

בחינת זני פלפל עמידים לנמטודת עפצים

על רקע טיפולי חיטויי קרקע

זיוה גלעד - מו"פ בקעת הירדן

ד"ר סיגל בראון מיארה - מנהל המחקר החקלאי.

תמר אלון - משרד החקלאות, שה"מ.

תקציר

רקע: נוכחות נמטודות יוצרות עפצים מהסוג *Meloidogyne* מתעצמת בשנים האחרונות. מזיק זה פוגע בתפקוד מערכות ההובלה של הצמח הפונדקאי דבר שמוביל לעיכוב משמעותי בגדילה, פחיתה ניכרת ביבול, ולהפסדים עצומים. הנוהל המקובל כיום להתמודדות עם נוכחות נמטודות בקרקע הוא חיטוי קרקע טרם השתילה. חברות הזרעים מציעות היום מספר זני פלפל בלוקי אשר מוגדרים עמידים לנמטודות.

מטרת המחקר: פיתוח ממשק לשילוב זני פלפל עמידים לנמטודות בפרקטיקה חקלאית.

מהלך המחקר ושיטות עבודה: עונה 21/22 היתה העונה שלישית לבצוע הניסוי על אותה יחידת

שטח. בעונה 21/22 בכל שלושת מקטעי הניסוי בוצע חיטוי טרום שתילה במתאם-סודיום. שתילה ב-21/8/14. בכל מקטע נשתלו שלושה זנים: 1. ארגמן – זן עמיד לנמטודות (א.ב. זרעים).

2. סטאימה – 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: יבול – זנים עמידים שגדלו בחלקה בה בוצע חיטוי במשך שלוש עונות במתם-סודיום בלבד לא הראו פחיתה ביבול, בזן רגיש הייתה פחיתה ביבול.

לממשק חיטוי הקרקע השפעה ישירה על מופע העפצים בכל הזנים העמידים והרגישים. בשלושת

הזנים אינדקס העפצים גבוה יותר בטיפול בו יושם מתם סודיום במשך שלוש שנים לעומת השנים

שבהם היה פלדין בחלקה, אולם ערכי אינדקס העפצים הגבוהים ביותר נצפו על הזן הרגיש

בוטרוס בעוד שבזנים העמידים נצפו ערכים נמוכים.

לסיכום: שימוש בזני פלפל עמידים לנמטודות איפשר קבלת יבול ברמה מסחרית כמקובל גם לאחר

שלוש שנים בהם שטח הגידול חוטא במתם-סודיום בלבד. עם זאת שילוב הזנים העמידים בתוך

ממשקי חיטויי קרקע שונים מתחייב על מנת להבטיח את התקיימותה של העמידות לאורך זמן.

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 שנוף הצמחים מראה סמפטומי נבילה, הצהבה וקצב גידול איטי- כאשר נראים סמפטומים אלו, הנזק לשורשים כבר רב וטיפול נמטוצידי אינו יעיל עוד. בבקעת הירדן מגדלים כ-6000 ד' ירקות ותבלינים כאשר במחצית מהקרקעות קיימת בעיה חריפה של נמטודת העפצים הפוגעת בפוטנציאל הגידול ומחייבת הוצאות גבוהות לקטילתן טרם שתילה ותוך כדי גידול, ולמרות זאת הפתרון הינו חלקי. הנוהל המקובל היום להתמודדות עם נוכחות נמטודות בקרקע הוא חיטוי קרקע טרם שתילת השטח. אולם במציאות בה חומרי הדברה רעילים אשר אינם ידידותיים לאדם ולסביבה נדחקים משימוש קיים צורך בפיתוח חלופות וממשקים משולבים אשר יבטיחו גידול חופשי מנמטודות. חברות הזרעים מציעות היום מספר זני פלפל בלוקי אשר מוגדרים עמידים לנמטודות. זנים אלה עדיין בבחינה או ברמת גידול מסחרי מצומצם. נדרש עדיין להוכיח בגידול מסחרי כי הם אכן עמידים וכן כי פוטנציאל היבול - כמות, איכות וחיי המדף דומה לפוטנציאל היבול של הזנים המסחריים המקובלים. יתר על כן, שילוב הזנים העמידים בתוך ממשקי חיטוי קרקע שונים מתחייב על מנת להבטיח את התקיימותה של העמידות לאורך זמן.

מטרת המחקר

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

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

מהלך המחקר ושיטות עבודה

הניסוי בוצע בחלקה מסחרית במשק מימון/משה במושב תומר, בבית רשת בחלקה הידועה בנגיעות בנמטודות עפצים. עונה 21/22 היתה השנה השלישית לבצוע המחקר. שטח הניסוי חולק לשלושה קטעים. בכל מקטע בוצע חיטוי קרקע לפני השתילה (פרוט בטבלה 1) בכל מקטע 14 ערוגות. שתילה ב-14/8/21, בכל מקטע נשתלו שלושה זנים: 1. ארגמן – זן עמיד לנמטודות (א.ב. זרעים). 2. סטאימה – זן עמיד לנמטודות, (זרעים גדרה). 3. בוטרוס- זן רגיש (זרעים גדרה). סה"כ בכל מקטע כל זן נשתל בארבע ערוגות.

פירוט טיפולי הקרקע שבוצעו בכל אחד משלושת המקטעים והזן שנשתל בכל עונה בכל חלקה מפורטים בטבלה 1.

טבלה 1: פרוט טיפולי חיטוי ושמות הזנים שנשתלו בכל עונת ניסוי

| טיפול חיטוי | | | עונה |
|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------|
| מקטע I | מקטע II | מקטע III | |
| מתם-סודיום ארגמן | פלדין ארגמן | פלדין בוטרוס | 2019/20 |
| מתם-סודיום ארגמן/סטאימה/בוטרוס | מתם-סודיום ארגמן/סטאימה/בוטרוס | פלדין ארגמן/סטאימה/בוטרוס | 2020/21 |
| מתם-סודיום ארגמן/סטאימה/בוטרוס | מתם-סודיום ארגמן/סטאימה/בוטרוס | מתם-סודיום ארגמן/סטאימה/בוטרוס | 2021/22 |



תמונה 1: תאור שתילת הזנים בניסוי

מדדים שנלקחו במהלך העונה

1. ספירת 0 לנוכחות נמטודות בסיום גידול עונה קודמת. (יולי 2021) – ראה בפרק תוצאות
2. שקילת יבול במשך כל העונה – קטיף החלקה החל ב-17/11/21 והסתיים ב-19/6/22
3. העברת מדגמי קרקע לבדיקת נוכחות נמטודות (שימוש בצמחי עגבניה כצמח בוחן) – ארבעה עציצים מכל מעבר, שתילת עגבניות והערכת אינדקס עפצים בתום הגידול (ספטמבר- נובמבר 2021)
4. הוצאת שתילי פלפל והגדרת אינדקס עפצים לקראת סיום הגידול 12/5/21, 10 שתילים לכל מעבר שתילה.

תוצאות

ביולי 2021 (סיום גידול עונה 2020/21) נבדק אינדקס עפצים בשתילי הפלפל, 14 שתילים למעבר. האינדקס עבר טרנספורמציה למדד כמותי (RANK) ע"מ שנוכל לנתחו כמדד רציף. רמת העפצים בשורשי שתילים של הזנים העמידים (ארגמן וסטאימה) היתה נמוכה מרמת העפצים בזן הרגיש (בוטרוס), על רקע חיטוי שתי עונות במתאם-סודיום ופלדין ההבדל מובהק. (טבלה 2).

טבלה 2: השפעת טיפולי החיטוי על רמת העפצים בזנים השונים בסוף עונה 20/21

| זן | ערך RANK לאינדקס עפצים | | טיפול |
|--------|------------------------|------------|---------|
| | מתם-סודיום*2 | מתם-סודיום | |
| ארגמן | 72.6 ב | 8.7 ב | 9.2 ב |
| סטאימה | 58.4 ב | 58.0 אב | 23.7 ב |
| בוטרוס | 200.9 א | 101.6 א | 145.8 א |

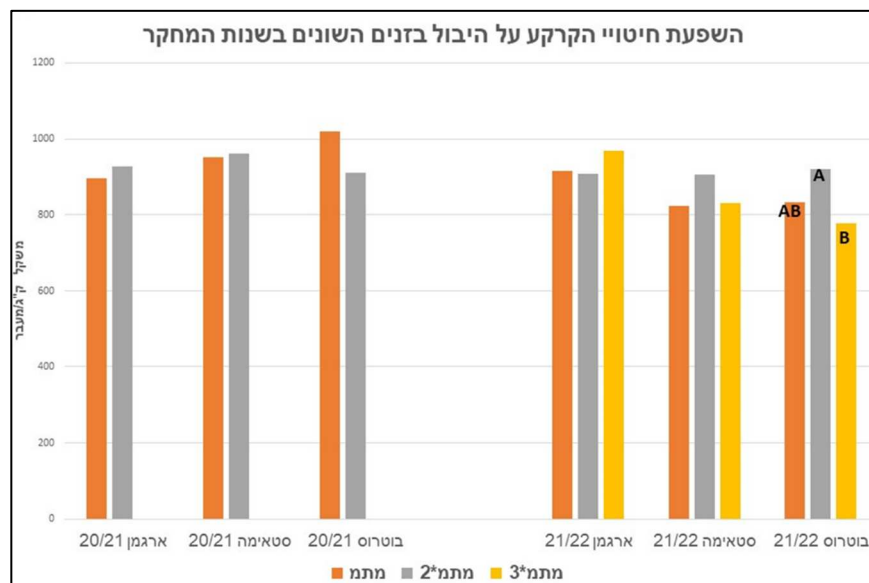
* אותיות שונות באותו טור מצביעות על הבדל מובהק ברמה של 5% במבחן Student's tTest יבול- קטיף החלקה החל ב-17/11/21, והסתיים ב-20/6/22, נשקלו פירות לכל מעבר. בטבלה 3 מוצג סה"כ משקל ממוצע לטיפול בכל זן.

טבלה 3: השפעת טיפולי חיטוי קרקע על סה"כ יבול (ממוצע בק"ג לכל מעבר)

| טיפול חיטוי | יבול ממוצע ק"ג/למעבר | | |
|--------------|----------------------|------------|----------|
| | ארגמן | סטאימה | בוטרוס |
| מתם-סודיום | 914.9±30.2 | 822.8±41.2 | 832.7 אב |
| מתם-סודיום*2 | 907.3±24.3 | 906.9±24.7 | 921.6 א |
| מתם-סודיום*3 | 968.8±49.6 | 830.9±26.1 | 777.0 ב |

* אותיות שונות באותו טור מצביעות על הבדל מובהק ברמה של 5% במבחן Student במקרה שלא היה הבדל מובהק מוצגת סטיית התקן

מטבלה 3 אנו למדים כי הימנעות מחיטוי קרקע ספציפי לנמטודת עפצים במהלך 3 עונות גידול לא השפיעה על פחיתה ביבול בזנים ארגמן וסטאימה זנים שהוגדרו עמידים לנמטודות, כל זאת במקביל לזן בוטרוס (זן רגיש) שמראה כי לאחר שלוש שנים בהם בוצע בחלקה חיטוי במתם-סודיום בלבד יש פגיעה בפרוטנציאל היבול. עונה 21/22 היתה העונה ראשונה בה ראינו פחיתה ביבול של הזן הרגיש על רקע חיטוי במתם-סודיום בלבד במשך שלוש עונות (איור 2). ההבדל ביבול בזן בוטרוס בעונה 20/21 על רקע שתי עונות חיטוי במתם-סודיום אינו מובהק.



איור 2: השפעת חיטוי הקרקע על פוטנציאל היבול בזנים השונים בשנות המחקר
* אותיות שונות באותו טור מצביעות על הבדל מובהק ברמה של 5% במבחן Student

הערכת רמת נמטודות בחלקה במהלך הגידול - ב-21/9/21 נלקחו מדגמי קרקע, ארבעה מדגמים מכל חזרה. בכל עציץ נשתל שתיל עגבניה (זן רגיש לנמטודת עפצים) ב-24/11/21 נבדק אינדקס עפצים בכל שתיל. הנתונים מוצגים לאחר הפיכת האינדקס לערכי RANK (מבחן Rank היונו מבחן אשר בעזרתו אנו יכולים להפוך פרמטרים איכותיים (כגון galling index) לפרמטרים כמותיים בעלי פיזור רחב יותר המאפשר ניתוח סטטיסטי נכון). בטבלה 4 מוצג בערכי RANK. אינדקס עפצים בשתילי עגבניה שגדלו בקרקע מחלקת הניסוי. בניתוח זו גורמי, לא נמצאה אינטראקציה לכן מוצגים רק נתוני אינדקס עפצים כתלות בגורמים הראשיים.

טבלה 4: ערכי RANK לאינדקס עפצים בצמחי עגבניה

| ערכי RANK | מקור קרקע | ערכי RANK | זן |
|-----------|--------------|-----------|--------|
| 3.9 ב | מתם-סודיום | 9.1 ב | ארגמן |
| 20.4 אב | מתם-סודיום*2 | 12.3 ב | סאיטמה |
| 34.5 א | מתם-סודיום*3 | 37.5 א | בוטרוס |

* אותיות שונות באותו טור מצביעות על הבדל מובהר ברמה של 5% במבחן Student's tTest

מטבלה 4 אנו למדים כי בשורשי שתילי עגבניה שגדלו בקרקע שנלקחה מהערוגה בה בוצע במשך שלוש עונות חיטוי במתם-סודיום בלבד קיים פוטנציאל גבוה יותר של נמטודות לעומת חלקה בה בוצע חיטוי בפלדין במשך שני עונות ורק בעונה זו בוצע חיטוי במתם-סודיום (הבדל מובהק). בנתוח גורם ראשי שני – הזן, נמצא שבשורשי שתילי עגבניה שגדלו בקרקע שנלקחה מערוגה בה גדל בכל השנים הזן הרגיש (בוטרוס) נמצא אינדקס העפצים גבוה יותר (הבדל מובהק) מאינדקס עפצים בשורשי צמחי עגבניה שגדלו בקרקע שנלקחה ממקום שבמשך שלוש שנים גדלו זנים עמידים, בכל סוגי טיפול הקרקע.

עפצים בצמחי הפלפל בסוף עונת הגידול

בסוף העונה נבדק אינדקס עפצים בשתילי הפלפל, 10 שתילים לחזרה. האינדקס עבר טרנספורמציה לממד כמותי (RANK) ע"מ שנוכל לנתחם כמדד רציף. רמת העפצים בזנים העמידים היתה נמוכה מרמת העפצים בזן הרגיש, ההבדל מובהק לפי מבחן t ברמת מובהקות של 5% (טבלה 5).

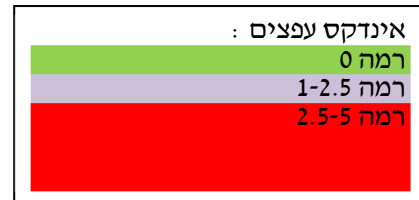
טבלה 5: ערכי RANK לאינדקס עפצים בשתילי פלפל בסוף עונה שלישית למחקר (21/22).

| זן | טיפול | אינדקס עפצים (RANK) |
|---------------|---------------------|---------------------|
| ארגמן | מתם-סודיום | 1.0 ה |
| ארגמן | מתם-סודיום*2 | 74 גד |
| ארגמן | מתם-סודיום*3 | 30.3 דה |
| סטאימה | מתם-סודיום | 23.8 דה |
| סטאימה | מתם-סודיום*2 | 83.9 ג |
| סטאימה | מתם-סודיום*3 | 115.8 בג |
| בוטרוס | מתם-סודיום | 153.9 אב |
| בוטרוס | מתם-סודיום*2 | 91.3 ג |
| בוטרוס | מתם-סודיום*3 | 198.7 א |

* אותיות שונות באותו טור מצביעות על הבדל מובהק, ברמה של 5% במבחן Student's tTest

בסיום המחקר יש משמעות להתייחסות לפוטנציאל הנמטודות בחלקה בסיום כל עונה, מהשוואת אינדקס עפצים בכל זן אנו רואים כי בזן ארגמן הגדל בקרקע בה בוצע חיטוי במתם סודיום במשך שלוש עונות האינדקס עדיין נמוך מאד לעומת הזנים האחרים, לעומתו בזן סטאימה רואים כי

איור 4 : מפת אינדקס עפצים בסיום כל עונת ניסוי



מטבלה 5 ומאיורים 3 ו-4 אנו למדים מספר דברים :

1. אינדקס עפצים בסוף עונת ניסוי ראשונה (19/20) מלמד כי לשטח הניסוי פוטנציאל בינוני להתפתחות נמטודת עפצים בעונה הקרובה – ראה שטח שחוטא במתם-סודיום ונשתל זן רגיש (בטעות) בהשוואה באותו תא שטח בו נשתל זן עמיד (ארגמן). כמו כן בתא השטח התחתון בתמונה- נשתל זן רגיש על רקע חיטוי בפלדין ועם זאת בסוף העונה רמה גבוה של עפצים בכל תא השטח הזה.
2. בעונה שניה (20/21) רמת נמטודות גבוהה בחלקה בה נשתל פלפל זן רגיש (בוטרוס) לאחר שתי עונות בהם בוצע חיטוי במתם-סודיום בלבד. בחלקות בהם נשתל זן עמיד זוהתה רמה נמוכה או שאין בכלל עפצים בשתילי הפלפל.
3. בעונה השלישית (21/22), רמת נמטודות גבוהה בשטח בו בוצע מתם-סודיום במשך שלוש עונות, רמת העפצים עולה גם בזנים עמידים.

דיון

המטרה הראשית של מחקר זה הינה פיתוח פרוטוקול לשימוש בזני פלפל עמידים לנמטודות בפרקטיקה חקלאית. שאלת המחקר הייתה האם גידול זנים עמידים בשטח נגוע שלא עבר חיטוי קרקע נגד נמטודות יוכל לספק הגנה לאותה העונה בפני המזיק. כמו כן ביקשנו ללמוד האם גידול זנים עמידים יאפשר הפעלת חיטויי קרקע במרווח גדול – אחת לשנה או לשנתיים ובכך לצמצם בתשומות.

בעונה 2021/2022 הניסוי בוצע בשטח בו בוצע המחקר בשתי העונות הקודמות. הוכנה תשתית קרקע של שלוש חלקות I. קרקע שחוטאה בפלדין בשתי העונות ובעונה זו בוצע חיטוי במתם-סודיום II. קרקע שחוטאה בקיץ 2019 בפלדין, ובקיץ 2020, ובקיץ 2021 במתם-סודיום III. קרקע שחוטאה בשלוש העונות האחרונות במתם-סודיום. בכל תא שטח נשתלו שני זנים עמידים ארגמן (א.ב. זרעים) וסטאימה (זרעים גדרה) וזן רגיש בוטרוס (זרעים גדרה). במעקב אחר התפתחות המחלה הנגרמת ע"י הנמטודה מהמין *Meloidogyne incognita*, נראה כי לממשק חיטוי הקרקע השפעה ישירה על מופע העפצים בכל הזנים העמידים והרגישים. בשלושת הזנים אינדקס העפצים גבוה יותר בטיפול בו בוצע חיטוי במתם סודיום במשך שלוש שנים לעומת שאר הטיפולים, עבור ארגמן, סטאימה ובוטרוס. אולם ערכי אינדקס העפצים הגבוהים ביותר נצפו על הזן הרגיש בוטרוס בעוד ערכים נמוכים נצפו בזנים העמידים. ממעקב אחר כמות היבול אנו למדים כי הימנעות מחיטוי קרקע ספציפי לנמטודת עפצים במהלך 3 עונות גידול פגעו בפוטנציאל היבול של לזן בוטרוס (זן רגיש) ואילו פוטנציאל היבול של הזנים העמידים לא נפגע (טבלה 3).

נתונים אלה משתלבים היטב 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 מאפשרים את התפתחות הנמטודות ומובילים לכושר ריבוי גבוה על שורשים אלו
זאת לעומת הזנים העמידים באותה חלקת הניסוי אשר גודל האוכלוסייה בהם נמצא קטן יותר
באופן מובהק. יש לציין שהימצאותן של נמטודות אלו יכולה להוות מוקד נמטודות בעונה הבאה,
אשר יאפשר בנייה מהירה של האוכלוסייה. מכאן בבואנו להשתמש בזנים עמידים עלינו לשקול
פרמטרים נוספים כמו רקע טיפול הקרקע בשנים הקודמות, וזנים שגודלו זאת על מנת למנוע
תופעה של שבירת עמידות בעתיד.

סיכום שאלות מנחות:

-ההתקדמות במחקר שחלה ממועד כתיבת הדו"ח האחרון (כולל דו"ח חצי שנתי):
הגידול החקלאי הסתיים ביוני 22, בסוף הגידול הוצאו צמחים ובוצע אינדקס עפצים.

-פעילויות שנעשו במו"פ -

בסוף יוני 22 נערך מפגש אזורי של מגדלי פלפל והוצגו תוצאות המחקר במהלך שלוש השנים.
שימוש בזנים עמידים הפך נפוץ. בעונה 22/23 בכ-60% משטחי הפלפל נשתלו זנים עמידים
לנמטודות. עקב כך, המגדלים הסתפקו בחיטוי במתם-סודיום בלבד.

-פרסומים

הדוח לעונה 2019/2020 פורסם במבזק ירקות יולי/אוגוסט 2021.

הדוח המובא יועבר לפרסום במבזק ירקות לאחר אישורו.

-המלצות להמשך המחקר או שינוי במחקר

שנת 2022 הינה עונה אחרונה לבצוע המחקר. בפועל אנו מבצעים מעקב אחר חלקות בהם נשתלו
זנים עמידים על רקע של חיטוי במתם סודיום בלבד.