שנשארו אחרי כיסוח והספק העבודה שלו היה גבוהה יותר מהעקרון חד הרגל. מגוב הקלשונים ריכוז באומן גם אדמה ואבנים וזאת בגלל פני השטח שאינם ישרים. המכסחה בעלת הניף והמיכל עצמי אינה יכולה לאסוף צמחים שרוכזו באומן ולקצץ אותם, למעט כשהצמחים היו מאוד יבשים (תכולת מים בצמח פחות מ- 25%). לעומת זאת המכסחה ללא ניף כיסחה היטב את צמחי פלפל בעיתוי הפינוי המיטבי והשאירה את השטח יותר נקי. ממצאים אלו עלה שפינוי של צמחי פלפל מבית גידול אפשרי בתהליך הבא: כיסוח ואיסוף נוף הצמחים סמוך ככל האפשר לסיום הגידול כשהם עדיין עומדים בקרקע ולאחר מכן עקירת הגדמים ואיסופם.

על סמך הממצאים שנאספו עד כה הוחלט לבנות לקראת שנת המחקר השלישית מכסחה ללא ניף עם מיכל עצמי בנפח גדול וזאת על מנת לפנות שתי ערוגות צמחים לפחות שאורך כל אחת מהן כ- 100 מטר. ובנוסף, לבנות מכונה לאיסוף גדמים שמערכת העקירה בה תהיה מטיפוס גליל עם אצבעות. על פי המסקנות וההחלטות משנת המחקר השנייה בוצע השנה (עונה חקלאית 2011/12) תכנון פונקציונאלי למכונת כיסוח ולמכונה לאיסוף גדמים ונרשמו מפרטים טכניים לתכנון הנדסי.

שיטות וחומרים

דרישות היסוד מהמכסחה היו לכסח ולאסוף צמחים משתי ערוגות לפחות (כ- 200 מטר), ודרישת היסוד מהמכונה לאיסוף הגדמים היו כושר עקירה ואיסוף הגדמים העקורים במיכל. שני הכלים צריכים להיות מותאמים להפעלה ברתום 3 הנקודות ע"י טרקטור מושבי קטן יחסית בעל הספק של 75 כ"ס והנעה בכל הגלגלים. בהמשך בוצע תכנון הנדסי ונבנו מכסחה עם מיכל עצמי לכיסוח הנוף ואיסופו ומכונה לעקירה ואיסוף הגדמים אחרי הכיסוח.

תיאור המכסחה: המכסחה (תמונה 1) מורכבת מתוף כיסוח ברוחב 1.6 מטר בעל 4 שורות של כפות כיסוח שרוחבן 100 מ"מ ומיכל מתהפך שנפחו כ- 2.4 מ"ק. המכסחה נגררת ע"י טרקטור, על גלגלים אחוריים קבועים, בעזרת מתאם מיוחד לגרירה ברתום שלוש הנקודות. תוף הכיסוח מופעל מכאנית ממעביר הכוח שבטרקטור. התוף מסתובב במהירות של 1600 סל"ד, חותך את הצמח ומסיע אותו בזרם האוויר שהוא מיצר דרך תעלת אוויר שהיא חלק מהמיכל. פריקת המיכל נעשית בעזרת שתי בוכנות הידראוליות שמופעלות מהמערכת ההידראולית שבטרקטור. גובה פתח הפריקה של המיכל מהקרקע בסוף מהלך ההרמה הוא כ- 1.6 מטרים.



תמונה 1. מכסחה עם מיכל עצמי

תיאור המכונה לאיסוף גדמים: מאספת הגדמים (תמונה 2) מורכבת מתוף בעל 4 שורות של אצבעות עקירה באורך 100 מ"מ, מסוע מוטות מטיפוס ברקמה להסעת החומר העקור ומזלג לנשיאת מיכל תורן מסוג דולב. רוחב המכונה 80 ס"מ בהתאמה לרוחב פני הערוגה. בעבודה, מאספת הגדמים נעה על שני גלגלים שקובעים את עומק חדירת אצבעות העקירה לקרקע. גליל העקירה והמסוע מונעים מהמערכת ההידראולית בטרקטור בעזרת מנועים הידראוליים, עם אפשרות לכוון את מהירות הסיבוב שלהם. כדי ללמוד על העומס במערכות המאספת הותקן שעון לחץ למדידת לחץ השמן במעגל ההידראולי.



תמונה 2. מאספת הגדמים

תהליך הפינוי של הצמחים מהחממה מתחיל אחרי הפינוי של מערכות ההדליה וההשקיה. בשלב זה הצמחים קרסו ומכסים את כל פני שטח החממה (תמונה 3). המכסחה כאמור מיועדת להפעלה ע"י טרקטור, בגרירה, ברתום 3 הנקודות. בצורה זו גלגלי הטרקטור שנעים בשבילים דורכים על נוף הצמחים שקרס, קורעים אותו והוא לא נאסף ונשאר בשטח. כדי למנוע תופעה זו ולשפר את איכות הפינוי תוכננו ונבנו מפני קמה שהותקנו בחזית הטרקטור לפני הגלגלים (תמונה 4). המפנים נרתמו לטרקטור בעזרת מקבילית שמאפשרת להם תנועה חופשית בכיוון למעלה ולמטה בהתאמה לפני השטח. בעבודת הכיסוח, המפנים נעים על פני הקרקע בעזרת גלגל גישוש קטן שקבוע בבסיסם. בסוף כל ערוגה ובנסיעה מנהלתית המפנים מורמים לגובה מרבי בעזרת בוכנה הידראולית.



תמונה 4. מפני קמה



תמונה 3. צמחים אחרי פינוי עמודי ההדליה

ניסויי שדה

במהלך עונת הפלפל האחרונה (2011/12) נערכו תצפיות על עבודת המכסחה ומאספת הגדמים בחלקות שונות, בתנאים שונים במשק רם גולן בעין יהב. בתצפיות אלו הוערכה איכות העבודה של המכונות בעזרת הפרמטרים הבאים:

- איכות הכיסוח - אומדן צמחים שלא כוסחו ומידת הניקיון של השטח.
- איכות העקירה - אומדן גדמים שלא נעקרו.
- הספק המכונות בדונם לשעה.

ניסוי להערכת איכות הכיסוח נערך בחלקת פלפל בעין יהב בו נמדדה כמות החומר שנשארה על הקרקע לאחר הכיסוח והאסיף במכסחה. בניסוי אחר נמדד היחס הנפחי שבין הצמחים הקצוצים לשלמים על מנת להעריך את מידת החיסכון בהובלות. בנוסף, מערך הפינני הממוכן הופעל ע"י המגדל בצורה מסחרית ברוב מבני הגידול במשק ובאחד מהם נמדד הספק העבודה הכולל. מלבד זאת, בהמשך ליזמה מקומית שעלתה במהלך המחקר שהציעה להשתמש בצמחים הקצוצים להזנת בעלי חיים, נבחנה בתצפיות שדה ראשוניות הייתכנות להשתמש בטכנולוגית אסיף אחרת, וזאת במטרה לאסוף את החומר נקי יותר ומקוצץ לגודל קטן ואחיד יותר, כנדרש עבור בעלי חיים. ניסויי הייתכנות לאיסוף החומר הצמחי להזנת בעלי חיים נעשו בעזרת שני סוגי מקצרות ירק לתחמיץ: האחת, מקצרת ירק עם ראש לקציר גידולי שורה כגון תירס (תמונה 5), והשנייה מקצרת ירק עם שולחן לקציר גידולי דגן (תמונה 6).



תמונה 6. מקצרה עם שולחן



תמונה 5. מקצרה לגידולי שורה

תוצאות ודין

המכסחה

תצפית - המכסחה הופעלה בחלקה עם צמחים ירוקים שתכולת המים בהם הייתה כ- 80%. מהירות ההתקדמות הייתה 1.4 קמ"ש ומהירות תוף הקיצוץ הייתה 1600 סל"ד. המכסחה עבדה ברציפות ללא סתימות בכניסה לתוף הקיצוץ ובתעלת האוויר. קצב העבודה היה כ- 2 דונם לשעה. הטרקטור שגרר והפעיל את הכלי עבד ללא מאמץ מיוחד. עד למילוי המיכל כוסחו צמחים מ- 400 מטר ערוגה. כל הצמחים כוסחו ובשטח נשארו גדמים בגובה אחיד. על פני השטח נותרו פירות וחומר מקוצץ, אבל השטח נראה נקי יחסית (תמונה 7). החומר במיכל היה מקוצץ, בגודל לא אחיד ועם אדמה (תמונה 8). בתצפית זו נמדד היחס הנפחי בין צמחים שלמים וצמחים מקוצצים ונמצא שהוא 1:3 בקירוב. במהלך הכיסוח נצפה חומר מקוצץ נופל מתחתית המכונה סמוך לדופנות המכסחה. על פני השטח נראה שובל של חומר מקוצץ משני צידי הערוגה שכמותו הלכה ועלתה ככל שמיכל המכסחה נתמלא. יתכן

והתופעה קרתה בגלל שההתנגדות לזרימת האוויר עלתה בהתאמה. בכיסוח צמחים יבשים יותר נראתה התופעה בעוצמה פחותה. במהלך עבודת המכסחה נצפו ליקויים טכניים ותפעוליים והם:

- פתח שחרור האוויר מהמכסחה מוקם בחלק העליון והוא מפנה את האוויר כלפי מעלה. בעבודה, חלקי צמח קטנים ואבק יוצאים מהפתח ועלולים לסתום את החורים ברשת של גג המבנה.
- זווית השפיכה של החומר מהמיכל אינה מספקת בעיקר בחומר רטוב. גם קצה המיכל המעורגל הפריע לזרימה חופשית של החומר המקוצץ בזמן הריקון.
- בקצה מפני הקמה הותקנו מוטות עגולים מכופפים שחרצו את פני הקרקע בשבילים. תפקידם היה להרים מהקרקע את כל הצמחים. מוטות אלו ננעצו לעיתים עמוק מידי בקרקע וכתוצאה מכך נגרם למפנים נזק.



תמונה 8. צמחים מקוצצים



תמונה 7. פני השטח אחרי כיסוח

ניסוי לאומדן כמות החומר שנשארה על הקרקע - הניסוי שנערך לאומדן כמות החומר שנשארה על הקרקע אחרי הכיסוח כלל שני טיפולים, T1 ו-T2 בהם תכולת המים בצמחים הייתה 69.6 ו- 75.8% בהתאמה. בכל אחד מהטיפולים כוסחו ונאספו הצמחים ממפתח אחד של המבנה. החומר שהיה על הקרקע לפני הכיסוח ולאחריו נאסף בידיים מ- 9 קטעים בכל טיפול. גודל השטח של כל קטע היה 1.5x4 מ"ר. מכל החומרים שנאספו; צמחים שלמים, צמחים אחרי כיסוח, חומר על הקרקע לפני ואחרי כסוח נלקחו דגימות לבדיקת תכולת המים בהם. טבלה 1 מראה את כמות החומר הצמחי שנשארה על הקרקע אחרי הכיסוח ושיעורו באחוזים, בשני הטיפולים.

טבלה 1. כמות החומר שנשארה על הקרקע לאחר הכיסוח

טיפול	תכולת מים בצמחים	חומר נאסף	חומר על הקרקע	
			לפני כיסוח	אחרי כיסוח
	%	ק"ג לדונם	ק"ג לדונם	%
T1	69.6	889.9	348.8	151
T2	75.8	1063.9	195.5	217

מאספת גדמים

תצפית – מאספת הגדמים הופעלה באסיף גדמים אחרי הכיסוח. המאספת הופעלה במהירות התקדמות של 1.5 קמ"ש. במהירות זו הספק הכלי הגיע לכדי 2.3 דונם בשעה. המהירות ההיקפית של תוף העקירה שקוטרו 318 מ"מ הייתה כ- 4.2 קמ"ש ומהירות המעלית הייתה יותר מ- 4 קמ"ש. בתנאים אלו נאספו גדמים מ- 130 מטר ערוגה בקירוב עד למילוי המיכל התורן שנפחו 600 ליטר. אחרי מעבר המאספת בערוגה שפניה מישוריים וגבוהים מהשבילים, השטח נמצא נקי מגדמים (תמונות 9, 10). באזורים בהם מישור פני הערוגה היה בגובה השבילים או נמוך ממנו נמצאו מספר גדמים בודדים שלא נעקרו. יש להניח שאצבעות עקירה ארוכות יותר היו עוקרות גם את הגדמים הללו. בעבודה, לחץ השמן במעגל ההידראולי של המאספת היה כ- 100 בר. לעיתים, עלה לחץ השמן מעל הערך של לחץ הפריקה ותוף העקירה נעצר. תופעה זו נגרמה מהתקלות האצבעות באבן שהייתה בתוך הקרקע.



תמונה 10. גדמים עקורים שהוצאו מהמבנה



תמונה 9. מראה השטח אחרי הוצאת גדמים

הפעלה מסחרית של מערך הפינוי

המגדל הפעיל את הציוד באסיף של פלפל בחממה שהמפתח שלה 8 מטר ואורכה כ- 120 מטר. מהחממה פונו צמחים מ- 10 דונמים במשך 10 שעות, כולל נסיעות עם המכסחה המלאה לפריקה באתר הפסולת הסמוך. עבודת הכיסוח נעשתה במשך 4 שעות במהירות התקדמות של 2.5-2 קמ"ש. הספק הכיסוח היה כ- 3.3 דונם לשעה. עקירת הגדמים במאספת נעשתה במשך 3 שעות כשהחומר העקור הונח בחזרה על הקרקע. הספק המאספת היה כ- 3.3 דונם לשעה. 3 שעות נוספות הושקעו בגיבוב הגדמים לאומן אחד לכל מפתח, בעזרת מגוב הקלשונים, ובאיסופם בעזרת המכסחה. עבודת פינוי הצמחים מ- 10 הדונמים נמשכה בסה"כ 10 שעות ונעשתה ע"י מפעיל אחד וטרקטור אחד. ממצאים אלו עולה שהספק העבודה הכולל היה דונם אחד לשעה והושקעו בו כ- 1/8 יום עבודת אדם וטרקטור לדונם, לפי יום עבודה בן 8 שעות.

שיטת הפינוי שפותחה כוללת כאמור שתי פעולות ממוכנות שמתבצעות בזו אחר זו. הפעולה הראשונה היא הכיסוח במכסחה עם המיכל העצמי. על מנת לאפשר עבודה רצופה של המכסחה דרוש להציב בשולי המבנה עגלה או מיכל רמסע לצורך פריקת החומר שנאסף במיכלה. מיכל רמסע בעל דופן בגובה של 1 מטר נפחו כ- 16 קוב והוא יכול להכיל חומר מקוצץ, ירוק יחסית, מ- 7 מיכלי מכסחה בקירוב. בתצפית הראשונה נמצא שמיכל המכסחה נתמלא משטח שגודלו 600 מ"ר. מכאן עולה שתידרש הובלת רמסע אחת עבור שטח שגודלו יותר מ- 4 דונמים. הפעולה השנייה היא אסיף הגדמים. ניסויי השדה הראו שכדי להפעיל את מאספת הגדמים בצורה מסחרית צריך להוסיף לה מעלית צד להעמסתם ישירות לעגלה שתיסע לידה. במקרה זה לאיסוף הגדמים ידרשו טרקטור נוסף ועגלה או 2 טרקטורים ו- 2 עגלות לכל היותר. מיכל דולב שנפחו 600 ליטר התמלא בגדמים שנאספו מ- 130 מטר ערוגה בקירוב. נפחה של עגלה מהפכת מקובלת באזור הוא כ- 5.5 קוב והיא תתמלא בגדמים משטח שגודלו כ- 1.8 דונם. מכאן עולה שתידרש הובלת גדמים אחת לכל 2 דונמים בקירוב.

אסיף הירק לבעלי חיים

מקצרת ירק לתחמיץ מורכבת משולחן/ראש קציר והזנה, מערכת קיצוץ ומערכת להסעת החומר המקוצץ למיכל. במקצרות הפשוטות והזולות מערכת הקיצוץ משולבת במערכת ההסעה. המקצרות בעלות ארובה גבוהה יחסית והן מיועדות להפעלה בשטח פתוח.

התצפית הראשונה נערכה עם מקצרת ירק לשורה אחת, פשוטה (חברת Fimaks, טורקיה). ארובת המקצרה הוחלפה באחרת קצרה יותר וזאת כדי שניתן יהיה להפעילה בניסוי בתוך מבנה. התצפית נערכה בחלקת פלפל שנשתל בשתי שורות על ערוגה במרווח של כ- 40 ס"מ בין השורות. במהלך העבודה נראה שהצמחים מתכנסים למערכת הקציר וההזנה המצויות במרכז המקצרה. לעיתים תכופות התרחשו סתימות במערכת ההזנה והמקצרה נעצרה. בנוסף הצמחים נקצרו גבוהה יחסית וזאת בגלל המרחק שלהם ממרכז המקצרה. עוד נראה שהמקצרה חולפת מעל צמחים שקרסו מבלי לקצור אותם. ניסיון להחליף את מזקיפי הקמה המקוריים של המקצרה בארוכים יותר לא מנע את התופעה. לעומת זאת, החומר שבכל זאת נקצר, הוזן למכונה, קוצץ ונפלט מארובת המקצרה היה מקוצץ בצורה אחידה ונקי יחסית מעפר.

תצפית שנייה נערכה עם מקצרת ירק ישנה נגררת (חברת גון דיר), בקציר של פלפל בחלקה אחרת בעלת מאפיינים דומים. המקצרה מצוידת בשולחן קציר שרוחבו עולה על רוחב הערוגה ובתחתיתו ולרוחבו מצויה מקצרה, ומעליה מותקן גלגל אצבעות רוחבי שתומך בירק ומגיש אותו למקצרה. כמו כן למקצרה יש מערכת קיצוץ מיוחדת ומערכת נפרדת להסעת החומר בארובה. גם ארובה זו קוצרה כדי להפעיל את המקצרה בתוך מבנה. מקצרה זו פעלה טוב יותר ללא סתימות במערכת ההזנה וגם החומר שיצא מארובתה היה מקוצץ בגודל אחיד ונקי מעפר. במהלך העבודה נראה שגליל האצבעות מרים צמחים שקרסו ומסייע בהזנתם למכונה. עוד נראה שכדי לשפר את איכות האסיף ורמת ניקיון המבנה יהיה צורך להתקין בשולי השולחן מזקיפי קמה. מתצפיות אלו עולה שמקצרת ירק עם שולחן קציר מתאימה יותר לקציר ירק לבעלי חיים. הירק הקצוץ היה באורך המתאים ובעיקר נקי יחסית מעפר. עוד נראה שמקצרה עם שולחן קציר רחב כרוחב פני הערוגה תתאים יותר.

סיכום ומסקנות

פותחה שיטה ממוכנת לפינוי צמחים מבתי גידול כתחליף לעבודת ידיים. בשיטה זו תהליך האיסוף מתחיל בכיסוח נוף הצמחים ומסתיים בעקירה ואיסוף של הגדמים. נבנו שני אבי טיפוס של מכונות ייעודיות שמהוות יחדיו מערך לפינוי צמחים מבתי גידול. המערך הממוכן כולל מכסחה בעלת מיכל עצמי ומאספת גדמים שמוותאמים להפעלה ע"י טרקטור מושבי קטן בהספק של 75 כ"ס. בנוסף, נבנו שני מפני קמה שמיועדים להתקנה לפני גלילי הטרקטור במהלך הכיסוח למניעת דריסה של הצמחים. נמצא שהמכסחה מסוגלת לכסח ולאסוף צמחי פלפל בתכולת מים שונה. כושר הפינוי שלה היה כ- 80% בצמחים שתכולת המים בהם הייתה כ- 76%, ולמעלה מ- 85% בצמחים שתכולת המים בהם הייתה כ- 70%. הספק הכיסוח היה כ- 3 דונמים לשעה. נמצא שגודל חלקי הצמח המקוצצים לא אחיד. החומר המקוצץ הכיל גם אדמה שכמותו תלויה ברטיבות הקרקע. יש צורך לשנות את המיקום של פתח מוצא האוויר במכסחה ולשפר את יכולת הפריקה שלה.

מאספת הגדמים עקרה בהצלחה את כל הגדמים מערוגות מישוריות וגבוהות יחסית בהספק של יותר מ- 2.5 דונמים לשעה. כדי להשיג עקירה מושלמת יש להאריך את אצבעות תוף העקירה ב- 30 מ"מ. על מנת להפעיל את מאספת הגדמים באופן מסחרי דרוש להוסיף לה מסוע רוחבי להעמסה ישירה של החומר הנאסף בעגלה. יש לתכנן מחדש את שיטת הרתום של המפנים לטרקטור על מנת שיפעלו בכל תנאי שטח ולא יתקעו בקרקע. להפעלת שיטת הפינוי באופן מסחרי דרוש מיכל רמסע או עגלה לשירות המכסחה ולכל היותר 2 עגלות לשירות מאספת הגדמים.

נמצא שלפינוי צמחי פלפל מדונם אחד של מבנה בתהליך של כיסוח, עקירת גדמים, ריכוזם באומן וכיסוח נוסף, נדרש 1/8 יום עבודה וזאת בהשוואה ל- 1.7 ימי עבודה הדרושים בעבודת ידיים. ההנחה היא שאיסוף הגדמים ישירות לעגלה יפחית עוד את זמן העבודה הכולל. עלות המכונות גבוהה יחסית. לכן, השיטה תתאים, ככל הנראה, להפעלה משקית משותפת או ע"י קבלן. נמצא שאסיף צמחי פלפל להזנת בעלי חיים אפשרי וניתן לעשותו במיכון, בטכנולוגיה דומה לזו שמקובלת באסיף ירק לתחמיץ.

הבעת תודה

המחברים מבקשים להודות למגדלים, נועה ועטר שחק מחצבה, לחוות הבשור ולחוות יאיר ולעובדיהן, שבחלקות שלהם בוצעו הניסויים ושסייעו לנו בבצוע העבודה. תודה לאמוץ מחברת אגו ולאחרון ימיני שתרמו את המגוב והמכסחה לניסויים הראשונים. תודה למוטי בן עמי ממסגריית עין יהב שסייע לנו בתיקון הכלים. תודה לחברת אוריאל ובניו בע"מ שבנתה את המכסחה. תודה לחברת אגרומונד בע"מ שבנתה את מאספת הגדמים. תודה מיוחדת ניתנת לרם גולן ממושב עין יהב, שבמשקו בוצעו עיקר הניסויים, על שהקדיש מזמנו וממרצו והעניק לנו בדרכי נועם סיוע וציוד טכני. תודה לאורן רייס מעין יהב ודני בן-ברק מענבר טכנולוגיות ירוקות בע"מ שהגו את רעיון האסיף לבעלי חיים. תודה לחברת אל"צ שהשאלה לנו את המקצרה. תודה למיקי קפלן, למו"פ ערבה תיכונה וצפונית ולמדען הראשי של משרד החקלאות על מימון תכנית המחקר מספר 458-0518-10.

מקורות

- קפואה ש. אורן ע. (1999). הסביבה החקלאית שימור ופיתוח בר קיימא, המשרד לאיכות הסביבה.
- www.sviva.gov.il, (חיפוש בפרסום והוצאה לאור).
- 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.
- י. שגיא, י. קשתי, א. קיסר, א. לוי, פ. גאולה, ר. בריקמן, ר. אמיר, א. גדיאל (2010). פיתוח שיטה וציוד לפינוי שאריות צמחיות מבתי גידול. סיכום עונת מחקרים 2009/10, מו"פ ערבה תיכונה וצפונית.
- http://www.arava.co.il/cgi-webaxy/sal/sal.pl?lang=he&ID=457087_arava2012&guest_data=%20%D%20&act=view&dbid=files&dataid=964&fid=f6&name=Collection%20vegetation%20residue.pdf
- י. קשתי, י. שגיא, א. קיסר, א. לוי, פ. גאולה, ר. בריקמן, ר. אמיר, א. גדיאל (2011). פיתוח שיטה וציוד לפינוי שאריות צמחיות מבתי גידול. סיכום עונת מחקרים 2010/11, מו"פ ערבה תיכונה וצפונית.
- http://www.arava.co.il/cgi-webaxy/sal/sal.pl?lang=he&ID=457087_arava2012&guest_data=%20%D%20&act=view&dbid=files&dataid=1027&fid=f6&name=%201011%20גידול%20בתי%20צמחים%20שארי%20פינוי%20pdf

סיכום עם שאלות מנחות

נא להתייחס לכל השאלות בקצרה ולעניין, ב-3 עד 4 שורות 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.

מטרות המחקר תוך התייחסות לתוכנית העבודה.
פיתוח שיטה וציוד לפינוי כל שאריות הצמחים, כולל שורשים, נוף ופירות מבתי הגידול, ללא עבודת ידיים.
עיקרי התוצאות.
פותחה שיטה לאיסוף צמחים שמורכבת משתי פעולות של כיסוח הנוף ואיסוף הגדמים. פותח מערך אסיף שכולל שתי מכוונות: מכסחה עם מיכל עצמי ומכונה לעקירה ואיסוף של הגדמים. נמצא שהעיתוי המיטבי לפינוי הוא מיד בתום הגידול כשהצמחים ירוקים. בשלב זה משיגים שטח נקי יותר מפני שמעט מאוד עלים ופירות ניתקים מהצמחים ונופלים לקרקע. בנוסף נעשה ניסוי לבחינת ההיתכנות של איסוף נוף הצמחים עם מקצרת ירק לצורך הזנת בעלי חיים. תוצאות הניסוי הראו היתכנות גבוה להצלחת השיטה.
מסקנות מדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו. האם הושגו מטרות המחקר לתקופת הדו"ח?
ניתן לאסוף צמחי פלפל בסוף הגידול ולפנותם מבית הגידול בעזרת מכוונות. התהליך צורך כ- 1/8 יום עבודת אדם וטרקטור לדונם (ללא הובלות). מטרות המחקר שהוגדרו הושגו במלואן.
בעיות שנתרו לפתרון ו/או שינויים (טכנולוגיים, שיווקיים ואחרים) שחלו במהלך העבודה; התייחסות המשך המחקר שיפור המכסחה ומאספת הגדמים. השלמת ההתאמה של מקצרת הירק לצורך איסוף החומר להזנת בעלי חיים.
הפצת הידע שנוצר בתקופת הדו"ח: פרסומים בכתב - <u>ציטט</u> ביבליוגרפי כמקובל בפרסום מאמר מדעי;
אין
פרסום הדו"ח: אני ממליץ לפרסם את הדו"ח: (סמן אחת מהאופציות)
☐ לא הגבלה (בספריות ובאינטרנט)
האם בכוונתך להגיש תוכנית המשך בתום תקופת המחקר הנוכחי? כן* - לא -
לא

*יש לענות על שאלה זו רק בדו"ח שנה ראשונה במחקר שאושר לשנתיים, או בדו"ח שנה שניה במחקר שאושר לשלוש שנים