

דו"ח שנתי לתוכנית מחקר מספר 11-0419-596
הדברה של חיפושית הקפנודיס באמצעות נמטודות קוטלות חרקים
Control of the *Capnodis spp.* by Entomopathogenic nematode
מוגש לקרן המדען הראשי במשרד החקלאות

ע"י

חיים ראובני, המרכז להדברה משולבת, מו"פ צפון
צבי מנדל, אנטומולוגיה, מינהל המחקר החקלאי
איתמר גלזר, נמטולוגיה-אנטומולוגיה, מינהל המחקר החקלאי
גלינה גינדין, אנטומולוגיה, מינהל המחקר החקלאי
שמעון שטיינברג, ביו-בי מערכות ביולוגיות בע"מ
ארנון אלוש, ביו-בי מערכות ביולוגיות בע"מ

Haim Reuveny, Integrated Pest Management Center, Northern R&D. P.O.B. 831, Kiryat
Shmona 11016. ipmc@migal.org.il

Zvi Mendel, Entomology, ARO, Bet Dagan 50250. zmendel@volcani.agri.gov.il

Itamar Glazer, Nematology-Entomology, ARO, Bet Dagan 50250,
glazerit@volcani.agri.gov.il

Galina Gindin, Entomology, ARO, Bet Dagan 50250.

Shimon Steinberg, R&D BioBee Sde Eliyahu Ltd, Bet Shean Valley 10810,
s_stein@biobee.com

Arnon Allouche, R&D BioBee Sde Eliyahu Ltd, Bet Shean Valley 10810,
arnon_a@biobee.com

תקציר

הצגת הבעיה – זחלי הקפנודיס נזכרים בשורשי עצים גלעיניים ומוגנים מאמצעי ההדברה. במחקר זה נבדקה יעילותן של נמטודות קוטלות חרקים להדברת הזחלים בבית השורשים בקרקע.
מטרות המחקר – (1) קביעת מין הנמטודה והמינון היעיל להדברת זחלי הקפנודיס, (2) קביעת העיתוי המתאים ליישום הנמטודות במטע המסחרי ויכולת הנמטודות להדברת הזחלים לאחר החדירה לשורשים, (3) קביעת השיטה היעילה ליישום הנמטודות במטע המסחרי והתרומה של חיפויי קרקע לשיפור ההדברה באמצעות הנמטודות.

שיטות העבודה - עצי משמש בבתי רשת אוכלסו בזחלי קפנודיס על ידי פיזור יזום של בוגרים. העצים טופלו באחד משלושה מינים של נמטודות, בשני מינונים. יעילות הטיפולים נקבעה לפי רמת הנגיעות בזחלי הקפנודיס בשורשי העצים ולפי כושר הישרדותן של הנמטודות בקרקע.

תוצאות עיקריות – נמצאו שני מינים יעילים אם כן, שיעור הנגיעות של זחלי הקפנודיס בשורשים בכל הטיפולים היה נמוך ולא ניתן לקבוע ברור מהו הטיפול היעיל להדברה.

מסקנות והמלצות – נדרש להעלות את צפיפות האכלוס של הזחלים בשורשי העץ ולהתמקד בשני מיני נמטודות שנמצאו יעילים.

הצהרת החוקר הראשי:

הממצאים בדו"ח זה הינם תוצאות ניסויים ולא מהווים המלצות לחקלאי.

חתימת החוקר ר. ריינ

תוכן העניינים

מבוא	3
מטרות המחקר	3
פרוט עיקרי הניסויים	3
תוצאות	5
דיון	5
סיכום עם שאלות מנחות	8

מבוא

קפנודיס האבל (*Capnodis tenebrionus*) הוא מזיק כלכלי חשוב במטעים גלעיניים. למעט הבוגרים כל יתר דרגות המזיק חבויות בקרקע. הבוגרים ניזונים בעיקר מהצימוח הצעיר על העץ או מהסורים המתפתחים סמוך לגזעים. הזחלים ניזונים מרקמת הסות של השורש וגורמים בכך להתנוונות העצים. כיום אין אמצעים יעילים להדברת הזחלים בשורשים וממשק ההדברה השגרתי מכוון לקטילת הבוגרים על ידי ריסוסים מונעים בזרחנים אורגנים וקרבמטים במרווחים של ארבעה שבועות החל ממועד הופעת הבוגרים בחודשי האביב ועד סוף הקיץ. במחקר הנוכחי נבדקת יעילותן של נמטודות קוטלות חרקים מהסוגים *Steinernema* ו- *Heterorhadtis* להדברת זחלי הקפנודיס לפני ואחרי החדירה לשורשי העץ. הנמטודות חודרות באופן אקטיבי לגוף החרק וקוטלות אותו ע"י אילוח ההמוצל בחיידקים סימביונטיים (*Xerorhabdus spp.* ו- *Photorhabdus spp.*, בהתאמה) המתרבים בגוף החרק ומפרישים חומרים רעילים הגורמים להרס הרקמות ותאי המעי. מטרת המחקר לתקופת הדו"ח הייתה לקבוע את מין הנמטודה והמינון היעילים להדברה.

מטרות המחקר

מטרת המחקר העיקרית היא לבחון את יעילות ההדברה של הקפנודיס באמצעות נמטודות קוטלות חרקים כאמצעי להפחתת השימוש בתכשירים שאינם ידידותיים ופיתוח ממשק של הדברה משולבת בגלעיניים. מטרת הביניים להשגת המטרה העיקרית הן:

- א. קביעת מין הנמטודה והמינון היעיל להדברת זחלי הקפנודיס.
- ב. קביעת העיתוי המתאים ליישום הנמטודות במטע המסחרי ויכולת הנמטודות להדברת הזחלים לאחר החדירה לשורשים.
- ג. קביעת השיטה היעילה ליישום הנמטודות במטע המסחרי והתרומה של חיפויי קרקע לשיפור ההדברה באמצעות הנמטודות.

פירוט עיקרי הניסויים

תאור מערך הניסויים

נערכו שלושה ניסויים שבהם נבדקה יעילותן של מיני הנמטודות *S. carpocapsae*, *S. feltiae* ו- *H. bacteriophora* במינונים של 1 ו- 3 מיליון נמטודות לעץ, כמפורט להלן: כל הניסויים נערכו על מערכת של עצי משמש בני שנתיים שניטעו במיוחד בבית רשת (ניסוי מס' 1) ובשטח פתוח (ניסוי מס' 2) בחוות

מתניהו בהרי הגליל ובבית רשת (ניסוי מס' 3) בחוות המטעים בעמק החולה. כדי לאכלס את שורשי העצים בבתי הרשת עם זחלי הקפנודיס פוזרו בוגרים פוריים ביחס של תשע בוגרים לעץ. כדי להביא לאכלוס שורשי העצים בשטח הפתוח בזחלי קפנודיס הוצמד לכל שני עצים כלוב עם בוגרים פוריים כך, שתתאפשר הטלה ישירה של ביצים על הקרקע דרך תחתית הכלוב. בכל ניסוי היו מעל שבעה עצים לטיפול (כל עץ הוא חזרה), במבנה של בלוקים באקראי. כביקורת היו עצים ללא נמטודות. הנמטודות יוּשְׁמוּ בשני מועדים, הראשון מיד עם העברת בוגרי הקפנודיס למערכת הניסוי והשני לאחר כששה שבועות. לצורך הערכת יעילות הטיפול נעקרו העצים מהקרקע באביב העוקב ונבדקה צפיפות הנגיעות מזחלי קפנודיס בשורשים.

תאור מערכת הגידול של בוגרי הקפנודיס

כדי לקבל בוגרי קפנודיס פוריים הוקם מערך לגידול החיפושיות מפרטים שנאספו ממטעים מסחריים נגועים במזיק. הבוגרים שנאספו הוחזקו מחוץ למעבדה בכלובים מרושתים בקוטר 30 ס"מ ובגובה של 80 ס"מ וניזונו על ענפי נקטרינה טריים מעצים שלא טופלו בתכשירי הדברה. בתחתית הכלוב הותקנה רשת דרכה יכלו הנקבות להטיל ביצים. הביצים התקבלו על ניירות שהונחו בתחתית הכלוב ונבדקו אחת ליום. לרוב, לאחר כשלושה שבועות מאיסוף הבוגרים הראשונים בשדה התקבלה הטלה של ביצים במערכת הגידול. בשלב זה ניתן היה לשחרר את הבוגרים בבתי הרשת או להצמיד את הכלובים לעצי הניסוי כמפורט לעיל.

תאור המערכת ליישום נמטודות

הנמטודות לניסויים התקבלו בקירור מחברת "ביו-בי מערכות ביולוגיות בע"מ" באריזות מסחריות המכילות 50 מיליון פרטים בדרגת ההפצה (infective juveniles). לקראת היישום הועבר תוכן האריזה למיכל עם עשרה ליטר מים תוך ערבוב וזאת כדי לאקלם את הנמטודות במדיום המתאים לפני היישום בשדה וכדי לאמוד כמותית את מספר הפרטים החיוניים בתמיסה. לצורך האומדן נלקחו מכל מיכל שלוש דגימות ונספרה כמות הנמטודות החיוניות למ"ל מהול. נמטודות חסרות תנועה נחשבו כלא חיוניות. בתום הספירה הועברה כמות הנמטודות הרצויה לגביעי פלסטיק בנפח 1 ליטר בהתאם למספר העצים המתוכננים לטיפול של כל מין ומינון של נמטודה. הנמטודות יוּשְׁמוּ תוך הרטבה עודפת של מים סביב גזע העץ. לצורך זה הופעלה מערכת ההשקיה המסחרית ובנוסף הורטבה הקרקע סביב גזע העץ היטב בעזרת צינור מים נוסף. לאחר ההרטבה הועבר תוכן הגביע עם הנמטודות אל הקרקע הרטובה ומערכת ההשקיה המסחרית נסגרה לאחר כשעה. טכניקה זאת נועדה להגביר את תנועת הנמטודות אל תוך הקרקע ולשמור על חיוניותן בסביבה לחה.

תאור השיטות לבדיקת חיוניות הנמטודות בקרקע

כדי לעקוב אחר נוכחות הנמטודות בקרקע נאספו מכל טיפול ארבע דגימות בנפח של 1 ליטר מעומק של כ- 20 ס"מ. דגימות אפס נאספה לפני יישום הנמטודות. בכל דגימה הוטמנה "מלכודת לנמטודות" המורכבת מצלחת פטרי בקוטר 5 ס"מ עם חור מרושת (30 מש) בקוטר 3.5 ס"מ במכסה. בכל צלחת הונחו ששה זחלים של עש הדונג *Galleria mellonella* הרגיש מאוד לנמטודות. הצלחות הוחזקו בטמפרטורה של 25°C ל-25 למשך שבוע. מספר זחלי עש הדונג שנמצאו מתים היו המדד לפעילות הנמטודות.

תוצאות

תוצאות הנגיעות מזחלי קפנודיס במערכת השורשים של העצים מניסויים מס' 1 ו-2 מתוארות באיור 1. בשני הניסויים נמצא נזק מועט יחסית (פחות מ- 20% עצים נגועים) בטיפולים עם המינים *S. feltiae* (במינון 3 מיליון נמ"ע) ו-*S. carpocapsae* (במינון 1 מיליון נמ"ע). הטיפול עם המין *S. carpocapsae* בלט גם במינון של 3 מיליון נמ"ע בניסוי 2 (פחות מ- 14% עצים נגועים). בכל יתר הטיפולים עם הנמטודות היה שיעור הנגיעות גבוה מ- 30%. בניסוי מס' 1 נמצא באופן בולט נזק גבוה יותר של נבירת זחלי קפנודיס בשורשים של עצי הביקורת (66.7%) ובניסוי מס' 2 היה הנזק בביקורת בשיעור נמוך יחסית (25%).

בשני הניסויים היה מספר הזחלים החיים שנמצאו בשורשי העצים נמוך בכל הטיפולים (5-1 זחלים לכלל העצים בטיפול). זאת, בין היתר, הסיבה שהוחלט לא לעקור את העצים בניסוי מס' 3 ולהשאירם בקרקע למשך עונה נוספת כדי להגדיל את הסיכויים לאכלס את שורשי העצים עם זחלי קפנודיס על רקע אותם הטיפולים.

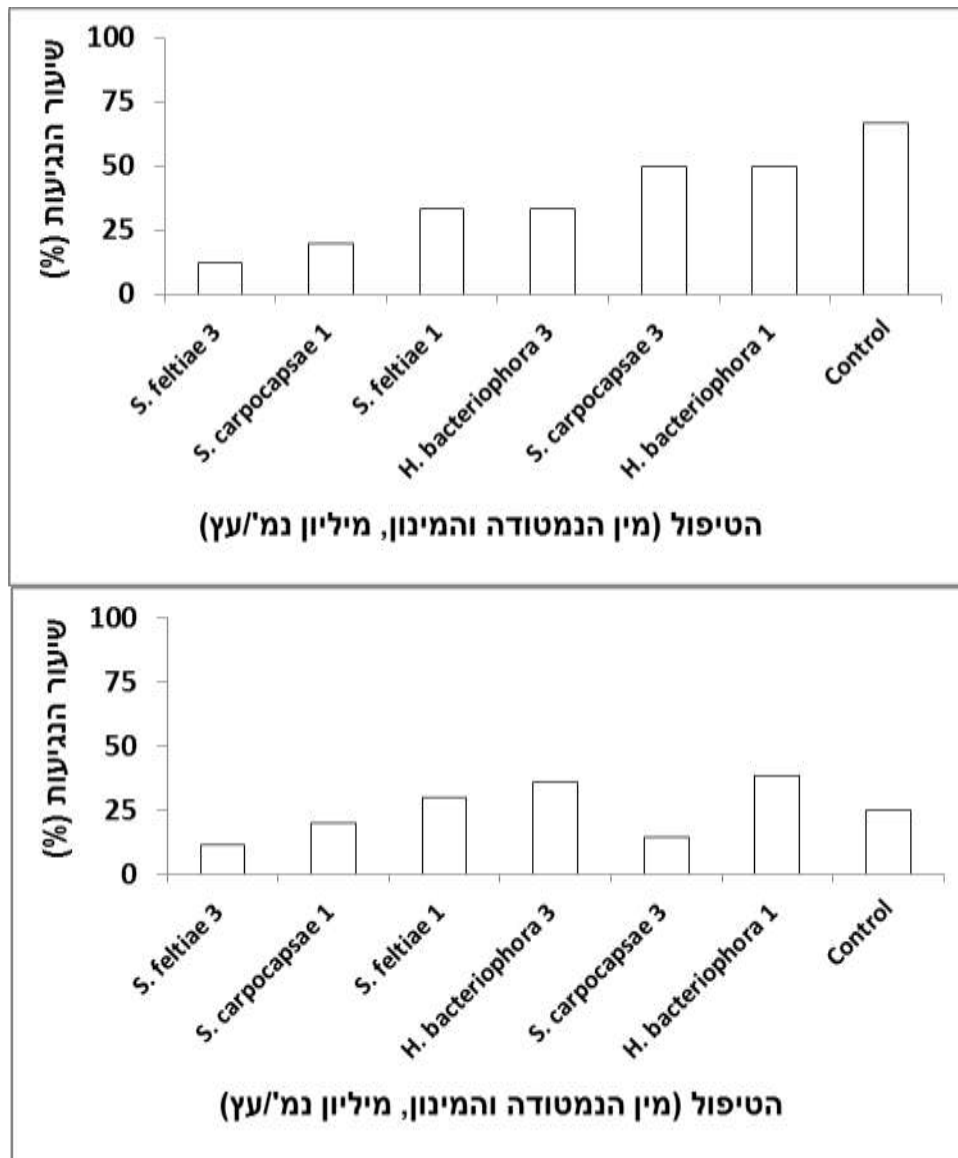
בכל הדגימות שהוצאו מהקרקע, במטרה לעקוב אחר נוכחות הנמטודות ומשך זמן הישרדותן, נמצאו נמטודות חיות לאחר עשרה ימים ממועד היישום (איור 2). המדד לפעילות הנמטודות היה שיעור התמותה של זחלי עש הדונג שהוכנסו לדגימה ולפי מדד זה נמצאה בניסוי מס' 1 (איור 2, למעלה) פעילות גבוהה יחסית של המינים *S. feltiae* ו-*S. carpocapsae* (94.4% ו- 44.4% תמותה, בהתאמה). בניסוי מס' 2 (איור 2, באמצע) נרשמה פעילות נמוכה של מינים אלו והמין שבלט היה *H. bacteriophora* (55.6% תמותה). בניסוי מס' 3 (איור 2, למטה) התקבל שיעור תמותה של מעל 20% בטיפול עם *S. feltiae* ומעל 50% בטיפולים עם שני המינים האחרים. בחלק מהטיפולים כולל הביקורת התקבלה פעילות נמטודות גם בספירה שלפני היישום. ייתכן שזה ביטוי להישרדות הנמטודות לאחר כ- 45 ימים ממועד היישום הראשון או לנוכחות טבעית של המינים בקרקע כפי שמתבטא בביקורות.

דיון

מטרת המחקר העיקרית הייתה לקבוע את מין הנמטודה והמינון היעילים להדברת זחלי הקפנודיס בקרקע. לפי התוצאות שהתקבלו משני ניסויים מתוך שלושה נמצאה הנגיעות הנמוכה ביותר בטיפולים עם המינים *S. feltiae* ו-*S. carpocapsae* במינונים של 3 ו-1 מיליון נמטודות לעץ, בהתאמה. מגמה זאת מתייחסת בעיקר לניסוי מס' 1 בו בלטה שיעור הנגיעות בשורשים של עצי הביקורת. ביטוי נוסף ליעילות מינים אלו התקבלה בניסוי זה גם בדגימות הקרקע לאחר עשרה ימים ממועד היישום. אם כי, לא ניתן להתעלם מהשונויות הרבה שהתקבלה בחזרות של דגימות הקרקע בכל טיפול. עובדה זאת ניתן ליחס, בין היתר, להבדלים מקומיים בתנאי הקרקע היכולים להשפיע על חיוניות הנמטודות.

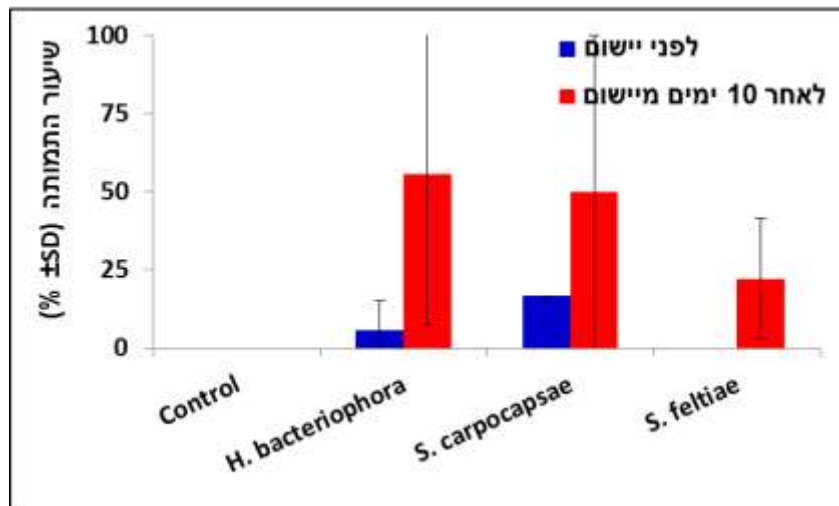
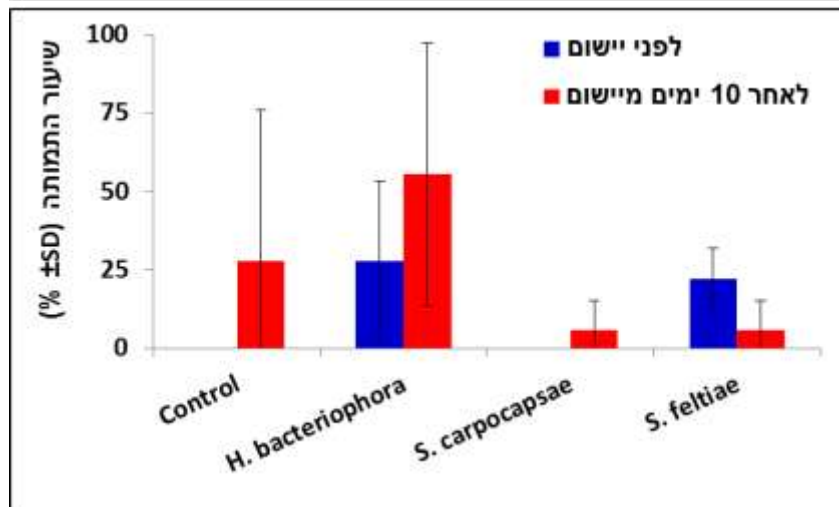
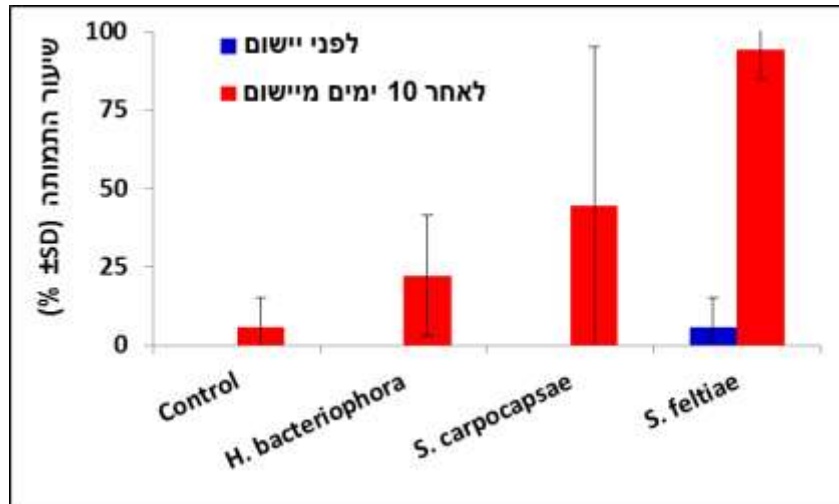
ראוי לציין, שהעובדה שלא התקבלה נגיעות משמעותית בשורשי העצים בביקורת של ניסוי 2 ומציאת מספר קטן של זחלים חיים בשורשי העצים בכל הטיפולים בשני הניסויים מחייבת למקד עדיין את המשך המחקר לקביעת המין והמינון היעילים להדברת הזחלים בקרקע. בהתאם, בכוונתנו לנקוט בפעולות שונות כדי להעצים את רמת האכלוס של זחלי הקפנודיס בשורשי העצים באופן יזום ולייחד ניסויים לבדיקה פרטנית של יעילות המין *S. carpocapsae*. מין זה נחשב כעמיד יותר בסביבה מגוונת (סוג הקרקע, לחות וטמפרטורת הקרקע) ומוכר גם ביעילותו כקוטל חרקים בהשוואה למינים האחרים, כפי שהתבטא במידה מסוימת גם במחקר זה. כדי להעצים את רמת האכלוס של זחלי קפנודיס בשורשים נכניס את העצים לעקה

זמנית על ידי הפחתה בכמות המים ונכיים חלק מנוף העץ כדי למנוע פגיעה בעלווה מאכילת יתר ע"י הבוגרים. בשיטה זאת ניתן יהיה לחשוף את העצים לפעילות ממושכת יותר של בוגרי הקפנודיס דבר שיגדיל את הסיכויים לבניית לחץ אוכלוסייה גבוה של זחלים בשורשי העצים.



איור 1: אחוז העצים הנגועים כתוצאה מנבירה של זחלי קפנודיס בשורשים בניסוי מס' 1 (למעלה) ובניסוי מס' 2 (למטה), בעונת 2011.

כל הטיפולים יושמו בשני מועדים (24/7 ו-8/9) בהרטה עודפת מסביב לגזע העץ. 8-18 עצים לטיפול. מנהרת הרשת בניסוי מס' 1 אוכלסה ב- 21/7 עם 900 בוגרי קפנודיס פוריים (650 נקבות) ולאחר חודש נאספו רוב הבוגרים בגלל פגיעה קשה בנוף העץ כתוצאה מאכילת יתר. בניסוי מס' 2 הוצמדו אל העצים כלובים עם בוגרי קפנודיס שהטילו ביצים ישירות לקרקע. לא נמצאו הבדלים מובהקים בשיעור הנגיעות בטיפולים השונים לפי מבחן Chi test ברמת מובהקות של $P < 0.05$.



איור 2. שיעור התמותה (% \pm SD) של זחלי עש הדונג בדגימות קרקע שהוצאו מטיפול נמטודות במינון של 3 מיליון נמ/עץ (N=4), בניסויים מס' 1, 2, ו-3 (מלמעלה למטה, בהתאמה), בעונת 2011. כל הטיפולים יושמו בשני מועדים (24/7 ו-8/9) והנתונים המתוארים מתייחסים לדגימות לפני ואחרי היישום השני.

