



77

קוד זיהוי : 131-0637-96

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

סוג דו"ח : מדעי שנתי

חוקר ראשי : מנדל צבי

חוקרים משניים: זהבי עמירם
ספיר ניצה
עשאל פביאן
הירש סמדר
ריוב יוסף
שילר גבריאל

מקורות מימון עבורם מיועד הדו"ח:

קרן קיימת לישראל

תקציר הדו"ח:

מלכודות טעונות בפרומון המין של המצוקוקוס הא"י הוכחו כיעילות מאד בלכידה של זכרי המזיק וכבעלות רגישות לשינויים בצפיפות האוכלוסייה. תנודות האוכלוסיה של הכנימה מאופיינות ע"י שתי תקופות שפל (קיץ וחורף) ושתי תקופות שיא (אביב וסתיו). בניסיון לבחון את הגורמים המשפיעים על תנודות אוכלוסיית הכנימה, נמצא, כי לגורם האקלים השפעה מכרעת. זו באה לידי ביטוי במישרין ע"י טמפר' קיצונית המהוות מגבלה בהתפתחות הכנימה, ובעקיפין, ע"י תרדמת הקיץ של האורן. המלכודת עשויה להיות כלי שבעזרתו תתקבלנה החלטות בנוגע למימשק יערי. באמצעות המלכודות ניתן להעריך גם את ממדי אוכלוסיית הפשפש ולעמוד על שינויים אפשריים בצפיפות אוכלוסייתו. ריכוז הפרומון (תערובת רצמית) המומלץ לניטור הוא 50ug. על פי תנודות האוכלוסין של הכנימה העיתוי המומלץ להדברתה הוא חודש נובמבר. זהו המועד, בו ניתן לקבוע במדויק את צפיפות אוכלוסייתה, מבנה הגילים הוא הרגיש ביותר, ובתקופה זו הפגיעה בפשפש ובאויבים טבעיים אחרים היא מזערית.

מבין מלכודות הפרומון שהופעלו במקומות שונים בעולם, רק אלו שבפורטוגל לכדו מיני זרפים - פשפש טורף ELATOPHILUS CRASSICORNIS וארינמל חום - HEMEROBIUS STIGMA. תוצאות אלה מהוות מקרה שני של מין של ELATOPHILUS המזהה את טרפו באמצעות פרומון המין ועדות ראשונה של ארינמל המגיב לפרומון המין של טרפו. אנו ממליצים להמשיך ולפעול לאקלום H. STIGMA בישראל. אקלום הטורף ביערות האורן בארץ עשוי לתרום להפחתת אוכלוסיית המצוקוקוס הא"י. המידע שהושג בפורטוגל מאפשר לנו לקבוע את המועדים המתאימים ביותר לאיסוף הארינמל ולקבוע את אותם המקומות בה ניתן לאסוף אותו ביעילות. עד כה התעורר קושי מסוי בגידול של הארינמלים בפורטוגל, ולפיכך המאמץ המחקרי בשנה הקרובה מיועד לאיסוף מספר מכסימלי של פרטים שישלחו לישראל, יגודלו בתנאי מעבדה, ויפוזרו בחלקות אקלום.

חתימות ואישורים:

19.1.97

תאריך

כ"ב

אמרכלות

אסף צבי

מנהל המכון

אסף צבי

מנהל המחלקה

חוקר ראשי

דוח שנתי לתוכנית מחקר מס' 96-0637-131 לשנים 1995 - 1996

נובמבר 1996

פיתוח מערך הדברה וניהול יער להגנת יערות האורן מפני המצוקוקוס

הא"י

מוגש ע"י

צבי מנדל, כליל אדר, פביאן עשאל ושלמה תם

המחלקה לאנטומולוגיה, מינהל המחקר החקלאי

בשיתוף

עזרא דונקלבלום ומרים הראל, המחלקה לכימיה, מינהל המחקר החקלאי

ג'ורג קרלוס קרבלו וחווה פרנקו, הפקולטה לחקלאות, ליסבון, פורטוגל

ניצה ספיר ועמי זהבי, אגף היעור, הקרן הקימת לישראל.

הקדמה

הדו"ח מציג את תוצאות המחקר שנערך בשנים 1994-1996. מבין הנושאים שנחקרו אנו מסכמים את תוצאות המחקר שכוון לפיתוח מלכות פרומון לניטור אוכלוסיות המצוקוקוס הא"י ואת הפעילות הכרוכה בחיפוש אויבים טבעיים פוטנציאליים לשיפור ההדברה הביולוגית של הכנימה.

תקציר

מלכודות טעונות בפרומון המין של המצוקוקוס הא"י הוכחו כיעילות מאד בלכידה של זכרי המזיק וכבעלות רגישות לשינויים בצפיפות האוכלוסייה. תנודות האוכלוסייה של הכנימה מאופיינות ע"י שתי תקופות שפל (קיץ וחורף) ושתי תקופות שיא (אביב וסתיו). בניסיון לבחון את הגורמים המשפיעים על תנודות אוכלוסיית הכנימה, נמצא, כי לגורם האקלים השפעה מכרעת. זו באה לידי ביטוי במישרין ע"י טמפ' קיצוניות המהוות מגבלה בהתפתחות הכנימה, ובעקיפין, ע"י תרדמת הקיץ של האורן. המלכודת עשויה להוות כלי שבעזרתו תתקבלנה החלטות בנוגע למימשק יערני. באמצעות המלכודות ניתן להעריך גם את ממדי אוכלוסיית הפשפש ולעמוד על שינויים אפשריים בצפיפות אוכלוסייתו. ריכוז הפרומון (תערובת רצמית) המומלץ לניטור הוא $50\mu\text{g}$. על פי תנודות האוכלוסין של הכנימה העיתוי המומלץ להדברתה הוא חודש נובמבר. זהו המועד בו ניתן לקבוע במדויק את צפיפות אוכלוסייתה, מבנה הגילים הוא הרגיש ביותר, ובתקופה זו הפגיעה בפשפש ובאויבים טבעיים אחרים היא מזערית.

מבין מלכודות הפרומון שהופעלו במקומות שונים בעולם, רק אלו שבפורטוגל לכדו מיני טורפים - פשפש טורף *Elatophilus crassicornis* וארינמל חום - *Hemerobius stigma*. תוצאות אלה מהוות מקרה שני של מין של *Elatophilus* המזהה את טרפו באמצעות פרומון המין ועדות ראשונה של ארינמל המגיב לפרומון המין של טרפו. אנו ממליצים להמשיך ולפעול לאקלום *H. stigma* בישראל. אקלום הטורף ביערות האורן בארץ עשוי לתרום להפחתת אוכלוסיית המצוקוקוס הא"י. המידע שהושג בפורטוגל מאפשר לנו לקבוע את המועדים המתאימים ביותר לאיסוף הארינמל ולקבוע את אותם המקומות בהם ניתן לאסוף אותו ביעילות. עד כה התעורר קושי מסוים בגידול של הארינמלים בפורטוגל, ולפיכך המאמץ המחקרי בשנה הקרובה מיועד לאיסוף מספר מכסימלי של פרטים שיישלחו לישראל, יגודלו בתנאי מעבדה, ויפוזרו בחלקות אקלום.

חלק א' 1995 - פיתוח מערכת ניטור המבוססת על מלכודות פרומון

/ דווח מסכם של פרק המחקר העוסק במלכודות פרומון

עם הזיהוי והפיתוח של פרומון המין של המצוקוקוס הא"י (ראשית 1993) החל פיתוח מלכודות הפרומון כאמצעי לדגימת אוכלוסיית המזיק ביער. מלכודות הפרומון הוכחו כיעילות מאד בלכידה של בוגרי המזיק וכבעלות רגישות לשינויים בצפיפות האוכלוסייה. הרב דוריות של המצוקוקוס הא"י (בין 5 ל- 7 דורות בשנה) והחפיפה הקיימת בין הדורות, מתבטאים בנוכחות מתמדת של זכרים בוגרים של הכנימה ביער.

המלכודות שהוצבו לניטור ביערות באזורים שונים, נתנו בידנו תמונה מדויקת ועדכנית ביותר של תנודות האוכלוסייה השנתיות של הכנימה, כל זאת למרות שעדיין חסרים נתונים משלימים על הקשר שבין האוכלוסייה הנלכדת לצפיפות דרגות ההתפתחות על הפונדקאי. תנודות האוכלוסייה של הכנימה מאופיינות ע"י שתי תקופות שפל (קיץ וחורף) ושתי תקופות שיא (אביב וסתיו). תמונה זו התקבלה בכל האזורים ומיני האורנים שנבדקו. הבדלים, אם היו, נבעו בעיקרם מהשוני בתנאי בית הגידול (גיל העומד, הגובה מעל פני הים, הארידיות) והתבטאו ברמות אוכלוסייה שונות, ו/או במועדי הופעת שיאי האוכלוסייה.

על אף היות אורן ברוטיה פונדקאי עמיד, לא נצפו בעומדיו צפיפויות כנימה נמוכות מאלו שבנטיעות אורן ירושלים. לפיכך העמידות של אורן ברוטיה לכנימה - היא סבילות, ממצא זה מחזק את המסקנות שהתקבלו, ונמסרו בדוחות קודמים, שמין אורן זה הוא הפונדקאי המקורי של הכנימה. אורן אלדרי גילה רגישות רבה למזיק, והתעצמות אוכלוסיית הכנימה בו הייתה מהירה והובילה להופעת סימני נזק תוך זמן קצר. ביער אורן ירושלים טבעי בכרמל נרשמו אוכלוסיות כנימה נמוכות יחסית לשאר הפונדקאים. הסיבה לכך אינה ברורה כל צרכה.

ההבדלים בין אזורי המחקר השונים בלטו לעין במודל התנודות השנתי, שהצביע על רמות אוכלוסייה שונות. הבדלים אלו הובהרו כנובעים ממאפייני החלקה בפרט והאזור בכלל (קו רוחב, רוחות, אקלים, מקדם הארידיות, גובה מעל פני הים, ועוד). אזורים שאופיינו ע"י מנדל וחובריו (1988) ברמת נזק גבוהה, נמצאו, אכן, כבעלי צפיפות אוכלוסייה גבוהה. עם זאת בניתוח שלקח בחשבון את כל חלקות המחקר כחזרות נפרדות לא נמצא מתאם בין רמת האוכלוסייה (כפי שמתבטאת בלכידה) ובין דירוג הנזק בחלקה.

בניסיון לבחון את הגורמים המשפיעים על תנודות אוכלוסיית הכנימה, נמצא, כי לגורם האקלים השפעה מכרעת. האקלים בא לידי ביטוי בהשפעתו הישירה והעקיפה: השפעה קיצונית המהוות מגבלה בהתפתחות הכנימה. העקיפה, דרך השפעתה (השלילית) של תרדמת הקיץ של האורן על התפתחות הכנימה.

לכידתם של בוגרי הפשפש *E. hebraicus*, האויב הטבעי הספציפי של המצוקוקוס הא"י, במלכודת הפרומון העידה על היותו של הפרומון קירומון עבור הפשפש. רק הפשפשים הבוגרים נלכדים, ושיעור הזכרים בין הנלכדים היה בממוצע 82%. הפשפש גם הוא רב דורי (בין 6 ל- 9 דורות, עם

זאת, בשל מגבלות סף-התפתחות גבוה מצטמצמת מאד אוכלוסייתו בחורף. באביב מתעצמת אוכלוסיית הפשפש ומגיעה לשיאה בראשית הקיץ (מאי - יוני), אולם לאחר "הנפילה" הקיצית האוכלוסייה נותרת ברמה נמוכה עד האביב הבא.

למרות הפגיעה בכותרות של עצי אורן ירושלים הנגרמת ע"י המצוקוקוס, לא נמצא הבדל מובהק בין צפיפות אוכלוסיית הפשפש במין זה לזו שבאורן ברוטית. תנודות האוכלוסייה של הפשפש מושפעות גם הן באופן ניכר מגורמי האקלים, הדבר הוכח באמצעות מודל התנודות השנתיות של אוכלוסיית הכנימה באזורי המחקר השונים.

מורכבותם של יחסי הגומלין בין אוכלוסיות הטורף והנטרף נובעת מקיומם של גורמים רבים המשפיעים, כל אחד בנפרד וכולם כאחד, על הדינמיקה של האוכלוסיות. למרות הקושי בבידוד כל גורם בנפרד התבהר כי קיימת תלות חלקית בין שתי האוכלוסיות באביב. בתקופה זו קיים מתאם בין התעצמות אוכלוסיית הכנימה לעליה המספרית באוכלוסיית הפשפש. אוכלוסיית הפשפש מגיבה לשינויים באוכלוסיית הכנימה באביב, אך כמעט שאיננה משפיעה על ממדיה. נמצא יחס הפוך בין צפיפות אוכלוסיית הכנימה לצפיפות היחסית של אוכלוסיית הפשפש, דבר המעיד על מגבלתו כאויב טבעי. מידת תרומתו של הפשפש לצמצום אוכלוסיות הכנימה בקיץ, אינה ברורה די צרכה, והוא אינו משפיע על ממדי אוכלוסיית הכנימה בסתיו. יש להניח, כי הגורם הדומיננטי המגביל את שגשוג אוכלוסיית הכנימה בקיץ היינו תרדמת הקיץ של האורן.

מלכודת הפרומון הוכיחה את רגישותה באומדן אופן של צפיפות אוכלוסיית הכנימה בתאי שטח שונים, גם בתנאי מזג אוויר קיצוניים. פשטות הכנתה ותפעולה של המלכודת מקילים על מלאכת הניטור, שאיננה דורשת כוח אדם מקצועי ליישומה. בשל סיבות אלו מהווה המלכודת כלי ראשון במעלה למערך הייעור בישראל. באמצעותה ניתן יהיה לקבל תשובות על צפיפות המזיק ואיבו הטבעי ביער, לפני או אחרי יישומם של אמצעי הדברה. שיאי אוכלוסיית הכנימה, כפי שהופיעו בגל הסתווי במלכודות הפרומון הראו זיקה טובה לצפיפות האוכלוסייה השנתית. בעקבות זאת ניתן יהיה בעתיד להסתפק בניטור חד שנתי בעונת השיא על מנת להעריך את צפיפות אוכלוסיית המזיק. המלכודת תאפשר בעתיד, חיזוי של הנזק בחלקה ותכנון, בהתאם, של פעולות יערניות נחוצות. מלכודת הפרומון תספק את האינדיקציה הראשונית לנגיעות בחלקה, ותהווה כלי לאיתור אוכלוסיות פולשות היערות חדשים ובמערב הים התיכון.

עם זאת נחוצים צעדים נוספים ליעול השימוש במלכודת כמכשיר בניהול היער. המלכודת עשויה לשמש אחד כלי המחקר החשובים. להלן הפעולות המומלצות:

א. בניית מודל פנולוגי לחיזוי הופעת הדור הסתווי, על מנת לשפר את עיתוי הניטור ו/או ההדברה.

ב. בניית מודל המתבסס על מחקר רב-שנתי שיציג את המתאם בין צפיפות המזיק ונגיעות החלקה, זאת על מנת שתוכלנה להישקל פעולות יערניות בהתאם לחיזוי הנזק.

ג. בחינת הקשר בין צפיפות המזיק ואיבו הטבעי ובין פעולות לניהול היער כמו: דילול, גיזום והדברה.

ד. לימוד של גורמי התמותה באוכלוסיית הכנימה, עריכת טבלאות חיים ובחינת חלקו של הפשפש בין גורמים אלו.

ה. בחינת יעילותה של הדברה הכנימה בסתיו, והשפעתה על התחדשות האוכלוסייה באביב.

ו. המשך הניטור בחלק מחלקות המדגם הנוכחי במטרה לבחון את מגמות האוכלוסייה של המזיק לאורך שנים.

הפעילות העונתית של הכנימה, ובעיקר שיאי האוכלוסייה מצביעים על הקשר האמיץ בין מקצבי הגדילה של האורן והתפתחות אוכלוסיית המצוקוקוס. הכנימה רגישה לכל שינוי בפעילות הפיזיולוגית של האורן, כפי שזו מושפעת מגורמי סביבה משתנים כמו משקעים (וגורמים אחרים כמו טמפרטורה, גיל הפונדקאי וכו'). יכולתה של המלכודת הפרומון לבטא באמצעות רמת לכידת הזכרים שינויים בפעילות האורן תשמש אותנו לבחון את הקשר בין משקעים לבין פעילות קמבילית וגדילה בסוף הקיץ ושלהי הסתיו (פעילות שאינה מובנת די צורכה). תוצאות המחקר מרמזות על האפשרות שלאחר שנים גשומות מתקיימת פעילות קמבילית נמרצת בסתיו- דבר המאפשר בניה אוכלוסיית כנימה סתוית גדולה אף מזו שבאביב. לאחר חורפים שחונים אוכלוסיית הכנימה הסתוית קטנה מזו שבאביב.

II. אפשרויות היישום של מלכודת הפרומון

(א) ניטור האוכלוסייה - הניטור יאפשר ליערנים לקבוע את נוכחות המזיק ביער ו/או את צפיפותו בשטח הנדגם, וכן לעקוב אחר התפשטות האוכלוסייה לשטחים או לחלקות חדשות, ולהעריך את התעצמות האוכלוסייה באזורים מסוימים או בנטיעות רגישות.

(ב) עזרה בקבלת החלטות יערניות - המלכודת עשויה להוות כלי שבעזרתו תתקבלנה החלטות בנוגע למימשק יערני. לדוגמה: בחינת צפיפות אוכלוסיית הכנימה בעומדים נטועים בהתאמה למידת הפגיעה ובהשוואה לגנוטיפים שבנטיעה שגרתית, וכן למשל, לבחינת יעילות פעולות יערניות שונות המיועדות במישרין או בעקיפין לצמצום אוכלוסיית הכנימה. באמצעות מלכודות הפרומון יוכלו יערנים להעריך את ממדי אוכלוסיית הפשפש ולעמוד על שינויים אפשריים בצפיפות אוכלוסייתו בעקבות פעילות, כמו דילול, גיזום, ריסוסים כנגד פגעים ביער, ועוד.

(ג) לימוד פעולתו ותגבור אוכלוסייתו של האויב הטבעי - כבר Vinson (1976) הצביע על כך שאחד היתרונות לשימוש בפרומונים תהיה התגובה האפשרית של טורפים וטפילים למרכיבי הפרומון. לראשונה, יוכלו יערנים להתייחס לאוכלוסיית הפשפש. עד כה לא הייתה בידם דרך להעריך את נוכחותו ביער, ואי לכך גם נעלמה מעיניהם השפעתם של פעולותיהם על אוכלוסייתו. כעת עם מציאתה של מלכודת הפרומון ככלי אמין לניטור הפשפש, ניתן יהיה ללמוד את ההשפעה של דילול, גיזום, ריסוס וכדו' על אוכלוסיית הפשפש, ולצמצם את הפגיעה בו. מבנה המלכודת מביא למותם של מספר גדול של פשפשים. בתכנון נכון של מלכודות ניתן למנוע את הפגיעה באוכלוסיות האויב הטבעי (ראה גם Dicke et al. 1990).

ניתן יהיה להשתמש הפרומון על מנת לכוון את טורפי הכנימה לריכוזי אוכלוסייתה, אשר בסביבתה יוכלו בקלות להתרבות, ויהיו גורם פעיל בהפחתת האוכלוסייה. לפשפש הטורף יש חלק בצמצום אוכלוסיות הכנימה, לפחות בעונת האביב-ראשית הקיץ. ייתכן, שבעתיד ניתן יהיה

ליישם את הפרומון כאמצעי למשיכתו, או ללכידתו ולאיסופו במטרה להעבירו לחלקות יער בהן טרם התבסס. (הלכידות של אלפי פשפשים למלכודת בקיץ 1995 מצביעות על אפשרות של לכידה המונית).

ד) המשך המחקר בתחום הביולוגיה האקולוגיה ואיתור אויבים טבעיים - מלכודת הפרומון הינה כלי ראשון במעלה המאפשר את המשכו של המחקר האקולוגי-ביולוגי של המצוקוקוס. בנוסף לכך ניתן יהיה באמצעותה להצביע על מיני חרקים טורפים פוטנציאליים הנמשכים לפרומון, תוך שימת דגש על אזורים בהם ידועים מיני מצוקוקוס אחרים, גם באוכלוסיות מזיק קטנות ביותר (ראה חלק ב' של הדווח).

III. המועד המיטבי לניטור

במחקר התגלה, כי די בניטור חד פעמי במועד אחד בשנה. בניטור משך חודש אחד מתקבל מידע מהימן על צפיפות אוכלוסיית הכנימה הממוצעת המאפיינת את השנה. בכנימות מגן נעשו מספר ניסיונות במטרה לקבוע את המועד המיטבי לניטור על מנת שיתן הערכה טובה של האוכלוסייה והקשרה לנזק עתידי. חלק מעבודות החוקרים הצטמצם בהמלצה על מועד ניטור על פי מועדי תעופת הזכרים, ואילו אחרות התבססו על מחקר פנולוגי הנעזר בנתוני סף ההתפתחות ונתונים מטאורולוגיים במטרה לפתח מודל שיחזה את הופעת הדור, לדוגמה- (נסטל וחובריו 1995, מטאורולוגים במטרה לפתח מודל שיחזה את הופעת הדור, לדוגמה- (נסטל וחובריו 1995, Angerilli & Logan 1986, Grout et al. 1989, Moreno & Kennet 1985). מתוך התוצאות שלנו, המסכמות כמעט שלוש שנים של מעקב אחר השינויים באוכלוסיית הכנימה, ניתן לראות, שאת פעולת הניטור של פעם בשנה עדיף לערוך בסתיו. במועד זה נמצאה זיקה גבוהה יותר של השיאים לממוצע השנתי, מאלו שבאביב. לעומת השיא הסתווי, שמופיע תמיד, השיא האביבי חסר לעתים בחלק מהחלקות. עם זאת שיאי האביב מופיעים מקובצים בזמן לעומת הפריסה הארוכה יחסית של שיאי הסתיו. מכאן שאיתור שיא האוכלוסייה ודיוק בהצבת המלכודות יהיה קל יותר באביב. גם Angerilli & Logan (1986) מדווחים על גיחה וכפועל יוצא גם על לכידה מרוכזת יותר של זכרי כנימת סן-חוזה באביב, לעומת לכידה של הזכרים בקיץ.

לניטור של אוכלוסיות המצוקוקוס הא"י בעזרת מלכודת פרומון המין יש תועלת יערנית רבה. ראשית, כאמצעי אמין ונוח ביותר לדגימה של האוכלוסייה אף ברמות נמוכות, שנית, לשם קביעת העיתוי לפעולת הדברה ושלישית ככלי להערכת יעילותן של פעולות יערניות בצמצום האוכלוסייה. מלכודת הפרומון הינה כלי יעיל לחיזוי התפרצויות המזיק ולשם כך רצוי להפעילה באופן קבוע ביערות הרגישים, כלומר, נטיעות של אורן ירושלים ואורן אלדרי, תוך שימת דגש על היערות באזורים בעלי מקדם ארידיות בינוני (0.4-0.6), בגילים שבין 20-40 שנה.

IV. הצבתה של מלכודת הפרומון ביער

על פי הממצאים שהתקבלו, ניטור האוכלוסייה בחלקה מסוימת ראוי שיעשה ע"י לא פחות מ- 4 מלכודות. מומלץ על הצבתן ביער במבנה של מצולע או שורה, כאשר המרחק המינימלי בין המלכודות יהיה כ- 30 מ', פריסה במרחקים גדולים יותר לא תפגע בדגימה כל עוד המרחקים בין

המלכודות לא יעלו על כ- 100 מ'. במרחקים קטנים מ- 30 מ' תיתכן הפרעה הדדית, כלומר, תחרות בין המלכודות. לעומת זאת במרחקים גדולים מ- 100 מ' תיתכן שונות בלכידה הנובעת משונות בין תאי השטח. נמצא כי לגובה תליית המלכודת על גזע האורן אין השפעה משמעותית על צפיפות הלכידה של הכנימה. הריכוז הפרומון (תערובת רצמית) המומלץ לניטור אוכלוסיית הכנימה הוא $50\mu\text{g}$. ריכוז זה יאפשר חשיפה של 3-4 שבועות ללא חשש לירידה ביעילות הנדיפית. מספר ימי החשיפה היינו פחות משמעותי. אולם בלב עונות החורף או הקיץ כאשר הטמפרטורות קיצוניות, רצויה חשיפה ארוכה יותר שתייצג נאמנה את התקופה. חשיפות קצרות (שבוע-שבועיים) עדיפות בתקופות השיא.

V. מועד מיטבי להדברה כימית של המצוקוקוס

לימוד תנודות האוכלוסייה השנתיות של הכנימה והפשפש באמצעות המלכודת מאפשרים לתזמן את הדברת הכנימה במועד המיטבי. ריסוס סתווי עשוי להיות יעיל מריסוס באביב. הסיבות לכך הן כדלקמן: א) זהו המועד בו ניתן לקבוע את צפיפות אוכלוסיית הכנימה, ב) בהנחה שהזחלן היינו שלב ההתפתחות הפגיע ביותר במחזור החיים של הכנימה מעצם היותו חשוף, יש לכוון את ההדברה לחודש נובמבר בו צפוי שיא אוכלוסיית הזחלנים, ג) בתקופה זו הפגיעה בפשפש היא מזערית, ויש להניח שגם הפגיעה באויבים טבעיים אחרים פחותה בריסוס במועד זה.

חלק ב' - קידום ההדברה הביולוגית של המצוקוקוס הארץ ישראלי (1996)

I. רקע לתוכנית המחקר

חלק זה של המחקר מיועד לבחון את האפשרות של שימוש בפרומון המין של מיני הסוג מצוקוקוס בכדי לאתר אויבים טבעיים של המזיק ביערות אורן באזורים שונים בעולם. יש לציין שרוב מיני האויבים הטבעיים המלווים מיני מצוקוקוס הם בעלי טווח טרף רחב. קבוצה מסוימת אחת, הסוג אלטופילוס כוללת טורפים ספציפיים של מיני מצוקוקוס ומתפתח ומטיל רק על מחטי הסוג אורן (ראה דוחות לשנים 93/94).

עד לאחרונה לא היתה כל עדות שחרקים טורפים מנצלים את פרומון המין של טרפם כדי לגלותו. בעבודות קודמות, שהתפרסמו לאחרונה, הראינו שזכרים ונקבות של *Elatophilus hebraicus* מנצלים את פרומון המין של נקבת הכנימה כדי לזהות את מיקום המזיק. יתרה מכך, אנו הראינו ש- *E. hebraicus* נמשך גם לפרומון המין של שני מיני מצוקוקוס אחרים. במאמר שהתפרסם לאחרונה, הראינו שהפשפש הטורף מכיר את היחידה המשותפת הזוהה בכל שלושת פרומוני המין שזוהו בסוג מצוקוקוס. יתרה מזו, בעבודה זו הוכחנו שאנלוג סינטטי של פרומון, שאינו מצוי בטבע אך כולל את היחידה המשותפת, מושך את זכרים ונקבות של הפשפש.

איתור אויבים טבעיים של הסוג מצוקוקוס הוא בעייתי. הסוג אינו נתקף על ידי צרעות טפיליות (טפיליות קל יחסית לזהות). הדברה ביולוגית מוצלחת מתקיימת באזורים בהם הכנימה מצויה

בצפיפות נמוכה ביותר. לפיכך, איתור אויבים טבעיים פוטנציאליים וקביעה מדויקת מי ביניהם הוא בעל המשמעות, כלומר, (בשלב ראשון זה) המציג ספציפיות ברמה כלשהי לכנימה, כרוך בקושי רב. העובדה שאויב טבעי מסוים של מצוקוקוס מגיב לפרומון המין של הכנימה, נטעה בנו את התקוה שייתכן וקיימים חרקים טורפים נוספים המגיבים לפרומון המין של המצוקוקוס הא"י ואם כך הדבר, הרי שמלכודות הפרומון עשויה לשמש כלי לאיתור אויבים טבעיים בכוח של המזיק.

בדו"ח קודם, מסרנו על האזורים בהם נפרשו מלכודות פרומון לצורך איתור אויבים טבעיים פוטנציאליים. האזור היחיד בו נלכדו אויבים טבעיים באותן מלכודות פרומון, היו יערות האורן הימי בפורטוגל. העובדה שדווקא בפורטוגל נלכדו אויבים טבעיים של מצוקוקוס באמצעות מלכודות פרומון לא הפתיעה אותנו היות ואזור זה נחשב כאזור מוצא משני של האורן הימי, ממנו התפשט מין אורן זה לאזורים אחרים במערב-אירופה וצפון-אפריקה. לפיכך, מטרת המחקר היתה לבחון באופן מפורט את אוכלוסיית האויבים הטבעיים המגיבים למלכודות פרומון בפורטוגל, ולהכיר את דינמיקת האוכלוסין של המינים העיקריים כדי להכין את התשתית הנדרשת לקראת איסופם ואקלומם בישראל.

II. שיטות ואמצעים לביצוע המחקר

המחקר התנהל במשולב בישראל ובפורטוגל. בישראל התבצעו כל ההכנות הנדרשות להרכבת מלכודות הפרומון וטעינת הנדיפיות בפרומונים של מיני מצוקוקוס. במהלך המחקר נבחנו שלושת הפרומונים הידועים בסוג מצוקוקוס ובנוסף לכך גם איזומרים לא טבעיים, פעילים ולא-פעילים, כל זאת כדי לנסות ולהעמיק את הידע בכל הקשור לתגובה של הטורפים לפרומונים, בכוונה להשוות את המידע שהתקבל עם זה שהושג לא מכבר בדבר תגובת *E. hebraicus* בישראל. סה"כ השתמשנו בפרומון המין של *M. josephi* המכילים תערובת רצמית של $56\% E + 44\% Z$ שכוללים $50\mu g$ האיזומר הפעיל, ובמקביל, השתמשנו גם בנדיפיות הטעונות ב- $50\mu g$ של האיזומר הפעיל ובחלק מהניסויים גם בנדיפיות הטעונות ב- $200\mu g$ של האיזומר הפעיל. במערכת הניסוי שלבנו גם את האיזומר Z ואת האנטיפוד הבלתי-פעיל שבניסויים שנערכו בישראל לא הביאו ללכידה של זכרי הכנימה או של *E. hebraicus*. בנוסף לכך, השתמשנו בנדיפיות טעונות ב- $220\mu g$ של האיזומר הפעיל של *Matsococcus feytaudi*, המצוקוקוס של האורן הימי, ובנדיפיות הטעונות ב- $600\mu g$ של פרומון המין של *Matsococcus matsumurae*, מין אסייתי של מצוקוקוס המצוי גם בצפון אמריקה. נדיפיות לא טעונות בפרומון שימשו כביקורת. חשוב לציין, שטעינת הנדיפיות בכמויות השונות של פרומון המין של כל אחד משלושת המינים, נבעו מהצורך להשוות את קצב ההתנדפות הפרומונים שנבדקו. נדיפיות גומי שימשו אותנו ואלה שולבו בתוך מלכודות דבק משולשות.

המלכודות נשלחו לפורטוגל ולאחר חשיפה של שבועיים, לוחיות הדבק נשלחו לבדיקה בישראל.

בפורטוגל בוצעו הניסויים בנטיעות של אורן ימי בגיל שבין 40-50 שנה ב- 6 אזורים שונים. הניסויים התבצעו החל ממאי 1955 והסתיימו בספטמבר 1996. המקומות התפרשו על-פני מרחקים גדולים מהפקולטה לחקלאות בליסבון, בטווח של 600 ק"מ, שהפרידו בין הנקודה הדרומית ביותר לנקודה הצפונית ביותר. היערות שנבחרו ייצגו גבהים שונים מעל פני הים. המעקב אחר השינויים בצפיפות אוכלוסיות חרקי המטרה התבצע באמצעות שני סוגי מלכודות, מלכודות דבק משולשות ומלכודות משפך.

III. תוצאות

מלכודות הפרומון לכדו באופן משמעותי שני מיני טורפים -פשפש טורף *Elatophilus* *crassicornis* וארינמל חום - *Hemerobius stigma*. זכרים של *M. feytaudi* נלכדו במלכודות הטעונות בפרומון של כנימה זו. *E. crassicornis* נלכד ברמה גבוהה בעיקר באזורים הנמוכים, אך למעשה הוא נרשם במלכודות דבק בכל האזורים שנבדקו. ה- *H. stigma* נלכד גם הוא בכל האזורים, אם כי באזורים הגבוהים הוא הופיע במספרים משמעותיים יותר.

האיזומרים שלא הראו פעילות בישראל ולא משכו זכרים של כנימה, או בוגרים של *E. hebraicus*, לא היו פעילים גם בפורטוגל, ולא הביאו ללכידה של מיני הטורפים הנ"ל. נרשמו הבדלים משמעותיים ברמת הלכידה על-ידי הפרומונים הפעילים במחזורי לכידה שונים. כך לדוגמא, ב- 1995 נלכדו שני מיני הטורפים במלכודות פרומון טעונות בפרומון המין של *M. josephi* לעומת זאת, בהמשך, בניסויים שבהם פריסת המלכודות היתה בתבנית של בלוקים באקראי, בהם נבחנו שלושת הפרומונים, בהשוואה לביקורת, היתה לכידה נמוכה מאוד של הטורפים על-ידי פרומון המין של *M. josephi*, ואילו ב- 1996 כמעט ולא התקבלה לכידה על-ידי פרומון המין של *M. josephi*. לעומת זאת, נרשמה לכידה משמעותית בפרומוני המין של *M. matsumurae* ו- *M. feytaudi*. לא נרשמו הבדלים משמעותיים בעוצמת הלכידה באמצעות מלכודות הטעונות בשני פרומוני המין האחרונים.

במעקב התבצע אחר השינויים ברמות הלכידה בשני אזורים. כתוצאה מתקלות בלתי צפויות בשטח, הלכידה באזור הנמוך (קסטלו-ברנקו), היתה רק במחצית השניה של השנה, ואילו הלכידה באזור הגבוה, (Lousa) נמשך כמעט כל השנה. בניסויים אלו נבדקו השינויים בצפיפות של מיני הטורפים והכנימה הפונדקאית, באמצעות מלכודות פרומון הטעונות בפרומון המין של *M. feytaudi*. באזור הנמוך, אוכלוסיית זכרי המצקוקוס הולכת ופוחתת עד מחצית יוני ואילו באזור הגבוה, אוכלוסיית זכרי הכנימה המשיכה עד להפסקת הדגימות בראשית אוגוסט 1996. *E. crassicornis* היה שכיח בשני האזורים ובאביב המאוחר ובמהלך הקיץ. האוכלוסייה הגבוהה נרשמה באזור הנמוך. לעומת זאת, הארינמל החום הופיע באוכלוסייה גבוהה, גם הוא במחצית השניה של הקיץ, כאשר האוכלוסיות היו גבוהות יותר באזור הגבוה ושיאן היה בסוף יולי- ראשית אוגוסט.

מלכודות המשפך היו יעילות יותר כשהמדובר בזכרים של מצוקוקוס, אך לא נרשמו הבדלים משמעותיים בין שני סוגי המלכודות כשמדובר היה בשני מיני הטורפים, למרות שסה"כ הלכידות במלכודות דבק משולשות היה גבוהות יותר כשמדובר באלו האחרונים.

IV. דיון

התוצאות מצביעות על כך ששלושת מיני הפרומונים שזוהו עד כה בסוג מצוקוקוס, מושכים שני טורפים נוספים, מין נוסף שלפשפש טורף *E. crassicornis* וארינמל חום - *H. stigma*. תוצאות אלה הן עדות למקרה שני של מין של *Elatophilus* המזהה את טרפו באמצעות פרומון המין ועדות ראשונה של ארינמל המגיב לפרומון המין של טרפו. בעבר, (Stelzl 1991), פירסם רשימה של חומרים המשמשים כחומרי משיכה לבוגרים של מינים שונים של ארינמלים, פרומוני מין לא נכללים ביניהם. תוצאות מעידות על כך שתעופה של זכרי *M. feytaudi* מתפרסת על פני חודשים ארוכים, ולא כפי שפורסם בעבר במחקרים שבוצעו בדרום-צרפת ואיטליה. התוצאות במחקרים ההם נובעות מהעובדה שהחוקרים לא היו מצוידים אז במלכודות פרומון שאפשרו דגימה של אוכלוסיות קטנות של הכנימה. התוצאות שהושגו מצביעות שפרומון המין של מיני מצוקוקוס משמשים כקירומונים לטורפים. קירומונים משמשים במישרין, או בעקיפין, כחומרים המשפיעים על היכולת של טורפים או טפילים למצוא את טרפם. כל הקירומונים הפעילים על פני טווחים ארוכים, שזוהו עד כה, הם פרומוני מין או פרומוני התקהלות. מכל מקום, בשעה שפרומוני התקהלות של חיפושיות קליפה, לדוגמא, מושכים אוכלוסיות מגוונות של אויבים טבעיים, פרומוני מין ידועים כמושכים צרעות טפיליות של עשים או צרעות טפיליות שנמשכות לפרומוני מין של כנימות ממוגנות.

הקשר שבין מיני *Hemerobius* לבין מיני מצוקוקוס נרשם בעבר על-ידי מספר חוקרים בסין ובאירופה. ישנם מקרים של שבהם מיני *Hemerobius* מלווים באופן בלעדי את הסוג אורן, בשעה שמינים אחרים קשורים דווקא לרחבי-עלים. ככלל, הארינמלים בסוג אינם נחשבים ספציפיים לטרף מסויים כשמדובר ב- *H. stigma* טווח הטרף לא היה ברור. ידוע שטווח התפוצה הטבעי של *H. stigma* הוא מרכז ומערב-אירופה ודרום הים התיכון. הוא התאקלם גם ביבשת צפון-אמריקה כשהובא לשם להדברה של כנימות צמריות (Adelgidae). עם זאת, העובדה שהארינמל נמשך לפרומון המין של מיני מצוקוקוס יש בה יותר מרמז לכך שהמצוקוקוס הוא כנראה הטרף העקרוני של הארינמל.

בשונה מהסוג *Hemerobius*, המצוי כמעט בכל אזורי כדור הארץ, הסוג *Elatophilus* מלווה את הסוג מצוקוקוס. העובדה ש- *E. crassicornis* נמשך למלכודות פרומון בעוד שמינים אחרים של *Elatophilus* לא נלכדו כשמלכודות הטעונות הפרומון המין של מיני הסוג מצוקוקוס שנחשפו בסין או באזורים אחרים באזור הים התיכון (פרט כמובן ללכידה של *Elatophilus hebraicus* באזור התפוצה של *Matsucoccus josephi*) יש בה רמז אולי שלא כל מיני הסוג מגיבים לפרומון

המין של הסוג מצוקוקוס. מעניין לציין, ש- *E. hebraicus* ו- *E. crassicornis* שייכים לתת-גנוס *Euhadrocerus* בסוג *Elatophilus*. מינים השייכים לתת-הגנוס *Elatophilus* כנראה לא נמשכים לפרומון. נקודה אחרת שניתן להדגיש היא ששיעור הזכרים שנלכדו במלכודות פרומון הוא גבוה מאוד ודומה ללכידה של *E. hebraicus* בישראל.

התוצאות שהוצגו מצביעות על כך שדפוס המשיכה של שני המינים שנלכדו בפורטוגל דומה לזה של *E. hebraicus* והדבר מרמז אולי על כך שגם מינים אלה מזהים את הפרומון על-פי היחידה המשותפת במולקולה.

V. מסקנות

מסקנות המחקר, בכל הקשור להמשך פעילות ואיקלום אויבים טבעיים נוספים הוא כדלקמן: אנו ממליצים להמשיך ולפעול לאקלום *H. stigma* בישראל. האקלום של טורף (ארינמל זה טורף גם בדרגת הבוגר וגם בדרגות הזחל) ביערות האורן בארץ, עשוי לתרום להפחתת אוכלוסיית המצוקוקוס הא".י. בשל האוכלוסיות הגדולות המתפתחות בארץ גם על אורן ירושלים וגם על אורן ברוטיה יש חשיבות לתגבור אוכלוסיית האויבים הטבעיים. העובדה שהארינמל מגיב לפרומון המין של הכנימה תביא לכך שהטורף יתבסס בקלות ביערות האורן בישראל, וניתן יהיה, באמצעים פשוטים יחסית (הפעלת מלכודות פרומון) בכדי לעקוב אחר התבססות אוכלוסייתו בארץ.

המידע שהוגש בפורטוגל מאפשר לנו לקבוע את המועדים המתאימים ביותר לאיסוף הארינמל, כלומר במחצית השניה של הקיץ, ולקבוע את אותם אתרים בהם ניתן לאסוף את הכמות הגדולה ביותר. עד כה התעורר קושי מסוים בגידול של הארינמלים בפורטוגל, ולפיכך המאמץ המחקרי בשנה הקרובה מיועד לאיסוף מספר מכסימלי של פרטים שיישלחו לישראל ויגודלו בתנאי מעבדה על תטולות של המצוקוקוס הא".י.

לפי שעה, אנחנו לא רואים חשיבות רבה באקלום מין נוסף של *Elatophilus* בישראל. בשנה הבאה עיקר המאמץ יופנה לריבוי הכנימה והארינמל, הפצתם ביערות האורן בארץ, ובמקביל ייערכו ניסויים כדי ללמוד את אופן ההכרה של פרומוני המין של מצוקוקוס על-ידי הארינמל בהשוואה לאופן ההכרה של *E. hebraicus*.