

המכון להגנת הצומח

יחסי גומלין בין הנמטודה הנוודת
PRATYLENCHUS THORNEI והכטוריה
VERTICILLIUM DAHLIAE והשכינתו
על תכוחי-אדמה

מאת

אליהו סיטי

בולטין חסי' 196

05
151

ת ק צ י ר

כאשר הפטריה Verticillium dahliae והנמטודה הנודדת Pratylenchus thornei חברו יחדיו בגידול תפוחי-אדמה באדמות הלס של צפון הנגב נמצא ביניהן קשר סינרגיסטי, שגרם עלייה באוכלוסיות של שני הפתוגנים והחמרה בנזק לגידול, מעבר לזה הנגרם ע"י סכום הנזק של כל פתוגן לחוד.

סילוק הנטמודה מהקומפלקס ו/או הקטנת אוכלוסייתה דחו את התחלואה שנגרמה ע"י הפטריה והפחיתו אותה, והגדילו את היבול.

עמוד

תוכן הענינים

תקציר

פרק א': מבוא וסקירת ספרות

1. הרקע לעבודה 1
2. הפטריה *Verticillium* 1
- 2א. מחלת הדוררת 2
3. *Pratylenchus thornei* בעולם ובארץ 3
4. הקשר בין *Pratylenchus* ל *Verticillium* 4
5. מטרת העבודה 6

פרק ב': חומרים ושיטות

1. הכנות לביצוע הניסויים במיכלים ובשדה 8
2. החומרים להדברת הפתוגנים 10
3. שיטות יישום חומרי ההדברה 11
4. שיטת ריבוי והדבקה 12
5. שיטות למדידת נגיעות בפתוגנים 12
6. הערכת הצמיחה 13
7. שיטת ניתוח התוצאות 13

פרק ג': מהלך העבודה והתוצאות

1. ניסוי אלימינציה 14
2. ניסוי הדבקה (א) 17
3. ניסוי הדבקה (ב) 18
4. ניסוי שדה 18

פרק ד': דיון ומסקנות

ספרות

תקציר באנגלית.

1. הרקע לעבודה

בשנים האחרונות נראו גידולים מפגרים בצמיחתם בצפון הנגב. בדיקות קרקע ושורשים גילו אוכלוסיות גדולות של הנמטודה הנודדת Pratylenchus thornei (פ. תורני) בתפוחי-אדמה (תפוא"ד), חיטה, כרפס, אבטיח, בקיה ותלתן. תשומת-הלב הופנתה אל תצפית מקרית: מחציתו של שדה תפוא"ד בקיבוץ דורות אומנם היתה נגועה בפטריה Verticillium dahliae (ורטיציליום), אך נשאה יבול. לעומתה, המחצית האחרת היתה נגועה עד כדי אובדן היבול. בבדיקת קרקע ושורשים נמצאו במחצית האחרת אוכלוסיות של פ. תורני, ואילו הראשונה היתה נקיה מהנמטודה. בחקירת ההיסטוריה של השדה הובהר, כי אותה מחצית שדה אשר נשאה יבול טופלה שנתיים קודם לכן בקוטל נמטודות (1).

2. הפטריה Verticillium ומחלת הדוררת

מחוללת מחלת הדוררת היא הפטריה מהסוג Verticillium השייכת לסידרת Moniliales ומחלקה Fungi Imperfecti. השלב המיני חסר או טרם נתגלה. בעולם מוכרים מינים אחדים כפתגונים הגורמים מחלות הנקראות Verticillium wilt (נבילה) כמו: V. dahliae, V. albo-atrum, V. nigrescens, ו V. nubilum. המין הנפוץ בארץ הוא V. dahliae המתאפיין ע"י יצירת גופי פרי אל-מיניים קטנים הנקראים מיקרוסקלרוציות (קישיונות) (29). תפטיר הפטריה בעל מחיצות נושאי נבגים דקים ומסועפים בצורת דורים. הקונידיות אליפטיות היאלליניות חד-תאיות ומתאספות באשכולות בקצות הנושאים בתוך מסה רירית (6). התפטיר עובר להיות קישיון רק לאחר שחלה עלייה במספר המחיצות בתפטיר, התארכות תאים, התעבות דפנות והשקעת מלנין, שתחילה צבעו צהוב, אחר-כך הופך לצהוב-חום, ועם התבגרות הקישיון מקבל צבע חום-שחור (11). ברקמה צמחית נוצרים הקישיונות בשפע כאשר צמח הפונדקאי מזדקן ומת. תופעה זו תיתכן בגלל שינויים החלים ברקמה המתה, ואז משתחררים חומרים כמו ביוטין החיוני ליצירת הקישיונות (32).

הפטריה יכולה להתפתח בצורה טפילית על רקמת הפונדקאי החי, ממשיכה כספרופיטית על רקמת הצמח לאחר מותו, ומסיימת ביצירת גופי-קיימה וגטיבילים (23).

בקרקע נמצאים הקישיונות בשני מצבים: חופשיים, או קשורים לחומר אורגני. אם הם קשורים לחומר אורגני, השתמרותם ממושכת יותר (18). הודות למבנהו ולהרכבו מסוגל הקישיון לעמוד בפני תנאי סביבה קשים ולהשתמר בקרקע גם בהעדר פונדקאי רגיש (26). הקישיונות מושפעים מהפונגיסטזיס בקרקע (48,49), שבה התקבלה נביטה חלקית של הקישיונות. שני גורמים לעיכוב: 1. חוסר בחומצות אמינו ובתרכובות אחרות המכילות חנקן. 2. גורם מיקרוביאלי. טמפרטורות ואורך היום הם גורמי אקלים בעלי השפעה רבה על התפתחות הפטריה. טמפרטורה גבוהה יחסית של 27-28 מעלות צלזיוס (מ"צ) נמצאה כאופטימלית להתפתחות המין הנפוץ בנגב *V. dahliae* (34). לעומת זה, בולטת המחלה בסתיו ובחורף יותר מאשר באביב. בבחינת השפעת אורך היום (פוטופריודה) על מהלך התפתחות הפטריה בצמחי תפוא"ד נמצא, שתנאי הארה של 10 שעות (יום קצר) מגבירים את רגישות הצמחים למחלה (12).

הדוררת ידועה בעולם כאחת ממחלות הקרקע המסוכנות ביותר. היא פוגעת במיני ירקות רבים וכן בתפוא"ד, בכותנה, באגוזי-אדמה ובעצי-פרי שונים. ידועים בעולם כ-150 מינים של צמחי תרבות, שהיא תוקפת. הדוררת מצויה בארץ שנים רבות. היתה ידועה כבעיה של חצילים בכל אזורי הגידול. פוגעת באופן ממש בגידולים אחרים כגון: עגבניות, דלועים, כותנה, אגוזי-אדמה, ובעיקר תפוא"ד. כמו-כן בודדה הפטריה מעשבי-בר רבים כגון: חלמית, ברגביע, ירבוז מופשל, סולנום שעיר, כף אווז לבנה, עוקץ העקרב עגול העלים, כרוב החורף וטוריים מצויים.

כיום מצויה הדוררת בממדים מדאיגים בנגב, בלכיש, בשרון, בתענכים ובחלק מהשדות במערב הגליל (4). הדבקת הצמחים נעשית דרך השורשים, ומהם מתפשטת הפטריה לגבעולים ולעלים ומצויה גם בסטולונים ובפקעות. צמחי תפוא"ד נגועים אינם מראים, בתחילת הגידול, סימנים חיצוניים של נגיעות, וההתפתחות המהירה של המחלה בצמח לאחר-מכן גורמת לנבילת הצמחים ולסיום מוקדם של הגידול (27). אפשר להבחין בצמחים הנגועים על-פי עליהם המצהיבים. מתחת לקליפת הגבעול הופך צבע העצה לחום, ולבסוף הצמח נובל, מתייבש ומת (4).

סקר שדות תפוא"ד במשקי איזור הנגב בשנים 1966-1968 על-ידי קריקון וסוסנובסקי (מידע אישי) הראה כי יכול צמחי תפוא"ד מזן אפ-טו-דייט הנגועים בדוררת פחת ב-30%-50% בהשוואה ליכול של צמחים בלתי נגועים. כמו-כן נמצא שהשפעת המחלה בעונות הסתיו והחורף חזקה יותר מאשר באביב. נזקי המחלה מתבטאים בעיקר בהפחתת היכול לשיווק. נמצא שלא מתקבלת הפחתה במספר הפקעות לצמח אלא הפחתה במשקלן. זרעי תפוא"ד שנאספו מחלקות נגועות בפטריה גורמים העברתה לחלקות בלתי נגועות (27).

3. Pratylenchus thornei בעולם ובארץ

הנמטודה מהסוג Pratylenchus שייכת לסידרת ה Tylenchida ולמשפחת Pratylenchidae. הנמטודה נחשבונית, אורך הנקבה 0.45 - 0.77 מ"מ, אורך הזכר 0.57 מ"מ. השפה החיצונית חזקה ומפותחת ומופשלת לאחור. אורך הדוקרן 17 עד 19 מיקרון עם בליטות (knobs) שהן חזקות ומעט קטומות מלפנים. קצה הזנב מעוגל (52). תנועת הנמטודה במים אטית, ואת הנקבות אפשר לזהות על-ידי בדיקה מיקרוסקופית על-פי איזור השפה המופשל, דוקרן מפותח אך קצר, חפיפת הוושט והמיקום האחורי של פתח המין (בערך 70%-80% מאורך הגוף). הנמטודה נפוצה בעולם בגידולי ירק, מספוא, תעשיה, פרחים ועצי פרי, ונחשבת כמזיק חשוב בחיטה (52). Jenkins & Taylor (31) מציינים שהסוג Pratylenchus כולל מעל 40 מינים. נמטודות אלו רובן מנגעות שורשים וגורמות הופעת כתמים נקרוטיים ברורים על השורשים של הצמחים המאולחים. בסקר מפורט שנערך בארץ לפני שנים אחדות מונים כהן וחובריו (2) 7 מינים מהסוג Pratylenchus. הנמטודה פ. תורני נמצאה באדמות הלס של צפון הנגב בגידולי חיטה, בקיה, תלתן, תפוא"ד, כרפס ואבטיח. פ. תורני היא גורם ראשוני בנזקי שורש בחיטה. הפלישה הראשונית היא אולי מקרית, אך הנמטודות האחרות הבאות בעקבותיהן חודרות דרך הפצעים של הראשונות. אולי הן נמשכות אל תוכן התאים שנפרש דרך הפצעים אשר גרמו הראשונות (7). לאחר 6 שבועות בשדה וכן in vitro הרבה נמטודות נמצאו בתוך השורשים, בדרך-כלל בקורטקס, בתנוחה מקבילה לאורך ציר השורש.

כאשר הציטופלסמה מופרשת מהתאים מתפוררות המחיצות וחורים נוצרים בקורטקס (22). הביצים מוטלות בודדות ומונחות בקבוצות או בשורות. הזחלים הבוקעים מהביצים מופיעים כעבור 24 שעות מההדבקה (8). ביוטה ידוע שהזיהומים חלים באדמות טיט כבדות. הנמטודות עוזבות את שורשי הפונדקאי כאשר הללו כבר לא מתאימים לאורח חייהן, נודדות בתוך הקרקע, ונשארות בה עד לגידול הבא (52). ההשתמרות של פ. תורני בקרקע פוחתת בגלל יובש ו/או טמפרטורה גבוהה. ב-40 מ"צ נקטלות אוכלוסיות של הנמטודה בתוך הקרקע תוך פחות משבועיים. הקפאתן עד ל-5 מ"צ הביאה לידי הפסקת פעילותן (8). במצרים נמצאה פ. תורני בכרב נח בעומקים של כ-40 ס"מ, וכאשר נוטעים קנה-סוכר הן נעות כלפי מעלה (22). בארץ נמצא על-פי אוריון וחובריו (1) שאוכלוסיות הנמטודה התפתחה במהירות הגדולה ביותר בטמפרטורות קרקע של 18-22 מ"צ, ואילו בטמפרטורות גבוהות יותר האוכלוסיה כמעט שלא גדלה. מכאן שבארץ הנמטודה חורפית ומתקיימת בתנאי לחות מרובה וטמפרטורה נמוכה יחסית. אפשר לשער שהנמטודה מקייצת בצורת חיים רדומה, המאפשרת לה לעמוד בתנאי יובש וחום השוררים בקרקעות הלס בנגב בימי הקיץ (1). פ. תורני היא טפילה של חיטה ביוטה, וגורמת שם לעיכוב ניכר בהתפתחות, כיווץ וירידה במשקל הגרגרים (52). במקסיקו מתבטא הנזק בחיטה בעיכוב בגדילה, בכלורוזה ולעיתים בנקרוזה בקצות העלים, בהפחתה ביונקות ובהפחתה בגודל השיבולים ובמספרן (53). הנזק נובע אולי מניוון הקורטקס, דבר המפחית את יכולת הקליטה של השורש (8). הנמטודה גורמת גם לקפאון בגדילה בתירס ובשיבולת שועל (52).

4. הקשר בין *Pratylenchus* ל *Verticillium*

נמטודות טפיליות על צמחים הן בדרך-כלל חלק מהמיקרופאונה של הקרקע, ועל-כן מוכרחים להתחשב בהן כאשר עורכים מחקר על גורמים המחוללים מחלות קרקע (46).

במחקרים מסוימים נמצא קשר בין נמטודות טפיליות לפטריות. זהו בדרך-כלל קשר סינרגיסטי, הגורם הגדלה באוכלוסיות של שני הפתוגנים והחמרה של המחלות כגון: הקשר בין *V. albo-atrum* ו-*Pratylenchus penetrans* בצמחי חציל (10).

הנמטודות ממלאות תפקידים שונים וביניהם:

א. אמצעי לפציעות

כל הנמטודות הטפיליות פוצעות את הפונדקאי שלהן תוך תהליך הזנתן ובזמן חדירתן ויוצרות מבוא לחדירת קורי הפטריה (9, 21, 28, 38, 42). הנמטודה פ. תורני מסוגלת לפלוש לשורשי חיטה, להרוס את תאי הפרנכימה וליצור חורים בקורטקס. חורים אלה נוצרים כאשר הנמטודה נעה בשורש (7, 8, 52). Mountain & McKeen (44) הראו שפציעת רקמת הקורטקס שבשורשי חציל ע"י הנמטודה P. penetrans מנוצלת ע"י פטרית הוורטיציליום לשם חדירה עד לצרורות הצינוורות, ובכך מחמירה הנבילה של הצמח.

ב. שינויים בפונדקאי

נוכחות הנמטודה P. penetrans בשורשי תות-שדה אף במספר קטן הגבירה את התחלואה בדוררת. ההשערה היא, שתאי הקורטקס הסמוכים לאלו שניזוקו ע"י הנמטודה - נעשים רגישים לפטריה (39). Faulkner וחבריו (19, 20) משערים שהנמטודה P. minyus מעוררת שינויים פיזיולוגיים בצמח המנחה, הגורמים לו להיות רגיש לפטריה V. albo-atrum ולפטריה V. dahliae. Mountain & McKeen (43) בניסיונם על אינטראקציה בין הפטריה V. dahliae ולנמטודה P. penetrans בצמחי חציל ועגבניה מציינים, שהנמטודה פועלת באופן ישיר וביעילות הודות לשינויים הפיזיולוגיים שחלו בשני הפונדקאים הנ"ל ואשר נגרמו ע"י הפטריה. Conroy וחבריו (14) מצאו ש Pratylenchus spp. מגבירות את התחלואה של V. albo-atrum: האילוח בפטריה גבר ככל שגדלה אוכלוסיית הנמטודה.

ג. שינויים בריזוספרה

לנמטודות כנראה חלק בגרימת הפרשות שורשים: 1. הן משרות עקה, הגורמת שחרור מואץ של חומצות אמינו (33). 2. הפרשות בעקבות קריעת שורשים והרס תאי הפרנכימה תוך כדי הזנה, חדירה ותנועה בתוך השורש (10). תוכן התא, שנפלט דרך פצעים אשר נגרמו על-ידי פ. תורני, מושך אליו נמטודות אחרות של אותו מין לאיזור השורש (7).

Verticillium spp. וכן Fusarium spp. נשארו בשלב של ספורות רדומות, עד אשר גורו לריבוי ע"י הפרשות שורש (49, 50).

ד. השפעת Verticillium על Pratylenchus

שיעור הריבוי של P. penetrans היה מהיר עם האילוח בוורטיציליום בשורשי חציל ועגבניה. יתכן שהפטריה משפיעה על רקמות האפידרמיס והקורטקס של הפונדקאי בכך שהיא מקילה על כניסת הנמטודה לתוך השורש (43). קיימת זיקה בין התחלואה בנבילה לבין העלייה במספר הנמטודות בנוכחות הפטריה. שיעור הריבוי של P. minyus בצמחי מנתה שאולחו בוורטיציליום היה גדול יותר מאשר בצמחים חופשיים מהפטריה. נוכחות הנמטודה הגבירה את התחלואה והחמירה את הסימפטומים בדוררת והפחיתה את תקופת האינקובציה (21). עלייה באוכלוסית הנמטודה יכולה להיות קשורה בזיהום שורשים בפטריה הגורמת לשיחרור CO_2 , אשר מושך את הנמטודות לאיזור בית השורש (17, 35). Morsink & Rich (40) הראו, שבאינטראקציה בין הנמטודה P. penetrans ובין פטריית הוורטיציליום בתפוא"ד היה מספר הנמטודות גדול יותר מאשר בהדבקה מקבילה בנמטודה בלבד.

5. מטרת העבודה

לבדוק השפעה של הנמטודה ושל הפטריה על גידול תפוחי-אדמה ולברר את יחסי הגומלין ביניהן. הדרכים שבהן בחרנו כדי ללמוד בעיות אלה היו:

א. אלימינציה של הגורמים בצמח מודבק. Mountain (41) במאמרו על שלב מתקדם במחקר יחסי צמח-נמטודה (השלב האטיולוגי) סוקר את השיטות לקביעת חלקן של הנמטודות בגרימת המחלה. הוא מחלק את השיטות לשתי קטגוריות: 1. שיטות העוסקות בהדבקה; 2. שיטות העוסקות בסילוק גורמים פתוגניים (אלימינציה).

ב. חשיפת הצמח בגורמי המחלה בצירופים השונים. Mayo1 & Bergeson (36) הראו סינרגיזם בין מיקרופלורה של הקרקע

ובין נמטודות עפצים בעגבניות - כאשר השתמשו ב-4 טיפולים דלהלן:

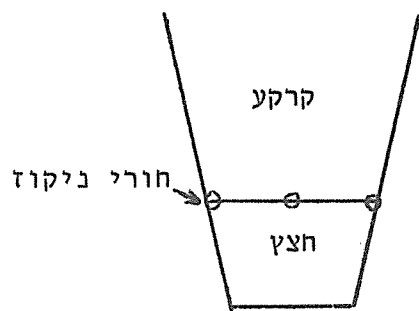
1. גידול בתנאים סטיריליים;
2. חשיפת הגידול רק לנמטודות;
3. חשיפת הגידול למיקרופלורה של הקרקע;
4. חשיפת הגידול לנמטודות ולמיקרופלורה של הקרקע.

פרק ב': חומרים ושיטות

בפרק זה מתוארות שיטות עבודה כלליות; שיטות מיוחדות תוארו במקומן.

1. הכנות לביצוע הניסויים במיכלים ובשדה

הניסויים נערכו בחוות הניסויים גילת בבית-רשת, בדלי פלסטיק, בקיבול של 10 ליטר, כל דלי היה חזרה. 2 ס"מ מעל תחתית כל דלי ובהיקפו, במרחק שווה, נקדחו 3 חורים בקוטר 1.5 ס"מ. כדי למנוע זיהומים נשטפו הדליים בדטרגנט (אמה) ובמים חמים. אחר-כך מולאו בחצץ עד לגובה החורים, כדי להבטיח ניקוז עודפי מים, כמתואר בשרטוט. בכל דלי נזרעה פקעת אחת בלבד.



קרקע נגועה בדוררת באופן טבעי שימשה לחלק מן הניסויים. ודאנו את האילוח בדוררת ע"י זריעת צמחי חציל ובידוד הפטריה מהם. האדמה עורבבה ביחסים כדלהלן:

9 דליי אדמת לט

4 דליי ורמקוליט מספר 2

דלי אחד כבול

דלי אחד זבל עופות

לתערובת זו הוספנו את הדשנים הבאים: 270 גרם סופר-פוספט - לפי 18 גרם לצמח, 225 גרם אשלגן - לפי 15 גרם לצמח, ו 225 גרם גופרת אמון - לפי 15 גרם לצמח. התערובת חולקה לדליים, והם מולאו עד ל-2 ס"מ מפניהם. הזן שנזרע היה אפ-טו-דייט.

על-מנת למנוע קרינה ישירה והתחממות-יתר הוכנסו הדליים באקראי לתעלה שנחפרה בקרקע, עד לגובה פני הדליים.

החל מהצצה קיבל כל צמח תפוא"ד 2 גרם גופרת אמון אחת לשבוע.

ניסוי שדה - נערך בשטח תפוא"ד מסחרי הנגזע בדורות ובנמטודה, בקיבוץ אורנים, באדמת לס.

הכנת השטח כדלהלן:

פיזור 100 ק"ג סופרפוספט לדונם;

4 מ"ק זבל אורגני לדונם;

2 מ"ק זבל עופות לדונם;

חרישה, דיסק ותיחות.

שבועיים לפני הזריעה ניתן התכשיר הכימי אדיגן. עם ההצצה המלאה ניתן בכל יום 1.5 ליטר אמון חנקתי נוזלי. הדישון נפסק 25 יום לפני האסיף. הטמפרטורה היא אחד מן הגורמים החשובים בהתפתחות הפתוגנים. בטבלה 1 מובאים נתוני טמפרטורות על-פי מדידות מקומיות.

טבלה 1: טמפרטורות מינימום ומקסימום ממוצעות ששררו בחוות-גילת ובאורים בתקופת הניסויים.

שנת 1976 חודש	טמפרטורה מינימום ממוצעת	טמפרטורה מקסימום ממוצעת
ספטמבר	17.7	30.4
אוקטובר	16.6	29.4
נובמבר	13.3	25.1
דצמבר	8.1	18.5
שנת 1977 חודש	טמפרטורה מינימום ממוצעת	טמפרטורה מקסימום ממוצעת
אוגוסט	20.6	32.7
ספטמבר	17.8	32.5
אוקטובר	14.0	26.4
נובמבר	10.9	25.1
דצמבר	8.0	17.2

2. החומרים להדברת הפתוגנים

א. מתברום 980 - bromomethane

התכשיר הוא גז חסר צבע, מאיד קרקע וקוטל פטריות, נמטודות וחרקי קרקע. הוא מכיל 98% מתברום בשילוב 2% כלורופקרין (גז מדמיע), תוצרת "תרכובות-ברום", ישראל. התכשיר בעל כושר קטילה וחדירה מצויינים, הודות לתכונותיו הכימיות והפיזיקליות. הוא תרכובת בעלת נקודת רתיחה נמוכה מאוד, ההופכת לגז כבר ב-4 מ"צ ומאפשרת אידוי החל מטמפרטורות קרקע של 6 מ"צ.

ב. נמברום - 1,2 - dibromo - 3 - chloropropane

נמברום הינו תרכיז מתחלב תוצרת "תרכובות-ברום", ישראל. מכיל 52% חומר פעיל, הפיטוטוכסיות שלו לגבי גידולים רבים מעטה באופן יחסי, התכשיר קוטל נמטודות מובהק (37).

ג. בנלאט - benzimidazol - 2 - (butylcarbamol) - 1
carbamic acid, methyl ester

התכשיר הינו אבקה רחיפה המכילה 50% חומר פעיל תוצרת "דו-פונט", ארה"ב. התכשיר מונע התפתחות מחלות (Protectant) ובעל כשר השמדה של אינפקציות קיימות (16). פונגיציד סיסטמי הנקלט ע"י שורשים וכן ע"י רקמות צמחיות אחרות, ומועבר לחלקי צמח אחרים בהם התכשיר יושם (13). בתמיסה מימית עובר הבנלאט הידורליזה ל- M.B.C (45):
M.B.C = methyl (2 - benzimidazol carbamate)
לצרכי הניסוי שלנו היתה לבנלאט מגבלה, והיא - שהוא לא רק פונגיציד אלא, כנראה, יש לו השפעה נמטוצידית במקצת (15, 47).

ד. אדיגן - sodium - N - methyl dithio carbamate

התכשיר הוא תרכיז נוזלי, מכיל 32% חומר פעיל, תוצרת "אגן", ישראל. אדיגן הוא חומר המשמש לחיטוי קרקע, וקוטל פטריות, נמטודות וחרקי קרקע. מתפרק בקרקע לחומר M.I.T = methyl - iso - thiocyanate, חומר רעיל ביותר, המתפרק לאחר זמן לחומרים אחרים שאינם רעילים. Gerstl וחבריו (24) מסרו ש-99% של ה-M.I.T. מסיס במים ורק 1% מצוי בצורת אדים.

M.I.T חייב להיות מפוזר בצורה אחידה בכל נפח הקרקע שיש לחטא, כדי שישמיד את כל פגעי הקרקע בנפח זה (3). במינון של 25 ליטר לדונם הדביר את הנמטודה פ. תורני בתפוא"ד סתויים (5).

3. שיטות לישום חומרי ההדברה

א. מתברום 980

פרסנו יריעת פוליאתילן ועליה הכנו ערוגת אדמה בגובה 30 ס"מ, מפוררת היטב ולחה. הצבנו קשתות מחוט-ברזל בעובי 4 מ"מ, וכיסינו ביריעת פוליאתילן בעובי 0.1 מ"מ. החדרנו את התכשיר בצורה נוזלית מתוך מיכל אל תוך כלי קיבול, המצויים מתחת ליריעת הפלסטיק, במינונים של 60 גרם למטר מרובע (מ"ר) ו-20 גרם למ"ר. החומר התאדה וחדר לקרקע. כעבור 2 ימים הסרנו את יריעת הפלסטיק. כעבור 4 ימים שטפנו את שאריות הברום.

ב. נמברום

פרסנו יריעת פוליאתילן ועליה הכנו ערוגת אדמה בגובה 30 ס"מ, מפוררת היטב, לחה. התכשיר ניתן בהזרקה, בנקודות המרוחקות 30 ס"מ זו מזו, בצורת סגול, במינון של 10 סמ"ק למ"ר. החורים נסתמו לאחר כל הזרקה. ורטיציליום שנוכחותה בקרקע לאחר החיטוי אומתה על-ידי צמח הבוחן-חציל.

ג. בנלאט

ניתן בשיטת הרווית קרקע, במינון של 9 גרמים למ"ר. מינון זה חולק ל-9 מנות, וכל מנה ניתנה אחת לשבוע החל מיום 6.9.76 ועד יום 8.11.76.

ד. אדיגן -

יושם רק בניסוי שדה. ניתן שבועיים לפני הזריעה, לאחר הכנת הקרקע לזריעה. הטיפול התחיל ממצב של קרקע יבשה. החומר הוחדר למערכת ההשקיה בהמטרה, לעומק 40 ס"מ, באמצעות משאבה הידראולית המופעלת על-ידי לחץ המים. המשאבה מספקת כמויות קצובות, הניתנות לכיול החומר במשך זמן ההמטרה. בדרך זו אפשר להבטיח שריכוז החומר במי ההשקיה יהיה קבוע ויתקדם עם חזית ההרטבה. בעזרת חישוב קיבול

הקרקע למים אפשר לשלוט על עומק חדירת החומר, בהתאם לעומק ההרטבה (5).
התכשיר ניתן במינון של 25 ליטר לדונם. החישובים נעשו לפי שיטת Smith (51)
המייחסת נפח של קרקע בשטח של דונם בעומק שכבת עיבוד של 30 ס"מ לנפח
האדמה בדלי או בעציץ.

4. שיטת ריבוי והדבקה

האינקולום של פטריית הדוררת נלקח מגבעולי תפוא"ד, נזרע על מצע בצלחות
פטרי אשר הכיל 0.2% sorbose ו-100 p.p.m. streptomycin עם 2% P.D.A.
לאחר 10 ימים של שהות באינקובטור בטמפרטורה של 25 מ"צ הוצאו הצלחות, המצע
עם התרבות הוכנסו למערבל בתוספת מים מזוקקים, ותוך ריסוק הוספו עוד מים
לצורך יצירת תרחיף של קישיונות. הדבקנו את הקרקע של אותם טיפולים הצריכים
להכיל את הפטריה בכמות של 560 קישיונות לגרם קרקע. ההדבקה בוצעה בטרם
חולקה תערובת האדמה לדליים.

5. שיטות למדידת נגיעות בפתוגנים

סימפטומים המופיעים כתוצאה מפגיעה מהנמטודה או מהפטריה אינם שונים
מאלו הנגרמים ע"י הרבה פגעי קרקע אחרים (נמטודות, פטריות, בקטריות, חרקים
ועוד). האיבחון של מחלת הדוררת בצמח מתבטא ע"י שינוי בצבע במערכת צינורות
ההובלה וכלורוזה ונקרוזה בעלים. הסימפטומים לכשעצמם אינם מהימנים במידה
מספקת כדי להעיד כי הפתוגן הוא פתוגן ראשי (30), ועל-כן נספרו אוכלוסיות
הפתוגנים והוערכה הצמיחה.

א. ספירת נמטודות בקרקע

נעשו שטיפות קרקע להפרדת נמטודות, ספירתן וזיהוין. ריכוז הנמטודות
נעשה בשיטה הסטנדרטית המתוארת ע"י Goodey (25). נרחפו 200 גרם קרקע
ב-10 ליטרים מים. התרחיף הועבר דרך סידרת נפות בגדלים: 60, 160, 325 מש.
בידוד הנמטודות נעשה לפי שיטת משפך ברמן מתוקנת (25).

ב. ספירת נמטודות בשורש

ספירה זו נעשתה על-פי שיטת האינקובציה של Young (25). נשקלו 10 גרמים
משקל טרי של שורש, ואלה נשטפו במי-ברז משירי קרקע והושמו בצנצנת בנפח

של 500 סמ"ק שהכילה כ-5 סמ"ק מי-ברז לשמירת לחות מוחלטת. כעבור שבוע ימים בודדו הנמטודות על משפך ברמן (25).

ג. ספירת הפטריה

מכל גבעול ומגובה של 10 ס"מ מעל פני צואר השורש נלקחו 3 קטעים באורך כ-5 מ"מ. קטעים אלה נזרעו בצלחות פטרי ובמצע שתואר לעיל. הוכנסו לאינקובטור בטמפרטורה של 25 מ"צ. כעבור 7 - 10 ימים הוצאו הצלחות ונבדקו לנוכחות הפטריה, ע"י זיהוי תפטיר וקישיונות.

6. הערכת הצמיחה

על-מנת להעריך את השפעתו של כל טיפול על התפתחות הצמח נערכו השקילות והמדידות הבאות: מספר גבעולים, גובה הצמח, קוטר גבעול ראשי, משקל טרי, משקל יבש, אחוז משקל יבש, מספר פקעות ומשקל פקעות. התפתחות שורשים הוערכה לפי 6 דרגות: מ 0 עד 5; כאשר 0 - שורשים מנוונים, ו 5 - שורשים מפותחים היטב.

7. שיטת ניתוח התוצאות

בוצע על-פי חישוב ניתוח השוונות לתכנית של ניסוי באקראיות גמורה למספר שונה של חזרות.

פרק ג': מהלך העבודה והתוצאות

1. ניסוי אלימינציה

מטרת הניסוי היתה לברר, אם הרכקת הנמטודה פ. תורני מן הפטריה ורטיציליום ולהיפך - ישפיעו על התפתחות אוכלוסית הפתוגנים ועל התפתחות צמח תפוא"ד. לצורך זה העמדנו ניסוי בן 5 טיפולים ב-15 חזרות, כמפורט בטבלה 2.

טבלה 2: הטיפולים והמינונים שניתנו בניסוי אלימינציה בתפוחי-אדמה

הטיפול	מינון גרם או סמ"ק למ"ר	מינון גרם או סמ"ק לחזרה
1. מתברום 980	60	2.00
2. מתברום 980 + בנלאט	60 + 9	2.00 + 0.30
3. בנלאט	9	0.30
4. נמברום	10	0.33
5. ביקורת	--	---

מטרת תוספת הבנלאט בטיפול 2 היתה לברר, אם תהיה לו השפעה על התפתחות הצמח בהשוואה לטיפול 1, ומכך להקיש על טיפול 3. ביום 21.7.76 לקחנו אדמת לס מכרב תפוא"ד מחוות ניסיונות גילת, שהכילה את שני הפתוגנים: פ. תורני 180 נמטודות ל-200 גרם קרקע, וורטיציליום שנוכחותה בקרקע נבחנה ואומתה ע"י צמח הבוחן חציל.

4 ימים לאחר מכן בוצע חיטוי במתברום 980 (מתברום) וטיפול בנמברום. 36 ימים לאחר החיטוי חולקה האדמה לדליים, בהתאם לטיפולים, ונזרעו פקעות תפוא"ד מזן אפ-טו-דייט. 15 שבועות אחרי הזריעה נגמר הניסוי ונעשו המדידות, כפי שהן מפורטות ומסוכמות בטבלאות 3, 4.

התכשיר נמכרום גרם פיטוטוכסיות, שהתבטאה בעיכוב בהצצה ובהתפתחות הצמח. אף-על-פי כן קיבלנו בטיפול זה התפתחות שורשים ויכול רב יותר באופן מובהק מאשר בביקורת (טבלה 3). תוספת הבנלאט למתברום, לפי טבלה 3, לא השפיעה על מרכיבי הצימוח, והיכול והתוצאות דמו לאלה של מתברום בלבד. לעומתם, היכול בטיפול עם בנלאט היה קטן יותר באופן מובהק, מאשר במתברום. בטבלה 4 ממחישה הביקורת את ההשפעה ההדדית בין הנמטודה והפטריה, כלומר: עם העלייה במספר הנמטודות גברה התחלואה, ולהיפך - עם העלייה בתחלואה חלה עלייה במספר הנמטודות.

יש לציין שהטיפול בנמברום הקטין את אוכלוסיות הנמטודות באופן מובהק הן לגבי הביקורת והן לגבי הטיפול בבנלאט. אולם התחלואה בדוררת בחלקות הנמברום לא נפלה מזו בחלקות הבנלאט. בחלקות המטופלות בבנלאט יש ליוס את התחלואה הנמוכה יחסית - להשפעה ישירה של הוומר על מחלת הדוררת.

טבלה 4: מדידות השפעת טיפולי קרקע שונים על Pratylenchus thornei ועל Verticillium dahliae בתפוא"ד (ממוצע של 15 חזרות)

טיפול	מספר נמטודות ל-200 גרם קרקע	מספר נמטודות ל-10 גרם שורש טרי	אחוז דוררת
מתברום 980	0 d*	0 c	0 c
מתברום 980 + בנלאט	0 d	0 c	0 c
בנלאט	96.9 b	299.4 b	31.6 b
נמברום	16.8 c	38.4 c	48.7 b
ביקורת	107.7 a	601.5 a	85.8 a

* הערכים המלווים אותיות זהות אינם נבדלים ברמת מובהקות של 5%.

טבלה 3: מדידות השפעת טיפולי קרקע שונים על מרכיבי האצמות והיבול
בתפוא"ד (ממוצע של 15 חזרות)

מדידה טיפולי	גובה הצמח בס"מ*	קוטר גבעול ראשי במ"מ	מספר גבעולים	הערכת התפתחות שורשים	משקל נוף טרף בגרם	משקל נוף יבש בגרם	אחוז משקל יבש	מספר פקעות	משקל פקעות בגרם
מתברר 980	69.6	11.1	2.6	4.0	294.3	41.8	14.4	3.7	303.0
מתברר 980 מחברים בנלאט	68.2	10.1	2.8	3.7	290.0	40.6	14.2	3.6	285.0
בנלאט	61.6	9.7	2.7	3.0	233.4	35.3	17.9	3.4	185.6
נמברר 59.0	59.0	10.0	2.2	2.2	100.0	25.6	32.4	ab3.0	133.0
ביקורת	58.2	9.2	3.2	1.4	118.9	29.6	29.8	2.5	65.5

* הערכים המלווים אותיות זהות אינם נבדלים ברמת מובהקות של 5%.

2. ניסוי הדבקה (א)

לניסוי שתי מטרות: א. לברר אם להדבקת הקרקע בפטריית הוורטיציליום עם הנמטודה פ. תורני תהיה השפעה על התפתחות אוכלוסית הפתוגנים ועל החמרה בגידול תפוא"ד.

ב. לברר אם קיים יחס גומלין בין רמת אוכלוסיית הנמטודה לבין שכיחות הפטריה בצמח. לצורך זה העמדנו ניסוי בן 6 טיפולים ב-20 חזרות.

1. ביקורת - קרקע מטופלת במתברום 980 - C
2. קרקע מודבקת בפטריה בלבד - V
3. קרקע מודבקת בפטריה ובנמטודה ברמה נמוכה* - $V+N_1^*$
4. קרקע מודבקת בפטריה ובנמטודה ברמה גבוהה** - $V+N_5^{**}$
5. נמטודה ברמה נמוכה - N_1 -----
6. נמטודה ברמה גבוהה - N_5 -----

בתאריך 14.8.77 לקחנו אדמת לס מכרב חיטה על חיטה במשך 4 שנים מחוות גילת, שהכילה את הנמטודה פ. תורני בלבד. צמח המבחן חציל אימת את ניקיון הקרקע מפטריית הוורטיציליום. ביום זה חוטאו טיפולים 2,1 במתברום, במינון של 20 גרם למ"ר (0.66 גרם לחזרה) לקטילת הנמטודה. אדמה נוספת חוטאה במינון זה לצורך מיהולה בטיפולים 3, 5, על-מנת להגיע לרמה נמוכה של נמטודה. 17 ימים לאחר החיטוי נעשו המיהולים והדבקת הטיפולים: 4,3,2 בפטריה לפי 560 קישיונות לגרם קרקע וכן זריעת הפקעות מזן אפ-טו-דייט. בגלל צריבות בצמחים מריסוסים בכותניון 20 הופסק ניסוי זה מוקדם מן הצפוי, ובגיל 6 שבועות נבדקו אחוז נגיעות בפטריה ומספר הנמטודות בקרקע ובשורש. תוצאות הבדיקה מובאות בצירור 1.

* ממוצע של 76 נמטודות ל-200 גרם קרקע.

** ממוצע של 380 נמטודות ל-200 גרם קרקע.

הממצא העיקרי בניסוי זה, כפי שנראה, מצויר 1, הוא שבגיל של כ-6 שבועות:
א. ורטיציליום נמצאת אך ורק בצמחים המותקפים גם ע"י פ. תורני;
ב. שכיחות הפטריה בצמחים נמצאת ביחס ישר לרמת אוכלוסיית הנמטודה;
כמו-כן נראה, שהפטריה מעודדת את התפתחות הנמטודות והתרכותן.

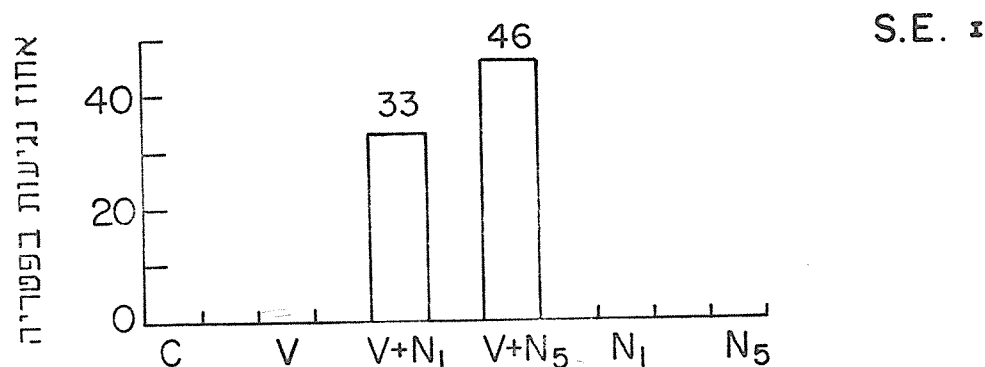
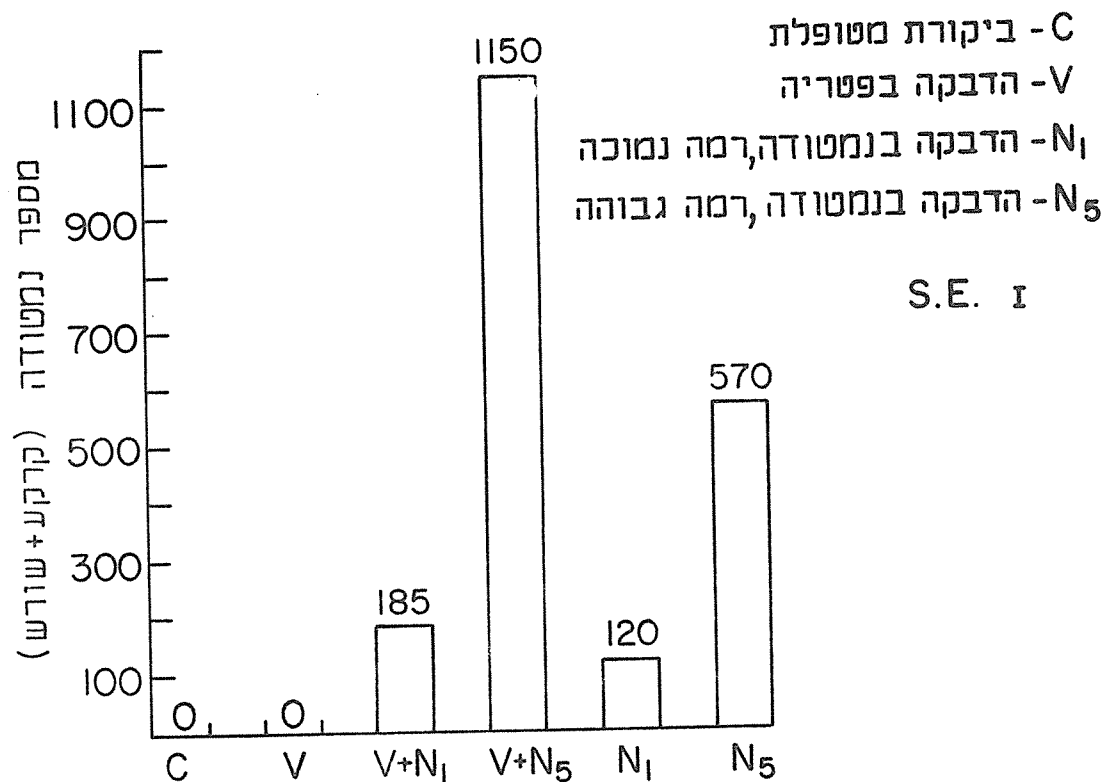
3. ניסוי הדבקה (ב)

מטרת הניסוי, הטיפולים, הזן ומהלך הניסוי-בדומה לניסוי הדבקה (א),
אלא שבניסוי (ב) כלל כל טיפול 16 חזרות ובפקעות הזריעה השארנו עין אחת בלבד.
בתאריך 13.10.77 נזרעו הפקעות.
כעבור 7 שבועות מהזריעה נבדקו מחצית החזרות מכל טיפול לנוכחות פטריה - נמטודה
ומשקל יבש. את המחצית השנייה של הניסוי החלטנו להקדים בהוצאה מחמת התמוטטות
מוקדמת, כנראה בגלל שילוב נמטודה - פטריה. 10 שבועות אחרי הזריעה נבדקו הצמחים
לנוכחות פטריה - נמטודה ומשקל יבש.
התוצאות מסוכמות בציורים 2, 3.
ניסוי זה מאשר את התוצאות של ניסוי האלימינציה וניסוי הדבקה (א). נראה ששכיחות
הפטריה בצמחים נמצאת ביחס ישר לרמת אוכלוסיית הנמטודה, וכן קיים עידוד הדדי
בין הנמטודה לבין הפטריה.
הביקורת וטיפול N_1 (הדבקה ברמה נמוכה של נמטודות) בולטים בהצטברות החומר
היבש, לעומת ירידה במשקל החומר היבש בטיפול של הדבקה משולבת של נמטודות ברמה
גבוהה ופטריה. הנמטודות לכשעצמן השפיעו מעט על הצטברות החומר היבש.

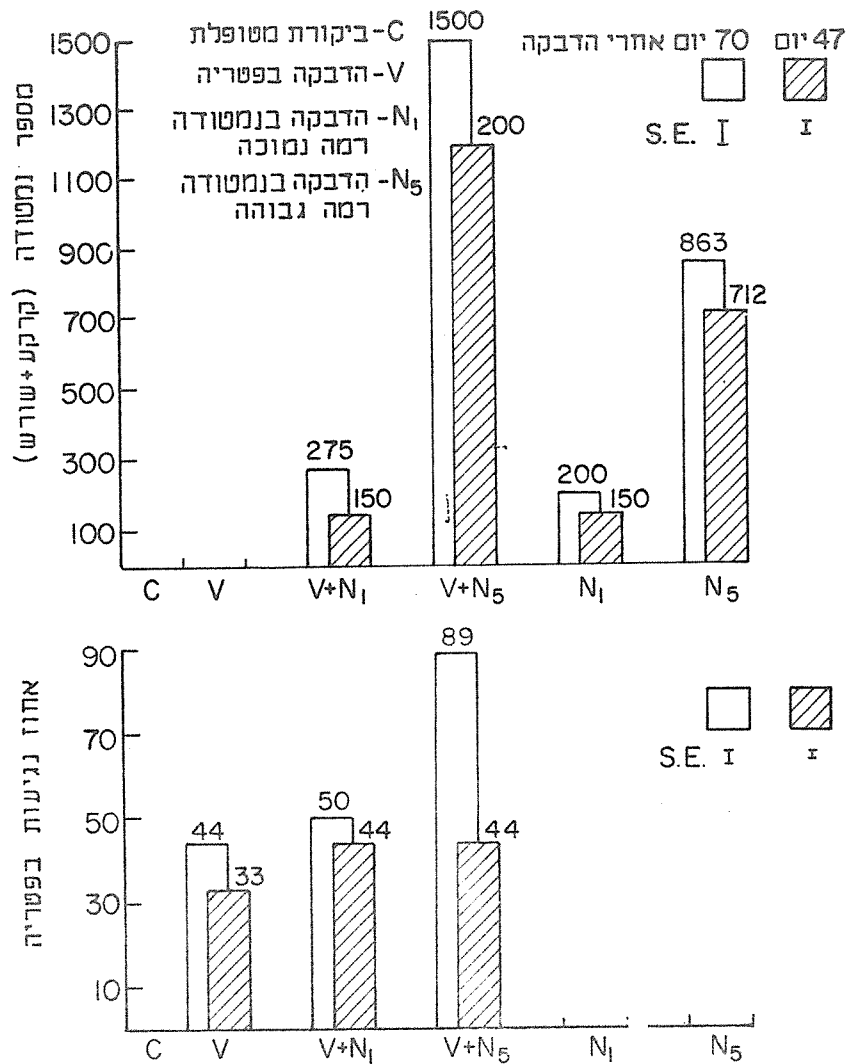
4. ניסוי שדה

מטרת הניסוי היתה לברר, אם סילוק הנמטודה פ. תורני מהקשר נמטודה-פטריה
ישפיע על דחייה או הפחתה של התחלואה בצמחי תפוא"ד ולהעלאת רמת היבול.
לצורך זה ערכנו את הניסוי בשטח מסחרי, והוא כלל 2 טיפולים ב-4 חזרות, כל חזרה
38x18 מטר. הטיפולים: 1. ביקורת לא מטופלת;
2. אדיגן 25 ליטר לדונם, לפני הזריעה.
ביום הזריעה 16.8.77 נלקחו מדגמי קרקע לספירת הנמטודות, ולהלן הממצא:

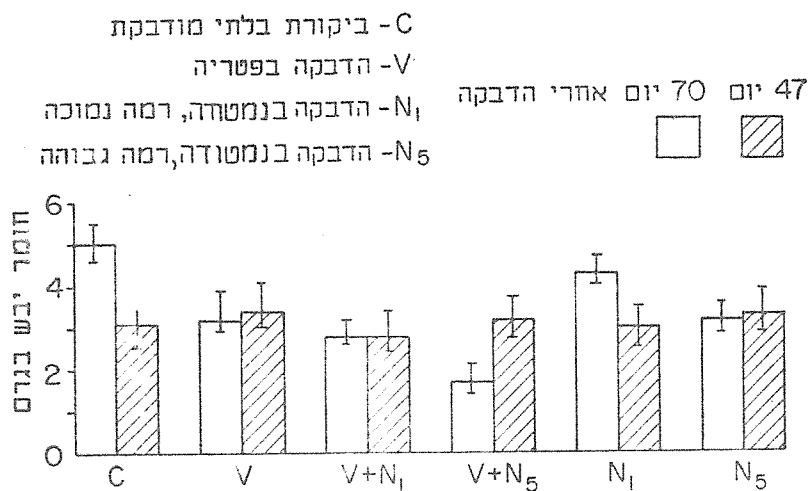
ביקורת - 250 נמטודות ל-200 גרם קרקע.
 טיפול - 32 נמטודות ל-200 גרם קרקע.
 החל מתאריך 1.11.77 ואחת לשבועיים, עד לאסוף, הוצאו 6 צמחים מכל חזרה.
 יבולם נאסף ונשקל.
 מוצו נמטודות מקרקע ומשורשים ונספרו. כעבור 57, 69 ו-130 ימים אחרי הזריעה
 נעשו תרבויות לנוכחות הפטריה.
 המדגמים נלקחו תמיד מאותן שורות.
 תוצאות הניסוי מסוכמות בציורים 4, 5, 6. עם תחילת הבדיקה, בגיל 57 ימים,
 נראה הבדל גדול ברמת התחלואה בדורות בין הטיפול באדיגן לבין הביקורת.
 ההבדלים הלכו והצטמצמו עד האסוף בגיל 130 ימים.
 הפחתה ברמת התחלואה בדורות גרמה, כנראה, לעלייה מובהקת ביבול (ציור 4).



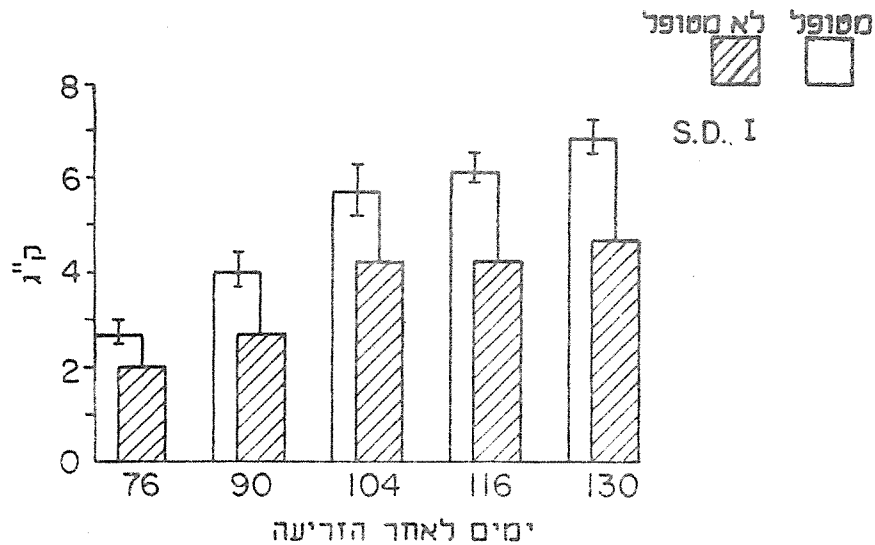
ציור 1: רמת אוכלוסיית הנמטודה *Pratylenchus thornei* ואחוז הנגיעות בפטריה *Verticillium dahliae* בגבעולי תפוא"ד בגיל 39 יום (ממוצע של 20 חזרות) בניסוי הדבקה בשני הפתוגנים



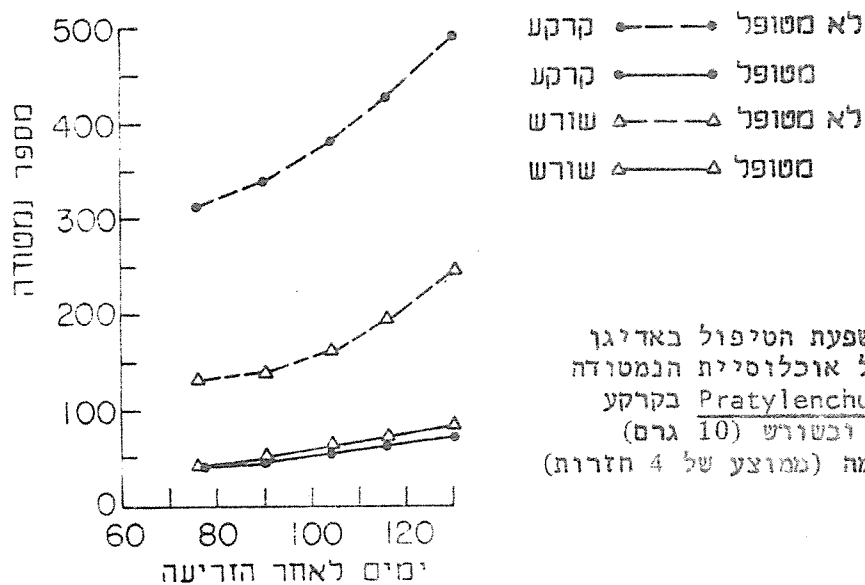
ציור 2: רמת אוכלוסיות הנמטודה *Pratylenchus thornei* ואחוז הנגיעות בפטריה *Verticillium dahliae* בגבעולי תפוא"ד (ממוצע של 8 חזרות) בניסוי הדבקה בשני הפתוגנים



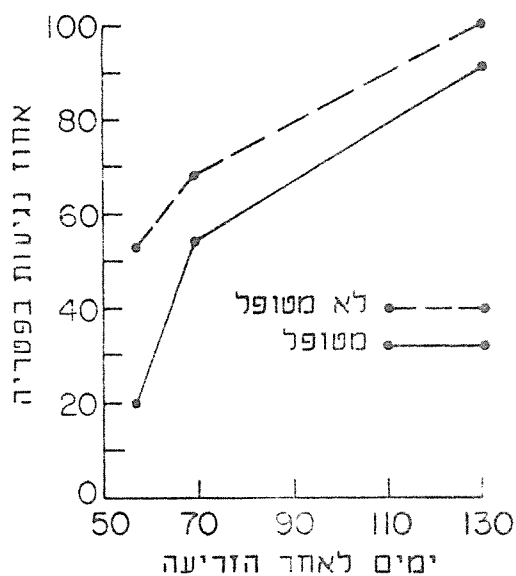
ציור 3: השפעת הדבקה בפטריה *Verticillium dahliae* ובנמטודה *Pratylenchus thornei* על משקל חומר יבש של עלי תפוא"ד-אדמה (ממוצע של 8 חזרות)



ציור 4: השפעת הטיפול באדיגן על משקל הפקעות בתפוחי-אדמה (ממוצע של 4 חזרות)



ציור 5: השפעת הטיפול באדיגן על אוכלוסיות הנמטודה *Pratylenchus thornei* בקרקע (200 גרם) ושורש (10 גרם) בתפוחי-אדמה (ממוצע של 4 חזרות)



ציור 6: השפעת הטיפול באדיגן על אחוז הפטריה *Verticillium dahliae* בגבעולי תפוחי-אדמה (ממוצע של 4 חזרות)

בקומפלקס שלפנינו שלוש מערכות ביאולוגיות שונות: הנמטודה, הפטריה והצמח הפונדקאי. הפעילות המטבולית של כל אחת מן המערכות הללו חייבת להשפיע על המשתתפים האחרים בקומפלקס (36). בניסוי האלימינציה (טבלה 4) ובניסוי שדה (ציור 5) הופחתה אוכלוסיית הנמטודה פ. תורני, וכתוצאה מכך חלו הפחתה ואיחור בתחלואה בדוררת (ציור 6). נראה אפוא שקיים חשד סביר, שהנמטודה גורמת לפגיעת שורשים של צמחי תפוא"ד, ובהפצעתם מסייעים לחדירת פטריית הוורטיציליום. ממצא דומה הראו Mountain & McKeen (44), שלפיהם פגיעת רקמת הקורטקס שבשורשי החציל ע"י הנמטודה *P. penetrans* נוצלה ע"י פטריית הוורטיציליום לשם חדירה לצורות הצינורות, גורם אשר הגביר את הנבילה בצמח. Inagaki & Powell (28) הראו שאם טבק הודבק בנמטודה *P. brachyurus* שלושה שבועות לפני הדבקת הפטריה *Phytophthora parasitica* הסימפטומים של המחלה נדחו או התעכבו. משערים שתמותת תאי הקורטקס ע"י הנמטודה משפיעה לרעה על התפתחות הפטריה, ואילו הדבקה סימולטנית גרמה להופעת הסימפטומים תוך זמן קצר. מהממצאים הללו משתמע, כי נמטודות הן משמעותיות בהתפתחות מחלה-כאשר אוכלוסיית הפטריה באדמה מועטה עד כדי כך, שההדבקה עשויה להיות אפט בהעדרן. בניסוי הדבקה (א) לראשונה רואים שפטריית הוורטיציליום נמצאת אך ורק באותם צמחים שבהם נמצאת גם הנמטודה פ. תורני. ממצא זה משתמע, שהנמטודה כנראה מחישה את ההתבגרות והרגישות של צמחי תפוא"ד. שכיחות פטריית הוורטיציליום בצמחי תפוא"ד נמצאה ביחס ישר לרמת אוכלוסיית הנמטודה פ. תורני (ציורים 1, 2). Conroy וחובריו (14) מחזקים ממצא זה: הם מצאו ש-*Pratylenchus spp.* הגבירו את התחלואה שנגרמה ע"י הפטריה *V. albo - atrum* והניגוע בפטריה עלה עם העלייה באוכלוסיית הנמטודה. בניסוי האלימינציה הופחתה פטריית הוורטיציליום ע"י טיפול בבנלאט. הפחתה זו כנראה השפיעה על התפתחות איטית באוכלוסיית הנמטודה (טבלה 4); אך יתכן מאוד שהבנלאט לכשעצמו גם פגע במידה מסוימת בנמטודה עצמה (47, 15). בציורים 1, 2 נראה שפטריית הוורטיציליום מעודדת את ריבוי הנמטודה פ. תורני. שיעור הריבוי של הנמטודה גדול יותר בצמחי תפוא"ד שהודבקו בפטריה מאשר בצמחים שהודבקו בנמטודה בלבד. Morsink & Rich (40) מצאו דבר דומה באינטראקציה בין הפטריה *V. albo - atrum* לבין הנמטודה *P. penetrans* בתפוא"ד.

חיזוק לממצאים הללו נתנו Mountain & McKeen (43), שלפיהם שיעור הריבוי של *P. penetrans* היה מהיר עם האילוח ב- *V. dahliae* בשורשי חציל ועגבניה. משערים שהפטריה משפיעה על רקמות האפידרמיס והקורטקס של הפונדקאי, ובכך מקילה על כניסת הנמטודה לתוך השורש.

מכל האמור לעיל נראה, שאכן נמצאו השפעות גומלין בין הנמטודה פ. תורני לבין פטריית הוורטיציליום בגידול תפוא"ד, דבר המוצג לראשונה בעבודה זו. נראה שקיימת זיקה בין התחלואה לבין העלייה במספר הנמטודות בנוכחות הפטריה. על יסוד תוצאות הניסויים בעבודה זו אפשר לקבוע בוודאות:

א. קיימת אינטראקציה בין הנמטודה פ. תורני לבין פטריית הוורטיציליום בצמח תפוא"ד. אינטראקציה זו היא סינרגיסטית וגרמה לעלייה באוכלוסיית שני הפתוגנים והחמירה את המחלה - יותר מאשר סכום של כל פתוגן בנפרד.

ב. הקשר נמטודה-פטריה גרם בצמחי תפוא"ד נבילה מוקדמת וסיום מוקדם של הגידול, וכתוצאה מכך היה היבול דל ולא כלכלי.

ג. הרחקת הנמטודה מהקומפלקס ע"י קטילתה או הפחתת אוכלוסייתה, סייעה לצמצום המחלה ולאיחור בתחלואה, וכתוצאה מכך, עלתה רמת היבול.

ד. להדברת הנמטודה דרושה מנה קטנה יחסית (25-30 ליטר לדונם) של התכשיר אדיגן לעומת הדברת הפטריה.

על-פי הממצאים שהובאו בעבודה זו, הנמטודה פ. תורני (מתוך הקשר נמטודה-פטריה) הוא גורם משמעותי בהפחתת היבול בגידול תפוא"ד. לכן, בשטחים המיועדים לגידול זה ומוכרים כנגועים במחלת הדוררת, אפשר להמליץ על עריכת בדיקות לנוכחות הנמטודה, ואם זו תימצא ברמה של כ-50 נמטודות ויותר ל-200 גרם קרקע-רצוי להדבירה ולהרחיקה מן הקשר נמטודה-פטריה.

ס פ ר ו ת

1. אוריון, ד., קריקון, ח., ושליוין, א. (1976) הנמטודה פראטילנכוס תורני-מזיק חדש בצפון הנגב. "השדה" נ"ו: 1104 - 1106.
 2. כהן, ע., שר ש"א., בל, א"ה, ומינץ, ג. (1973) נמטודות קרקע המופיעות בישראל. פרסום מיוחד מס' 22, מינהל המחקר החקלאי, מרכז וולקני בית-דגן.
 3. מינגלגריין, א., גרסטל, ז., וקריקון, ח. (1976) אופן החדרת ואפאם לקרקע דרך מערכת ההשקיה והשפעתו על התנהגות חומר חיטוי זה. "השדה" נ"ז: 372 - 374.
 4. קריקון, ח. ושהם, ח. (1970) מחלת הדוררת והדרכים למניעת התפשטותה. "השדה" ז': 1392 - 1395.
 5. קריקון, ח., אוריון, ד., נצר, ד., ושליוין, א. (1976) שיטה משופרת למתן ואפאם (אדיגן) להדברת פגעי קרקע. "השדה" נ"ז: 369-372.
- * *
6. Barnett, H.L. and Hunter, B.B. (1972) 3rd. ed. Illustrated genera of imperfect fungi. Burgess Publishing Company, Minnesota, 239 pp.
 7. Baxter, R.I. and Blake, C.D. (1967) Invasion of wheat roots by Pratylenchus thornei. Nature 215: 1168-1169.
 8. Baxter, R. I. and Blake, C.D. (1968) Pratylenchus thornei, a cause of root necrosis in wheat. Nematologica 14: 351-361.
 9. Bergeson, G.B. (1963) Influence of Pratylenchus penetrans alone and in combination with Verticillium albo-atrum on growth of peppermint. Phytopathology 53: 1164-1166.
 10. Bergeson, G.B. (1972) Concepts of nematode-fungus associations in plant disease complexes. Expl. Parasit. 32: 301-314.

11. Brown, M.F. and Wyllie, T.D. (1970) Ultrastructure of microsclerotia of Verticillium albo-atrum. Phytopathology 60: 538-542.
- ✓ 12. Busch, V.L. and Edgington, L.V. (1967) Correlation of photoperiod with tuberization and susceptibility of potato to Verticillium albo-atrum. Can. J. Bot. 45: 691-693.
13. Byrde, R.J.W. (1970) The new systemic fungicides and their potential uses in tropics. Trop. Sci. 12: 105-111.
14. Conroy, J.J., Green, Jr. R.J. and Ferris, J.M. (1972) Interaction of Verticillium albo-atrum and the root lesion nematode, Pratylenchus penetrans, in tomato roots at controlled inoculum densities. Phytopathology 62: 362-366.
15. Cook, R. and York, P.A. (1972) The effect of benomyl on Heterodera avenae on barley. Pl. Dis. Repr. 56: 261-264.
16. Delp, C.J. and Klopping H.L. (1968) Performance attributes of a new fungicide and mite ovicide candidate. Pl. Dis. Repr. 52: 95-99.
17. Edmunds, J.E. and Mai, W.F. (1967) Effect of Fusarium oxysporum on movement of Pratylenchus penetrans towards alfalfa roots. Phytopathology 57: 468-471.
18. Evans, G., Snyder, W.C. and Wilhelm, S. (1966) Inoculum increase of the Verticillium wilt fungus in cotton. Phytopathology 56: 590-594.

19. Faulkner, L.R. and Bolander, W.J. (1969) Interaction of Verticillium dahliae and Pratylenchus minyus in Verticillium wilt of peppermint: Effect of soil temperature. Phytopathology 59: 868-870.
20. Faulkner, L.R., Bolander, W.J. and Skotland, C.B. (1970) Interaction of Verticillium dahliae and Pratylenchus minyus in Verticillium wilt of peppermint: Influence of nematode as determined by double root technique. Phytopathology 60: 100-103.
21. Faulkner, L.R. and Skotland, C.B. (1965) Interaction of Verticillium dahliae and Pratylenchus minyus in Verticillium wilt of peppermint. Phytopathology 55: 583-586.
22. Fortuner, R. (1977) C.I.H. description of Plant Parasitic Nematodes. Set 7 No. 93, Commonwealth Agricultural Bureaux, London, 3 pp.
23. Garrett, S.D. (1950) Ecology of the root inhabiting fungi. Biol. Rev. Cambridge Philad. Soc. 25: 220-254.
24. Gerstl, Z., Mingelgrin, U. and Yaron, B. (1977) Behavior of Vapam and methyl isothiocyanate in soils.. Proc. Soil Sci. Am. 41: 545-548.
25. Goodey, J.B. (1963) Laboratory methods for work with plant and soil nematodes. Tech. Bull. No. 2 Min. Agric. London.
26. Green, R.J. (1969) Survival and inoculum potential of conidia and microsclerotia of Verticillium albo-atrum in soil. Phytopathology 59: 874-875.
- ✓ 27. Guthrie, W.J. (1960) Early dying ^{early} (Verticillium wilt) of potatoes in Idaho. Idaho Res. Bull. 45: 1-24.
28. Inagaki, H. and Powell, N.T. (1969) Influence of the root-lesion nematode on black shank symptom development in flue-cured tobacco. Phytopathology 59: 1350-1355.

29. Isaac, I. (1949) A comparative study of pathogenic isolates of Verticillium. Trans. Br. Mycol. Soc. 32: 137-158.
30. Isaac, I. and Harrison, J.A.C. (1968) The symptoms and causal agents of early dying disease (Verticillium wilt) of potatoes. Ann. appl. Biol. 61: 231-244.
31. Jenkins, W.R. and Taylor, D.P. (1967) Lesion nematodes: Pratylenchus in Plant Nematology. pp. 68-77.
32. Kaiser, W.J.J. (1963) Influence of nutrition and environment on the growth and sporulation of the plant pathogen Verticillium albo-atrum. Ph.D. Thesis, Berkeley, 128 pp.
33. Katzenelson, H., Rouatt, J.W. and Payne, T.M.B. (1955) The liberation of amino acids and reducing compounds by plant roots. Pl. Soil. 7: 35-48.
34. Khew, K.L. and Busch, L.V. (1968) Soil temperature affects infection of potato and tomato by mixtures of DM and strains of Verticillium albo-atrum. Am. Potato J. 45: 409-413.
35. Klingler, J. (1965) On the orientation of plant nematodes and of some other soil animals. Nematologica 11: 4-18.
36. Mayol, P.S. and Bergeson, G.B. (1970) The role of secondary invaders in Meloidogyne incognita infection. J. Nematol. 2: 80-83.
37. McBeth, C.W. and Bergeson, G.B. (1955) 1-2dibromo-3-chloropropane- a new nematocide. Pl. Dis. Repr. 39: 223-225.

38. McKeen, C.D. and Mountain, W.B. (1960) Synergism between Pratylenchus penetrans (Cobb) and Verticillium albo-atrum R & B in eggplant wilt. Can. J. Bot. 38: 789-794.
39. McKinley, R.T. (1975) Interaction of Verticillium dahliae and nematode Pratylenchus penetrans. Report East Malling Research Station. Project. No. (05025).
40. Morsink, F. and Rich, A.E. (1968) Interaction between Verticillium albo-atrum and Pratylenchus penetrans in the Verticillium wilt of potatoes. Phytopathology 58: 401 (Abstr.).
41. Mountain, W.B. (1960) Theoretical considerations of plant-nematode relationships. Sasser, J.H. and Jenkins W.R. (Eds.) Nematology: Fundamentals and recent advances, pp. 419-425, Univ. North Carol. Press, Chapel Hill.
42. Mountain, W.B. and McKeen, C.D. (1960) Increase in the incidence of Verticillium wilt of eggplant in the presence of Pratylenchus penetrans. Phytopathology 50: 647 (Abstr.).
43. Mountain, W.B. and McKeen, C.D. (1962) Effect of Verticillium dahliae on the population of Pratylenchus penetrans. Nematologica 7: 261-266.
44. Mountain, W.B. and McKeen, C.D. (1965) Effects of transplant injury and nematodes on incidence of Verticillium wilt of eggplant. Can. J. Bot. 43: 619-624.
45. Peterson, C.A. and Edgington, L.V. (1969) Quantitative estimation of the fungicide benomyl using a bioautograph technique. J. agric. Fd. Chem. 17: 898-899.

46. Powell, N.T. (1971) Interaction of plant parasitic nematodes with other disease-causing agents. In Zuckerman, B.M., Mai, W.F. and Rohde, R.A. (Eds.): Plant Parasitic Nematodes. Vol II. Academic Press, London and New York, 347 pp.
47. Price, T.V. (1971) Invasion of wheat by Heterodera avenae in the presence of benomyl. Pl. Dis. Reptr. 55: 67-68.
48. Schreiber, L.R. (1962) The soil survival and germination of conidia and microsclerotia of Verticillium albo-atrum. Diss. Abstr. 22: 2160.
49. Schreiber, L.R. and Green, R.S. Jr. (1963) Effect of root exudates on germination of conidia and microsclerotia of Verticillium albo-atrum inhibited by the soil fungistatic principle. Phytopathology 53: 260-264.
50. Schroth, M.N., Toussoun, T.A. and Snyder, W.C. (1963) Effect of certain bean exudates on germination of chlamydospores of Fusarium solani f. phaseoli in soil. Phytopathology 53: 809-812.
51. Smith, F.F. (1952) Conversion of per-acre dosages of soil insecticide to equivalents for small units. J. econ. Entomol. 45: 339-340.
52. Thorne, G. (1961) Principles of Nematology. McGraw-Hill, New York, 553 pp.
53. Van Gundy, S.D., Perez, B.J.G., Stolzy, L.H. and Thomason, I.J. (1974) A pest management approach to the control of Pratylenchus thornei on wheat in Mexico. J. Nematol. 6.: 107-116.

The interrelationships between Pratylenchus thornei and Verticillium dahliae, and their effect on potatoes

E. Siti

Summary

A synergistic effect between the nematode P. thornei and the fungus V. dahliae on potato was demonstrated. This effect caused a significant increase in the populations of both pathogens and in their damage to the potato crop in the Northern Negev.

Elimination of the nematode or reduction of its population level caused a marked reduction in the incidence of the fungus and an increase in crop yield.

INSTITUTE OF PLANT PROTECTION

THE INTERRELATIONSHIPS BETWEEN
PRATYLENCHUS THORNEI AND
VERTICILLIUM DAHLIAE, AND THEIR
EFFECT ON POTATOES

BY

ELIAHU SITI

Pamphlet No. 196

Division of Scientific Publications
The Volcani Center, Bet Dagan,
Israel