



77

41

דו"ח לתכנית מחקר

=====

קוד זיהוי: 131-0637

שנה תקציבית: 1989

חוקר ראשי: מנדל צבי

נושא המחקר: פתוח מערך הדברה וניהול יער להגנת נטיעות אורן מפני בנימת המצוקוקוס
הארץ ישראלי

מקורות המימון עבורם מיועד הדו"ח:

קרן קיימת לישראל

סוג דו"ח: שנתי

תקציר הדו"ח:

הדו"ח מציג ניתוח הקשר בין נזקי המצוקוקוס הארץ ישראלי. לארועי שרפות תוך הדגשת תופעות זליגת השרף RESINOSIS והתיבשות חלקי הכותרת התחתונים כתוצאה מפעילות וחלי הבנימה. מדווח המשך פיתוח של מערכת ריבוי המוני של הבנימה. נחקרה התנהגות ההטלה של הפשפש הטורף תוך דגש על מיקום החדרת הביצים לעש, באחרים המעודפים בתוך העץ ומיני הפונדקאים הצמחיים הפוטנציאליים. נמצא שלתכשיר אפלורד (בופרופזין) אין השפעה שלילית על בקיעת הביצים. בשווח מציג ניתוח אופן פיזור ההתיבשות של הבנימה על גבי הגזע בהתאמה לגובה ומבנה הקודשקס. בשנת המחקר הקרובה נתמקד בבחינת טיפוסי אורן עמידים למצוקוקוס תוך שיכלול שיטות האבחון והברירה. נמשיך לבחון קוטלי חרקים פוטנציאליים להדברת הבנימה ונבחן את השפעת קוטלי החרקים שבשימוש שגרתי ביער האורן על אוכלוסית הפשפש הטורף ELATOPHILUS HEBRAICUS.

חתימות ואישורים

17.5.90

תאריך

א. חניקה

אמרכלות

מ. חניקה

מנהל המכון

מ. חניקה

מנהל המחלקה

מ. חניקה

חוקר ראשי

דו"ח לתוכנית מחקר מס' 131-0637-89

הנושא: פיתוח מערך הדברה וניהול יער להגנת נטיעות אורן מפני כנימת

המצוקוקוס הא"י

מוגש ע"י צבי מנדל

(בשיתוף עמי זהבי, ציון מדר וניצה ספיר)

הדו"ח מציג ניתוח ~~אפשרי~~ של הקשר בין נזקי המצוקוקוס הארץ ישראלי לארועי שריפות, ובקצרה את התוצאות בארבעה נושאי מחקר נוספים: ריבוי המוני של הכנימה, בדיקת התנהגות ההטלה של הפשפש הטורף *Elatophilus hebraicus*, השפעת קוטל החרקים אפלורד על בקיעת ביצי הפשפש הטורף, ואופן איכלוס אורן ירושלים ע"י כנימת המצוקוקוס.

א. האם המצוקוקוס הארץ ישראלי *Matsucoccus josephi* הוא גורם בהתפשטות

שריפות ביער אורן ירושלים?

האש היא גורם דומיננטי בדינמיקה של החורש היס-תיכוני. יערות אורן ירושלים הם בתי גידול דליקים במיוחד ומהווים כ-1/3 מסה"כ השטח המיוער הנשרף באגן היס-התיכון. גם בארץ שרפות יער בנטיעות אורן ירושלים שכיחות הרבה יותר מאשר בנטיעות אורן ברוטיה או ברוש מצוי. ההקף הממוצע של השטח הנשרף ביער הנטוע והיער הטבעי בארץ מידי שנה בין השנים 1976 ל-1987 היה 8,600 דונם (אגף היעור, מידע פנימי). השרפות אצלנו נגרמות בארץ ע"י בני אדם, עם זאת רק במיעוט מהמיקרים (28%) נקבע בוודאות הגורם. הגורמים המאיצים את התפשטות השרפה הם רבים ומגוונים. אנו מבקשים לבחון את אחד הגורמים הפחות ידועים: המצוקוקוס הא"י.

המצוקוקוס מכה ביער בשתי תקופות. הראשונה - 3-4 שנים לאחר הנטיעה או לאחר התחדשות טבעית בעקבות שרפת היער; כך שותפה הכנימה לדילול העומד ומיתון התחרות על המים. התקופה השנייה שראשיתה 20-25 שנים לאחר הנטיעה או

ההתחדשות הטבעית; במהלכה הכנימה גורמת להתיבשות הכותרות. בפועל המצוקוקוס הוא גורם הרסני ביערות אורן ירושלים ואף בנטיעות החדשות של אורן אלדריקה. השטח הפגוע כולל 100,000 דונם יער.

שני טיפוסים פגיעה אופייניים נגרמים לאורן ירושלים ע"י כנימת המצוקוקוס והקשורים לשריפות היער הם: א. התיבשות הכותרות. ב. כיסוי פני הגזע בטיפות שרף. התיבשות הענפים מתחילה בדרך כלל בחלקים הנמוכים של הכותרת והולכת ומתקדמת כלפי הצמרת, והיא תוצאה של התישבות המונית של הכנימות בבסיסי הענפים. זחלני הכנימה הבוקעים מביצים שהוטלו על גבי הגזע נוטים להתקדם כלפי מעלה (גיאוטרופיזם שלילי) ובוחרים לעצמם את בסיסי הענפים בשל ההתקלפות המוקדמת של הקליפה האופיינית לאתרים אלו. לפיכך בסיסי ענפים מהווים מקום הזנה ומיסתור מתאימים כאחד. מבין שלשה או ארבעה הדורות שמעמידה אוכלוסית הכנימה ביער אורן ירושלים מבוגר, הדור האביבי הוא הדומיננטי, והוא הגורם לפגיעה החמורה ביותר לעץ. התישבות צפופה של כנימות גורמת לשיבוש מערכת המים בשל התפתחות טרכאידים מעוותים, סתימת הגמצים והתפתחות באביב של עצה קיצית - שתפקידה בהובלת מים מזערי. התוצאה היא שיבוש אספקת המים לענף והתיבשותו. כך הולכים ומתווספים חלקי כותרת יבשים לחלקו התחתון של נוף העץ, נשירה רבה של מחטים והאטה חריפה של הצמיחה לרוחב. התוצאה הבלתי נמנעת היא הגברה ניכרת של עוצמות הקרינה המגיעה לרצפת היער, התאוששות מהירה של הצמחיה הנמוכה הרב שנתית וחדירת חד שנתיים. בעקבות כל זה גדלה באופן משמעותי כמות חומר הבערה המצוי על הקרקע.

כיסוי קליפת הגזע בשרף הוא פן אחר של אותו התהליך. הפרשת שרף (resinosis) אופיינית לפגיעת מיני מצוקוקוס שונים ברחבי העולם. זוהי תופעה אוניברסלית של תגובת מערכת ההגנה של עצי מחט כנגד חרקים ופתוגנים. הופעת השרף על גזע אורן ירושלים מתרחשת לאחר שאוכלוסית הכנימה סימה את התפתחותה.

פרטים של אורן ירושלים המגלים רגישות גבוהה למצוקוקוס מתכסים בשכבה עבה של טיפות שרף לאורך כל הגזע תוך שנים ספורות. פרטים כאלו שכיחים בכל

חלקת אורן ירושלים נטועה, במיוחד באלו שאינן נתונות במשטר דילולים מסודר. כיסוי הקליפה בשרף מדרבן את זחלני המצוקוקוס לעבור ולהתיישב בחלקים אחרים של הגזע על פי רוב עליונים יותר, והם אף נוטים להנשא ע"י הרוח. זליגת השרף, באורן ירושלים מאוכלס ע"י המצוקוקוס, היא סיומה של סדרת שינויים היסטולוגיים. למעשה טיפות השרף מופיעות על פני הגזע בשל התפתחות פרידרם נקרופילקטי (necrophillic periderm), וקילוף קודם-זמנו של רקמת השעם, החושף את קצות ביבי השרף. חשוב להדגיש שצפיפות ביבי השרף היא רבה בקטעי הגזע מהם ניזונו הכנימות בשל התפתחות ביבי שרף טראומטיים. טיפות השרף מופיעות בכמות משמעותית חודשים אחדים לאחר שגל הכנימות הראשון סיים התפתחותו. התיישבות המונית של כנימות על גבי הגזע מותירה צלקות אופייניות בעצה האביבית של הטבעת השנתית. על פי צלקות אלו אפשר לקבוע את מועד ההתקפה ולהעריך את העיתוי או התקופה בה נגרמה הקזת השרף. כך מצאנו (במחקר שטרם הסתיים) שטיפות השרף נשארות על פני הקליפה 9 - 16 שנים לאחר הפגיעה ע"י מצוקוקוס.

בזמן השרפה טיפות השרף על פני הגזע מהוות את הגשר דרכו מתקדמת הבערה מרצפת היער אל החלק התחתון היבש של נוף העצים, והשרפה הופכת לשרפת כותרות. שרפות הן אמצעי חשוב "בידי" אורנים לחזור ולשלוט בבתי הגידול, ואכן מיני אורן רבים מותאמים לדלקה. לחרקי יער חלק חשוב בתהליכים אלו. כך למשל בצפון אמריקה חיפושיות קליפה מכשירות את יער האורן לשרפה, הכנה שהיא פועל יוצא של יחסי הגומלין שבין מבנה הגילים של יער האורן ורגישות האורן לחיפושיות קליפה. אורן ירושלים מתחדש היטב לאחר שרפות. לפיכך אין להוציא מכלל אפשרות שהאצת השרפה ביער פגוע ע"י מצוקוקוס היא מרכיב אינטגרלי של מערכת הטבעית המביאה לחידוש היער. מהלך עניינים זה מאיץ את הברירה הטבעית של אורן ירושלים לעמידות בפני מצוקוקוס ובפני יובש, בשל פעילות הכנימה על אוכלוסית הזריעים החל מהשנה השלישית. כל זאת דרך העקה שמפעילה הכנימה על מערכת המים של הצמח.

לסיכום, המצוקוקוס הארץ ישראלי עלול להתגלות כגורם משמעותי בהאצת הדלקות ביער אורן ירושלים. זאת בשל דילול הכותרות שהכנימה גורמת

ובעקבותיה התפתחות חזקה של צמחיית תת היער, ובשל מעבר האש מקרקע היער אל הכותרות ע"י הצתת טיפות השרף, המופיעות על חלקי גזע בהם התישבו הכנימות. כמובן בשעה שהיער כבר עולה בלהבות אין משמעות לכיסוי השרף על גזעי עצים פגועים ע"י מצוקוקוס. למרות ההנחה שמהלך ענינים זה הוא ארוע טבעי ביער אורן ירושלים בארץ, ניתן להקטין את השפעת המצוקוקוס על ארועי שרפות ע"י צמצום אוכלוסיתה בשיטות הדברה ומניעה כאחד.

ב. ריבוי המוני של כנימת המצוקוקוס הא"י

צוואר הבקבוק של ניהול המחקר הוא גידול המוני של הכנימה. בשנות המחקר הקודמות פיתחנו מערכת של גידול המוני יעילה. עם זאת יש לציין שמערכת זו היא עתירת זמן כסף וכח אדם (חשוב לציין שאספקת אורנים ממשלות קק"ל מקל עלינו, אולם עלינו לגדל בעצמנו שתילים אלו משך 12-18 חודשים נוספים על מנת להביאם למצב מתאים לגידול הכנימות). עצירת התפתחות הכנימות בקיץ ובחממות, או בתנאי שדה נעוצה בהשפעה של הטמפרטורות הגבוהות על קצב התפתחות הזריעים. עצירת התפתחות האורנים גורמת לבלימת התפתחות הכנימות ותנובה של נקבות זעירות ממדים. בניסויים שבוצעו בשנים קודמות מצאנו שניתן לדלג על מחסום זה ע"י החזקת מערכת הגידול בטמפרטורה ומחזור אור מבוקרים, $11D:13L \ 22^{\circ}C$. לפיכך השנה הקמנו מערך גידול מקביל בחדרים מבוקרים שצויידו לשם כך במערכות קרור ותאורה מתאימים. כך הצלחנו לשמור על תנופת הגידול ולהגיע לסתיו עם אוכלוסיה גדולה של כנימות.

הריבוי ההמוני משרת את נושאי מחקר אחדים שהחשובים שבהם הינם: א. בחינת עמידות של טיפוזי אורן שונים מיובאים או כאלו שיעמדו לרשות היערנים לאחר ברירה וטיפוח; ב. בחינת יעילות של קוטלי חרקים להדברת הכנימה; ג. בסיס למחקר ואיקלום של אויבים טבעיים של הכנימה; ד. פיתוח מערכת ניטור המבוססת על זיהוי פרומון המין של הכנימה.

ג. בחינת התנהגות ההטלה של הפשפש הטורף *Elatophilus hebraicus*

הפשפש הטורף *E. hebraicus* היא האויב הטבעי השכיח והעיקרי של כנימת המצוקוקוס. חשיבותו בהדברת הכנימה הוכחה בעקיפין בעבודות מקדימות אחדות ע"י אלימינציה של הפשפש ע"י קוטלי חרקים סלקטיביים. אוכלוסית הפשפש מצויה בד"כ על פני הגזע והענפים הראשיים של אורן ירושלים מלווה את האוכלוסיות הלטנטיות של הכנימה. חשוב לציין שטורף זה הוא כנראה אנדמי לישראל, בדומה לכנימה, והכנימה היא מזונו הבלעדי.

בחינת התנהגות ההטלה של הפשפש מהווה פרק חשוב בביולוגיה של מין זה ומינים קרובים אחרים, היא מרכיב חשוב בדינמיקת האוכלוסין של אוכלוסיות, בעלת משמעות רבה בפיתוח אמצעי הדברה ובחינת קוטלי חרקים כנגד הכנימה, עידוד אוכלוסית הפשפשים והפצת מינים קרובים אחרים.

בשלב ראשון בחנו את מקומות ההטלה על פני האורן: בין מקומות ההטלה האפשרית על פני הצמח, גזעי ענפים בסיסי המחטים ומהחטים, נמצא שההטלה מתבצעת בתוך מחט האורן (ראה תמונות 1, 2). הביצים מוחדרות לתוך רקמת הפארנכימה של המחט מתחת לאפידרמיס ו/או ההפזדרמיס, בד"כ בשקעי הפיוניות, כאשר קצה הביצה בולט מחוץ לאפידרמיס. תאי הפארנכימה במקום ההטלה נהרסים והתאים בסיסם עוברים דפורמציה ומתמלאים טנינים. פיזור ביצי הפשפש בשני עצי אורן ירושלים נבחן ביער בקוע. הפיזור נקבע בהתאמה לגיל המחט, האתר על פני המחט, קומת הנוף (גובה) ומיקום הענפים בכותרת (חיצוני/פנימי), והכיוון (ארבע רוחות שמים). ביצים נמצאו על מחטים מבוגרות וצעירות כאחד. עם זאת הניסויים מבוקרים נמצא שהפשפשים מעדיפים להטיל במחטים צעירות. שיעור הרב ביותר של הביצים נמצא בגובה של 0-2 מ' הענפים הפנימיים ובכוון צפון. בתנאי מעבדה מטילות הנקבות גם מחטים מנותקות. רוב הביצים מוטלות בקטע של 30%-40% מאורך המחט, מבסיסה. (ראה טבלה 1 ותמונות 3, 4). קבלת הטלות פוריות והשלמת התפתחות העוברים במחטים מנותקות מאפשר לנו לבחון באופן פשוט ומהיר השפעת תכשירי הדברה על ההטלה והביצים, בנוסף לפיתוח שיטות להעברה והפצה של הפשפשים - אינטרודוקציה של מינים נוספים לארץ ללא

חשש בשל העברת המזיק.

בבחינה של טווח הפונדקאים הצמחיים של הפשפש, כלומר אלו שהפשפש מטיל ברקמת עלוותם והעוברים מסיים בתוכה את התפתחותם ומגיחים, התקבלו התוצאות הבאות. הפשפש רואה במיני הסוג אורן פונדקאים רצויים ומיני האורן שנבחנו (פרט למין אחד) היוו פונדקאים מוצלחים. לעומת זאת, מינים בסוגים אחרים במשפחת האורניים (Pinaceae) שנבחנו אשוח, אשוחית וארז נדחו למעשה ע"י הפשפש (פרוט ראה בטבלה 2).

ד. השפעת טיפול מחטים באפלורד על הטלה ובקיעה של ביצי הפשפש E. hebraicus

מחקר הביולוגיה של הפשפש הטורף ובעיקר בהשפעת הטמפרטורה על קצב ההתפתחות והתנהגות ההטלה שבוצע בשנתיים האחרונות מהווה את הבסיס החיוני לבחינת השפעת קוטלי חרקים על הפשפש. מגמת המחקר היא בחינת ההשפעה השלילית האפשרית של קוטלי חרקים המיועדים להדברת תהלוכה האורן או המצוקוקוס הארץ ישראלי על אוכלוסית הפשפש הטורף. כאשר ההטלה במחטי הכותרת חושפת את הביצים להשפעת קוטלי חרקים בעיקר אלו המרוססים מהאוויר. לפיכך, גם תכשירי ההדברה שנבחרו לבחינה הם כאלו בשימוש ביער האורן בארץ, או כאלו שיש כוונה לצרפם למאגר התכשירים.

במסגרת זו אנו מדווחים על תוצאות ניסוי ראשוני בקוטל חרקים אפלורד. התכשיר שייך למעכבי הכיטין החדשים מקבוצת הבנזואיל פנול אוריאה, שהראה יעילות בהדברת המצוקוקוס בתנאי מעבדה. חשוב לציין שלמרות שהמידע הרב שיצטבר על הביולוגיה של ההטלה, של הפשפש, ביצוע ניסויים כמותיים הוא הליך מורכב ומייגע בשל רגישות הביצים לכל שינוי במחט, והמדדים הזעירים של הביצים והזחלים הצעירים.

מערכת הניסוי כוללת את הטיפולים הבאים: א. הטלה על שתילי אורן לפני ריסוס; ב. הטלה של אותם הפרטים על שתילי אורן, 24 שעות לאחר טיפול בתכשיר הנבחן; ג. העברת אותם הפרטים ~~בשלב~~ להטלה על שתילי אורן שלא טופלו בתכשיר. בשלב ראשון יבדקו התכשירים בריכוז (מינון המומלץ לשימוש ביער,

תכשירים שיראו השפעת שלילית על הפשפש יבחנו גם בסדרת ריכוזים נמוכים יותר. תוצאות הניסוי הראשוני הבהירו שלאפלורד לא היתה השפעה על ההטלה או שעור בקיעת הביצים (ראה טבלה 3).

בשנת המחקר הנוכחית נבחנו התכשירים הבאים: דימולין, תיונקס ודיפל (תכשיר B.t.).

ה. איכלוס אורן ירושלים ע"י כינמת המצוקוקוס

אפיון פיזור אוכלוסית זחלי כינמת המצוקוקוס על פני אורן ירושלים הינו מרכיב חיוני בפיתוח מערכת דגימה והערכה של צפיפות אוכלוסית המזיק. בדווח זה אנו מציגים את התוצאות הראשונות של ניתוח סדרת דגימות של אוכלוסית הכנימה הישובה על גזעי אורן ירושלים בני 25 שנים. אוכלוסית הכנימה מצויה בשלב הלטנטי, כלומר בפרק הזמן המקדים את ההתפרצות. למרות זאת, האוכלוסיה גדולה דייה לגרום לנזק הכרוני. בתמונה 5 מוצג הקשר בין צפיפות הזחלים לגובה המקטע הנגרם. צפיפויות גבוהות של זחלים נצפו בשליש התחתון של העץ וירידה ככל שהמקטע גבוה יותר. ההסבר למגמה זו נמצא בתמונה 6. האתרים המתאימים להתישבות הזחלים הם קטעי קליפה בהם מתקיים קילוף של שכבות השעם המביא לחשיפת הקורטקס במקביל ליצירת אתרי מחסה נוחים (קטעים B ו-C תמונה 6). מצב זה אינו קיים מקטע A בו הרטידום העבה מונע התישבות הזחלים בשקעי העדשתיות, נותרים חשופים בקטעים D ו-E.

טבלה 1: פיזור ביצי E. hebraicus על עצי אורן ירושלים בני 13 שנה בבקוע, נגועים בצפיפות בכנימת המצוקוקוס (ענפים נדגמו ב-27.7.88 וב-88.8.88).

גובה	סה"כ מחטים	% מחטים עם ביצה אחת או יותר	סה"כ ביצים ל-100 מחטים
-2 0 מ'	4,095	1.44	9.25
2.1-4 מ'	8,091	1.35	5.66
4.1-6 מ'	28,278	0.90	5.62
מיקום בכותרת			
פנים	9,747	2.43	16.23
חוץ	30,717	0.53	2.75
כיוון*			
דרום	11,394	0.90	4.23
צפון	21,402	1.35	8.82
מזרח	7,668	0.11	1.16
סה"כ	40,464		

* מערב, אגף ללא עלווה

טבלה 2: רשימת פונדקאים צמחים שנבחנו התאמתם במצע הטלה לפשפש הטורף Elatephilus herbaicus (+מציין הטלה ובקיעה - מציין שלא היתה הטלה)

Pinaceae אורניים

עצי מחט אחרים

- Abies nordmanniana Spach
- Cedrus atlantica Manetti
- C. deodara Lound

- Taxus baccata L.
- Juniperus oxycedrus L.

רחבי עלים בעלי עלווה דמויית מחט

- Picea abies Karsten
- P. sitchensis Carriere

- Calothamnus quadrifidus R. Br.

- + Pinus brutia L.
- + P. canariensis C. Smith
- + P. caribaea Morelet
- + P. contorta Douglas
- + P. coulteri D. Don
- + P. edulis Engelmann
- + P. ellioti Engelmann
- + P. halepensis Mill.
- + P. leucodermis Antoine
- P. montezumae Lambert
- + P. mugo Turra
- + P. nigra Arnold
- + P. pinea L.
- + P. pinaster Ait.
- + P. ponderosa Douglas
- + P. radiata D. Don
- + P. sylvestris L.
- + P. strobus L.

- Casuarina glauca Sieb.
- Tamarix aphylla Karst.

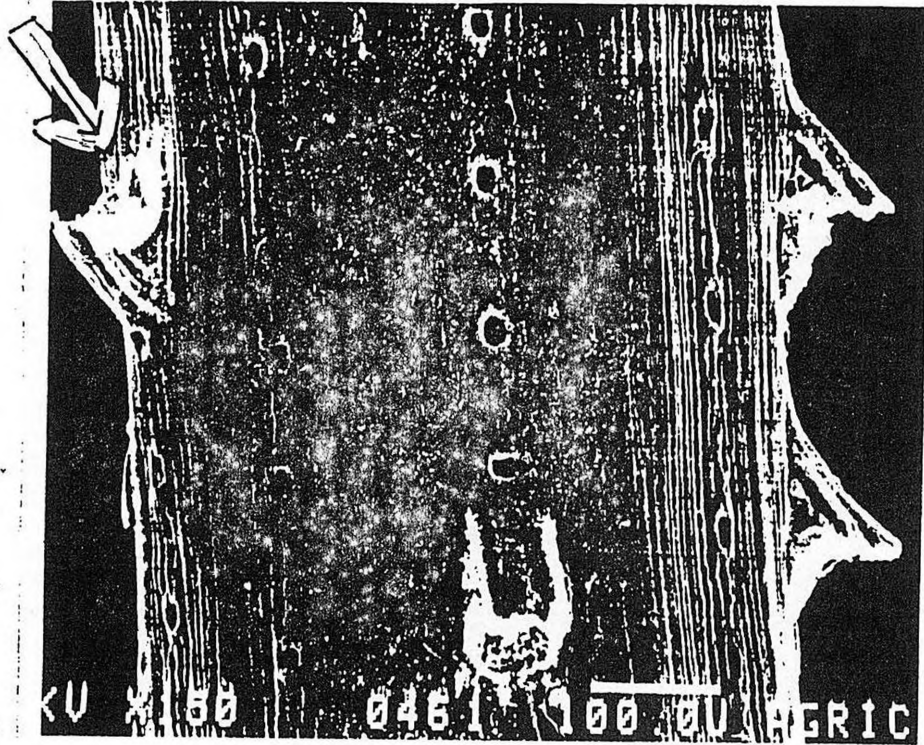
- Pseudotsuga menziesii

טבלה 3: השפעת טיפול באפלורד (בופרופזין 0.2%) על הטלה ובקיעה של הפשפש הטורף Elatephilus hebraicus (ממוצע לחזרה)*.

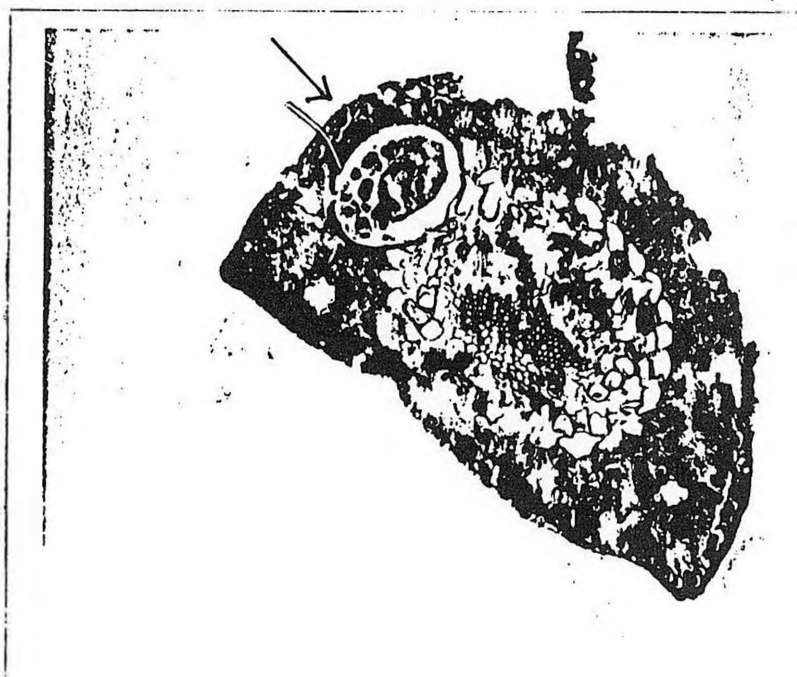
הטיפול	ביצים שהוטלו	ביצים שלא בקעו (%)	פשפשים שמתו במהלך הבקיעה (%)	פשפשים שהגיוחו והפתתו לדרגות מבוגרות (%)
- הטלה במחטים שלא טופלו	20.3 ^b	9.3 ^a (46.9)	0 ^b (0)	11.0 ^a (54.1)
- הטלה במחטים שטופלו	45.6 ^a	18.0 ^a (39.4)	4.7 ^a (10.2)	27.7 ^a (60.6)
- הטלה במחטים שלא טופלו לאחר שהייה של 48 שעות על מחטים מטופלות	55.0 ^a	13.7 ^a (24.9)	1.7 ^b (3.0)	41.3 ^a (72.1)

* ההבדלים בתוך הטורים בין הממוצעים הנושאים אותה האות אינם מובהקים (P=0.05)

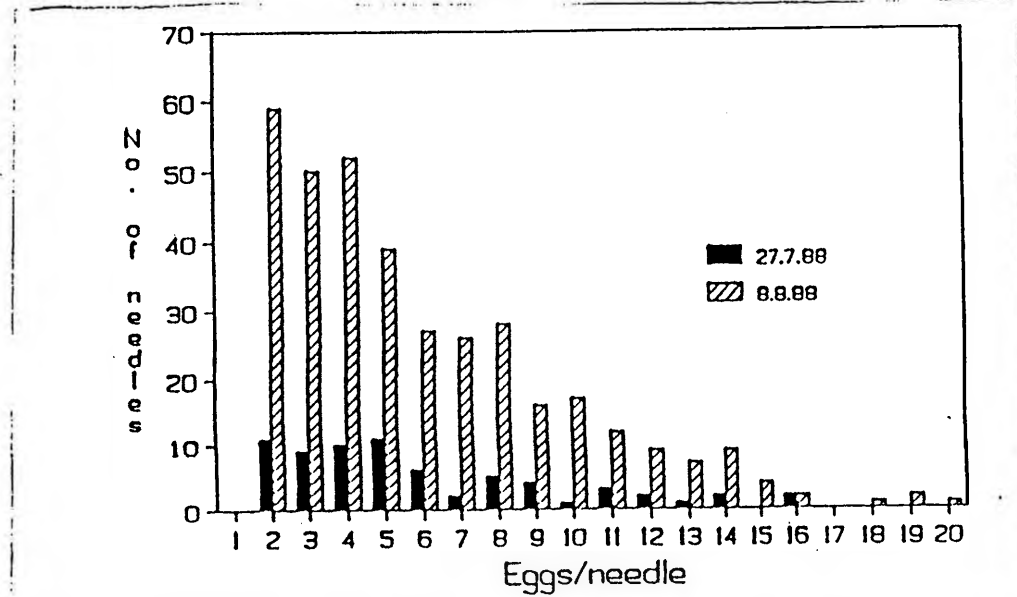
תמונה 1. יבוצי *E. hebraicus* נעוצות במחט אורן ירושלים (x 150).



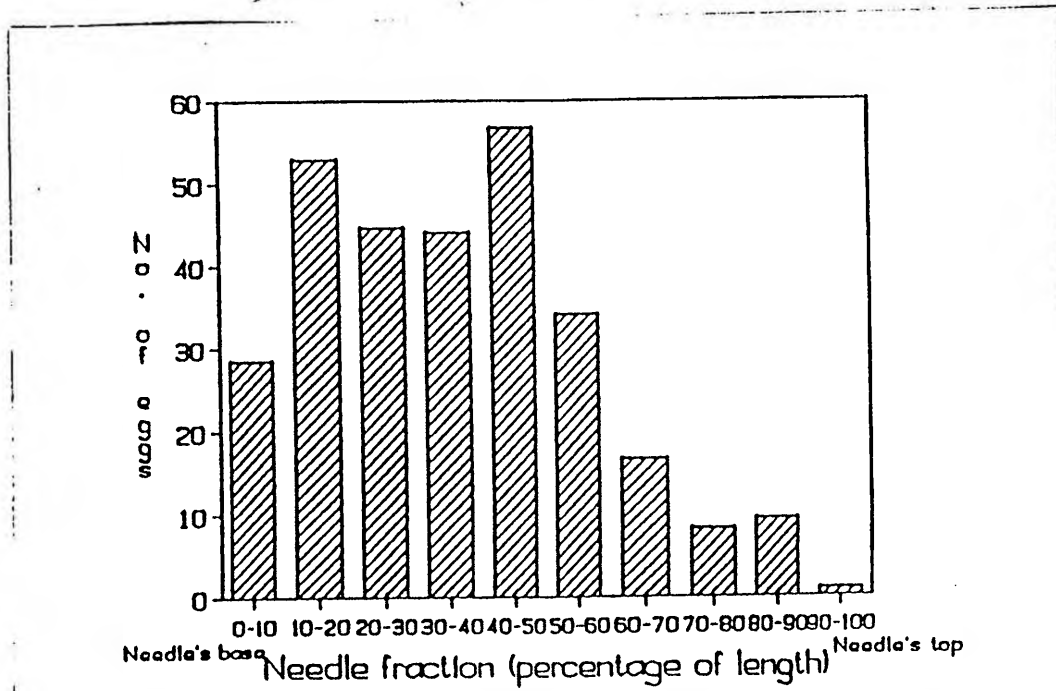
תמונה 2. חתך רחב במחט אורן ירושלים עם ביצת *E. hebraicus* נעוצה ברקמת הפרניכומה.



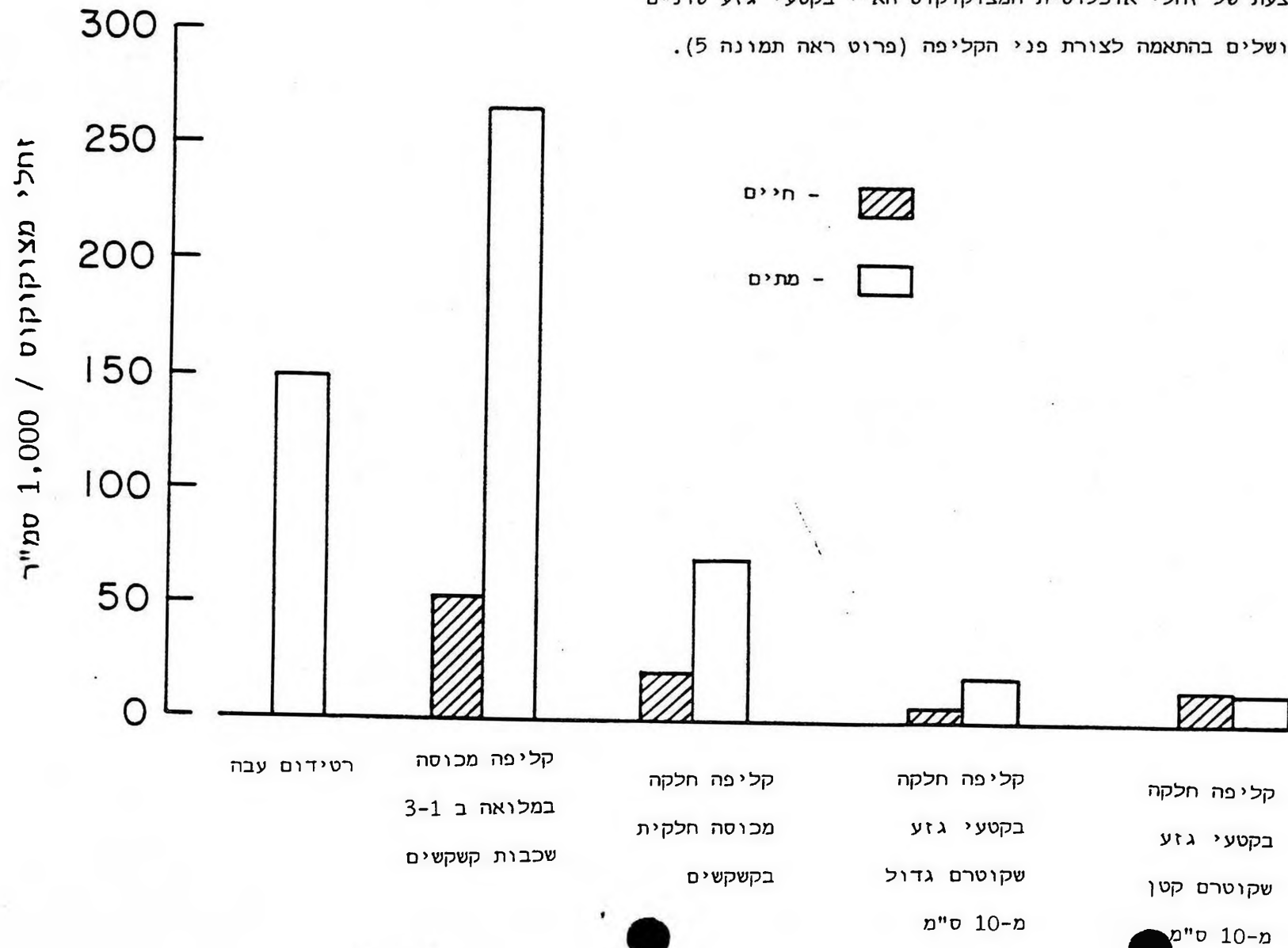
תמונה 3: תדירות מחטי אורן ירושלים על פי צפיפות הביצים של *E. hebraicus* למחט מתוך סה"כ המחטים שנדגמו ושהוטלו בהן ביצים. הדגימות בוצעו ביער בקוע בשני עצים בתאריכים שונים.

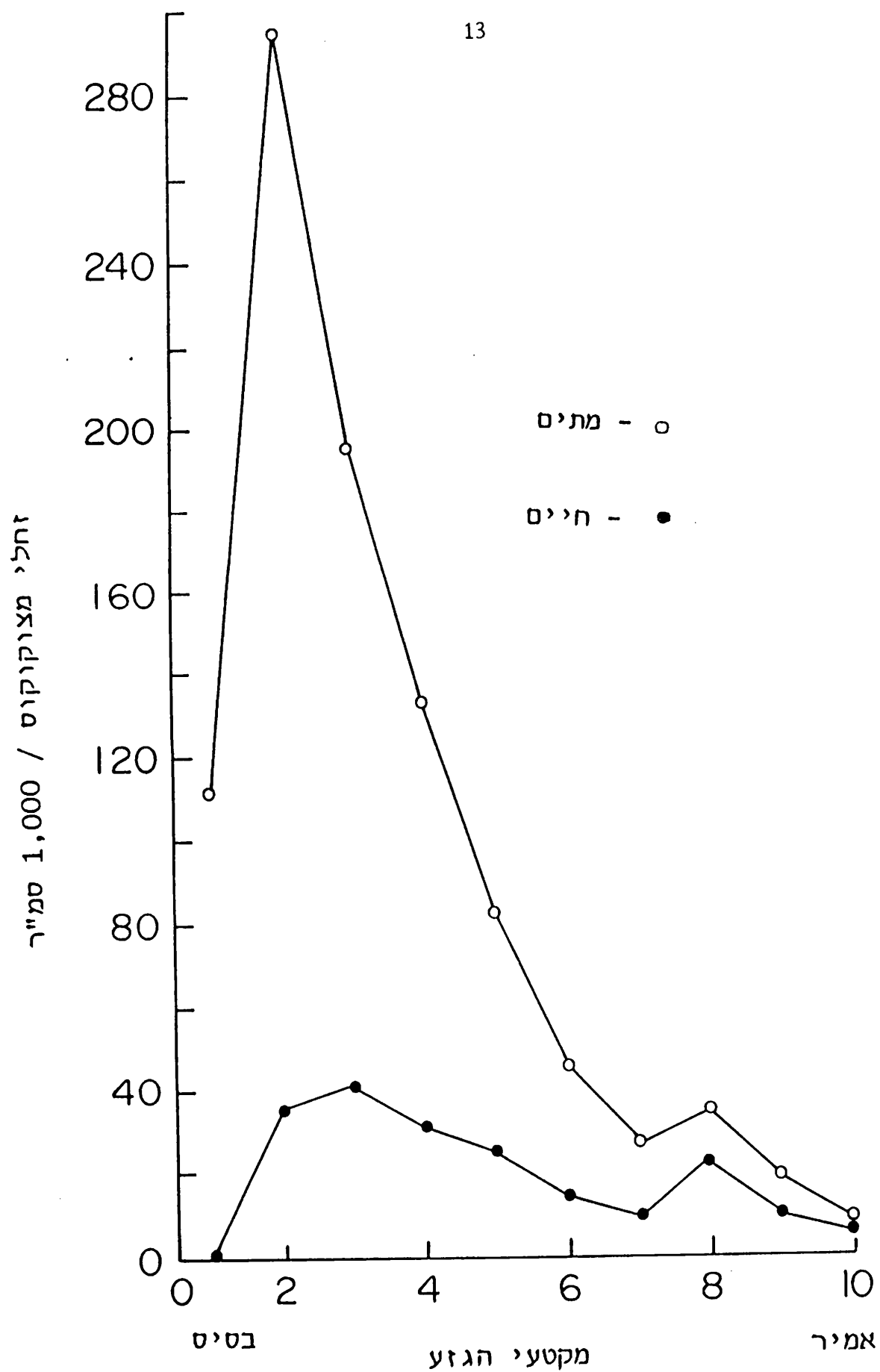


תמונה 4: מספר הביצים לאורך 50 מחטי אורן ירושלים שנדגמו ביער בקוע (8.8.88) (כל קטע אורך מהווה עשירית מאורך המחט).



תמונה 6: צפיפות ממוצעת של זחלי אוכלוסית המצוקוקוס הא"י בקטעי גזע שונים של אורן ירושלים בהתאמה לצורת פני הקליפה (פרוט ראה תמונה 5).





תמונה 5: צפיפות ממוצעת של אוכלוסית זחלי המצוקוקוס הא"י בקטעי גזע שונים

של אורן ירושלים בני 25 שנים על פי הגובה על פני הגזע. התמונה

מבוססת על מערכת דגימות שבוצעה ביערות אשתאול ומשואה וכוללת

סה"כ 80 עצי דגימה.