

התאמת מקורות עמידות כנגד נמטודות יוצרות העפצים במסגרת פיתוח ממשק לגידול פלפל חופשי מנזקי נמטודות

סיגל בראון - מיארה, פטריסיה בוקי - מנהל המחקר החקלאי.

תמר אלון – שה"מ, משרד החקלאות

זיוה גלעד- מו"פ בקעת הירדן

תקציר

נמטודות יוצרות עפצים מהסוג *Meloidogyne* הינם טפיל מוחלט. מזיק זה פוגע בתפקוד מערכות ההובלה של הצמח הפונדקאי דבר שמוביל לעיכוב משמעותי בגדילה, פחיתה ניכרת ביבול, ולהפסדים עצומים. בבקעת הירדן מגדלים כ-6000 ד' ירקות ותבלינים כאשר במחצית מהקרקעות קיימת בעיה חריפה של נגיעות בנמטודות הפוגעות בפוטנציאל הגידול ומחייבות הוצאות גבוהות לקטילתן טרם שתילה ותוך כדי גידול ולמרות זאת הפתרון הינו חלקי. הפרוטוקול המקובל כיום להתמודדות עם נוכחות נמטודות בקרקע הוא חיטוי קרקע מכוון כנגד נמטודות טרם שתילת השטח באמצעות חומרים מסחריים בעלי פעילות נמוצידיית. ההתוויה של שימוש בחומרים אלו מצויה תחת רגולציה מחמירה ושוק החומרים הזמינים המותרים לשימוש מדלדל ומתרוקן. כיום למעשה נותרו תכשירים מועטים, ואלו שנותרו מוגבלים ביכולתם לקטול את הנמטודות, ואינם יכולים להוות פיתרון יחיד להדברת נמטודות.. מכאן הצורך בשילוב עמידויות גנטיות נהייה מחייב.

בשנים האחרונות מספר חברות זרעים מציעות זני פלפל בלוקי הנושאים עמידות גנטית לנמטודת יוצרת העפצים *Meloidogyne spp.* זנים אלה נמצאים בבחינה או ברמת גידול מסחרי מצומצם ונדרש להוכיח בגידול המסחרי כי הם אכן עמידים וכן כי פוטנציאל היבול - כמות, איכות וחיי המדף דומה לפוטנציאל היבול של הזנים המסחריים המקובלים.

מטרת המחקר

פיתוח ממשק לשימוש בזני פלפל עמידים לנמטודות בפרקטיקה חקלאית מכוונת ומקובלת של חיטוי קרקע.

מהלך המחקר ושיטות עבודה –

הניסוי בוצע בחלקת מגדל בבית רשת, חלקה הידועה בנגיעות בנמטודות עפצים. שטח הניסוי מחולק לשלושה קטעים בכל מקטע 14 ערוגות. בשני מקטעים בוצע חיטוי קרקע טרום שתילה במתאם סודיום (Metam sodium) (אדיגן, מתמור). החומר הפעיל בתכשיר קוטל עשבים ומחלות קרקע ואינו קוטל נמטודות עפצים. ובמקטע שלישי בוצע בדי מתיל די סולפט (DMDS) (התכשיר פלאדין 40 ל'/'ד') המקובל כתכשיר קוטל נמטודות עפצים, עשביה ומחלות.

שתילה ב-14/8/20, בכל מקטע נישתלו שלושה זנים: 1. ארגמן – זן עמיד לנמטודות (א.ב. זרעים).

2. סאיטמה – זן עמיד לנמטודות, (זרעים גדרה). 3. בוטרוס- זן רגיש (זרעים גדרה).

כל זן נשתל משני צידי מעבר. בכל מקטע חיטוי ארבע חזרות לכל זן.

תוצאות

1. לא נמצאה השפעת החיטוי על סהכ היבול בכל זן. 2. בקרקעות בהם גדל הזן הרגיש נמצאה

רמת עפצים גבוה יותר בשורשי הצמחים.

נוכחות נמטודות יוצרות עפצים מהסוג *Meloidogyne* מתעצמת בשנים האחרונות בגידולים רבים בחממות ובשדה הפתוח. מזיק זה פוגע בתפקוד מערכות ההובלה של הצמח הפונדקאי דבר שמוביל לעיכוב משמעותי בגדילה, פחיתה ניכרת ביבול, ולהפסדים עצומים. נוכחות נמטודות מתגלית לאחר הופעת סמפטומים בנוף כמו: נבילה, הצהבה וקצב גידול איטי. כאשר נראים סמפטומים אלו הנזק לשורשים רב ויעילות הטיפולים מוגבלת. שימוש בתכשירים נמטוצידיים במצב זה, הניתנים תוך כדי גידול, הינו בעל יעילות חלקית בלבד, מחייבים טיפולים חוזרים, עלותם גבוהה ויישומם בעייתי מבחינת ימי ההמתנה לקטיפה. בבקעת הירדן מגדלים כ-6000 ד' ירקות ותבלינים כאשר במחצית מהקרקעות קיימת בעיה חריפה של נמטודות הפוגעות בפוטנציאל הגידול ומחייבות הוצאות גבוהות לקטילתן טרם שתילה ותוך כדי גידול. הבעיה אף חמורה יותר שכן חרף יישומם בחלקות רבות מופיעה נגיעות גבוהה בחלקות, המובילה להפסדים כלכליים.

הנוהל המקובל היום להתמודדות עם נוכחות נמטודות בקרקע הוא חיטוי קרקע טרם שתילת השטח. לחיטוי קרקע מקובל כיום שימוש נרחב בתרכובות המבוססות על החומר הפעיל 1,3 Dichloropropene. תכשיר נוסף אשר שימוש בו מתרחב מבוסס על החומר הפעיל Dimethyl disulfide (DMDS). תכשירים הניתנים במהלך הגידול משתייכים לקבוצות כימיות כגון: זרחנים אורגניים (Organophosphates), פחמימן כלורים (Organochlorides) וקרובמטים (Carbamates). תכשירים אלה על נגזרותיהן מבוססים על שיבוש מערכות עצביות של התולעת. ההתוויה של שימוש בתכשירים אלו מצויה תחת רגולציה מחמירה ושוק התכשירים הזמינים והמותרים לשימוש מדלדל ומתרוקן. כיום למעשה נותרו תכשירים מועטים, ופיתוח תכשירים חדשים מוגבל ביותר. מכאן הצורך בשילוב עמידויות גנטיות נהייה מחייב. בשנים האחרונות מספר חברות זרעים מציעות זני פלפל בלוקי הנושאים עמידות גנטית לנמטודת יוצרת העפצים *Meloidogyne spp.* בין הזנים המוצעים קיימים זנים הנמצאים בשלבי טיפוח מתקדמים אך עדיין האגרוטכניקה הקשורה לגידול הזן חסרה (אלה עדיין בבחינה או ברמת גידול מסחרי מצומצם) וזנים שכבר מוגדרים כזנים מסחריים. אולם, למרות זמינותם של זנים אלו, נדרש עדיין להוכיח בגידול מסחרי כי הזנים מצייגים עמידות בתנאי הבקעה ופוטנציאל היבול - כמות, איכות וחי המדף דומה לפוטנציאל היבול של הזנים המסחריים המקובלים.

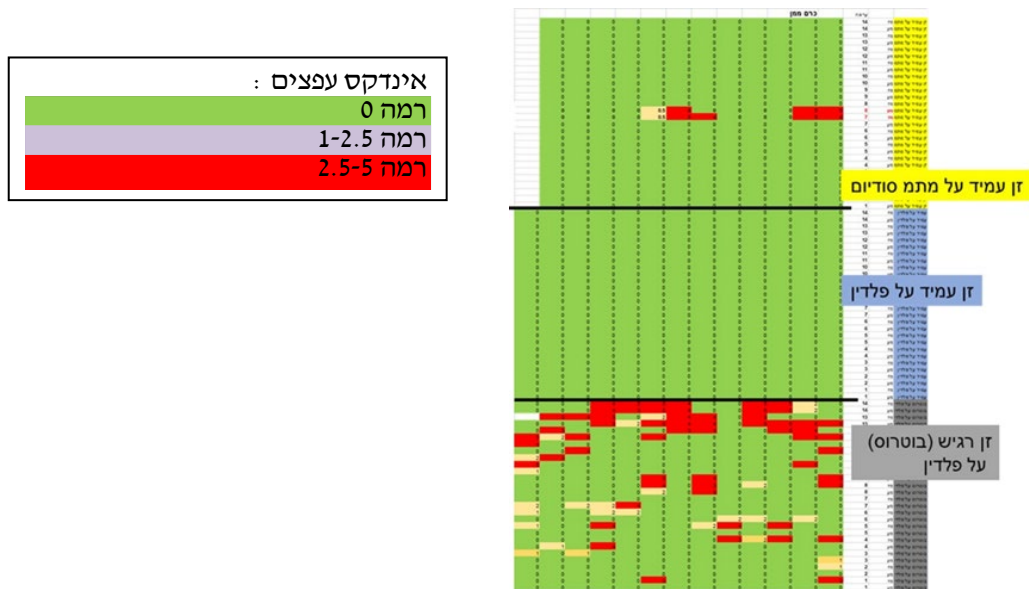
חשוב לציין, שאורך העונה הארוכה המאפיינת את גידול הפלפל במשך השנה בבקעה יכול לתמוך בבניית אוכלוסיית נמטודות מאוד גבוהה בקרקע. ככל שגודל האוכלוסייה יגדל כך אמצעי החיטוי שינקטו בעונה הבאה יהיו פחות יעילים. שילוב מתאים בין זנים עמידים ופרוטוקול לחיטוי קרקע יאפשר להבטיח את היבול ואיכותו למשך זמן ארוך יותר באותה עונה ויבטיח את העונה הבאה.

מטרת המחקר

פיתוח פרוטוקול לשימוש בזני פלפל עמידים לנמטודות בפרקטיקה חקלאית. מטרת משנה:

1. ללמוד האם גידול זנים עמידים יתאפשר בשטח נגוע שלא עבר חיטוי קרקע נגד נמטודות.
2. ללמוד האם גידול זנים עמידים יאפשר הפעלת חיטוי קרקע במרווח גדול – אחת לשנה או לשנתיים ובכך לצמצם בתשומות

עונה 20/21 הינה עונה שניה של המחקר. הניסוי מבוצע בתא השטח בו היה הניסוי בעונה 19/20 בחלקת מגדל מימון/משה במושב תומר, בבית רשת. החלקה ידועה בנגיעות בנמטודות עפצים. בסוף עונת הגידול 2019/20 ולקראת הצבת הניסוי לעונה 2020/21 בוצע אינדקס עפצים בשורשי צמחי פלפל. הוצאו שתילי פלפל מכל ערוגה (שתיל כל 6 מ') וניתן אינדקס לעפצים בשורשי השתיל. באיור 1 מוצג אינדקס העפצים 0-5. לפי תוצאות הבדיקה אנו למדים כי קיימת רמה נמוכה של נמטודות בחלקות בהם גדל זן עמיד, בחלקות אלו בוצע בתחילת העונה (7/2019) חיטוי במתם-סודיום או בפלדין. רמה גבוהה של נמטודות נמצאה בחלקה שגדל בה זן רגיש וחוטאה בפלדין בתחילת העונה (איור 1)



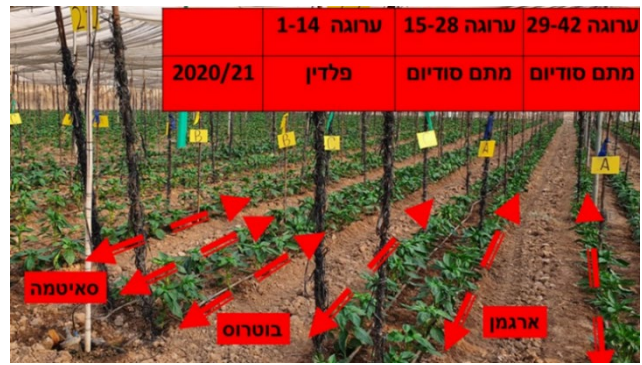
איור 1: מפת אינדקס עפצים בסוף עונה 2019/20 (15/7/20) בחלקת הניסוי+ חלקה המיועדת להמשך הניסוי בעונה 2020/21.

שטח הניסוי בעונה 2020/21 מחולק לשלושה קטעים בכל מקטע 14 ערוגות. להלן טיפולי חיטוי קרקע שבוצעו בחלקה בשתי עונות המחקר

טיפול חיטוי			עונה
מקטע III	מקטע II	מקטע I	
פלדין	פלדין	מתם-סודיום	2019/20
פלדין	מתם-סודיום	מתם-סודיום	2020/21

שתילה ב-14/8/20, בכל מקטע נשתלו שלושה זנים:

1. ארגמן – זן עמיד לנמטודות (א.ב. זרעים).
 2. סאיטמה – זן עמיד לנמטודות, (זרעים גדרה).
 3. בוטרס- זן רגיש (זרעים גדרה).
- כל זן נשתל משני צידי מעבר. בכל מקטע חיטוי ארבע חזרות לכל זן.



תמונה 1 : חלקת הניסוי שבועיים משתילה

מדדים שנלקחו במהלך העונה

1. שקילת יבול במשך כל העונה – קטיף החלקה החל ב-6/1/21 בוצעו 14 קטיפים עד 22/6/21
2. העברת מדגמי קרקע לבדיקת נוכחות נמטודות (שימוש בצמחי עגבניה כצמח בוחן) – ארבעה עציצים מכל מעבר, שתילת עגבניות (2/2021) והערכת אינדקס עפצים בתום הגידול (אפריל 2021)
3. הוצאת שתילי פלפל והגדרת אינדקס עפצים בסיום הגידול – בוצע ב-23/6/21, 14 שתילים לכל מעבר שתילה.

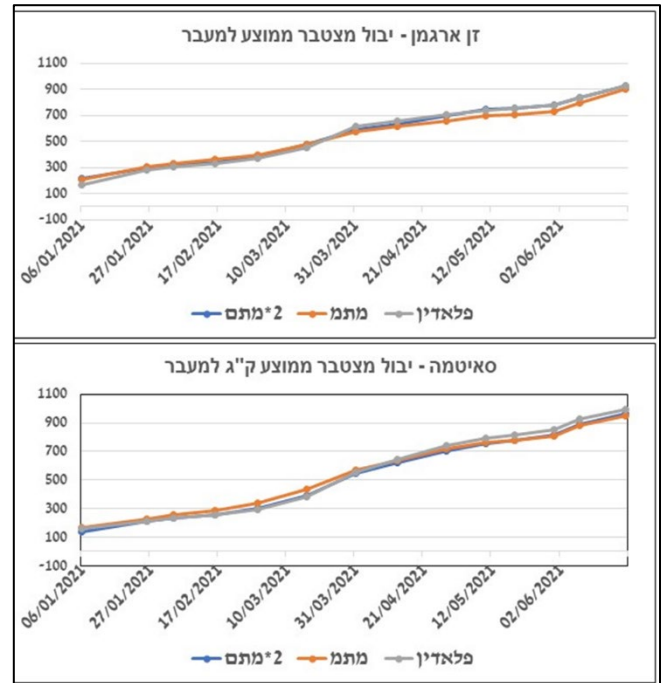
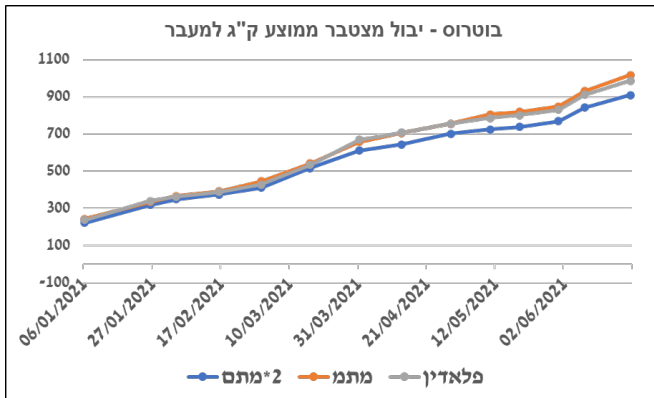
תוצאות

יבול- כמות ואיכות

קטיף החלקה החל ב-6/1/21, בוצעו 14 קטיפים עד 22/6/21, בכל קטיף נשקל היבול מכל מעבר (כ-77 מ' רץ). היבול השנתי לכל לזן לא הושפע מהיסטוריית החיטוי של החלקה (טבלה 1)
טבלה 1 : השפעת סוג החיטוי על היבול בכל זן נבדק (ממוצע ק"ג למעבר)

יבול ממוצע ק"ג/למעבר			טיפול חיטוי
בוטרוס	סאיטמה	ארגמן	
1018.6±74.4	951.2±9.0	896.1±22.1	מתם
910.6±38.7	960.5±40.6	927.8±33.4	מתמ*2
988.3±24.2	992.8±25.6	922.1±12.1	פלדין

איורים 1-3 מרכזים מידע על קצב הקטיף במהלך העונה. בזנים ארגמן וסאיטמה קצב הקטיף דומה, בזן בוטרוס הגדל בקרקע בה בוצע טיפול מתם-סודיום בשתי העונות, רואים החל מסוף פברואר ירידה בקצב הצטברות היבול, עם זאת, הבדל זה אינו מובהק מקצב הקטיף בטיפולים האחרים.



איור 1-3: השפעת חיטוי קרקע על יבול מצטבר בזנים ארגמן, סאיטמה ובוטרוס ממוצע ק"ג למעבר.

הערכת רמת נמטודות בחלקה במהלך הגידול - בפברואר 21 נלקחו מדגמי קרקע, ארבעה מדגמים מכל חזרה. בכל עציץ נשתל שתיל עגבניה (זן רגיש לנמטודת עפצים) באפריל 21 נבדק אינדקס עפצים בכל שתיל. הנתונים מוצגים לאחר הפיכת האינדקס לערכי RANK (מבחן Rank היוו מבחן אשר בעזרתו אנו יכולים להפוך פרמטרים איכותיים (כגון galling index) לפרמטרים כמותיים בעלי פיזור רחב יותר המאפשר ניתוח סטטיסטי נכון). בטבלה 2 מוצג אינדקס עפצים בשתילי עגבניה שגדלו בקרקע מחלקת הניסוי בערכי RANK.

טבלה 2: ערכי RANK לאינדקס עפצים בצמחי עגבניה



מקור הקרקע	ערך RANK לאינדקס עפצים		
	פלאדין	מתמ	מתמ*2
ארגמן	28.6±12.2	33.6±12.7	34.6±12.8
סאיטמה	43.8±12.6	24.5±12.6	39.4±13.0
בוטרוס	48.1±15.2	46.9±136	70.7±15.3

תמונה 2: שתיל עגבניה שגדל בחלקה שחוטאה במתמ סודיום פעמיים בערוגה בה גדל זן פלפל רגיש.

מטבלה 2 אנו למדים כי בשורשי שתילי עגבניה שגדלו בקרקע שנלקחה מהערוגה שגדל הזן הרגיש (בוטרוס) וחוטאה במתמ-סודיום שתי עונות נמצא אינדקס העפצים גבוה יותר משורשי צמחי עגבניה שגדלו בקרקע שנלקחה ממקום שגדלים זנים עמידים, הבדל זה אינו מובהק. בתאי השטח בהם בוצע חיטוי בפלאדין ובמתמ-סודיום עונה אחת אינדקס עפצים גבוה יותר משורשי צמחים שגדלו בקרקע מחלקות בהן גדל הזן הרגיש אבל ההבדל אינו מובהק (התוצאות נותחו במבחן Student's tTest ברמת מובהקות של 5% בתוכנת JMP).

עפצים בצמחי הפלפל בסוף עונת הגידול

בסוף העונה נבדק אינדקס עפצים בשתילי הפלפל, 14 שתילים למעבר. האינדקס עבר טרנסנומצייה למדד כמותי (RANK) ע"י שנוכל לנתחם כמדד רציף. רמת העפצים בזנים העמידים נמוכה מרמת העפצים בזן הרגיש, על רקע מתמ*2 ופלדין ההבדל מובהק לפי מבחן Student's tTest ברמת מובהקות של 5% (טבלה 3).

טבלה 3: השפעת טיפולי החיטוי על רמת העפצים בזנים השונים

ערך RANK לאינדקס עפצים			
מתמ	מתמ*2	פלדין	
ב 8.7	ב 72.6	ב 9.2	ארגמן
אב 58.0	ב 58.4	ב 23.7	סאיטמה
א 101.6	א 200.9	א 145.8	בוטרוס

- אותיות שונות באותו טור מצביעות על הבדל מובהק מבחן T ברמה של 5%

טבלה 4: התבטאות רמת עפצים בכל זן על רקע החיטוי

ערך RANK לאינדקס עפצים			
בוטרוס	סאיטמה	ארגמן	
א 200.9	א 58.4	א 72.6	מתמ*2
ב 101.6	א 58.0	ב 8.7	מתמ
אב 145.8	א 23.7	ב 9.2	פלדין

- אותיות שונות באותו טור מצביעות על הבדל מובהק, מבחן T ברמה של 5%

דיון

המטרה הראשית של מחקר זה הינה פיתוח פרוטוקול לשימוש בזני פלפל עמידים לנמטודות בפרקטיקה חקלאית. ע"י לימוד האם גידול זנים עמידים יתאפשר בשטח נגוע שלא עבר חיטוי קרקע נגד נמטודות. ובנוסף לימוד האם גידול זנים עמידים יאפשר הפעלת חיטויי קרקע במרווח גדול – אחת לשנה או לשנתיים ובכך לצמצם בתשומות בעונה 2020/2021 הוכנה תשתית קרקע של שלוש חלקות:

1. קרקע שחוטאה בפלדין בשתי העונות.
2. קרקע שחוטאה בקיץ 2020 במתם-סודיום ובעונה קודמת בפלדין
3. קרקע שחוטאה בשתי העונות האחרונות במתם-סודיום. בכל תא שטח נשתלו שני זנים עמידים ארגמן (א.ב. זרעים) וסאיטמה (זרעים גדרה) וזן רגיש בוטרוס (זרעים גדרה). מעקב אחר כמות היבול לא מצביע על סהכ פוטנציאל יבול שונה של כל זן בהשפעת החיטויים השונים. עם זאת, מעקב אחר קצב הקטיף של הזן הרגיש, בוטרוס, מראה כי בחלקה בה מבוצע במשך שנתיים חיטוי במתם-סודיום קצב הקטיף יורד החל מחודש מרץ, אומנם בסהכ היבול לא נמצא הבדל בין החיטויים השונים אבל הירידה בקצב הקטיף יכולה להצביע על התבטאות של נגיעות הצמחים בעפצים.

הערכה זאת משתלבת עם שתי הבדיקות שנעשו לבחינת רמת העפצים בחלקה:

1. גידול צמחי עגבניה רגישים לנמטודת עפצים בקרקעות שהובאו מהטיפולים השונים
2. הערכת אינדקס עפצים בצמחי הפלפל לאורך המיפתחים בסוף העונה. בשתי בדיקות אלו אנו רואים כי צמחי פלפל מזן בוטרוס תומכים בהתפתחות הנמטודה ומובילים לכושר ריבוי גבוה על שורשים אלו זאת לעומת הזנים העמידים באותה חלקת הניסוי אשר גודל האוכלוסייה בהם נמצא קטן יותר באופן מובהק.