



יקרוניות כאיום על עצי יער ונוי בישראל: תמונת מצב והיערכות

צביקה מנדל^{1*} | שחר סמרה² | משה (מוקי) נגרי³ | כרמית סופר ארד⁴
דניאל בן סימון⁴ | עומר גולן⁵ | מאור אלרון⁵ | דנה מנט¹ | רונן שפיר³ | עידן קופלר^{6,3}

- 1 המכון להגנת הצומח, מנהל המחקר החקלאי-מרכז וולקני
- 2 אגף אבחון מזיקים, השירותים להגנת הצומח ולביקורת, משרד החקלאות ופיתוח הכפר
- 3 מכון שמיר למחקר, אוניברסיטת חיפה
- 4 שה"מ, משרד החקלאות ופיתוח הכפר
- 5 המדור לבריאות היער, אגף הייעור, קק"ל
- 6 מיגל – מכון למחקר מדעי יישומי
- * zmendel@volcani.agri.gov.il

תקציר

ביקרוניות, תוך שימת דגש על חומרים ידידותיים לסביבה;
ב. שימוש בחיישנים לגילוי האכלוס של זחלי היקרוניות;
ג. הפעלת אמצעי ניטור להימצאות היקרוניות האסייניות ויקרונית האורן מהמין *Monochamus galloprovincialis* בישראל.

יקרוניות הופכות למזיקים קשים בדרך כלל במפגש עם מיני עצים שמתאימים להתפתחותן, שאין להם מערכות הגנה מתאימות כנגד המזיק, ושסובלים מחולשה פיזיולוגית. בישראל מוקרים כ-130 מיני יקרוניות, ורק מיעוטם הם מזיקים קשים לעצים חיוניים. במסגרת זו אנו סוקרים כמה מיני יקרוניות מקומיים שהפכו למזיקים, מיני יקרוניות פולשים הנחשבים אלימים בישראל, וכן מציינים את הפוטנציאל של שני מיני יקרוניות אסייניות מהסוג *Anaplophora* שעלולים לחדור בעתיד הקרוב לישראל מצפון ולהפוך למזיקים קשים. ההשפעות הישירות והעקיפות של שינוי האקלים על ההתגברות הצפויה של נזקי היקרוניות מוצגות בקצרה. היערכות שנקטנו לקראת ההתמודדות עם החמרת הנזקים שגורמות היקרוניות כוללת שלושה תחומים: א. בחינת תכשירי הדברה ושימוש בהם למניעת אכלוס העצים

מילות מפתח

חיישן, מינים פולשים, ממשק הדברה, ניטור, שינוי אקלים

מבוא

באזורים קרים יותר (Haack et al., 2017). הבוגרים של רוב המינים המוכרים בארץ מעופפים בשעות הערב המאוחרות, ופעילותם העונתית מוכתבת מהטמפרטורה בשעות הערב. בשל כך, רוב המינים מתרבים בעונה החמה בלבד. היות שהחשיבות של הקבוצה לרוב גידולים החקלאיים נמוכה מאוד, תשומת הלב המדעית שניתנה לקבוצה זו הייתה מועטה.

מיני יקרוניות מקומיים מזיקים

בארץ מספר מיני יקרוניות מקומיים הנחשבים מזיקים. יקרונית השקד (*Cerambyx dux*) היא מין בעל חשיבות כלכלית גדולה, ובשל זאת היא נחקרה היטב במהלך השנים (Jolles, 1932; Saliba, 1974, 1977; Sharaf, 2010). יקרונית השקד נפוצה במזרח הים התיכון ובדרום-מזרח אירופה. היא מתפתחת במיני משפחת הוורדניים ותוקפת עצים תרבותיים בריאים ומוחלשים כאחד, בחקלאות ובנוי (לא בטבע) בבתי גידול קרירים יחסית. אורך הבוגרים 25–40 מ"מ, וצבעם חום כהה עד שחור. הבוגרים פעילים ביום, מגיחים מהגלמים בסוף הקיץ ובתחילת הסתיו, אך נשארים בעץ בתרדמת חורף עד האביב. הביצים מוטלות בסדקים בקליפה. שלוש דרגות הזחל הצעירות מתפתחות בסות, ואילו המאוחרות יותר חודרות לעצה ומתפתחות בתוכה. משך ההתפתחות נמשך כשנה עד שנתיים. בארץ היא פעילה במרכז ובצפון, ומעדיפה בתי גידול המאופיינים בחורף קר, כלומר את אזור ההר. בדרום אירופה ובאזורים הגבוהים היא פוגעת בעיקר בגרעיניים, אך בישראל הפגיעה השכיחה היא בגלעיניים – ומכאן שמה בעברית. הבוגרים מגיחים עם מערכת מין בשלה (pro-ovigenic), וההזדווגות וההטלה עשויות להתרחש כבר ביום הגיחה. נזק קשה במיוחד נגרם בישראל בעשרים השנים האחרונות למטעי דובדבן. בבתי גידול טבעיים בישראל היא מתפתחת רק בעצים חלשים מאוד, ובעיקר בעצי שקד (*Prunus amygdalus*) ובעוזררים (*Crataegus*).

שאר המינים המקומיים המוזכרים במאמר זה פוגעים בעצים במצבים של חולשה. יקרונית האלון (*Cerambyx cerdo*) מוכרת במרכז אירופה ובאזורים הגבוהים באגן הים התיכון. היא מאכלסת עצים חלשים ממשפחות שונות (Duffy, 1953; Bense, 1995; Hoskovec and Rejzek, 2014). בישראל היא מתפתחת במיני אלון מקומיים כאשר הם חלשים מאוד. מיני אלון שאינם מקומיים, כמו אלון אנגלי (*Quercus robur*) או אלון ארץ-עוקצים (*Quercus pedunculiflora*) הנטועים בגולן או בגליל, עלולים להיפגע גם כאשר הם חיוניים. גם יקרונית זו מגיחה עם מערכת מין בשלה.

משפחת היקרוניות היא מהגדולות בסדרת החרקים. היא כוללת יותר מ-36,000 מינים, ונוכחת ברוב בתי הגידול היבשתיים (Monné et al., 2017). הזחלים של רבים ממיני היקרוניות מתפתחים בגזעים, בענפים ובשורשים של עצים מתים או של עצים במצב פיזיולוגי קשה, ועל כן יש להם מעורבות רבה וחיונית במחזור העצה בטבע. כמאתיים מבין מיני היקרונית נחשבים מזיקי עצים ביער, בנוי ובחקלאות. מין יקרונית הופך מזיק, כשעמידותו של עץ המתאים לאכלוס מתדרדרת. בבתי גידול חקלאיים או בעצי נוי מצב זה נוצר בעיקר בשל פגיעה בבריאות העץ עקב ממשק לקוי, פגיעה פיזית או פגיעה של פתוגנים במערכת השורשים, ולעיתים בשל השבחה גנטית שהקטינה את עמידות העצים. ביער פעילות היקרוניות הופכת אגרסיבית בעקבות תקופות יובש ארוכות. מיני יקרוניות הופכים למזיקים קשים בדרך כלל במפגש עם מיני עצים שמתאימים להתפתחות היקרוניות, ושאינו להם מערכות הגנה מתאימות להתמודדות עימן.

מנגנוני העמידות של עצים כנגד יקרוניות אינם מוכרים היטב. מערכות עמידות כוללות את העמידות הקבועה המתבססת על רעלים (תוצרים משניים של העץ), ואת העמידות המושרית המתבטאת בהפרשת גומי מעצים רחבי-עלים או בהפרשת שרף מעצי מחט כתגובה לניסיונות החדירה של היקרונית. האלימות במקרים רבים היא תוצאה של "מפגש חדש" בין מין יקרונית זר עם מין עץ מקומי, ולעיתים מפגש של מין עץ זר עם מין יקרונית מקומי. אחת מתוצאות המשנה של הסחר העולמי במוצרי עץ היא מעבר של מיני יקרונית לבתי גידול חדשים, שמחולל פגיעה קשה בשורה של מיני עצים בבתי גידול אלה. הנזקים נאמדים במיליארדי דולרים (Haack et al., 2010).

בישראל מוכרים כ-130 מיני יקרוניות, וכצפוי, רק מיעוטם הם מזיקים קשים לעצים חיוניים. כעשרה ממיני היקרוניות בישראל הם פולשים. חשוב לציין כי למיני יקרוניות הנוברים בעץ אין אויבים טבעיים יעילים בעולם, ואי לכך, עמידות העץ היא המפתח להבנת מידת אלימותו.

כמו נוברי עצה אחרים, גם ליקרוניות משך התפתחות ארוך. מיני יקרונית שזחליהם ניזונים מסות של עצים "חלשים" (כלומר מאזור הקליפה החיה הכולל את רקמות השיפה, הקמביום ורקמות העצה של השנה האחרונה – רקמות בעלות ערך תזונתי גבוה), מתפתחים מהר יחסית (2–3 דורות בשנה בתנאי האקלים בישראל), אך יש מינים מעטים מסוג זה. אצל רוב מיני היקרונית הזחלים מתפתחים באיטיות בעצה או בעיקר בעצה, שהערך התזונתי שלה נמוך. ההתפתחות נמשכת שנה או יותר בתנאי הארץ, ומספר שנים

יקרונות הפרחים (*Chlorophorus varius*) קטנה יחסית למיני יקרונות אחרים. אורך הבוגר 8–15 מ"מ, והוא בעל דגם פסים שחורים וצהובים המדמים אותו לצרעה. יקרונות זו נפוצה באירופה, במרכז אסיה ובאגן הים התיכון. בישראל היא שכיחה במרכז הארץ ובצפונה. יקרונות הפרחים מתפתחת על מגוון רחב של מיני צמחים מעוצים רחבי-עלים, כדוגמת גפן (*Vitis spp.*), מנגו (*Mangifera indica*), הדורים (*Citrus spp.*) ומיני ורדניים. הזחלים מתפתחים בגזע ובענפים, והתפתחותם נמשכת כשנה. הבוגרים מעופפים באביב ובראשית הקיץ, וניזונים מפרחים. כמזיק, יקרונות הפרחים פוגעת בעיקר בגפנים (El-Minshawy, 1976).

מין מקומי נוסף הוא *Niphona picticornis*. מין זה מתפתח בענפים שהתייבשו במיני עצים שונים. הוא גרם בישראל לנזק קשה בעצי מנגו בעקבות ממשק הכרוך בגיזום שדרה. שפע חומר הגיזום מעודד את התעצמות האוכלוסייה, ופצעי הגיזום הם נקודות תורפה המאפשרות התפתחות זחלים בענפים (בן עמי וסופר ארד, 2020).

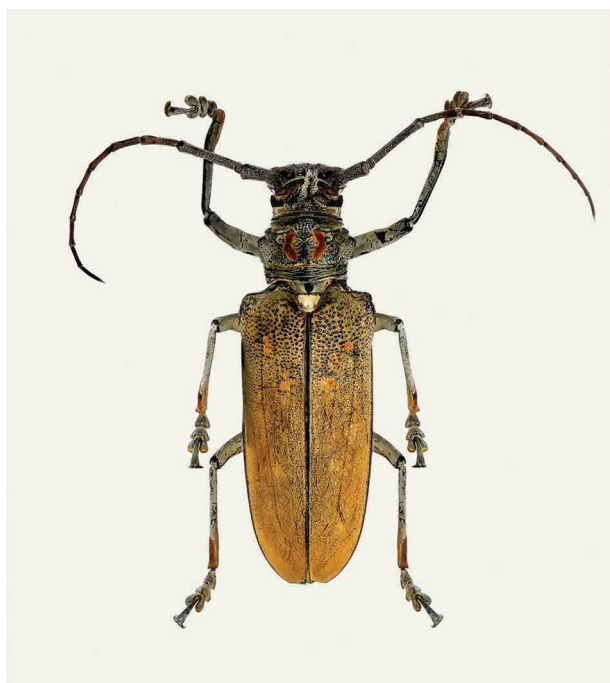
שני מיני יקרונות פולשים בעייתיים אחרים הם נובר האיקליפטוס המנוקד (*Phoracantha semipunctata*), להלן הנובר המנוקד) ונובר האיקליפטוס הזהוב (*Phoracantha recurve*, להלן הנובר הזהוב). הסוג *Phoracantha* נמנה על שבט ה-Phoracanthini, ושני המינים שהתבססו בישראל הם הנפוצים והמוכרים ביותר בקרב שבט זה באוסטרליה ובסביבתה. מיני הסוג *Phoracantha* נפוצים באופן טבעי ביבשת אוסטרליה ובכפואה גינאה החדשה. במהלך המאה ה-20 התפשטו ברחבי העולם שני המינים, והם מצויים למעשה בכל היבשות המיושבות. הם הגיעו לדרום אפריקה יחדיו בתחילת המאה

יקרונות הדולב (*Rhaesus serricollis*) היא מין פוליפאגי הנפוץ במזרח התיכון (Avgin et al., 2015). מין זה תוקף בישראל עצי דולב (*Platanus spp.*) ואלון (Sama et al., 2010). מדובר ביקרונות גדולה, אורך הבוגרים 30–60 מ"מ. גם מין זה מנצל חולשה. הזחלים מתפתחים בגזעי עצי דולב שנחלשו, גם באופן זמני. להתפתחותם בעומק העצה אין בדרך כלל השפעה רבה על חיוניות העץ, אך נבירתם מחלישה את חוזקו הפיזי של הגזע וגורמת לניוון העצים.

מני יקרונות פולשים מזיקים שהתאקלמו בישראל

מני יקרונות פולשים מזיקים שהתאקלמו בישראל

נתייחס לחמישה מבין מיני היקרונות שפלטו לישראל. החשוב שבהם הוא נובר התאנה (*Batocera rufomaculata*) (איור 1), היקרונות הפולשת האלימה ביותר שהתבססה בישראל ומאיימת על קיום עצי התאנה (*Ficus carica*) בישראל (בן יהודה ושות', 2000; Peretz and Avigdorov, 1956). אזור המוצא של נובר התאנה משתרע מתת-היבשת ההודית ועד מלזיה (Hill, 2008). יקרונות זו מתאפיינת בטווח פונדקאים גדול, הכולל יותר מ-50 מיני עצים ממשפחות שונות. הבוגרים חיים כשמונה חודשים (Beeson and Bhatia, 1939), וניזונים בעיקר מפטוטרת העלים. בבתי הגידול הטבעיים שלו ההטלה מתרחשת בעצים מבוגרים, חולים ומתייבשים, והזחלים מחישים למעשה את מותו של העץ. בתת-היבשת ההודית הנובר מוכר כמזיק הפוגע קשות בעצי מנגו ותות (*Morus spp.*) מבוגרים (Nair, 2007; Ahmed et al., 2013). הנובר התגלה לראשונה בישראל בראשית שנות ה-50 של המאה ה-20 (Bytinski-



איור 1

נובר התאנה (נקבה)

אורך הפרט כ-8 ס"מ. צילום: אלכסיי פרוטסוב.

מין אמריקאי שפלש לאזור הים התיכון ולדרום-מזרח אסיה, והיא פתוגן אלים למיני אורן שונים. מבין מיני האורן בישראל רגישים לה אורן הצנובר (*Pinus pinea*) ואורן החוף (*Pinus pinaster*).

מיני יקרוניות אלימים שעלולים לפלוש לישראל בעתיד הקרוב

שניים מבין מיני היקרוניות המזיקים הקשים בעולם הם היקרונית האסיינית (*Anoplophora glabripennis*) (איור 2) ויקרונית ההדר הסינית (*Anoplophora chinensis*) (איור 2). מוצא שני המינים בסין. הם תוקפים מינים רבים של עצי יער, עצי נוי ועצי פרי. הם דומים מאוד, צבעם שחור מבריק עם נקודות לבנות המפוזרות על כנפי החפייה, אורכם כ-17–40 מ"מ. היקרונית האסיינית התגלתה לראשונה כמין פולש בארה"ב ב-1996 (Haack et al., 1997). היא תוקפת מינים רחבי-עלים שונים, וגרמה עד כה נזקים עצומים בצפון אמריקה, בעיקר במדינות ניו יורק ואילינוי. ההערכה היא שמין זה לבדו עלול להשמיד 30% מעצי הנוי בארה"ב, והנזק הפוטנציאלי מוערך בכ-670 מיליארד דולר (Nowak et al., 2001). בין השנים 1998 ל-2006 השקיעה ארה"ב כ-250 מיליון דולר במבצעי הכחדה של יקרונית זו (Smith et al., 2009). הנזק הישיר עד 2014 בארה"ב נאמד בחצי מיליארד דולר. היקרונית האסיינית התגלתה לראשונה באירופה בשנת 2001 באוסטריה. עדויות גנטיות מרמזות לכך שמדובר במספר אירועי חדירה (Javal et al., 2019). יקרונית ההדר הסינית נמצאה לראשונה באיטליה ב-2001 (Hérard et al., 2006). יקרונית ההדר נחשבת לאחד המזיקים הקשים של



איור 2

יקרונית ההדר הסינית

נקבה על גזע עץ דולב באיטליה. אורך הפרט כ-3 ס"מ.
צילום: Matteo Maspero.

ה-20 בקורות לאדני מסילות רכבת (Drinkwater, 1975). הנובר המנוקד פלש לישראל במהלך מלחמת העולם השנייה, ככל הנראה עת הובאו מדרום אפריקה גזעי איקליפטוס ששימשו את חיל המשלוח האוסטרלי בפלשתינה-א"י (Bytinski-Salz and Neumark, 1952). ואכן, הגילוי הראשון שלו באגן הים התיכון היה באזור נמל חיפה. הנובר הזהוב התפשט מדרום אפריקה צפונה, והתגלה בישראל לראשונה רק בשנת 2001, בנחל תבור (Friedman et al., 2008). אורכם של הבוגרים נע בין 13 ל-24 מ"מ, והנקבות גדולות מהזכרים בכ-10% (Hanks et al., 1998). כרבים ממיני היקרוניות, שני המינים מעופפים בשעות הלילה, ופעילותם מגיעה לשיאה כשעה לאחר השקיעה. הם תוקפים עצי איקליפטוס חלשים, כמו פרטים שנפגעו באופן קשה בשרפה, ענפים שנשברו, או עצים שנכרתו לא מכבר. הם מתפתחים במהירות יחסית בקצב של 2–3 דורות בשנה, ככל הנראה כפועל יוצא של התפתחות על רקמת הסות החיה בלבד, כשחדירת הזחלים לעצה נעשית לצורך התגלמות. בעשור האחרון גדלה פגיעתם בשל שינוי האקלים (Seaton et al., 2015). האקולוגיה של שני המינים בישראל נחקרה בישראל זה לפני כעשור (גולן, 2012).

מין פולש אחר הגורם לנזקים היא יקרונית השיטה (*Xystrocera globosa*), שמוצאה באזורים הטרופיים באסיה. היא פלשה באמצעות סחר בעץ למקומות שונים בעולם, והתגלתה בישראל בשנת 1995 (Sama, 1996). בשל שכיחותה ונזקה, יקרונית השיטה היוותה מטרה למחקר נמרץ ביפן (Matsumoto et al. 1996, 2000). היא מתפתחת על מיני עצים ממשפחת הקטניות, ומאכלסת עצים חלשים מאוד. אלביציה וורודה (*Albizia julibrissin*) רגישה במיוחד, וגם עצים במצב פיזיולוגי סביר עלולים להיתקף (Khan, 1996). בישראל היקרונית תוקפת עצי אלביציה במצב של חולשה ומנוונת אותם.

מין פולש נוסף הוא יקרונית האורן הגלית (*Monochamus galloprovincialis*). בסוג *Monochamus* כ-150 מינים הנפוצים בחצי הכדור הצפוני. המינים בסוג זה מתפתחים בעצים שמתו זה מכבר, בעצים חלשים או בעצים שנכרתו מוכרים חמישה מינים, כולם מתפתחים על עצים ממשפחת האורניים. יקרונית האורן הגלית מוכרת גם מאזור הים התיכון, ושכיחה בחצי האי האיברי, בצפון אפריקה, באיטליה ובטורקיה. בשנת 2019 התגלה פרט אחד של המין בתל-אביב. מעניין לציין שעד לשנים האחרונות לא היה מוכר בישראל או בלבנון אף לא אחד ממיני הסוג. יקרונית זו אינה מין אלים, ועם זאת היא נכללת בקבוצה של 11 מינים בסוג שהם נשאים יעילים של הנמטודה *Bursaphelenchus xylophilus* (Akbulut and Stamps, 2012). הנמטודה היא

שינוי האקלים משפיע על חרקי היער גם בעקיפין, כאשר מתרחשת החמרה ביובש ויש עלייה בתדירות השרפות (Sallé et al., 2014). עומדי עצים מתים וכאלה שנחרכו בשרפה הם מצע מתאים להתרבות יקרונות. צמצום הפעילות של פתוגנים של חרקים על רקע היובש גורר עלייה בצפיפות של מזיקי יער שונים (Battisti, 2008). שינוי האקלים משפיע לרעה גם על האויבים הטבעיים של נוברי עץ מבין פרוקי הרגליים (Stireman et al., 2005; Hance et al., 2007). עם זאת, ההשפעה המשמעותית ביותר של שינוי האקלים קשורה לשינויים במערכות העמידות של העצים (Mattson and Haack, 1987; Allen et al., 2010; Sallé et al., 2014). כלומר, שינוי האקלים צפוי להעצים את פעילות היקרונות בישראל ולהחריף את הנזקים.

התארגנות לקראת האיומים הטמונים בהתגברות נזקי היקרונות

בשנת 2019 התגבש צוות (מחברי המאמר) במטרה לקדם אמצעי הדברה ומניעה כנגד יקרונות מזיקות לעצי יער, לעצי פרי ולעצי נוי בישראל. מטרתנו היא לפתח כלי ממשק כנגד מינים מקומיים מזיקים של יקרונות, אך בעיקר כנגד מיני היקרונות האסייניות שעלולים לפלוש לכאן בעתיד הקרוב. הצוות פועל בשלושה תחומים: א. בחינת תכשירי הדברה ושימוש בהם למניעת אכלוס העצים על ידי היקרונות, תוך שימת דגש על חומרים ידידותיים לסביבה; ב. שימוש בחיישנים לגילוי האכלוס; ג. הפעלת אמצעי ניטור להימצאות היקרונות האסייניות ויקרונות האורן הגלית בישראל. להבנתנו, הדברה ביולוגית בהתמודדות עם היקרונות היא חסרת סיכוי.

עריכת ניסויים במיני יקרונות אינה פשוטה, משום שמשך ההתפתחות שלהן ארוך מאד. כמו כן, ריבוי היקרונות כרוך בגידולן על קטעי גזע וענפים, מה שמעמיד קושי נוסף לגידולן במעבדה. אין מצעי מזון מלאכותיים איכותיים המאפשרים לעקוב אחר רבייתן המבוקרת במעבדה. לכן, בחרנו ביקרונות האיקליפטוס כמודל לשני התחומים הראשוניים משתי סיבות עיקריות: א. נובר האיקליפטוס המנוקד ונובר האיקליפטוס בישראל, ושיערנו שיהיה קל להקהיל אותם על עצי המטרה; ב. הזחלים מתפתחים בסות, ולא בעצה, ולכן מתפתחים במהירות ומעמידים 2-3 דורות בשנה, שלא כמו שאר מיני יקרונות העצים המוכרים בישראל, ולפיכך הממצאים יתקבלו במהירות.

להלן סיכום קצר של הפעולות הראשוניות שביצע הצוות בשלושת התחומים:

עצי פרי באסיה, והיא מתפשטת בשנים האחרונות בטורקיה, שם התגלתה כבר ב-2014 (Hizal and Arslangündoğdu, 2017). היקרונות האסיינית התגלתה כבר ב-2016 בצפון לבנון (Moussa and Cocquempot, 2017) ונמצאה לא רחוק מביירות ב-2018 (מידע שמסר אנטומולוג לבנוני).

היקרונות האסיינית תוקפת בעיקר דולב, מילה (*Fraxinus*), בוקיצה (*Ulmus*), ערבה (*Salix*) ומיני ורדניים שונים. יקרונות זו מעדיפה עצים המצויים בעקה, אך תתקוף בהצלחה גם עצים חיוניים. גם יקרונות ההדר היא מין רב-פונדקאי, והיא מוכרת כמזיק קשה של הדרים באזור מוצאה (Wang et al., 1996), אך תוקפת גם עצי פרי ממשפחת הורדניים, אבוקדו, אלון, עוזרר, תאנה, צפצפה (*Populus*), ערבה ומיני עצי מחט שונים (Haack et al., 2010). הבוגרים ניזונים מעלי העצים ומקליפה צעירה בקצות הענפים. הנקבה מוכרסת חורים בקליפת הגזע או בענפים שקוטרם מעל חמישה ס"מ, ומטילה בהם ביצים, אחת בכל חור. הזחל הצעיר ניזון משכבת הקמביום, ובהמשך חודר לתוך העצה, ומתגלם בתוכה. באזור הים התיכון התפתחות דור אורכת כשנה. בחלק ממדינות אירופה ששני המינים חדרו אליהן נערכו מבצעים להכחדת אוכלוסייתן במידה מסוימת של הצלחה (Herard et al., 2009; Haack et al., 2010). שני המינים עלולים לפלוש בזמן הקרוב לישראל, כך שחשוב להיערך לקראת התבססותם בארץ.

שינוי האקלים והתגברות נזקי יקרונות

לשינוי האקלים בעולם יש השפעות מרחיקות לכת על המערכות האקולוגיות היערניות, והוא משפיע באופן ישיר או עקיף על חיוניות העצים, ובשל כך גם על התעצמות הפעילות ועל השגשוג של נוברי העץ ביערות, בשטחי הנוי ובמטעים. שינוי האקלים נחשב גורם מרכזי בהתפרצויות קשות של מזיקי יער בכלל (Ayres et al., 2000; Logan et al., 2003). שינויים אלה ניכרים בהתפשטות של מיני חרקים לבתי גידול חדשים בקצב מהיר ושינויים בפעילות העונתית, והם פועל יוצא של השינויים במשטר הטמפרטורות והמשקעים. הטמפרטורה משפיעה על ההשרדות של המזיקים ואויביהם הטבעיים. עליית הטמפרטורה משפיעה בדרכים שונות על תקופת התרדמה או החריפה (overwintering) של מזיקי היער (Stange and Ayres, 2010). יש עדויות רבות על מקרים ששבירת התרדמה או קיצורה, ושינויים בתקופת החריפה, מאריכים את תקופת הפעילות ומחמירים את הנזק. העלייה ברמת הפחמן הדו-חמצני באטמוספירה והשינויים במאזן פחמן/חנקן משנים את איכות המזון של מזיקי היער (et al., 2007). (Veteli

המקווה, כלומר, מנע לחלוטין את האכלוס. התכשיר נימיקס הראה יעילות גבוהה בניסוי הראשון, אך לא בשני. שני התכשירים המבוססים על פטרייה הראו הפחתה מסוימת באכלוס לעומת הביקורת, אך יעילותם הייתה קטנה. ייתכן שהפורמולציה כלל לא התאימה לכיסוי פני הקליפה החלקים של איקליפטוס המקור. עם זאת, חשוב לציין שחלק מביצי היקרוניות בגזעים שטופלו בתכשירים אלה היו מאלוחות בפטרייה, והדבר מצביע על פוטנציאל הפעילות המניעתית של התכשיר הפטרייתי. בכוונתנו בהמשך לבחון גם תכשיר המבוסס על הפטרייה האנטומופוגנית *Metarhizium anisopliae*, שנעשה בה שימוש תדיר בהדברה מיקרוביאלית של חרקים.

ב. שימוש בחיישנים לגילוי האכלוס. המחקר מתבצע באמצעות חיישנים של חברת אגרינט (אגרינט פתרונות חישה בע"מ, הוד השרון). החיישן הוא מוצר ייחודי שמיועד לגילוי מזיקים נוברי עצים. החיישן מבוסס על טכנולוגיה סייסמית, המאפשרת חישה של התנדודות הנוצרות בעץ בשל פעילות הזחלים הנוברים, וצריכת האנרגיה שלו נמוכה מאוד. החיישן מעבד את האותות ומסנן את הרעשים החיצוניים באמצעות אלגוריתם שפותח על ידי החברה. כל חיישן במערכת מעבד את הנתונים בצורה עצמאית ומדווח את התוצאות באמצעות רשת אלחוטית לרכזת, ומשם נשלח המידע לאחר עיבוד נוסף בענן. החיישן מותאם לכל תנאי מזג אוויר, ומצויד בסוללות הפעילות במשך שלוש שנים. החיישנים הותקנו במחצית מהגזעים שנבחנו בשני הניסויים. השילוב בין ניסויי ההדברה והחישה מאפשר לבחון את החיווי של החיישנים בהתאמה לצפיפות האכלוס

א. בחינת תכשירי הדברה למניעת האכלוס. בחירת התכשירים התבססה ברובה על נתונים שנאספו מאז שנת 2000 בארה"ב במסגרת ההתמודדות עם היקרונית האסיינית (ציטוטי המחקרים אינם מובאים במסגרת זו). חשוב לציין שרוב המחקרים הקודמים כווננו להפעלת התכשירים כתגובה לאכלוס, ורק מעט נעשה למניעת האכלוס באמצעות תכשירים. טבלה 1 מציגה את התכשירים שנבחנו בשתי מערכות ניסוי. שתי המערכות התבססו על חשיפת קטעי גזע של איקליפטוס 24 שעות לאחר הכריתה. הגזעים טופלו בתכשירים באמצעות מרסס גב עד נגירה. בכל אחד משני הניסויים הוצבו הגזעים (כולל גזעי ביקורת ללא טיפול) בארבעה אתרים שונים בכל מחזור חשיפה. לאחר חשיפה של כשבוע ימים ליקרוניות כוסו הגזעים בכל תחנה ברשת בצפיפות של 30 מש כדי להגביל את חלון הזדמנות האכלוס. הערכת ההטלה התבססה על שרידי ביצים במקבצי התטולות ועל הימצאות נסורת תחת קשקשי הקליפה. צפיפות הזחלים נקבעה לאחר חודשיים (בפארק קצרון) ושלושה חודשים (בעמק החולה, בשל הפעילות המאוחרת בסתיו) על ידי הסרת הסות וספירת הזחלים שהיו כבר בשיא התפתחותם, ושמייעוטם כבר החל לנבור לתוך העצה לצורך התגלמות. גורם מרכזי שהשפיע על התוצאות היה העובדה שבחלק מהתחנות בשני הניסויים לא התקיים אכלוס על ידי היקרוניות. מצב זה לא היה צפוי, ויצר שונות רבה.

מבין עשרת התכשירים שנבחנו, רק שלושה (קרטה מקס, טאלסטאר ונימיקס) מנעו את אכלוס הגזעים בזחלים של נוברי האייקליפטוס. רק קרטה מקס נתן את התוצאה

התכשיר	שם גנרי	קבוצה / מקור	ריכוז (%) התכשיר בניסוי 1	ריכוז (%) התכשיר בניסוי 2
טאלסטאר	Bifenthrin	פיריתרואידים	0.2	0.2
קרטה מקס	Lambda Cyhalothrin	פיריתרואידים	0.2	0.2
סיוונטו	Flupyradifurono	Butenolide	1	-
מוליט	Teflubenzuron	IGR	0.1	-
טייגר	Pyriproxyfen	IGR	-	1
מוספילן	Acetamiprid	ניאוניקוטינואידים	0.2	-
נימיקס	Azadirachtin	עץ האזדרכת ההודי	0.5	1
קורגן	Chlorantraniliprole	Ryanoids	0.05	-
Velifer	<i>Beauveria bassiana</i>	פטרייה אנטומופוגנית	0.4	-
Bioveria	<i>Beauveria bassiana</i>	פטרייה אנטומופוגנית	0.2	-

טבלה 1

התכשירים שנבחנו בניסויים למניעת אכלוס גזעי איקליפטוס בנוברי האייקליפטוס

את שינוי האקלים, כדוגמת ממשק שיפצה על התמעטות המשקעים; ב. פיתוח כלי ממשק, בעיקר כאלה הנחשבים ידידותיים לסביבה, כדי להגן על העצים מפני אכלוס במיני יקרונים אלימים.

משיכה מסוימת למרכיבי הפיתיונות. הפרטים שנאספו מצויים בתהליך הגדרה.

סיכום ומסקנות

ליקרונים ככלל ייצוג שולי בישראל מבין המזיקים הקשים ביער, בנוי ובוודאי בחקלאות. שני תהליכים עלולים לשנות את המצב, כלומר להחמיר את הנזק שנגרם לעצים בבתי גידול בארץ מקבוצת חרקים זו: שינוי האקלים ופלישה של מיני יקרונים חדשים. השפעת שינוי האקלים ניכרת כבר כיום בהיקף התייבשות חסר תקדים של עצי אלון ביערות ובנוי, המלווה בגידול באוכלוסיית היקרונים, ובדיווחים הולכים ומתרבים של נזקי יקרונים לעצי דולב. התמותה ההמונית של עצי דקל בעשורים האחרונים בעקבות הפלישה של חדקונית הדקל האדומה (*Rhynchophorus ferrugineus*) לאזרנו היא דוגמה לנזק הכבד שעלול להיגרם אם יתבססו בישראל היקרונים האסייניים. ההיערכות למצב זה נדרשת להתבצע בשני מישורים: א. ממשק מתאים, המביא בחשבון

תודות

המחברים מבקשים להודות לאנשי מקצוע רבים שעזרו בהתארגנות ובביצוע הניסויים והתצפיות, לאנשי חברת אגרינט, ליגאל מויאל, יערן קק"ל בגולן, ולאריק וולך מנהל חוות המטעים, על העזרה והאפשרות לבצע את הניסויים בשטחם. לאנשי הני ניצן גל, פול בנימין, מתן חורש, יותם ברנהרדט, אריאל סולנה, יוגב עמדי, עומר קפלן, יוני אסנוסי, מרים זיו, שי יעקובוביץ וזיו דה יונג, על האפשרות להציב את המלכודות בבטחה בשטחי הני שבאחריותם, לברק כהן מחברת תפזול בבית שמש וליונתן מעוז על תרומת המלכודות, ולאנשי חברת ההדברה על אספקת התכשירים שנבדקו.

מקורות

- Battisti A. 2008. Forests and climate change – lessons from insects. *iForest*, 1(1), 1–5.
- Beeson CFC and Bhatia BM. 1939. On the biology of the Cerambycidae (Coleopt.). *Indian Forest Records (new series) Entomology*, 5, 1–235.
- Bytinski-Salz H. 1952. Two important tree borers in Israel. *F.A.O. Plant Protection Bulletin*, 1, 38–39, 43.
- Bytinski-Salz H and Neumark S. 1952. The Eucalyptus borer (*Phoracantha semipunctata* F.) in Israel. *Transactions of the IXth International Congress of Entomology (Amsterdam, the Netherlands) 1*, 696–699.
- Drinkwater TW. 1975. The present pest status of eucalyptus borers *Phoracantha* spp. in South Africa. In: *Proceedings of the 1st Congress of the Entomological Society of South Africa 1975*. Entomological Society of Southern Africa, Pretoria, South Africa. pp. 119–129.
- Friedman A, Rittner O, and Chikatunov V. 2008. Note: Five new invasive species of longhorn beetles (Coleoptera: Cerambycidae) in Israel. *Phytoparasitica*, 36, 242–246.
- El-Minshawy AM. 1976. On the control of the cerambycid beetle *Chlorophorus varius* Mull. (Coleoptera, Cerambycidae) in grape orchards, with some biological observations. *Agricultural Research Review*, 54, 167–169.
- Haack RA, Cavey J, Hoebeke ER, and Law K. 1996. *Anoplophora glabripennis*: A new tree-infesting exotic cerambycid invades New York. *Newsletter of the Michigan Entomological Society*, 41, 1–3.
- Haack RA, Herard F, Sun J, and Turgeon JJ. 2010. Managing Invasive Populations of Asian Longhorned Beetle and Citrus Longhorned Beetle: A Worldwide Perspective. *Annual Review of Entomology*, 55, 521–546.
- בן יהודה ש, דורצין י ומנדל צ. 2000. התפרצויות של נובר התאנה ומיני יקרונים נוספים בישראל. *עלון הנוטע נ"ד*, 23–29.
- בן עמי ע וסופר ארד כ. 2020. סיכום מנגש מזיקי שלד באבוקדו ומגנו בעמק הירדן. מסמך שהופץ למגדלים, צמח ניסיונות ושה"מ, משרד החקלאות. גולן ע. 2012. תפוצתם ופיעולותם העונתית של נוברי האינקליפטוס *Phoracantha* spp. בעקבות התבססות *P. recurva* וחזירת הצרעה הטפילית *Avetianella longoi* לישראל (עבודת גמר לתואר מוסמך). רחובות: האוניברסיטה העברית בירושלים.
- סבירסקי א, מנס ו ויזהר י. 2002. מזיקי עצי פרי סוב-טרופיים בישראל. מועצת הפירות.
- Ahmed KU, Rahman MM, Alam MZ, Hossain MM, and Miah MG. 2013. Effect of seasonal variations on Jackfruit trunk borer (*Batocera rufomaculata* De Geer) infestation. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 16(7), 339–344.
- Akbulut S and WT Stamps. 2012. Insect vectors of the pinewood nematode: A review of the biology and ecology of *Monochamus* species. *Forest Pathology*, 42, 89–99.
- Allen CD, Macalady AK, Chenchouni H, Bachelet D, McDowell N, Vennetier M, ... and Cobb N. 2010. A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. *Forest Ecology and Management*, 259(4), 660–684.
- Avgin SS, Barsevskis A, and Valainis U. 2015. Distribution of *Rhaesius serricollis* (Coleoptera: Cerambycidae: Prioninae) in the Mediterranean region. *Journal of Entomological Science*, 50(3), 206–217.
- Ayres MP and Lombardero MJ. 2000. Assessing the consequences of global change for forest disturbance from herbivores and pathogens. *Science of the Total Environment*, 262, 263–286.

- Moussa Z and Cocquemot C. 2017. *Anoplophora glabripennis* Motschulsky, 1854, a new introduced pest that could threaten hardwood trees in Lebanon (Coleoptera, Cerambycidae). *Bulletin de la Société entomologique de France*, 122 (4), 501–508.
- Nowak DJ, Pasek JE, Sequeira RE, Crane DE, and Mastro VC. 2001. Potential effect of *Anoplophora glabripennis* (Coleoptera:Cerambycidae) on urban trees in the United States. *Journal of Economic Entomology*, 94, 116–122.
- Peretz I and Avigdorov A. 1956. Experiments on the control of the tropical fig borer in Israel. *Plant Protection Bulletin FAO*, 4, 132–135.
- Saliba LJ. 1974. The adult behavior of *Cerambyx dux* Faldermann. *Annals of the Entomological Society of America*, 67, 47–50.
- Saliba LJ. 1977. Observations on the biology of *Cerambyx dux* Faldermann in the Maltese Islands. *Bulletin of Entomological Research*, 67, 107–117.
- Sallé A, Nageleisen LM, and Lieutier F. 2014. Bark and wood boring insects involved in oak declines in Europe: current knowledge and future prospects in a context of climate change. *Forest Ecology and Management*, 328, 79–93.
- Sama G. 1996. Cerambycidae nouveaux ou peu connus de la faune d'Israël. *Bioscience méditerranéenne*, 12(1995), 4, 93–100.
- Sama G, Buse J, Orbach E, Friedman ALL, Rittner O, and Chikatanov V. 2010. A new catalogue of the Cerambycidae (Coleoptera) of Israel with notes on their distribution and host plants. *Munis Entomology and Zoology*, 5(1), 1–51.
- Sharaf NS. 2010. Colonization of *Cerambyx dux* Faldermann (Coleoptera: Cerambycidae) in stone-fruit tree orchards in Fohais Directorate, Jordan. *Jordan Journal of Agricultural Sciences*, 6, 560–578.
- Seaton S, Matusick G, Ruthrof KX, and Hardy GESJ. 2015. Outbreak of *Phoracantha semipunctata* in response to severe drought in a Mediterranean Eucalyptus forest. *Forests*, 6, 3868–3881.
- Stange EE and Ayres MP. 2010. Climate change impacts: Insects. *Encyclopedia of Life Sciences*, John Wiley & Sons.
- Stireman JO, Dyer LA, Janzen DH, Singer MS, Lill JT, Marquis RJ, and Barone JA. 2005. Climatic unpredictability and parasitism of caterpillars: implications of global warming. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102(48), 17384–17387.
- Veteli TO, Mattson WJ, Niemelä P, Julkunen-Tiitto R, Kellomäki S, Kuokkanen K, and Lavola A. 2007. Do elevated temperature and CO2 generally have counteracting effects on phenolic phytochemistry of boreal trees? *Journal of Chemical Ecology*, 33, 287–296.
- USDA–APHIS, 2011. New Pest Response Guidelines: Exotic Wood-Boring and Bark Beetles. Riverdale, Maryland: USDA–APHIS–PPQ–EDP–Emergency Management.
- Haack RA, Keena MA, and Eyre D. 2017. Life History and Population Dynamics of Cerambycids. In: Wang Q (Ed). *Cerambycidae of the World. Biology and Pest Management*. Boca Raton, London, New York: CRC Press. pp 71–104.
- Hanks LM. 1999. Influence of the larval host plant on reproductive strategies of cerambycid beetles. *Annual Review of Entomology*, 44, 483–505.
- Hance T, van Baaren J, Vernon P, and Boivin G. 2007. Impact of extreme temperatures on parasitoids in a climate change perspective. *Annual Review of Entomology*, 52, 107–126.
- Hérard F, Ciampitti M, Maspero M, and Krehan H. 2006. *Anoplophora* species in Europe: Infestations and management processes. *Bulletin OEPP/EPP/EPPO Bulletin*, 36(3), 470–474.
- Herard F, Maspero M, Ramualde N, Jucker C, Colombo M, Ciampitti M, and Cavagna B. 2009. *Anoplophora glabripennis* – Eradication programme in Italy European and Mediterranean Plant Protection Organization. https://www.eppo.int/ACTIVITIES/plant_quarantine/shortnotes_qps/anoplophora_glabripennis_eradication
- Hizal E and Arslangündoğdu Z. 2017. Biological observations for invasive and exotic insect species *Anoplophora chinensis* (Forster, 1771). *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 67(2), 227–233.
- Javal M, Roques A, Haran J, Hérard F, Keena M, and Roux G. 2019. Complex invasion history of the Asian long-horned beetle: Fifteen years after first detection in Europe. *Journal of Pest Science*, 92, 173–187.
- Jolles P. 1932. A study of the life-history and control of *Cerambyx dux*, Fald., a pest of certain stone-fruit trees in Palestine. *Bulletin of Entomological Research*, 23, 251–256.
- Khan TN. 1996. Comparative ecobiology of *Xystrocera globosa* (Olivier) (Coleoptera: Cerambycidae) in the Indian subcontinent. *Journal of Bengal Natural History Society*, 15, 8–25.
- Logan JA, Régnière J, and Powell JA. 2003. Assessing the impacts of global warming on forest pest dynamics. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 1, 130–137.
- Mattson WJ and Haack RA. 1987. The role of drought in outbreaks of plant-eating insects. *Bioscience*, 37(2), 110–118.
- Matsumoto K, Santosa S, Nazmuleh, and Irianto RSB. 1996. Biology of the green lined albizzia longicorn, *Xystrocera globosa* Olivier (Coleoptera: Cerambycidae), from Sumatra, based on laboratory breeding. *Tropics*, 6, 79–89.
- Matsumoto K, Irianto RSB, and Kitajima H. 2000. Biology of the Japanese green-lined Albizzia longicorn, *Xystrocera globosa* (Coleoptera: Cerambycidae). *Entomological Science*, 3, 33–42.
- Monné ML, Monné MA, and Wang Q. 2017. General Morphology, Classification, and Biology of Cerambycidae. In: Wang Q (Ed). *Cerambycidae of the World. Biology and Pest Management*. Boca Raton, London, New York: CRC Press. pp 1– 70.