

פיתוח מכונה להטמנת יריעה בקרקע למניעת חדירת נמטודות לבית הגידול

Development of a machine for sheet burial as a mechanical prevention of nematode penetration to bedding growth

דו"ח לתכנית מחקר מספר 10-0546-458

תקופת הדיווח 1.1.11 עד 31.12.14

מוגש למדען משרד החקלאות ע"י

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

כתובת דוא"ל: ykashti@agri.gov.il

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

אביתר איתאל – שה"מ

אהרון הופמן - הנדסת מערכות חישה, מידע ומיכון, מינהל המחקר החקלאי

אהליאב קיסר – הנדסת מערכות חישה, מידע ומיכון, מינהל המחקר החקלאי

יוגי אוקה – היחידה להמטולוגיה, מרכז גילת, מינהל המחקר החקלאי

שלי גנץ - שה"מ

רבקה אופנבך – מו"פ ערבה תיכונה וצפונית

אילון גדיאל – מו"פ ערבה תיכונה וצפונית

תקציר

נמטודות עפצים גורמות לנזקים כבדים בגידולים רבים בחקלאות. איסור השימוש במתיל ברומייד גרם לקשיים בהדברת נמטודות בגלל הימצאות המזיק בעומק האדמה. עומק ההדברה מגיע לכדי 40 ס"מ בעוד שהמזיק נמצא בעומק של 1 מטר ויותר.

מטרת המחקר העיקרית הייתה לפתח מכונה להטמנת יריעה בקרקע, ללא עבודת ידיים, שתשמש חסם מכאני נגד חדירת נמטודות ואילוח חוזר של בית הגידול. כאשר מטרות המשנה היו: יישום טכנולוגית נש"מ (נפח שורשים תחום) לגידול ירקות על גבי מצע גידול מחוטא, בחינת המכונה בהטמנה של יריעות מסוגים שונים בקרקעות שונות ובחינת יעילות השיטה במשקי מודל.

בשנת המחקר הראשונה (2011-12) נערכו ניסויי מעבדה ושדה לבחינת כושרן של יריעות שונות לחסום נמטודות ולנקז מים. נמצאו יריעות בעלות פוטנציאל לחסום נמטודות אולם, נמצאה גם בעיית ניקוז מים מהן. עוד נמצא שניקוב חורים ביריעות משפר את ניקוז המים אולם גם מקל על נמטודות לחזור דרך החורים. בנוסף, תוכנן ונבנה אב טיפוס דגם 1 לבחינת מערכות מכאניות לחפירת תעלה הכוללת רוטור עם סכיני מתחחה ומסוע להסעת האדמה שזווית המעלה שלו 45 מעלות. ניסויי חפירה הראו שקצב פינוי הקרקע ע"י המסוע במהירות ההתקדמות אינו מספיק ויש להפעילו במהירות גבוהה דבר שגרם להזזת הערוגות לאחור.

בשנת המחקר השנייה (2012-13) בוצעה תצפית בחלקה נגועה בנמטודות בה גודל פלפל בערוגות תחומות ביריעת אלבד P75 מתוצרת חברת "אבגול", ועל הקרקע לביקורת. היריעה בעלת נקבים זעירים בקוטר של 3 מיקרון הקטנים פי 3 מקוטרה של נמטודה. התצפית כללה 3 טיפולים: 1. גידול על קרקע תחומה ביריעה מנוקבת, 2. גידול על קרקע תחומה ביריעה מנוקבת ומתחתיה יריעה צרה נוספת שהונחה לאורך קו החורים, 3. גידול על הקרקע לביקורת. בתחילת הגידול נצפה בערוגות התחומות ביריעה עיכוב בהתפתחות הצמחים, בגלל בעיית ניקוז מים שנפתרה ע"י

התקנת ברזים ששלטו על כמויות המים. בהמשך הגידול הצמחים בערוגות אלו נראו דומים לאלו שבערוגות הביקורת. במכונת החפירה וההטמנה הותקן מסוע נוסף מעל למסוע הקיים כדי לחפור עם תמיכה בקרקע מלמעלה, להרים את כל שכבת הקרקע במהירות ההתקדמות ובכך למנוע את הזזת הערוגות. ניסויי הטמנה נערכו בקרקע לס בשני מהלכים, תחוח וחפירה, ובקרקע חול במהלך אחד. בניסויי הטמנה בקרקע לס בעומק רצוי של כ- 35 ס"מ נמצא שגלגלי הטרקטור הגורר אבדו אחיזה והחליקו בגלל גרר גבוה. פעולת הטמנה הצליחה בעומק של כ- 25 ס"מ בלבד, אולם עם החלקה גבוהה יחסית. בניסויי הטמנה בחול, הקרקע לא טיפסה במעלה המסוע וגלגלי הטרקטור איבדו אחיזה והחליקו. מניסויים אלו הוסק שלא ניתן להרים את כל שכבת הקרקע עם מכונת חפירה בה המסוע החופר מותקן בזווית מעלה של 45 מעלות, בכוחות גרר קטנים מכוח ההתנגדות לגזירה של קרקעות החול. מסקנה זו הביאה להליך חשיבה מחודש שבסיכומו הוחלט להפסיק את פיתוחו של אב הטיפוס דגם 1, ולפתח בשנת המחקר השלישית אב טיפוס דגם 2 שיבצע את פעולת החפירה וההטמנה במהלך אחד בכל סוגי הקרקעות. אב הטיפוס שפותח כולל רוטור תיחוח רוחבי, מסוע כפות אנכי, מסוע אופקי ומערכת לפריסת שתי יריעות.

אב הטיפוס נבחן בשדה בחפירת תעלות והטמנת יריעות בעזרת טרקטור מושבי בהספק של 80 כ"ס. עומק הטמנה היה כ- 30 ס"מ. קצב הטמנה היה כ- 1200 מטר בשעה. הניסוי עלה יפה, רוטור התיחוח חתך פרוסות קרקע והשליך אותן לעבר מסוע הכפות שהעלה אותה והטיל אותה על המסוע האופקי. היריעות נפרסו מתחת למסוע האופקי כך שהקרקע שנפלטה ממנו נפלה עליהן ועיצבה את צורתן כצורת התעלה. בניסוי הוטמנו בהצלחה, בתעלות שרוחבן 40 ס"מ, שתי יריעות אלבד מהדגם P75 בשטח של 3 דונמים. יריעה אחת צרה שרוחבה 30 ס"מ הונחה בתחתית התעלה ומעליה הונחה יריעה מנוקבת שרוחבה 130 ס"מ שכסתה את התחתית והדפנות. בתחילת חודש יוני 2015 יישתלו בחלקה זו עגבניות שרי אשכול.

בשנה זו נערכו שני ניסויים לגידול עגבניות ופלפל בנש"מ. בניסוי הראשון גודלו עגבניות בקרקע חול בתעלות קומפוסט שתוחמו בשתי יריעות P75. הגידול היה מוצלח ביותר למעט מספר אזורים שסבלו מבעיות ניקוז. בנוסף, לא נמצאו עפצים בשורשים. בניסוי השני גודל פלפל בקרקע כבדה בתעלות, באותה המתכונת בקירוב. מתחילת הגידול הצמחים שגודלו בנש"מ נראו חיוורים ומפגרים בהתפתחותם בגלל בעיית ניקוז מים מהקרקע הכבדה.

עבודת המחקר הניבה אב טיפוס לחפירה והטמנת יריעות בקרקע לייצור נש"מ לגידול ירקות בבתי גידול מוגנים כאמצעי מכאני חוסם נמטודות. נש"מ עם שתי יריעות – האחת צרה ואטומה ומעליה השנייה רחבה ומנוקבת, שיפר את ניקוז עודפי המים מבלי להפחית ביעילותו לחסום נמטודות. תצורת הנש"מ מתאימה יותר לגידול ירקות בקרקעות קלות ובינוניות (חול, חול/לס) בעלות כושר חלחול מים גבוה. יש להמשיך בלימוד ולפתח בעזרת המכונה להטמנה את שיטת הגידול בנש"מ כאמצעי חוסם נמטודות בקרקעות שונות מבחינת משטרי המים וההדברה.

הצהרת החוקר הראשי
הממצאים בדו"ח זה הינם תוצאות ניסויים
הניסויים מהווים המלצות לחקלאים: לא (מחק את המיותר)
במידה וכן, על החוקר להמציא פרטים על הגוף שבאמצעותו מופץ את הידע

תאריך: 26-5-2015

חתימת החוקר

מבוא

נמטודות עפצים גורמות לנזקים כבדים בגידולים חקלאיים רבים. מרבית הנזקים בגידולי ירקות נגרמים ע"י שני מיני הנמטודות *M. javanica*, ו-*M. incognita*. התוקפות גידולים כגון: פלפל, עגבנייה, מלון, אבטיח וגידולי תבלין. איסור השימוש במתיל ברומיד גרם לקשיים בהדברת נמטודות, ולעיתים כשנראה שפעולת ההדברה הצליחה, הסתבר שהיא מוגבלת בזמן בגלל הימצאות המזיק בעומק רב שלא ניתן להגיע אליו עם חומרי ההדברה. בכל הקרקעות עומק ההדברה המרבי המושג ע"י חומרי ההדברה הקיימים מגיע לכדי 40 ס"מ בעוד שהמזיק נמצא בעומק של 1 מטר ויותר. הקושי להדביר נמטודות בקרקע נובע גם בגלל תנועתן האקטיבית, בעיקר התנועה כלפי מעלה. בגידול דשא באזורים ממוזגים, זחלי נמטודות עפצים זזים עד לעומק של 60-80 ס"מ ואף יותר בעונת החורף (Wesemael & Moens, 2008), ובעונת הגידול הם עולים למעלה וחודרים לשורשים. באזורים מדבריים יבשים הזחלים יורדים לעומק הקרקע בעונת הקיץ כאשר אין צמחים פונדקאים, על מנת לברוח מתנאי היובש. בניסויי מעבדה נמצא שזחלי נמטודות עפצים עלו כ- 8 ס"מ ביממה כאשר תנאי הסביבה (טמפרטורה, לחות, מרקם קרקע) התאימו לתנועתם (Pinkerton et al., 1987). כמו כן, נמצא שהשקיה, זרימת מים כלפי מטה, עודדה את תנועת הנמטודות כלפי מעלה. תנועת הנמטודות בתנאי שדה בערבה לא נחקרה היטב, אבל ידוע שנמטודות ששרדו בעומק מתחת לשכבת החיטוי הן המקור להדבקה חוזרת ולאילוח חוזר של הקרקע מספר חודשים לאחר החיטוי. מגדלי הירקות משקיעים ימי עבודה רבים בהתמודדות עם בעיית הנמטודות. חלק מהאמצעים העומדים לרשותם במלחמתם בנמטודות הם; חיטוי הקרקע בחומרים כימיים לפני הגידול והדברה כימית במהלך הגידול. א. איתיאל וחובי 2005, פיתחו תבנית גידול חדשה לגידול ירקות בבתי צמיחה המכונה נש"מ (נפח שורשים מתוחם). במערכת זו השתמשו החוקרים ביריעת פלריג 100 g/m^2 , שמשמשת בד"כ לחיפוי קרקע למניעת צמיחת עשבייה, שהונחה בתוך תעלה שנחפרה בקרקע כדי לתחום את מצע הגידול. במחקר נמצא שמצע הגידול התחום ביריעה היה נקי יחסית מנמטודות. בניסוי נוסף שערכה אותה קבוצת מחקר בסתיו 2007 בחלקה נגועה בתחנת זהר, נמצא שיריעת הפלריג מנעה חדירת נמטודות אל תוך אזור הגידול המתוחם, בעוד שבחלקות הביקורת ותעלות ההזנה שלא היו עטופות ביריעה נמצאה נגיעות רבה שבאה לביטוי בהתפתחות הנוף ובהמצאות נמטודות בשורשים ובמצע (ר. אופנבך וחובי 2008). המסקנה מניסויים אלו הייתה שנש"מ עם יריעת פלריג חסם די טוב באופן מכאני מעבר של נמטודות מהקרקע הלא מחוטאת לתוך מצע הגידול המחוטא.

חיפוש מוקדם אחר חומרים אחרים זולים יותר ובעלי פוטנציאל לשמש חסם מכאני כנגד נמטודות העלה שיריעות אלבד (Non woven sheet) כדוגמת יריעת אגריל צפופה יותר הינן זולות ויכולות להתאים להשגת המטרה. י. אוקה 2010, ביצע ניסויי מעבדה הקדמיים עם יריעות אלבד בעלות צפיפויות שונות במטרה לבדוק את יכולתן לחסום תנועת נמטודות מחד ולהעביר מים מאידך. זחלי נמטודות הונחו ברשתות עשויות אלבד למשך 24 שעות, ולאחריהן נספרו הזחלים שעברו את הרשת. בניסוי נמצא שיריעה אחת מנעה מעבר נמטודות ויריעה נוספת חסמה מעבר של כ- 80% מהן. שימוש מסחרי ביריעות פוליאתיילן או ביריעות מחומרים אחרים על מנת לחסום את תנועתן של נמטודות בגידולי דשא, ירקות, ופרחים בתנאי שדה אינו ידוע בעולם למעט במצעים מנותקים. בארץ, א. הופמן וחובי 2001, הטמינו יריעת פלסטיק בקרקע מתחת למצע גידול פלפל, על מנת לתחום את בית הגידול לגודל הדרוש, להקטין את נפח הקרקע המחוטאת, להשיג חיטוי

סולרי טוב יותר ולמנוע חדירת מזיקים בהמשך הגידול. בניסויים הם השתמשו במכונה לחשיפת פקעות כדי להרים את הקרקע ולהניח את יריעת הפלסטיק בעומק הקרקע. בניסויים הקדמיים שנערכו בהשוואה לחיטוי בשיטה המקובלת נמצא שבשרוויל הפלסטיק טמפרטורת הקרקע הייתה גבוה יותר והושגה קטילה מוחלטת של פוזריום בזמן קצר יותר.

כדי להטמין יריעה בקרקע שתחסום חדירה של נמטודות אל בית השורשים בגידול ירקות, צריך לחפור תעלה בעומק של כ- 40 ס"מ וברוחב של כ- 1 מטר בהתאמה לגידול, לפנות את העפר, לפרוס את היריעה, להניח עליה את הקרקע שנחפרה ולהכין את מצע הגידול.

מטרת המחקר העיקרית הייתה לפתח מכונה להטמנת יריעה בקרקע, ללא עבודת ידיים, שתשמש חסם מכאני למניעת חדירה של נמטודות ואילוח חוזר של בית הגידול.

מטרות המשנה היו:

1. יישום טכנולוגיה לגידול ירקות על גבי מצע גידול מחוטא שבתחתיתו מונחת יריעה חוסמת תנועה של נמטודות בקרקע למניעת אילוח חוזר.
2. בחינת המכונה בהטמנה של יריעות מסוגים שונים, במידות ומשקלות שונים ובקרקעות שונות.
3. הרחבת ניסויי הגידול במצע מחוטא שבתחתיתו מונחת יריעה חוסמת נמטודות ובחינת יעילות השיטה במשקי מודל.
4. גידול ירקות בקרקעות נגועות בנמטודות.

המחקר הופעל בשני תחומים במקביל. התחום האחד עסק בחיפוש אחר יריעה/יריעות מתאימות לשמש חסם מכני לנמטודות, והשני עסק בפיתוח של אב טיפוס של מכונה שתחפור תעלה בקרקע ותטמין בה את היריעה בעומק רצוי.

בשנת המחקר הראשונה (2011-12) נערכו ניסויים במעבדה ובשדה בשני התחומים. נבחנה התאמתן של יריעות שונות לחסום נמטודות ולנקז מים, ונבחנה התאמתן של מערכות מכאניות שונות לחפירת תעלה ולהסעת קרקע. עיקרי הממצאים שעלו היו שיריעות מהסוג IB-B70-35 ונייר בד שחור מתוצרת חברת "אבגול" חסמו נמטודות אולם, נתגלתה בעיית ניקוז מים מהן. ניקוב חורים ביריעות שיפר כמובן את ניקוז המים אבל אפשר גם חדירה של נמטודות. עוד נמצא שלביצוע עבודת חפירת התעלה מתאימה מערכת משולבת של רוטור חפירה אופקי עם הנעה במרכזו ולאחריו מסוע לפינוי האדמה. בהמשך, נבנה אב טיפוס דגם 1 של מכונה לחפירת תעלות שכלל את שתי המערכות הללו. בניסויי חפירה נמצאה ייתכנות גבוהה להצלחת החפירה אולם, המכונה הזיזה את ערוגות הגידול לאחור. המסקנות שנרשמו בתום שנה זו היו שיש למצוא פתרונות לניקוז המים מהיריעות מבלי לפגום בכושרן לחסום נמטודות, וכן שיש לשפר את פעולת החפירה מבלי להזיז את הערוגות לאחור.

בשנת המחקר השנייה (2012-13), קודם המחקר בשני התחומים במקביל. בתחום שעוסק בחיפוש אחר יריעה מתאימה לגידול בקרקע שתחומה בה, נערכה תצפית שדה לבחינת יריעת אלבד P75 בעלת נקבים זעירים בקוטר 3 מיקרון הקטנים פי 3 מקוטרן של נמטודות. התצפית כללה שלושה טיפולים: 1. גידול בקרקע תחומה ביריעה מנוקבת בתחתית, 2. גידול בקרקע תחומה ביריעה מנוקבת בתחתית עם הגנה של יריעה נוספת מאותו סוג, צרה יותר, שנפרסה מתחתיה לאורך קו הנקבים, 3. גידול בקרקע ללא יריעה, ביקורת. ערוגות הניסוי וחלקת הביקורת חוטאו בקונדור לפני השתילה. בחודש מאי 2013 נשתלו בחלקה צמחי פלפל מהזן רלאמפאגו. מיד לאחר השתילה אובחנה בשתי הערוגות עם היריעה בעיית עודפי מים. שליטה על כמות המים בערוגות אלו בעזרת

ברזים נפרדים פתרה את הבעיה. כחמישים יום מאוחר יותר הצמחים בערוגות עם היריעות נראו דומים לאלו שבערוגות הביקורת. מאוחר יותר, בחודש אוקטובר אובחנה נגיעות בנמטודות במספר צמחים שגדלו בערוגת היריעה המנוקבת ובחלקת הביקורת. בערוגה בה הייתה יריעה מנוקבת ומתחתיה יריעה נוספת שנפרסה באזור הנקבים, לא נצפתה נגיעות.

בתחום פיתוח המכונה לחפירת תעלות והטמנת יריעה, באב הטיפוס דגם 1 הותקן מסוע נוסף מעל המסוע הראשי לצורך תמיכה וסיוע בהעלאת כל שכבת הקרקע בבת אחת. בנוסף, הותקנה באב הטיפוס, מערכת ייעודית לפריסת יריעה וזאת במטרה לבחון גם את תהליך הנחת/פריסת היריעה בתעלה. ניסויי חפירת תעלה והטמנת יריעה נערכו במשק סיטבון שבמושב דקל בקרקע בינונית (חול/לס). בניסוי, שתי ערוגות סמוכות תוחחו בעזרת המתחחה המיוחדת. לאחר התיחוח נוסה אב הטיפוס בחפירת תעלה כאשר מסועי המכונה, הראשי והעילי, הופעלו במהירות נמוכה התואמת את מהירות הנסיעה. נמצא שבהטמנה בעומק רצוי של 35 ס"מ התפתחו כוחות גרר גדולים, הקרקע לא עמדה בכוחות הגזירה וגלגלי הטרקטור החליקו. לפיכך, בוצעה ההטמנה בעומק של 25 ס"מ בלבד בקצב איטי מאוד של כ- 200 מטר לשעה. גם בעומק זה נצפתה החלקת גלגלים גבוהה יחסית. ניסוי חפירה והטמנת יריעה נוסף נערך במשק עגבניות שבמושב נתיב העשרה בקרקע חול. במקרה זה הקרקע החולית לא זרמה במעלה המסוע ובשל כך התפתחו כוחות גרר גדולים שגרמו להחלקת גלגלים.

מניסויים אלו הוסק שלא ניתן להרים את כל שכבת הקרקע עם מכונת חפירה בה המסוע החופר מותקן בזווית מעלה של 45 מעלות, בכוחות גרר קטנים מכוח ההתנגדות לגזירה של קרקעות החול.

מסקנה זו הביאה להליך חשיבה מחודש שבסיכומו הוחלט להפסיק את פיתוחו של אב הטיפוס דגם 1, ולפתח לקראת שנת המחקר השלישית אב טיפוס דגם 2. הדרישות מהמכונה נוסחו מחדש והיו כדלהלן; 1. המכונה תבצע את כל פעולות החפירה וההטמנה במהלך אחד ובקצב ההתקדמות של הטרקטור. 2. המכונה תתאים להפעלה ע"י טרקטור מושבי בהספק של 80 כ"ס ברתום שלוש הנקודות. 3. המכונה תתאים לעבודה בתוך מבני גידול מוגנים. 4. רוחב התעלה יהיה 40 ס"מ ובה יוטמנו שתי יריעות במהלך אחד – האחת צרה לכיסויי תחתית התעלה והשנייה רחבה, מנוקבת במרכזה, לכיסוי התחתית והדפנות.

שיטות וחומרים

ניסויי גידול בנש"מ עם יריעת אלבד P75

בשנת המחר השלישית נערכו בשני משקים שונים ניסויים בנש"מ עם יריעת אלבד P75. תצורה זו מאפשרת כאמור גידול בקרקעות מאולחות בנמטודות על ידי בידוד בית השורשים מהקרקע באמצעות יריעות.

הניסוי הראשון בוצע במשק שיחי במושב משען, בחממת עגבניות של 10 דונם עם חול מיובא, בה הותקנו תעלות קומפוסט בתצורת נש"מ. בחול שמאולח בנמטודות עפצים, נחפרו תעלות, בתחתיתן הונחה יריעת P75 ברוחב של 30 ס"מ ומעליה יריעת רחבה מאותו סוג שבמרכזה נקדחו חורי ניקוז בקוטר של 1 ס"מ ובמרווח של 40 ס"מ. התעלות מולאו בקומפוסט אור שנשטף במים בכמות של כ- 100 קוב לדונם באמצעות מתזים.

הניסויי השני בוצע במשק ברנהולץ במושב בני עטרות. בחממה בה הקרקע כבדה ומאולחת בנמטודות הותקנה מערכת נש"מ. תצורת הניסויי הייתה שונה במקצת מהניסוי הראשון. בניסוי

זה נוספה שכבת חול בעובי של 2 ס"מ מעל הקומפוסט שמטרתה לשפר את פיזור המים לרוחב התעלה. שטיפת הקומפוסט בכמות מים של 80 קוב לדונם נעשתה בטפטוף. בחודש מרץ 2015 נשתלו צמחי פלפל בתעלות הנש"מ ובקרקע מקומית לביקורת.

פיתוח אב הטיפוס דגם 2

בהתאם לדרישות שלעיל בוצע תכנון פונקציונאלי והוגדרו מערכות מכונה שירכיבו את אב הטיפוס דגם 2 והן:

רוטור בעל ציר אופקי לחפירת התעלה, מסוע כפות אנכי להסעת הקרקע, גלילים אופקיים לפריסת היריעות ומסוע אופקי לאגירת קרקע והסעתה בקצב התקדמות הטרקטור מעל ליריעות. בשלב בחינת הרעיון מערכת החפירה והמסוע האנכי זוהו כמערכות שמהוות את ליבת המכונה ולכן הייתכנות לשימוש בהם נבחנה במעבדה בעזרת מודלים מותאמים.

בחינת הייתכנות לשימוש ברוטור תחוח כאמצעי חפירה והרמת קרקע נערכה ע"י התקנת הרוטור במכונת החפירה דגם 1 לפני המסוע, תמונה 1. בניסוי נבחנה השאלה האם ניתן לחתוך פרוסות קרקע ולהשליך אותן על המסוע שמאחור ע"י סיבוב הרוטור בכיוון מנוגד לכיוון הנסיעה. מהירות התקדמות הטרקטור הייתה כ- 700 מטר בשעה ומהירות סיבוב הרוטור הייתה כ- 250 סל"ד. הניסוי תועד במצלמת וידאו. מניתוח הסרטים עולה שהקרקע נחתכה ע"י הסכינים לפרוסות והוטחה לאחור על המסוע. עובי הפרוסה תלוי ביחס שבין מהירות סיבוב הרוטור למהירות הנסיעה.



תמונה 1. בחינת ייתכנות השימוש ברוטור בעל ציר אופקי לחפירה והסעת קרקע

בחינת הייתכנות להסעת קרקע במסוע כפות אנכי נערכה במעבדה בעזרת מסוע קיים שהוצב אנכית עם אפשרות להתקין בו כפות בחתכים שונים, תמונה 2. בניסוי נבחנו הסעת קרקע חול ופינויה בעזרת שתי סוגי כפות ומספר זוויות שונות של המסוע החוזר. מגש מתכת שהוצב אופקית על גבי רגליים מתכווננות שימש בניסוי כמודל למסוע אופקי. ניסויים אלו תועדו בעזרת מצלמת וידאו בצילום מהיר של 240 תמונות בשנייה. המדדים שנרשמו בניסויים היו; מהירות המסוע, זווית המסוע החוזר, גובה המגש, המרחק האופקי של נקודת פגיעת החול במגש מהמסוע האנכי, וכמות החול שנפלה על הקרקע. מניתוח צילומי הווידאו עולה שכף בנפח של כ- 3.5 ליטרים וזווית מסוע חוזר של 60 מעלות ביחס לאופק הניבו את תוצאות ההסעה והפינוי הטובים ביותר.



תמונה 2. בחינת ייתכנות השימוש במסוע כפות אנכי להסעה ופינוי של קרקע

תוצאות ודיון

גידול בנש"מ

בניסוי הראשון, גידול העגבניות בתעלות הקומפוסט התחומות ביריעה נראה מוצלח ביותר למעט מספר אזורים שסבלו מבעיות ניקוז. בנוסף, לאחר כחצי שנה מתחילת הגידול נערכו בדיקות אקראיות לבדיקת נוכחות עפצים בשורשים והמצאים הראו ניקיון מוחלט.

בניסוי השני, מתחילת הגידול נתגלו בעיות של ניקוז מים מהנש"מ שגרמו לתנאים אנארוביים בחלק התחתון של המצע. כתוצאה מכך הצמחים במקומות אלו נראו חיוורים יותר ופגרו בהתפתחותם אחרי צמחים שגדלו באזורים בהם לא הייתה בעיה. ניתן לשייך את בעיית הניקוז לסוג הקרקע הכבדה.

ממצאים אלו ניתן להסיק שגידול ירקות בתצורת הנש"מ רגישה בגלל בעיות ניקוז עודפי מים והיא ככל הנראה אינה מתאימה לקרקעות כבדות. במקרה זה יתכן שתעלות נש"מ שייחפרו בשיפוע אורכי על מנת לאפשר ניקוז עודפי מים בכיוון אורכי יתאימו יותר לגידול ירקות בתצורה זו.

פיתוח אב הטיפוס דגם 2

בהתבסס על הממצאים מניסויי הייתכנות של הרוטור ומסוע הכפות האנכי, תוכנן ונבנה אב בטיפוס דגם 2 של מכונה לחפירה והטמנת יריעה בקרקע, תמונה 3. אב הטיפוס כולל רוטור תיחוח ברוחב של 40 ס"מ עם 12 סכיני תיחוח. מסוע כפות אנכי שרוחבו 40 ס"מ וגובהו כ- 1.5 מטר עם 16 כפות פח בנפח של כ- 3.5 ליטרים כל אחת. מסוע אופקי שאורכו 70 ס"מ ורוחבו 60 ס"מ ומערכת לפריסת שתי יריעות – האחת מנוקבת במרכזת ברוחב של כ- 1.3 מטר והשנייה ללא נקבים ברוחב של 30 ס"מ.

אב הטיפוס נבחן בשדה בחפירת תעלות והטמנת יריעות במשק סער בנתיב העשרה בקרקע חול. ההטמנה נעשתה בעזרת טרקטור מושבי בהספק של 80 כ"ס. עומק ההטמנה היה כ- 30 ס"מ. קצב ההטמנה היה כ- 1200 מטר בשעה. מהירויות מסוע הכפות האנכי והמסוע האופקי היו פי 8 ו- 1.5 לערך ממהירות ההתקדמות של הטרקטור, בהתאמה.

הניסוי עלה יפה, רוטור התיחוח נצפה חותך פרוסות קרקע ומשליך אותן לעבר מסוע הכפות שניצב מאחוריו. הכפות שנמלאו בקרקע הסיעו אותה למעלה והטילו אותה על גבי המסוע האופקי. בינתיים, היריעות נפרסו מתחת למסוע האופקי כך שהקרקע שנפלטה ממנו נפלה עליהן ועיצבה את צורתן כצורת התעלה. במהלך העבודה נצפתה נזילת קרקע במרווח שבין מסוע הכפות האנכי והמסוע האופקי. ההערכה היא שניתן יהיה להקטין את הנזילה ע"י התקנת כפות ניצבות בגובה מתאים על פני המסוע האופקי. תמונות 4 ו-5, מראות את מכונת החפירה וההטמנה במהלך העבודה במבט פנים ואחור. בניסויי נוסף שנערך באותו המשק, בבית גידול ששטחו כ-3 דונמים הוטמנו בהצלחה שתי יריעות אלבד מהדגם P75 בתעלות שרוחבן 40 ס"מ, תמונה 6. יריעה אחת צרה שרוחבה 30 ס"מ הונחה בתחתית התעלה ומעליה הונחה יריעה שרוחבה 130 ס"מ שכסתה את התחתית והדפנות. במרכז היריעה הרחבה ולאורכה נוקבו חורים בקוטר 13 מ"מ לצורך ניקוז מים. בתחילת חודש יוני 2015 יישתלו בחלקה זו עגבניות שרי אשכול.



תמונה 5. מכונת ההטמנה בעבודה, מבט אחור



תמונה 4. מכונת ההטמנה בעבודה, מבט פנים



תמונה 6. חלקה לגידול עגבניות בנש"מ, נתיב העשרה 2015

מסקנות

פותח אב טיפוס לחפירה והטמנת יריעות בקרקע לייצור נש"מ לגידול ירקות בבתי גידול מוגנים, שמשמש כאמצעי מכאני חוסם נמטודות. במהלך ייצור הנש"מ ניתן להטמין בקרקע שתי יריעות. קצב ייצור הנש"מ הינו כ-1200 מטר בשעה. נש"מ עם שתי יריעות – האחת צרה ואטומה והשנייה שמעליה רחבה ומנוקבת, שיפר את ניקוז עודפי המים מבלי להפחית ביעילותו לחסום נמטודות.

תצורת הנש"מ מתאימה יותר לגידול ירקות בקרקעות קלות ובינוניות (חול, חול/לס) בעלות כושר חלחול מים גבוהה.

יש להמשיך בלימוד ולפתח בעזרת המכונה להטמנה את שיטת הגידול בנש"מ כאמצעי חוסם נמטודות בקרקעות שונות מבחינת משטרי המים וההדברה.

הבעת תודה

המחברים מבקשים להודות לחברת "אבגול" בע"מ שפיתחה וסיפקה את היריעות לניסוי. למגדלים אחי סיטבון ממושב דקל, יוסי קיסוס ממושב פארן, סער ממושב נתיב העשרה, שייחי ממושב משען וברנהולץ ממושב בני עטרות שבמשקיהם נערכו התצפיות. תודה לליאור אברהם משה"מ, משרד החקלאות על השתתפותו בביצוע התצפיות.

מקורות

Wesemael W.M.L., Moens M. (2008). Vertical distribution of the plant-parasitic nematode, *Meloidogyne chitwoodi*, under field crops. *European Journal of Plant Pathology* 120: 249-257.

א. אתיאל, ע. מדואל, ד. חשמונאי, ר. אופנבך, ש. פיבנייה, ר. לוויטה, י. אוקה (2007). שימוש בנש"מ (נפח שורשים מתוחם) כחסם בפני נמטודת העפצים: *Meloidogyne javanica* בגידול עגבנייה בשדה פתוח. יבולי שיא.

Pinkerton, J.N., Mojtahedi, H., Santo, G.S., O'Bannon, J.H., 1987. Vertical migration of *Meloidogyne chitwoodi* and *M. hapla* under controlled temperature. *J. Nematol.* 19, 152–159.

א. הופמן, א. גמליאל, ח. אגוזי, ז. שמילוביץ, א. ארבל (2001). הדברה יעילה של פגעים בקרקע, חיטוי סולרי בקרקע ארוזה בשרוול פלסטיק כמצע מנותק. דו"ח המכון להנדסה.