



הופק בתאריך: 01.02.94

דו"ח דיווח מדעי

=====

קוד זיהוי : 131-0637-93

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

סוג דו"ח : מדעי שנתי

חוקר ראשי : מנדל צבי

חוקרים משניים: זהבי עמי

מדר ציון

ספיר ניצה

עשאל פביאן

מקורות מימון עבורם פועל הדו"ח:

קרן קיימת לישראל

תקציר הדו"ח:

אנו מדווחים על שלושה נושאי מחקר:

1. התפוצה העולמית של הכנימה בהתאמה לפונדקאיה בפועל ובכח (חת-סקציה (HALEPENSES) ומשמעותה לנטיעת אורנים בישראל (עמ' 3).
2. בסיס ידע להפעלת מלכודות פרומון לניטור אוכלוסיית הכנימה (עמ' 7).
3. סיכום ארבע שנות תצפית על פעילות המצוקוקוס ביער אורן מתחדש ומשמעותן בתהליכי עיצוב יער אורן ירושלים והתפתחות עמידות לכנימה (עמ' 16).

המצוקוקוס הארץ ישראלי היא מין אנדמי בכל היערות הטבעיים של אורן ברוטיה *PINUS BRUTIA SSP BRUTIA*, הכנימה אינה מצוייה ביערות הטבעיים של שאר תת-המינים של אורן ברוטיה, ובאוכלוסיות אורן ירושלים. מקורות הזרעים של אורן ברוטיה מהאיזורים הנמוכים בטורקיה וכרתים הם מקורות הזרעים המועדפים לבחינה יסודית בתנאי הארץ. העמידות החלקית שמגלה אורן ירושלים יווני למצוקוקוס אינה תוצאה של קיום משותף עם הכנימה על פני תקופות ארוכות. לפיכך אין לראות ביבוא זרעים של מין זה ביוון תשובה סופית לבעיית הכנימה. יבוא של גנוטיפ זה מחייב בחירת מקור זרעים על פי בית הגדול התואם את התנאים בארץ. יתכן שדווקא בני כלאים של אורן ברוטיה טורקי ואורן ירושלים מישראל הם הפתרון המתאים לאספקת חומר ריבוי בעל חיוניות רבה המשולבת בעמידות למצוקוקוס.

התקבלו שני מרכיבים של פרומון המין של נקבת המצוקוקוס, השנים הם איזומרים כירליים, מרכיב A הוא הפעיל ואילו מרכיב B אינו פעיל, ואינו משבש את הלכידה של זכרי הכנימה או הפשפשים המורפים. ריכוז של 240 µg חומר פעיל לנדיפת מהווה את הריכוז האופטימלי בכל הקשור ללכידה מירבית של הזכרים, אך למרות שיחכן שלצורך הפעלה יעילה של המלכודות למטרות ניטור ידרשו ריכוזים קטנים יותר. מלכודות שהוצמדו לגזע לכדו כפוינות גדולות יותר של זכרי המצוקוקוס הא"י בהשוואה לאלו שניתלו בין העצים. לא נמצאו הבדלים משמעותיים בעוצמת הלכידה במלכודות מצבעים שונים, לצבע לא היתה השפעה ברורה על מידת הזיהום של המלכודות בחרקים זרים.

המלכודות נפרסו ביער הנטוע בשלושת החבלים, והיער הטבעי בכרמל, סה"כ נדגמו 44 חלקות. בחבל צפון שיעורי הלכידה הם קטנים. באיזור שגב נדגמו לכידות גבוהות במיוחד המשקפות את ההתנוונות המואצת של יערות אורן ירושלים באיזור. את יכולתה של המלכודת לחזות התפרצויות אוכלוסיית הכנימה ונזקים עתידיים אפשר לראות בממצאים שהתקבלו ביער להב. חלקות אורן ירושלים ביער זה נחשבות בריאות. אך בשל החורפים הגשומים בחורפים 1991/2 והצמיחה הנמדצת של האורן

תקציר הדו"ח:

נגרמה עליה חדה גם באוכלוסיות הכנימה. הנזקים ליער ידאו רק בקיץ 1994. אוכלוסיות גבוהות יחסית של הכנימה נרשמו בנטיעות של אורן ברוטיה. הדבר מאשר בעקיפין ממצאים קודמים הגורסים שעמידות מין אורן זה לכנימה היא לפעשה סבילות.

השינויים העונתיים בצפיפיות הכנימה בשלוש החלקות (אורן ירושלים ואורן ברוטיה נטועים ביער הטבעי בכרמל), כפי שהתקבלה על פי לכידת זכרים במלכודות, דומים. אוכלוסית הכנימה גבוהה בשלהי החורף, ירידה באוכלוסיות הכנימה נרשמת לקראת הקיץ והאוכלוסיה חוזרת ומתעצמת לקראת הסתיו. בחינת דינמיקת התמותה של זרעי האורן שהתחדשו לאחר השרפה בכרמל וביער חורשים מעידה שהמצוקוקוס הוא אכל גורם התמותה הדומיננטי של זרעי אורן ירושלים. התמותה העיקרית בכרמל צפויה בחורף ובאביב של 1993-1994. בנטיבות מסוימות, כתוצאה מקטילה המונית עלול להיווצר מצב שבו לא יהו מספיק עצים כדי לחדש את השטח ליער צפוף הדומה למצב לפני השריפה.

חתימות ואישורים:

תאריך

אמרכלות

מנהל המכון

מנהל המחלקה

חוקר ראשי

דווח שנתי לתוכנית מחקר מס' 131-0637
1993

פיתוח מערך הדברה וניהול יער להגנת נטיעות אורן מפני המצוקוקוס הא"י

מוגשת ע"י:

צבי מנדל ופביאן עשאל המחלקה לאנטומולוגיה, מינהל המחקר החקלאי, בית דגן

בשיתוף:

ציון מדר, ניצה ספיר ועמירם זהבי, אגף היעור, הקרן הקימת לישראל

תקציר

אנו מדווחים על שלושה נושאי מחקר:

1. התפוצה העולמית של הכנימה בהתאמה לפונדקאיה בפועל ובכח (תת-סקציה Halepenses) ומשמותה לנטיעת אורנים בישראל (עמ' 3).

2. בסיס ידע להפעלת מלכודות פרומון לניטור אוכלוסיית הכנימה (עמ' 7).

3. סיכום ארבע שנות תצפית על פעילות המצוקוקוס היער אורן מתחדש ומשמעותן בתהליכי עיצוב יער אורן ירושליים והתפתחות עמידות לכנימה (עמ' 16).

המצוקוקוס הארץ ישראלי היא מין אנדמי בכל היערות הטבעיים של אורן ברוטיה *Pinus brutia ssp brutia*, הכנימה אינה מצוייה ביערות הטבעיים של שאר תת-המינים של אורן ברוטיה, ובאוכלוסיות אורן ירושליים. מקורות הזרעים של אורן ברוטיה מהאיזורים הנמוכים בטורקיה וכתרים הם מקורות הזרעים המועדפים לבחינה יסודית בתנאי הארץ. העמידות החלקית שמגלה אורן ירושליים יווני למצוקוקוס אינה תוצאה של קיום משותף עם הכנימה על פני תקופות ארוכות. לפיכך אין לראות ביבוא זרעים של מין זה ביוון תשובה סופית לבעית הכנימה. יבוא של גנוטיפ זה מחייב בחירת מקור זרעים על פי בית הגדול התואם את התנאים בארץ. יתכן שדווקא בני כלאיים של אורן ברוטיה טורקי ואורן ירושליים מישראל הם הפתרון המתאים לאספקת חומר ריבוי בעל חיוניות רבה המשולבת

בעמידות למצוקוקוס.

התקבלו שני מרכיבים של פרומון המין של נקבת המצוקוקוס, השנים הם איזומרים כירליים, מרכיב A הוא הפעיל ואילו מרכיב B אינו פעיל, ואינו משבש את הלכידה של זכרי הכנימה או הפשפשים הטורפים. ריכוז של $240 \mu\text{g}$ חומר פעיל לנדיפת מהווה את הריכוז האופטימלי בכל הקשור ללכידה מירבית של הזכרים, אך למרות שיתכן שלצורך הפעלה יעילה של המלכודת למטרות ניטור ידרשו ריכוזים קטנים יותר. מלכודות שהוצמדו לגזע לכדו כמויות גדולות יותר של זכרי המצוקוקוס הא"י בהשוואה לאלו שניתלו בין העצים. לא נמצאו הבדלים משמעותיים בעוצמת הלכידה במלכודות מצבעים שונים, לצבע לא היתה השפעה ברורה על מידת הזיהום של המלכודת בחרקים זרים.

המלכודות נפרסו ביער הנטוע בשלושת החבלים, והיער הטבעי בכרמל, סה"כ נדגמו 44 חלקות. בחבל צפון שיעורי הלכידה הם קטנים. באיזור שגב נרשמו לכידות גבוהות במיוחד המשקפות את התנהוונות המואצת של יערות אורן ירושלים באיזור. את יכולתה של המלכודת לחזות התפרציות אוכלוסיות הכנימה ונזקים עתידיים אפשר לראות הממצאים שהתקבלו ביער להב. חלקות אורן ירושלים ביער זה נחשבות בריאות. אך בשל החורפים הגשומים בחורפים 1991\2 ו-1992\3 והצמיחה הנמרצת של האורן נגרמה עליה חדה גם באוכלוסיות הכנימה. הנזקים ליער יראו רק בקיץ 1994. אוכלוסיות גבוהות יחסית של הכנימה נרשמו בנטיעות של אורן ברוטיה. הדבר מאשר בעקיפין ממצאים קודמים הגורסים שעמידות מין אורן זה לכנימה היא למעשה סבילות.

השינויים העונתיים בצפיפות הכנימה בשלוש החלקות (אורן ירושלים ואורן ברוטיה נטועים וביער הטבעי בכרמל), כפי שהתקבלה על פי לכידת זכרים במלכודות, דומים. אוכלוסית הכנימה גבוהה בשלהי החורף, ירידה באוכלוסיות הכנימה נרשמת לקראת הקיץ והאוכלוסיה חוזרת ומתעצמת לקראת הסתיו.

בחינת דינמיקת התמותה של זרעי האורן שהתחדשו לאחר השרפה בכרמל וביער חורשים מעידה שהמצוקוקוס הוא אכן גורם התמותה הדומיננטי של זרעי אורן ירושלים. התמותה העיקרית בכרמל צפויה בחורף ובאביב של 1993-1994. בנסיבות מסויימות, כתוצאה מקטילה המונית עלול להיווצר מצב שבו לא יהיו מספיק עצים כדי לחדש את השטח ליער צפוף הדומה למצב לפני השריפה.

פיתוח מערך הדברה וניהול יער להגנת נטיעות אורן מפני המצוקוקוס הא"י

מבוא

תוכנית המחקר היא חלק מפרויקט מחקר רב שנתי המיועד ליצר מידע ולהציג פתרונות לנזקי המצוקוקוס הא"י *Matsucoccus josephi*, כנימת מגן המהווה את בעית הגנת הצומח המרכזית ביער הנטוע בארץ. התוכנית אוגדת מספר כיווני מחקר המיועדים לתת בידי היערנים מידע רחב ככל האפשר לגבי הבנת הבעיה והתמודדות אתה בשני מישורים: א. פיתוח מערכות ניטור ושיטות הדברה ומניעה להקטנת הנזקים ליער אורן ירושליים הקיים במסגרת מימשק היער, ב. תכנון הנטיעה ובחירת טיפוס אורן עמידים עבור היערות החדשים והמחודשים. לפיכך תוכנית מחקר זו היא המשך ישיר של שתי תוכניות מחקר קודמות. התוצאות שהושגו עד כה נמסרו במסגרת הדוחות השנתיים ופירסומים מדעיים. המטרות שעמדו במסגרת נושאי המחקר הנכללים בדיוח הנוכחי הם:

1. התפוצה העולמית של הכנימה בהתאמה לפונדקאיה בפועל ובכח (תת-סקציה *Halepenses*) ומשמעותה לנטיעת אורנים בישראל.
2. בסיס ידע להפעלת מלכודות פרומון לניטור אוכלוסיית הכנימה, ולימוד הפנולוגיה של הכנימה והפשפש הטורף *Elatophilus hebraicus*.
3. סיכום ארבע שנות תצפית על פעילות המצוקוקוס ביער אורן מתחדש ומשמעותן בתהליכי עיצוב יער אורן ירושליים והתפתחות עמידות לכנימה.

=====

1. התפוצה העולמית של הכנימה בהתאמה לפונדקאיה בפועל ובכח (תת-סקציה *Halepenses*) ומשמעותה לנטיעת אורנים בישראל.

מבוא

פרק זה של המחקר מהווה דיוח מסכם של הביוגאוגרפיה העולמית של המצוקוקוס הא"י. המטרות היו כדלקמן: (1) לברר את התפוצה המרחבית של הכנימה בעולם בהתאמה לתפוצת של טיפוסים הגאוגרפיים של אורנים-פונדקאים שלה, (2) לנתח את מסלולי ההגירה האפשריים של הכנימה בהשוואה לאלו של אורן ירושלים ואורן ברוסיה, ו- (3) לבחון את הזיקה בין נוכחות טבעית של הכנימה באוכלוסיית האורן לבין התפתחות עמידות לכנימה. חשיבותו של המחקר קבלה מישנה תוקף לאחר שהוכח שהכנימה אינה מין אנדמי לישראל, והשוואת דפוסי הפיזור של מקטעי DNA

של המצוקוקוס הא"י מאוכלוסיה ישראלית, קפריסאית וטורקית הצביעה על האפשרות הסבירה שהכנימה חדרה לישראל מקפריסין (ראה דוח מחקר לתכנית זו לשנת 1992). מקור גנטי עמיד לכנימה לא נמצא ביער האורן הטבעי בישראל. לפיכך בחירת מקורות זרעים זרים, הנחשבים מבטיחים, חייבית ראשית כל להתבסס על עמידות למצוקוקוס של העומדים מהם נבחרים עצי אם לזרעים עבור היעור הישראלי. במסגרת הדיון הנוכחי יושם הדגש על אורן ירושליים יווני ואורן אלדרי הנחשבים מינים בעלי פוטנציאל ליעור בארץ. הדווח מובא כסכום תמציתי. תאור מפורט של השיטות, התוצאות והמסקנות מוצגים בסדרת מאמרים שרובם התפרסמו לא מכבר, ואחרים בשלבי פירסום.

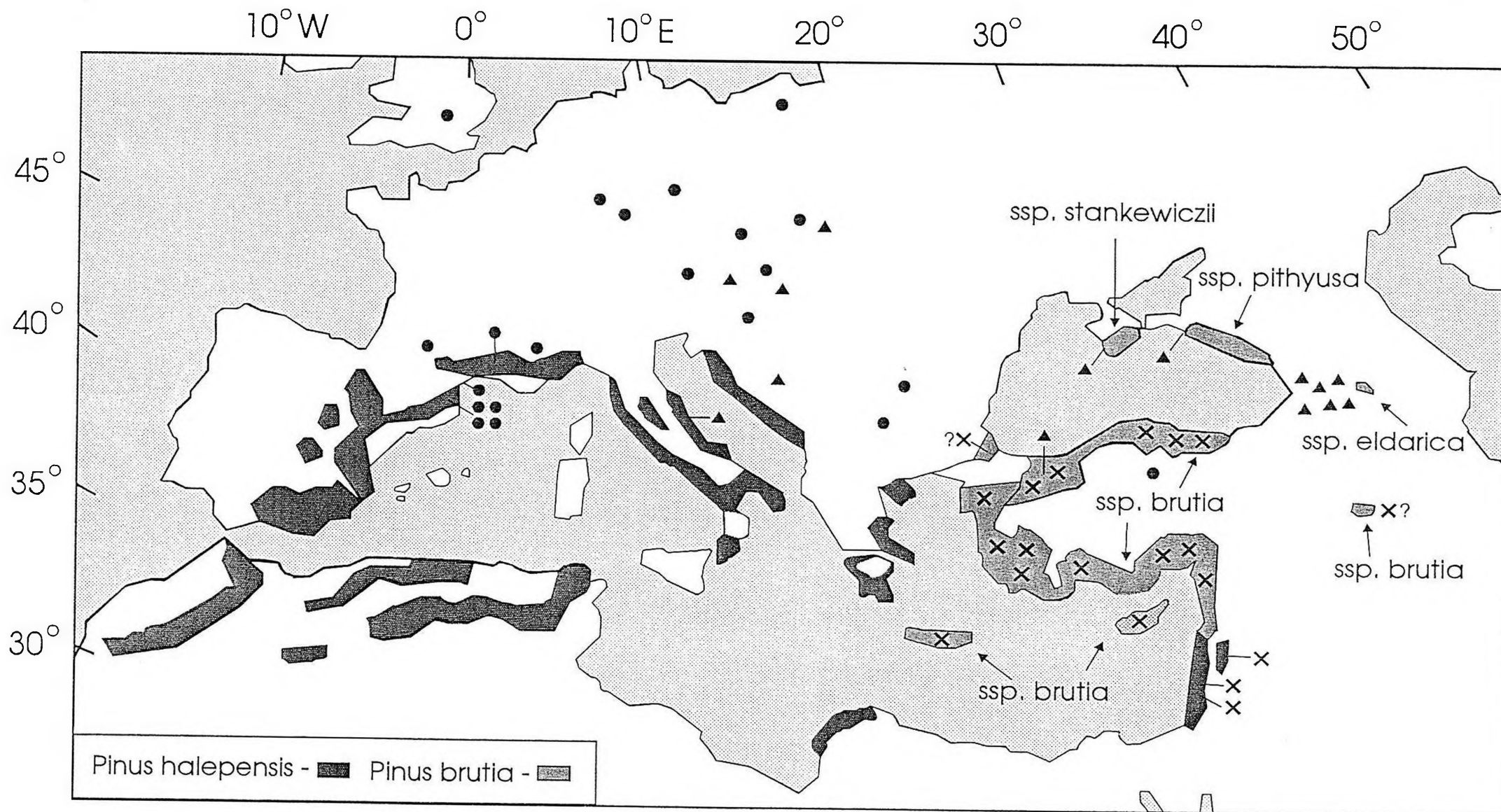
- Mendel, Z. 1992 The occurrence of Matsucoccus josephi in Cyprus and Turkey and its relation to decline of Aleppo pine. *Entomologia Generalis* 17:299-306.
- Mendel, Z. and Schiller, G. 1993. Biogeography of Matsucoccus josephi in Crete and mainland Greece. *Ann. Sci. Forest.* 50:383-388.
- Mendel, Z., Nestel, D. and Gafny R. 1993. Examination of the origin of the Israeli population of Matsucoccus josephi (Homoptera: Matsucoccidae) using random amplified polymorphic DNA - polymerase chain reaction method. *Ann. Entomol. Soc. Amer.* 87:
- Mendel, Z., Assael, F., Saphir, N. and Zehavi, A. 1994. Matsucoccus josephi and Pineus pini (Homoptera) in the Near East - occurrence and damage caused to pine forests. *Phytoparasitica* (submitted)
- Mendel, Z. 1994. Co-evolution of a scale insect (Homoptera: Matsucoccidae) and its pine hosts (Pinus brutia and P. halepensis) and its theoretical and practical significance (in preparation).

תוצאות ומסקנות

תמונה 1. מציגה את התפוצה העולמית של המצוקוקוס הא"י בהתאמה לתפוצה הטבעית של האורנים מתת-סקציה Halepenses. חשוב לציין שכל תת המינים של אורן ברוטיה וכל האוכלוסיות החשובות של אורן ירושליים נבחנו על ידינו. כל מיני תת הסקציה Halepenses הם פונדקאים מתאימים להתפתחות הכנימה אך נבדלים ביניהם מאד ברגישותם לכנימה. (מחקר זה נמצא לקראת סיום, סיכום ממצאי המחקר יוגש בדווח לשנת 1994).

המצוקוקוס הארץי ישראלי היא מין אנדמי בכל היערות הטבעיים של אורן ברוטיה Pinus brutia ssp brutia, הכנימה אינה מצוייה ביערות הטבעיים של שאר תת-המינים של אורן ברוטיה: אורן אלדרי Pinus brutia ssp eldarica, אורן סטנקוויצי Pinus brutia ssp stankewitzi ואורן פיטיוזה Pinus brutia ssp pityusa; ובאוכלוסיות אורן ירושליים. העובדה שהמצוקוקוס הא"י נפוץ ביערות אורן ברוטיה באיזורים אחרים במזרח הים

תמונה 1. התפוצה העולמית של המצוקוקוס הא"י. X - ציון כללי למקומות בהן מצויה הכנימה. בתמונה מוצגת גם התפוצה בעבר של מיני תת-הסקציה Halepenses: ● - אורנים מאובנים בעלי זיקה לאורן ירושלים, ▲ - אורנים מאובנים בעלי זיקה לאורן ברוטיה.



התיכון. מצביעה בבירור על העובדה שזה האחרון הוא הפונדקאי המקורי של הכנימה. טיפוח טיפוסי אורן עמידים לכנימה חייב להתבסס על אוכלוסיות אורן ברוטיות בהן פעילה הכנימה אך אינה גורמת לנזק. המסקנות היערניות ממחקר זה (ותוצאות של בדיקות עמידות שטרם סוכמו) מבין שני האיזורים מהם יש ליבא חומר מתאים לריבוי והשבחה, טורקיה וקפריסין, יש להעדיף את אורן ברוטיות דווקא מאיזור הים תיכוני של טורקיה, הסיבה לכך אינה אנטומולוגית אלא השונות המהותיים במבנה הקרקע והשוני במסלע. בקפריסין גדל אורן ברוטיות בשטחים נרחבים בקרקע וולקנית עמוקה, שורשיו עמוקים, ועומד לפיכך מושפע במידה פחותה מזו שבישראל מהתנודות השנתיות בכמות הגשם. (בשל כך גם התפרצויות חיפושיות קליפה בקפריסין נדירות). בדרום מערב טורקיה עומדים גדולים של אורן ברוטיות גדלים על קרקעות רדודות שמעל לסלעי מישקע, כלומר בית גידול דומה לזה שבישראל.

חקר תפוצת הכנימה הוכח בעקיפין שתי תופעות נוספות:
א. אורן ברוטיות בחצי האי כלקידיקי (מקור זרעים הובא לבחינה בישראל) וזה שבאי תסוס, אינם אנדמיים. המצוקוקוס הארץ ישראלי אינו מאכלס אותם, ואף לא פאונה אחרת המאפינת את הכנימה. בדיקת עמידות של מקורות זרעים אלו העלתה שעמידותם למצוקוקוס נופלת מזו של מקורות הזרעים הטורקיים או הקפריסאים. הסיבה לכך קשורה להעדף גורם הסלקציה - הכנימה - משך מספר ניכר של דורות. לפיכך מקורות זרעים יווניים אלו אינם מתאימים לטיפוח עמידות למצוקוקוס. זאת בניגוד לאורן ברוטיות מכרתים. באי זה מצויה אוכלוסיית אורן ברוטיות המערבית ביותר (לעצים מופע שונה מזה של אוכלוסיות אחרות של אורן ברוטיות במידה כזו שהגנטיקאי היווני Panetsus תאר אותה בעבר כתת מין נפרד). אנו מניחים שהכנימה התפשטה יחד עם אורן ברוטיות מאסיה הקטנה לכרתים לפני 5-6 מיליון שנה בזמן שהתקיים קשר יבשתי בין שני האיזורים. אורן ברוטיות בכרתים גדל גם בבתי גידול קשים על מסלע המכוסה בשכבת קרקע דקה, המצוקוקוס הא"י והפאונה האופינית לו מצויים באי. לפיכך רצוי לבחון בארץ גם מקור זרעים זה.

ב. אורן ירושליים יווני הוא מקור הזרעים העמיד ביותר למצוקוקוס מבין הגנוטיפים של אורן ירושליים. אוכלוסיה זו חופשית לחלוטין מהמצוקוקוס הא"י, ואינה נושאת את הפאונה המלווה האופינית לכנימה. לפיכך, העמידות החלקית שמגלה אורן ירושליים יווני למצוקוקוס אינה תוצאה של קיום משותף עם הכנימה על פני תקופות ארוכות. יתר על כן הדמיון שמגלה אורן ירושליים יווני לאורן ברוטיות אינו דמיון לתת המין ברוטיות *Pinus brutia ssp brutia*, אלא כנראה תוצאה של אינרוגרסיה עם טיפוס הקרוב יותר ל- *Pinus brutia ssp stankewitzi* (ראה תפוצת האורנים מאובנים בתמונה 1). כמו כן יערות אורן ירושליים יווני משתרעים לאורך החוף ובאיזורי הגבעות הנמוכים בחצי האי

ובמקומות אחדים הוא אף גדל בחולות חוף הים במרחק של 50-100 מטרים משפת הים. העומדים האיכותיים של אורן ירושליים בפלופונס גדלים על קרקע אבן חול עמוקה כלומר בבית גידול שונה לחלוטין מבתי הגידול בהם מיועד לנטיעה אורן ירושליים בישראל. בצפון הפלופונז, באיזור קורינתוס, אורן ירושליים גדל בתנאים הדומים לארץ, אך אינו מרשים באיכותו. וצורת הקליפה החיצונית אינה דומה למבנה הקשקשים והרטידוס האופייניים של אורן ירושליים יווני הנטוע בחלקות האיקלום בארץ - מבנה קליפה התורם לעמידותו היחסית למצוקוקוס. המסקנה היא שאין לראות ביבוא זרעים של מין זה ביוון תשובה סופית לבעית הכנימה. יתרה מזו גם יבוא של גנוטיפ זה מחייב בחירת מקור זרעים על פי בית הגדול התואם את התנאים בארץ.

יתכן שדווקא בני כלאיים של אורן ברוטיה טורקי ואורן ירושליים מישראל הם הפתרון המתאים לאספקת חומר ריבוי בעל חיוניות רבה המשולבת בעמידות למצוקוקוס.

=====

2. בסיס ידע להפעלת מלכודות פרומון לניטור אוכלוסיית הכנימה.

מבוא

פרק זה של המחקר מהווה את אחד השלבים האחרונים במאמץ שנמשך שנים לפתח מערכת ניטור של אוכלוסיית הכנימה. מערכת זו מיועדת לתת בידי היערנים כלי בעזרתו יכלו לבחון באופן פשוט ומהיר את השינויים, או ההבדלים, באוכלוסיית הכנימה בתנאי אקלים שונים, או אירועים מטאורולוגיים חריגים, ביערות הנטועים בטיפוסי אורן שונים (גיל, מין, מקור זרעים וכו'), השפעת ניהול יער, הערכת פעולות הדברה, ובעיקר את האפשרות לצפות התפתחות אוכלוסיות שיש להתערב ולהדבירן.

פרומון המין של המצוקוקוס הא"י זוהה לאחר מאמץ של שנים באמצע 1992. בראשית 1993 פותח בהצלחה הליך מעבדתי ליצור האנלוג הסינטטי של הפרומון. (פירוט ראו בפירסומים הנ"ל).

- Dunkelblum, E., Mendel, Z., Assael, F., Harel, M., Kerhoas, L. and Einhorn, J. 1993. Identification of the female sex pheromone of the Israeli pine bast scale Matsucoccus josephi. Tetrahedron Letters 34:2805-2808.
- Zegelman L., Hassner, A., Mendel, Z. & Dunkelblum, E. 1993. Synthesis and field bioassay of the Israeli pine bast scale, Matsucoccus josephi, female sex pheromone. Tetrahedron Letters 34:5641-5644.

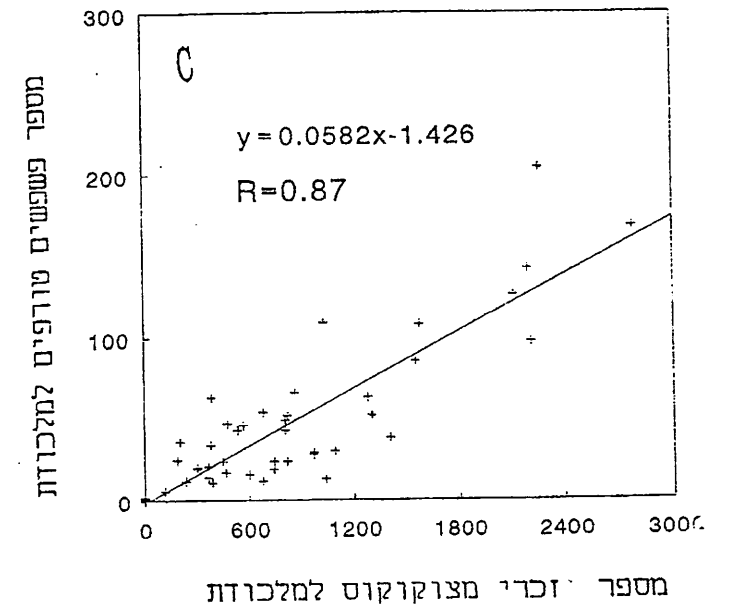
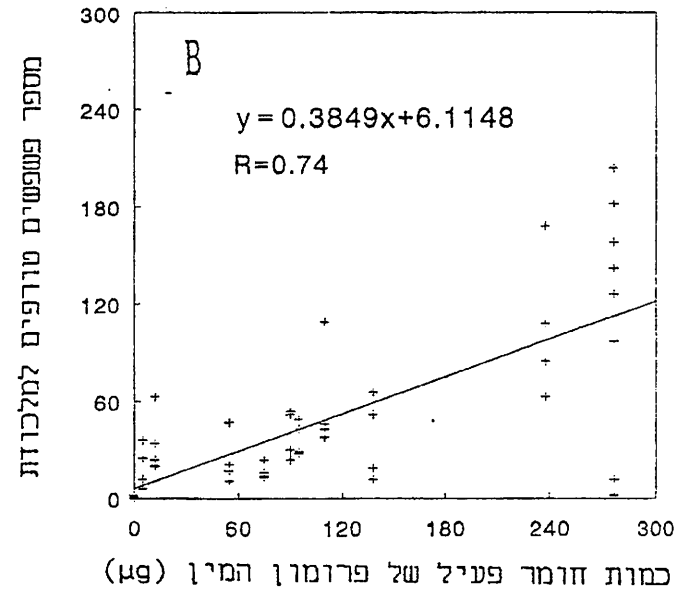
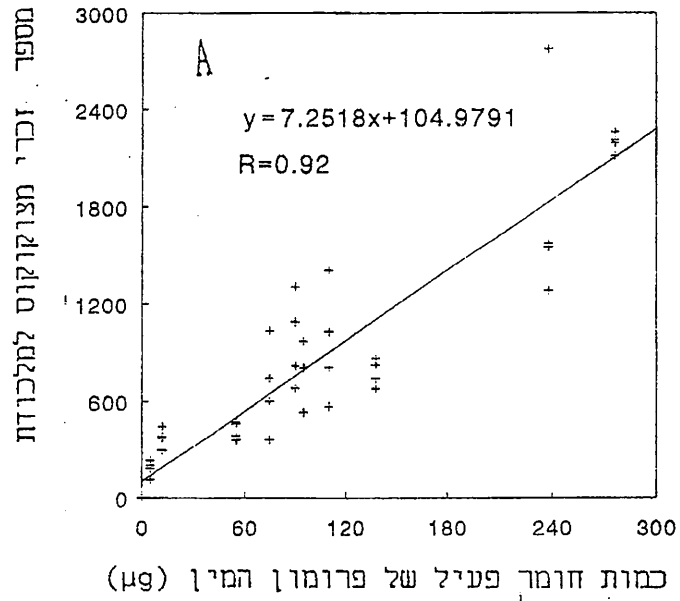
במסגרת זו אנו מציגים את תוצאות התצפיות והניסויים לביסוס המידע להפעלת המלכודת שנערכו השנה. הניסויים כולל: I. בחינת שני המרכיבים המקבלים במהלך בידוד וניקוי הפרומון הטבעי או במהלך הסינטזה של האנלוג, ובחינת עוצמת המשיכה בריכוזים עולים של הפרומון (dose-response), II. השפעת צבע ומיקום המלכודת על עוצמת הלכידה ו"זיהום" משטח הלכידה בחרקים זרים, III. בחינת צפיפיות אוכלוסיית הכנימה ביערות מיני אורן שונים ובמצב נגיעות שונה, ו-IV. לימוד הפנולוגיה של הכנימה ואויבה הטבעי באמצעות מלכודות פרומון.

I. בחינת מרכיבי הפרומון, ועוצמת המשיכה בריכוזים עולים של הפרומון.

תוצאות חלק זה של המחקר מוצגות בטבלה 1 ותמונות 2 ו-3. הפרדה מוחלטת בין שני המרכיבים (שהם למעשה איזומרים כירליים של אותה המולקולה) אינה אפשרית, וניתן היה להגיע ליחס מירבי של 5:95 בין מרכיב A שנחשב לפעיל ו-B שתרומתו לפרומון המין לא היתה ברורה. כלומר, היה עלינו לבחון איזו משלושת האפשרויות היא הנכונה: א. מרכיב B חיוני למשיכה או תורם לה באופן משמעותי, ב. המרכיב הוא תוצר לוואי של סינטזה או ניקוי ואינו מפריע למשיכה ו-ג. המרכיב הוא תוצר לוואי של סינטזה או ניקוי ומשבש את משיכת הזכרים לפרומון. התוצאות מטבלה 1 נראה שמרכיב B אינו פעיל, ואינו משבש את הלכידה של זכרי הכנימה או הפשפשים הטורפים (ראה להלן).

מתמונה 2A ניתן ללמוד שריכוז של $240 \mu\text{g}$ חומר פעיל לנדיפית מהווה את הריכוז האופטימלי בכל הקשור ללכידת הזכרים, ובדומה ללכידת הפשפשים הטורפים (תמונה 2B). למרות שיתכן שלצורך הפעלה יעילה של המלכודת למטרות ניטור ידרשו ריכוזים קטנים יותר.

תוצאות המחקר מצביעות על משיכה חזקה של הפשפש הטורף לפרומון המין תמונה 2B). תופעה זו כשלעצמה היא חידוש מדעי (שימו לב לזיקה שבין עוצמת לכידת הכנימה לבין זו של הזכרים, תמונה 2C). נושא זה נחקר בנפרד ויפורט עם התקדמות המחקר בדוח הבא. מעניין לציין את הדמיון שבתגובת הטורף לפרומון לזו של זכרי הכנימה (ראה טבלה 1 ותמונה 2B). תופעה מעניינת אחרת היא יכולתו של הטורף לזהות את פרומון המין של מין אחר של מצוקוקוס *Matsucoccus feytaudi*, התוקף במערב אירופה את האורן הימי (שימו לב בטבלה 1 להבדלי הלכידה של המצוקוקוס הא"י והפשפש הטורף במלכודות הטעונות בפרומון של *M. feytaudi*).



תמונה 2. השפעת ריכוזים עולים של אנלוג סינטטי של פרומון המין של נקבת המצוקוקוס הא"י על לכידת זכרי הכנימה (A), לכידת בוגרי פשפש הטורף *Elatophilus hebraicus* (B), והזיקה בין לכידת הזכרים ללכידת הפשפשים הטורפים (C). הניסוי בוצע ביער הראל.

טבלה 1. לכידה במלכודות דבק טעונות באנלוג סינטטי של פרומון המין של המצוקוקוס הא"י (מוצע של 6-8 מלכודות) של זכרי הכנימה, ושל הפשפש הטורף *Elatophilus hebraicus* (זכרים ונקבות יחד), בהתאמה לכמות הפרומון ו-% החומר הפעיל, אחד הטיפולים כלל אנלוג סינטטי של פרומון המין של *Matsucoccus feytaudi*, מין המתפתח המערב אירופה על האורן הימי *Pinus pinaster*.

כמות (µg) של המרכיב (A) המשוער כפעיל	סה"כ (µg) של האנלוג הסינטטי (% מרכיב A)	זכרי <i>M. josephi</i> למלכודת	פשפשים טורפים למלכודת
0	0	0.6 F	0.3 F
5	100 (5%)	182.6 E	11.9 E
12	250 (5%)	377.3 D	20.5 DE
55	100 (55%)	421.3 CD	28.2 CDE
75	100 (75%)	663.3 BC	26.5 CDE
90	100 (90%)	954.4 B	41.9 CD
95	100 (95%)	808.4 B	36.7 CDE
110	200 (55%)	921.7 B	56.1 C
138	250 (55%)	776.0 B	56.1 C
238	250 (95%)	1754.6 A	91.3 B
276	500 (55%)	2152.0 A	149.4 A
*-100	100 (100%)	0.2 F	53.5 C

*- פרומון סינטטי של *M. feytaudi*.

**- הניסוי נערך בין 22.3.93 ו- 24.5.93.

אותיות שונות מציינות הבדלים מובהקים במספר הזכרים, ובנפרד הפשפשים, שנלכדו.

II. השפעת צבע ומיקום המלכודת על עוצמת הלכידה ו"זיהום" משטח הלכידה בחרקים זרים

המטרה של ניסוי זה היתה לקדם את השימוש במלכודת הדבק במקביל לבחינת הפרומון במינונים המתאימים.

בניסוי זה נבחנו שני מישתנים: מיקום המלכודת כלומר מלכודת הצמודה לגזע העץ או זו התלויה באויר בין שני גזעי עצים, וצבע המלכודת והשפעתו על מידת הלכידה של זכרי הכנימה וחרקים אחרים המזהמים את משטח הלכידה והעלולים להיות מיכשול בספירה שיגרתית ע"י היערנים של זכרי המצוקוקוס הנלכדים.

תוצאות הניסוי מוצגות הטבלה 2.

טבלה 2. השפעת מיקום וצבע של מלכודת דבק טעונות האנלוג הסינטטי של פרומון המין של המצוקוקוס הא"י (מלכודות נטענו ב-500 µg פרומון, ממוצע של 4 מלכודות, מכל צבע בכל טיפול) על לכידת זכרי הכנימה.

צבע המלכודת	מלכודות תלויות על הגזע	מלכודות תלויות בין שני עצים (3-4 מטר מהגזע)	מדד כמות לכידה של פרטים שאינם חרקי מטרה ומקשים על ספירת זכרי מצוקוקוס
אדום	1082.7 a	386.7 b	לא נמצאו הבדלים
צהוב	1156.0 a	390.7 b	מובהקים בין הצבעים, ומידת לכידת חרקים זרים היתה קטנה ולא שיבשה את הספירה
כחול	1070.5 a	341.2 b	
שחור	1060.7 a	536.5 a	
לבן	737.5 a	403.2 a	
ממוצע כללי	1021.5 a	408.0 b	

אותיות שונות מציינות הבדלים מובהקים במספר הזכרים שנלכדו על פי מיקום המלכודת (בתוך השורות). לא נמצאו הבדלים מובהקים בכמות הלכידה במלכודות מצבעים שונים.

התוצאות מצביעות על כך שמלכודות שהוצמדו לגזע לכדו כמויות גדולות יותר של זכרי המצוקוקוס הא"י בהשוואה לאלו שניתלו בין העצים. לא נרשמו הבדלים משמעותיים בעוצמת הלכידה במלכודות מצבעים שונים, כמו כן לצבע לא היתה השפעה ברורה על מידת הזיהום של המלכודות בחרקים זרים.

III. בחינת צפיפיות אוכלוסיית הכנימה ביערות מיני אורן שונים ובמצב נגיעות שונה,

בחלק זה של המחקר אנו מציגים את התוצאות הראשוניות של השוואת הלכידה באביב של זכרי המצוקוקוס והפשפש הטורף ביערות אורן שונים. המטרה היתה לבחון את שני המדדים הנ"ל במצבים אחדים תוך דגש על יער אורן ירושלים לעומת יער אורן ברוסיה או יער אורן ירושליים בריא, ויער טבעי בהשוואה ליערות מציגים עוצמות פגיעה שונות, לבחון האם צפיפות הפשפש היא מדד שיש להתחשב בו בניטור, ולהעריך את הזיקה בין עוצמת הנזק לנגיעות בכנימה. כל זאת על מנת להעריך את יעילות המלכודות כמדד להערכה של מידת הפגיעה בחלקה וצפיפיות אוכלוסיות הכנימה.

המלכודות נפרסו ביער הנטוע בשלושת החבלים, וביער הטבעי בכרמל. בנוסף לצפיפות הלכידה של הכנימה והפשפש נרשמו נתוני היער ודורגה בריאותו. סה"כ נדגמו 44 חלקות. התוצאות מסוכמות בטבלה 3. להלן ניתוח ראשוני של מאגר

טבלה 3. נתונים לגבי הזיקה שבין מידת הנזק ומידת הלכידה של זכרי המצוקוקוס הא"י • והפשפש הטורף. רשימת היערות היא מדרום לצפון. עוצמת הנזק מדורגת מ-0 יער בריא ועד 5 - יער פגוע במידה קשה.

היער	החלקה	מין האורן	גיל (שנים)	עוצמת הנזק	ממוצע כנימה/יום	ממוצע פשפש/יום
להב	(01)34	ברוטיה	23	0	4.19	0.14
	(01)43	ירושלים	17	1	79.69	0.83
	(01)1	ירושלים	27	0	16.10	0.15
	(01)6	ירושלים	27	1	20.52	0.07
שחריה	(?)12	אלדריקה	34	2	12.83	2.18
	(03)5	ירושלים	13	0	4.40	0.35
	(?)12	ירושלים	34	2	7.59	2.39
	(05)3	ירושלים	36	2	5.00	1.14
לכיש	(03)3	ירושלים	25	2	3.85	0.54
	(02)4	ירושלים	30	2	3.15	1.55
זורע	(02)7	ברוטיה	28	0	23.81	0.00 > ?
	(01)7	ירושלים	28	2	11.96	0.09
	(02)7	ירושלים	28	3	29.33	0.02
	(01)10	ירושלים	41	5	57.07	0.12
מדרך עוז	(01)12	ברוטיה	32	0	23.75	0.07
	(01)14	ירושלים	26	2	29.68	0.42
	(01)14	ירושלים	26	4	13.41	0.31
	(02)14	ירושלים	26	4	11.55	0.36
	(01)13	ירושלים	32	5	28.68	0.16
	(02)13	ירושלים	32	5	48.80	0.02
	(02)13	ירושלים	32	5	18.70	0.02
כרמל	טבעי	ירושלים	40-30	0	16.35	0.08
	טבעי	ירושלים	100-80	1	14.40	0.16
שגב	(06)8	ברוטיה	31	0	23.25	0.21
	(03)3	ירושלים	31	3	152.15	0.11
	(02)3	ירושלים	33	3	103.59	0.03
	(01)20	ירושלים	33	3	3.03 ??	0.10
	(02)6	ירושלים	35	3	125.94	0.03
	(04)4	ירושלים	35	4	144.84	0.02
	(02)9	ירושלים	36	5	40.24	0.00 >
אחיהוד	(01)19	ירושלים	44	2	5.87	0.55
חניתה	(03)11	ברוטיה	42	0	4.63	6.07
	(01)7	ברוטיה	44	0	4.71	2.45
	(03)8	ירושלים	36	3	6.70	0.17
	(03)3	ירושלים	41	2	4.34	0.89
	(04)3	ירושלים	41	1	3.65	0.75
	(04)7	ירושלים	44	2	4.53	1.21
	(03)7	ירושלים	44	3	3.79	0.21

טבלה 3 (המשך). נתונים לגבי הזיקה שבין מידת הנזק ומידת הלכידה של זכרי המצוקוקוס הא"י והפשפש הטורף. רשימת היערות היא מדרום לצפון. עוצמת הנזק מדורגת מ-0 יער בריא ועד 5 - יער פגוע במידה קשה.

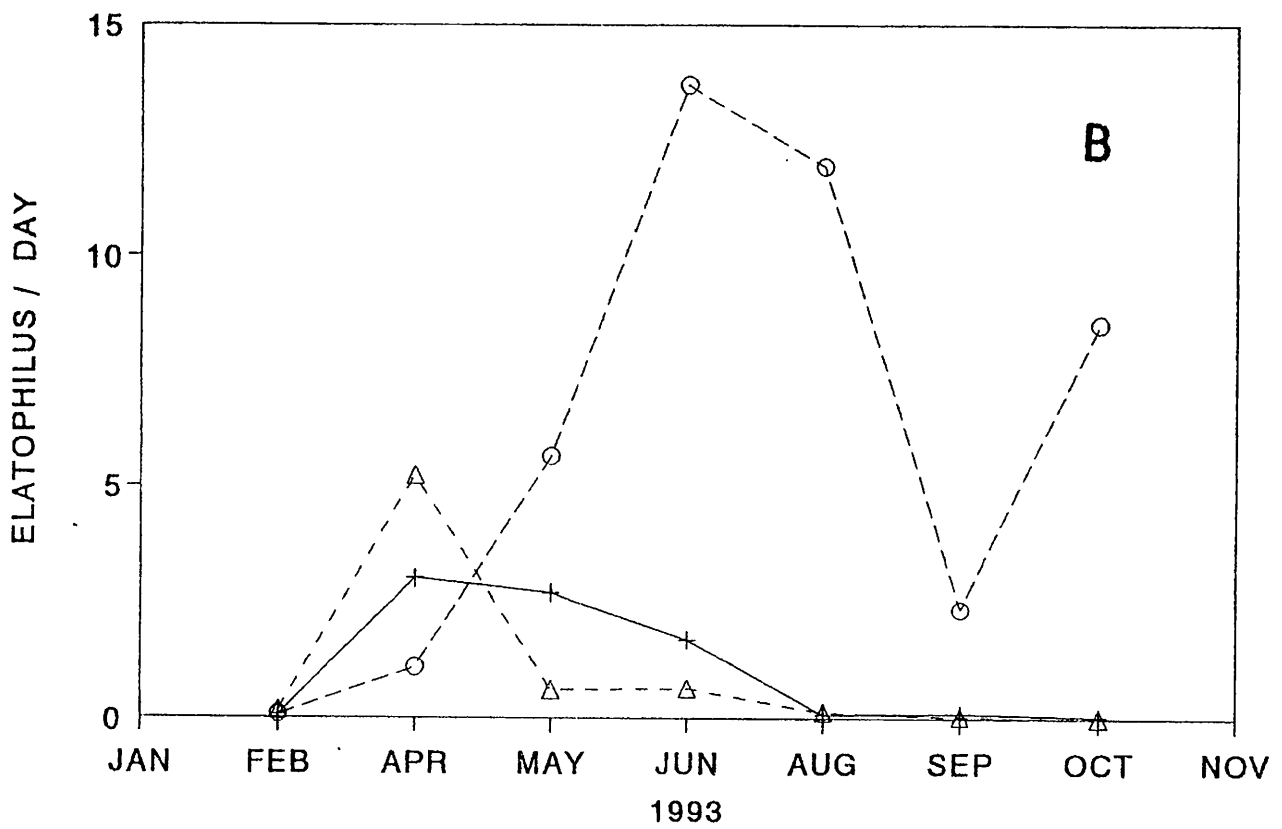
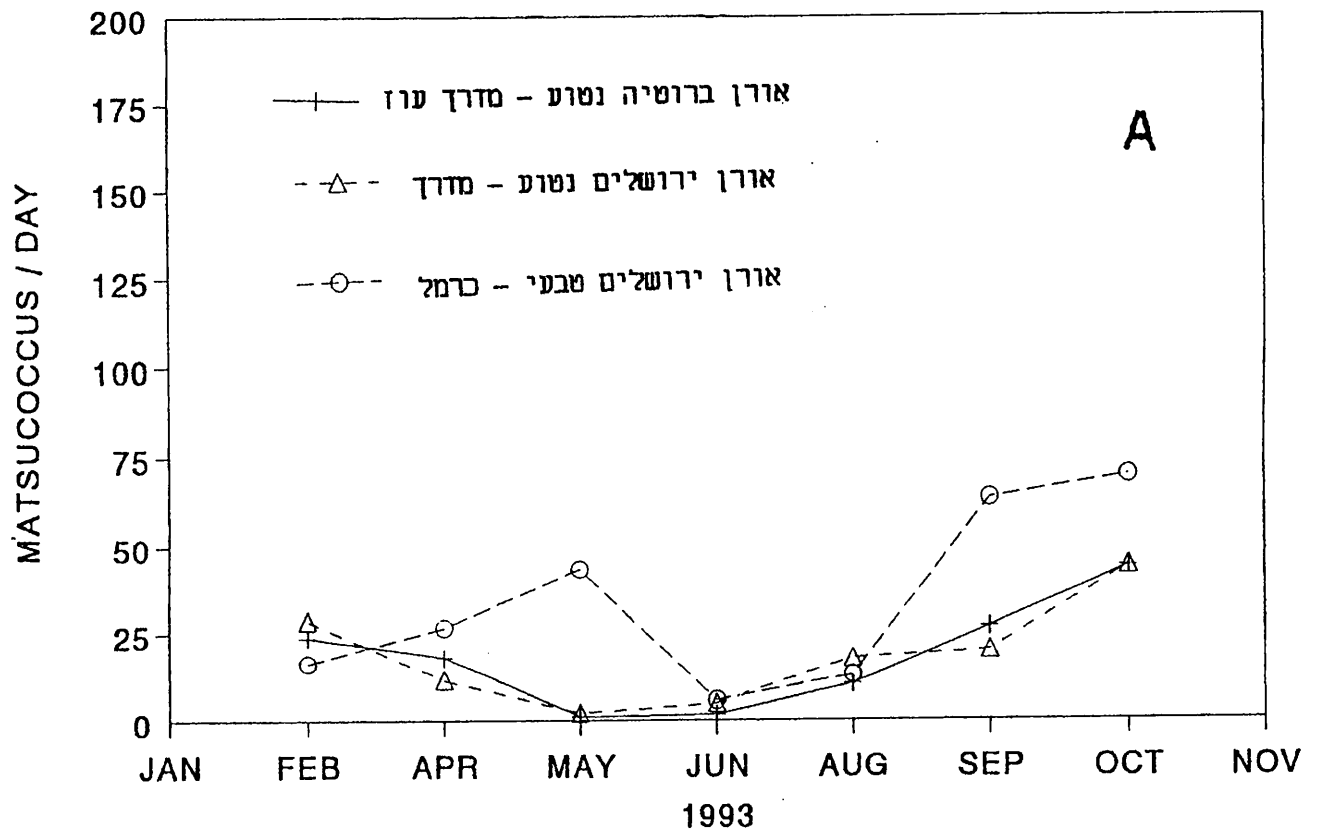
היער	החלקה	מין האורן	גיל (שנים)	עוצמת הנזק	ממוצע כנימה/יום	ממוצע פשפש/יום
שפר	7(?)	ברוטיה	43	0	4.06	0.09
	2(?)	ברוטיה	43	0	9.12	0.09
	6(?)	ירושלים	43	1	4.35	0.05
	5(?)	ירושלים	43	1	2.56	0.04
ביריה	15(?)	ברוטיה	30	0	1.65	0.54
	38(01)	ירושלים	30	2	2.05	0.31

הנתונים שהתקבלו, ניתוח ודיון מפורט של הנתונים ימסר בשלב מאוחר יותר. בטבלה 3 מצוינות החלקות ובנות החלקה בהן ערכנו את התצפיות כדי לאפשר ליערנים האחראים על חלקות אלו להשוות את הנתונים בין החלקות עם חלקות אחרות ולגזור ממידע זה מסקנות נוספות.

התוצאות מדגימות היטב את ההבדלים בצפיפיות אוכלוסיית הכנימה בחבלי הנטיעה השונים, כלומר השפעה ברורה של הגאוגרפיה. כך לדוגמא בחבל צפון שיעורי הלכידה הם קטנים ואילו באזור שגב נרשמו לכידות גבוהות במיוחד המשקפות את התנוונות המוצאת של יערות אורן ירושלים באזור זה. לכידות נמוכות התקבלו גם בשחריה, אזור שרק לאחרונה מראה סימנים ראשונים של פגיעה משמעותית ע"י הכנימה. חשוב לציין שמלכודות בשחריה לא הוצבו בחלקות פגועות במידה רבה ע"י הכנימה. את יכולתה של המלכודת לחזות התפרציות אוכלוסיית הכנימה ונזקים עתידיים אפשר למצוא בתוצאות שהתקבלו ביער להב. חלקות אורן ירושלים ביער זה נחשבות בריאות. אך בשל החורפים הגשומים בחורפים 1991\2 ו-1992\3 והצמיחה הנמרצת של האורן נגרמה עליה חדה גם בצפיפיות אוכלוסיות הכנימה. הנזקים ליער יראו רק בקיץ 1994.

תופעה אחרת שברצוננו להסב את תשומת הלב הן האוכלוסיות הגבוהות יחסית של הכנימה על אורן ברוטיה. הדבר מאשר בעקיפין ממצאים שהצגנו בדוחות קודמים הגורסים שעמידות אורן ברוטיה לכנימה היא למעשה סבילות. כלומר אורן ברוטיה הוא הפונדקאי המקורי של הכנימה. אוכלוסיית הכנימה משגשגת על אורן ברוטיה אך הפגיעה כתוצאה מהתפתחות הכנימה היא אפסית.

התוצאות מצביעות על זיקה בין מידת הנזק לעוצמת הלכידה. עם זאת בחלקות המצויינות במצב ניוון מתקדם קטנה גם אוכלוסיית הכנימה. תשומת לב יש להקדיש גם לחלקה המבוגרת של אורן אלדריקה בשחריה. התצפיות בחלקה ונתוני הלכידה של זכרי הכנימה מעידים שאורן אלדריקה רגיש למצוקוקוס



תמונה 3. תנודות אוכלוסיה עונתיים של זכרי המצוקוקוס הא"י (A) והפפוש הטורף (B) בשלושה יערות אורן.

גם בגיל מבוגר.

התוצאות מעידות גם על התאמה בין הפשפש הטורף לאורן ברוטיה. כך לדוגמא ההבדלים בצפיפויות הלכידה בין יער חניתה ויער שגב, או בין להב והזורע, מציגים את חשיבות של כותרות ירוקות מלאות בבניה אוכלוסיות צפופות של הפשפש הטורף. חשוב לציין (ראו דיווחים קודמים) שהפשפשים מטילים את הבצים בתוך רקמת המחט. נוף מדולדל ומחטים דקות מאז גורומות לתמותה רבה של זחלי הפשפש.

IV. לימוד הפנולוגיה של הכנימה באמצעות מלכודות פרומון

חלק זה של המחקר בא לענות על שתי שאלות בסיסיות א. מהו מחזור ההתפתחות של הכנימה ביער אורן הארץ והאם קיימים הבדלים בתנודת האוכלוסין של הכנימה ביערות השונים על פי בפירוט בסעיף III; ב. מהם השינויים העונתיים בצפיפויות האוכלוסיות של הפשפש הטורף (זאת תוך ניצול העובדה שהוא נמשך בעוצמה רבה לפרומון המין של הכנימה).

התרומה לפיתוח מערך ניטור של הכנימה בחלק זה של המחקר נעוץ בצורך למקד את הניטור השגרתי, זה שיבוצע על ידי היערנים או האנטומולוגים של אגף היעור, במועד אחד או שנים בפרקי זמן קצר. כלומר ניתוח המידע יאפשר קביעת מועדי דגימה אופייניים שיש בכוחם לקבוע באופן סטטיסטי את צפיפות אוכלוסיית הכנימה ביער, ולהציג שינויים קיצוניים בצפיפות האוכלוסיה המחייבים התערבות היערנים.

להלן תוצאות ומסקנות ראשוניות. תמונה 3 (עמ' 14) מציגה של השינויים העונתיים באוכלוסיית הכנימה כפי שזו באה לידי ביטוי בלכידות הזכרים (תמונה 3A), והשינויים האוכלוסית הפשפשים הטורפים (תמונה 3B). מעקב אחר השינויים הנ"ל מתבצע ב 21 חלקות ומתוכן אנו מציגים שלוש.

השינויים בצפיפויות הכנימה בשלושת החלקות (אורן ירושלים ואורן ברוטיה נטועים ביער מדרך עוז וחלקה ביער הטבעי בכרמל) דומים. אוכלוסית הכנימה גבוהה בשלהי החורף, ירידה באוכלוסיות הכנימה נרשמת לקראת הקיץ ואוכלוסיה חוזרת ומתעצמת לקראת הסתיו. תוצאות אלו עומדות בסתירה לממצאים של בודנהימר ונוימרק (1955) שגרסו שאין פעילות של זכרים בקיץ.

אלו כמובן תוצאות ראשוניות, ויש להתייחס אליהן בזהירות בעיקר בשל ההשפעה שיש לחורפים גשומים על פעילות הכנימה

=====

3. סיכום ארבע שנות תצפית על פעילות המצוקוקוס ביער אורן מתחדש לאחר שרפה ומשמעותה בתהליכי עיצוב יער אורן ירושלים והתפתחות עמידות לכנימה.

מבוא

שרפות וכנימת המצוקוקוס הם הפגעים הקשים ביותר בניהול היער הנטוע של אורן ירושלים מאז שנות ה-40. כל זאת למרות העובדה שיערות אורן שורדים בשל שרפות, אורן ירושלים מותאם היטב להתחדשות לאחר השריפה, וכנימת המצוקוקוס שותפה לעיצוב יער אורן עמיד ליובש.

אורן ירושלים בארץ רגיש אפילו לאוכלוסיות קטנות של הכנימה. כבר בעבר דיווחנו על הקשר בין הנוכחות של הכנימה ביער אורן ירושלים לבין התפשטות השריפה בתוכם, כתוצאה מהתקלפות קליפה טרום זמנה שמלווה בהפרשה רבה של שרף, פתיחת הכותרות כתוצאה מאיבוד מחטים, ועליה בכמות צמחיית תת היער המהווה את הדלק לשריפה. בנטיעות אורן ירושלים בארץ, רבים מהזריעים שמתפתחים אחרי שריפה או אחרי כריתה מלאה, בסמוך לעומדים מבוגרים, נקטלים ע"י הכנימה, שמגיעה מהעצים המבוגרים השכנים. עד למחקר זה לא נעשה כל מאמץ למדוד את עוצמת התופעה ומעורבות של גורמי תמותה נוספים לבד מהמצוקוקוס, כך שהמצוקוקוס נחשב לגורם העיקרי המשפיע על הישרדות האורן, אך ללא ידיעה ברורה לגבי עוצמת התופעה וכימות חשיבותה.

המטרות העיקריות של המחקר שהתנהל בארבע השנים האחרונות היו לקבוע את גורמי התמותה הפועלים במהלך ההתחדשות בשנים הראשונות, לבחון את שיעור וקצב התמותה הנגרם ע"י הכנימה בהשוואה לגורמים אחרים, הידועים כתוקפי זריעים צעירים, כמו חיפושיות קליפה מהמינים *Hylastes linearis* ו- *Pityophthorus pubescens*, ושלישית, להשוות את הפעילות של הכנימה בהתחדשות טבעית ביער טבעי הנחשב אמיד לכנימה (כרמל), לבין ההתחדשות בנטיעה, שנפגעה בעוצמה חזקה ע"י הכנימה (חורשים).

שיטות

המחקר התבצע בשני אתרים: האתר הראשון, שכלל יער טבעי רב גילי, ללא סימני נזק אופייניים של הכנימה בכרמל, והאתר השני, יער נטוע, בין 28-30 שנה, בחורשים, המצוי במורדות המערביים של דרום השומרון. העבודה התבצעה לאחר שריפה, שהשתרעה על שטח רחב, בשני האתרים, בספטמבר 1989. הדגימות נערכו במרכז השטח שנשרף.

בשני האתרים מעבר המוני של זחלנים של הכנימה לא נצפה, בשנה הראשונה. המידע נאסף מחלקות תצפית קבועות, בממדים של כ- 3 X 3 מטר. החלקות נקבעו במאי

1990, והתצפיות בהם נמשכו עד ספטמבר 1993, אחת לחודשיים. החלקות כללו שלושה טיפולים: טיפול 1, כלל שמונה חלקות, בהן, באופן יחסי מעט זריעי אורן התפתחו בתוך צימוח סבך של צמחיה שכנה, (בעיקר *Calycotome* spp, *Cistus* spp, *Rhus coriaria*, *villosa* ו- *Pistacia lentiscus*). טיפול 2 כלל גם הוא שמונה חלקות, שבהן היתה התפתחות צפופה של זרעי אורן, והצמחיה המתחרה השכנה הוסרה באופן שיטתי, טיפול שלישי כלל 10 חלקות, שטופלו בדומה לטיפול 2, במאי 1991 הוצמדו 10 תטולים של מצוקוקוס מגידול מעבדה לחמישה שתילים בכל חלקת חזרה. שלושת הטיפולים הנ"ל בוצעו בכרמל. טיפול 4 בוצע ביער חורשים, כלל 12 חלקות, וזהה לטיפול 3. בטיפול זה הזריעים התפתחו בצפיפות נמוכה יותר (ראה טבלה 2). בכל החלקות נרשמה התמותה ע"י הגורמים השונים, כולל פגיעות של חרקי יער עיקריים, תהלוכת האורן ועש הקודקודים. התמותה יוחסה ליובש, במקרה שלא נמצאו סימני נגיעות במצוקוקוס, או סימנים של מכרסמים, שנגסו בצוואר השורש. התמותה ממצוקוקוס זוהתה ע"י אכלוס של צוואר השורש וזחלי הכנימה, והפרשת שרף. זריעים שנפגעו ע"י גורמים ייחודיים אחרים זוהו ע"פ סימני הנזק האופייניים להם.

התמותה ממצוקוקוס ויובש נקבעה גם ע"פ עונת השנה, כאשר פרק הזמן מאחד ביוני עד ה-31 באוקטובר נחשב לעונה היבשה, ואילו העונה הלחה נחשבה מאחד בנובמבר עד ה-31 במאי. המשקעים השנתיים בתחנה הקרובה ביותר לאיזור המחקר מוצגים בטבלה 4.

טבלה 4. כמות הגשם העונתית בתחנה המטאורולוגית הקרובה

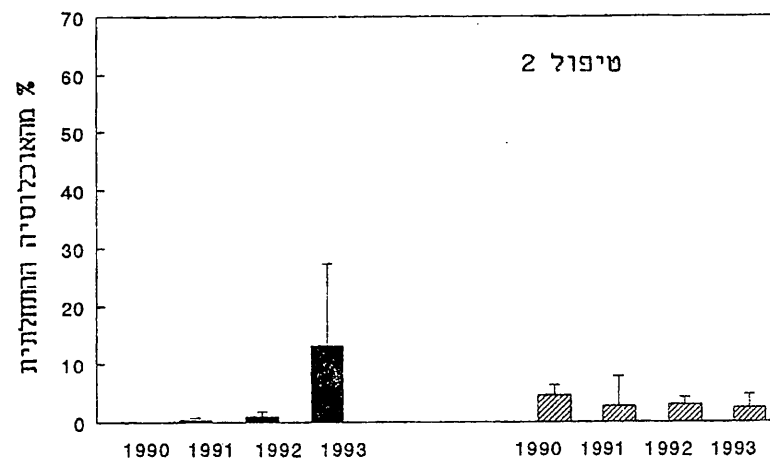
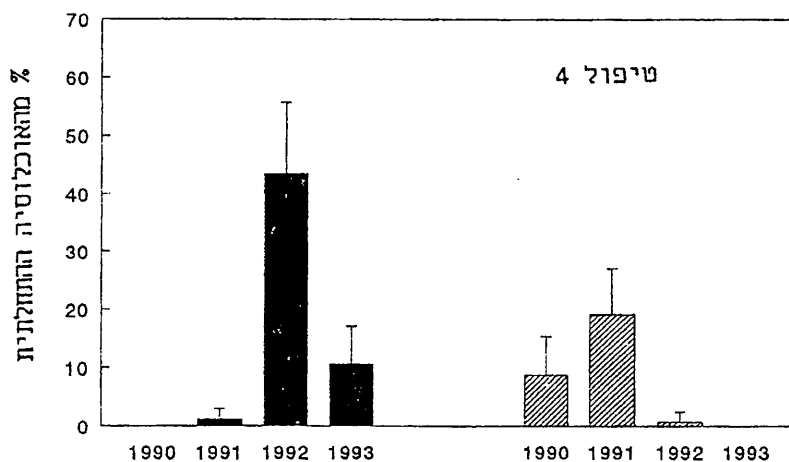
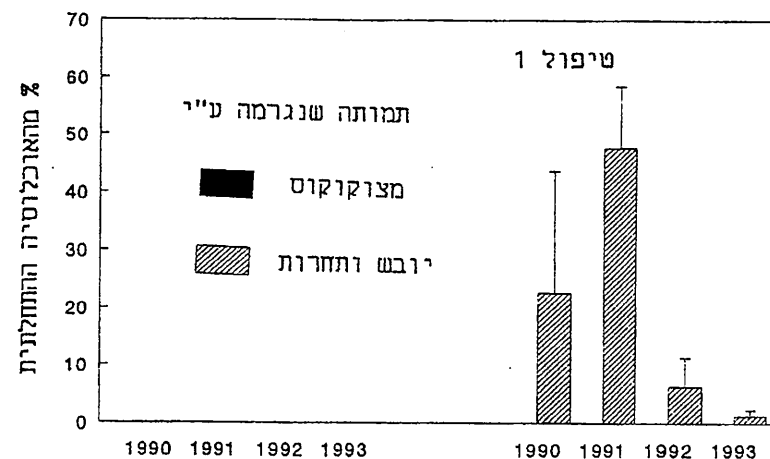
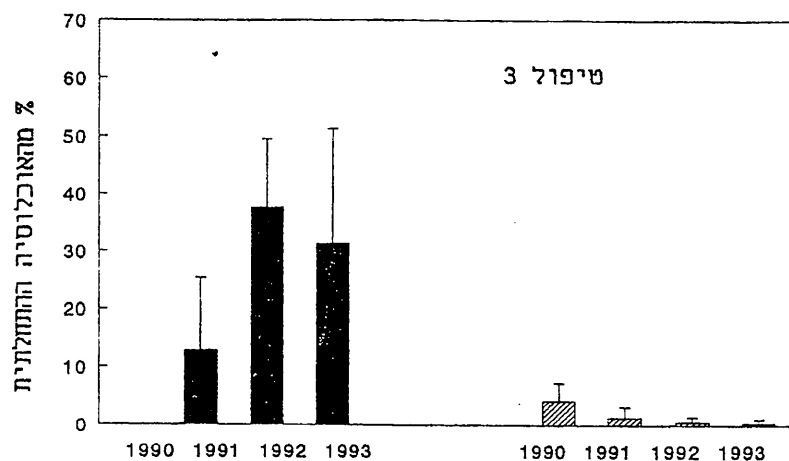
שנה		כרמל		חורשים	
	עונה יבשה *	עונה לחה	עונה יבשה *	עונה לחה	עונה יבשה
1989/90	55.0	685.0	48.0	511.8	
1990/91	11.0	457.0	6.5	496.6	
1991/92	17.2	1162.2	11.4	1227.7	
1992/93	0	738.5	0	704.3	

* עונה יבשה - 1 יוני עד 31 אוקטובר; העונה הלחה 1 נובמבר עד 31 למאי.

התוצאות

טבלה 5. מציגה את החרקים הצמחוניים העיקריים, וגורמים אחרים שפעלו באתרי הניסוי, ועוצמת התמותה בהתייחסות לכל קבוצה בכל טיפול. המצוקוקוס היה גורם התמותה הדומיננטי בטיפולים 2, 3 ו-4. ללא קשר לטיפול, מבין 2537 הזריעים שנבחנו, 44% נקטלו ע"י הכנימה במהלך ארבע השנים הראשונות לאחר מראשית

תמונה 4. שעורי התמותה (%) של זרעי אורן ירושלים בארבע השנים הראשונות לאחר פיזור הזרעים לאחר השרפה. טיפול 1, כלל חלקות, בהן התפתחו מעט זרעי אורן בתוך צימוח סבך של צמחיה שכנה. טיפול 2 כלל חלקות, שבהן נרשמה בברור התפתחות צפופה של זרעי אורן, והצמחיה מתחרה שכנה הוסרה לאורך כל הניסוי, טיפול 3 כלל חלקות דומות ל-2 ושטופלו בדומה לטיפול 2, במאי 1991 הוצמדו 10 תטולות של מצוקוקוס לחמישה שתילים בכל חלקת חזרה. הטיפולים 1-3 בוצעו ביער הטבעי בכרמל. טיפול 4 בוצע ביער חורשים, והוא זהה לטיפול 3.



טבלה 5. נתונים על הגורמים הביולוגיים, וגורמי יובש ותחרות שבפעלו בחלקות הניסוי והשפעתם על השרדות זרעי אורן ירושליים בטיפולים שונים

סה"כ	יער נטוע חורשים	יער טבעי בכרמל			
		טיפול 1 ללא התערבות	טיפול 2 צמחיה מיתחרה סולקה	טיפול 3 צמחיה מיתחרה סולקה ובוצעה נגיעות מלאכותית ב-	טיפול 4 צמחיה מיתחרה סולקה ובוצעה נגיעות מלאכותית ב-
		<u>M. josephi</u>		<u>M. josephi</u>	
----- זרעים בתחילת הניסוי -----					
מספר הזרעים	321	730	909	597	2537
צפיפות 2_m	15.3	30.4	27.2	8.3	
גורמי תמותה:					
יובש ותחרות	251	96	62	171	580
<u>Matsucoccus josephi</u>	0	141	739	316	1106
<u>Hylastes linearis</u>	0	0	1	0	1
<u>Pityophthorus pubescens</u>	0	1	2	0	3
מכרסמים ויונקים אחרים	4	5	6	2	17
מזיקים עיקריים שאינם קטלניים					
<u>Thaumtopoea wilkinsoni</u>	0	0	0	9	9
<u>Rhyacionia buoliana</u>	0	0	0	12	12
----- זרעים ארבע שנים לאחר פיזור הזרעים -----					
מספר הזרעים	56	478	99	90	723
צפיפות 2_m	2.7	19.9	3.0	1.2	

ההתחדשות. כ-33% מהזריעים מתו כתוצאה מיובש או כתוצאה מתחרות תוך מינית או בין מינית. גורמי תמותה אחרים היו אחראים לתמותה של מספר זעיר של זריעים. סה"כ התרומה של חיפושיות קליפה היתה זניחה.

ההשפעה של היובש על התמותה מוצגת בתמונה 1. חלקות בהן הצמחיה המתחרה הוצאה באופן עקבי, כלומר, בטיפולים 2, 3, 4, התמותה מיובש היתה כ-13%, 7%, ו-29%, בהתאמה. התמותה הגבוהה ביותר (78%) מיובש, נרשמה בכרמל, בטיפול 1, כאשר שיאה (48% מסך-כל התמותה) נרשם בשנה השנייה לאחר ראשית ההתחדשות. בטיפולים האחרים, התמותה העיקרית מיובש היתה גם היא בשתי השנים הראשונות לאחר ההתחדשות.

באביב 1991 לא נרשמה כל פגיעה ע"י הכנימה, הזריעים הראשונים החלו להיפגע ולמות בשל הכנימה בשלהי הקיץ של אותה שנה. דפוסי התמותה ע"י הכנימה מוצגים בתמונה 3. התמותה הגדולה ביותר שנרשמה ע"י הכנימה היתה 82%, ו-56% בחלקות שנוגעו באופן מלאכותי בכרמל ובחורשים (טיפולים 3 ו-4). עוצמת התמותה נבדלה באופן מובהק מחלקות שלא נוגעו באופן מלאכותי, תמותה שהיתה אפסית בטיפול 1, ורק כ-15% בטיפול 2. עיקר התמותה נרשמה בשנה השלישית והרביעית לאחר פיזור הזרעים. תמותה רבה ממצוקוקוס ניכרה בעונה הלחה ופחות באופן משמעותי העונה היבשה בשני אתרי הניסוי.

דיון

התוצאות שהושגו במהלך המחקר מעידות שהמצוקוקוס הוא אכן גורם התמותה הדומיננטי של זריעי אורן ירושלים. ההשפעה של גורמים ביוטיים אחרים התוקפים את הזריעים בשנים הראשונות היא אפסית, למרות נוכחותם בשטח.

יובש, כולל תחרות על המים, בין זרעי האורן לבין צמחים אחרים, בעיקר מיני לוטם, אחראי לתמותה בעיקר באותן חלקות מטיפול 1 במהלך שתי השנים הראשונות לאחר פיזור הזרעים. העובדה, שסך-כל התמותה, ללא המעורבות של הכנימה, אינה גדולה ודיה להניח שהתחרות על המים לבדה אינה מספקת לוויסות צפיפות הזריעים בשנים הראשונות לאחר השרפה. העובדה, שהזריעים בטיפול 1 לא אוכלסו ע"י הכנימה, נעוצה כנראה בכך שהיו מוקפים בצמחיה מתחרה סמיכה.

האיכלוס המזערי של זריעים ע"י המצוקוקוס בשנה הראשונה והשנייה לאחר ראשית ההתחדשות, בשני אתרי הניסוי, היא תוצאה של צפיפות הכנימה על העצים השכנים, והמרחק שלהם מהחלקה. וכמובן, יש ליחס זאת לעובדה שהתפתחות הכנימה על צימוח יובינילי אינה נמרצת. כהוכחה לכך בקיץ 1991 עד לא נצפה שום זריע שנקטל מהכנימה. התרומה של הכנימה במהלך מחזור ההתפתחות השני מוערכת במחקר הנוכחי ע"י האילוח המלאכותי שנעשה בצפיפות נמוכה ביותר, זה כשלעצמו הספיק להביא לכך, שההבדלים בתמותה המצטברת בחלקות שנוגעו באופן מלאכותי ואלה שנוגעו רק באופן טבעי היו גדולים. עשרת שקי הטלה שהוצמדו לזריעים בכל אחת

מהחזרות של טיפולים 3 ו-4 נחשבים כצאצאים של עשרה זחלני נקבה שהצליחו להתפתח בהצלחה בכל חלקת חזרה, חשוב לציין, שמספר כה קטן של פרטים "הצליח" להביא לתמותה של 13% מהזריעים בחלקות טיפול 3 בכרמל כבר בשנה השנייה. ההבדלים שבשיעורי סך-כל התמותה שנגרמו ע"י הכנימה בטיפולים 2 ו-3 הם בעיקר תוצאה של עיתוי הנגיעות. לפיכך, תמותה רבה ממצוקוקוס צפויה בחלקות מטיפול 3 כמו בשאר השטח בכרמל, בעונה הבאה, כלומר, בחורף ואביב של 1993-1994. המסקנה היא שהתמותה העיקרית שנגרמת ע"י הכנימה צפויה בין השנה השלישית או החמישית לאחר ראשית ההתחדשות.

התמותה המהירה של הזריעים היא תוצאה של הנטיה של הזחלנים להתקבץ באיזור צוואר השורש של האורן. כך, שהתמותה צפויה לפחות החל מהשנה השישית כאשר העץ מוגן יותר מהכנימה בשל התפתחות שכבה עבה של רטידום בחלקה זה של הצמח. ההתפתחות של הכנימה תואם את קצב הצימוח של האורן: בעונה היבשה הצימוח הוא מועט, ולפיכך גם הנזק הנגרם בעונה היבשה - קטן, וההפך בעונה הלחה.

הממצאים שלנו מעידים שהעמידות לכנימה של ההתחדשות בכרמל אינה שונה מזו של חורשים, למרות ההבדלים הניכרים בנזק לעצים הבוגרים בשני אתרי הניסוי. לפיכך, התוצאות תומכות ברעיון, שהכנימה אכן הובאה לישראל. העומדים הותיקים בכרמל מראים רק לעתים רחוקות סימני נזק טיפוסיים של מצוקוקוס. בגיל מתקדם, מעל חמישים שנה, העץ מוגן יותר מפני הכנימה בשל הרטידום העבה שמכסה את הגזע והענפים. עומדים צעירים יותר והתחדשות של פרטים בכרמל היא כנראה תוצאה של ברירה והשרדות של טיפוסיים יותר עמידים. מכל מקום ישנה עדות לכך שהאוכלוסיות המקומיות של אורן ירושלים הן פחות רגישות מאוכלוסיות אורנים במערב הים התיכון. לפיכך אנו משערים, שעמידות מסוימת התפתחה לכנימה ומוצגת ע"י עצים מבוגרים של מחזור הגדילה השני או השלישי. כנראה, בשל ברירה במהלך השנים הראשונות לאחר פיזור הזרעים.

אם נשפוט משיעור התמותה הגבוה, הנגרם ע"י הכנימה, בעיקר לקבוצות זריעים צפופות, עמידות מסוימת לכנימה עשויה להתפתח לאחר מספר דורות. נטיעות אורנים, אשר מקור הזרעים שלהן עשוי היה להיות יערות האורן הטבעיים המקוריים, לא עברו את אותה ברירה טבעית, כאשר הריווח בזמן הנטיעה, הגיזום והסניטציה מנעו את התמותה של הטיפוסיים הרגישים, כשהנזק הקשה הנגרם להם ע"י הכנימה ניכר כשלושים שנה לאחר הנטיעה.

על פי התצפיות שבוצעו במהלך ארבע השנים בחלקות שהתחדשו לאחר השריפות ונוגעו באופן טבעי ע"י הכנימה, ניתן לקבוע שמספר הפרטים שנותרו ליחידות שטח דיים להביא לכך שבעתיד יתפתח יער אורן בצפיפות רצויה. עם זאת, הנגיעות המלאכותית, כלומר, כניסה מוקדמת של הכנימה לשטח הביא לכך שבחלק גדול משטחי הדגימה (טיפולים 3 ו-4) הושמדו כמעט כל הזריעים. אנו מצפים שבנסיונות מסויימות, כתוצאה מקטילה המונית עלול להיווצר מצב שבו לא יהיו מספיק עצים כדי לחדש את השטח ליער צפוף הדומה למצב לפני השריפה. עם זאת, לא מומלץ להתערב (כמו טיפולים כימיים), כדי למנוע את הפעילות של הכנימה, זו הדרך היחידה שתביא להתפתחות אוכלוסיות שיהיו עמידות יותר מהדורות שקודמו להן.