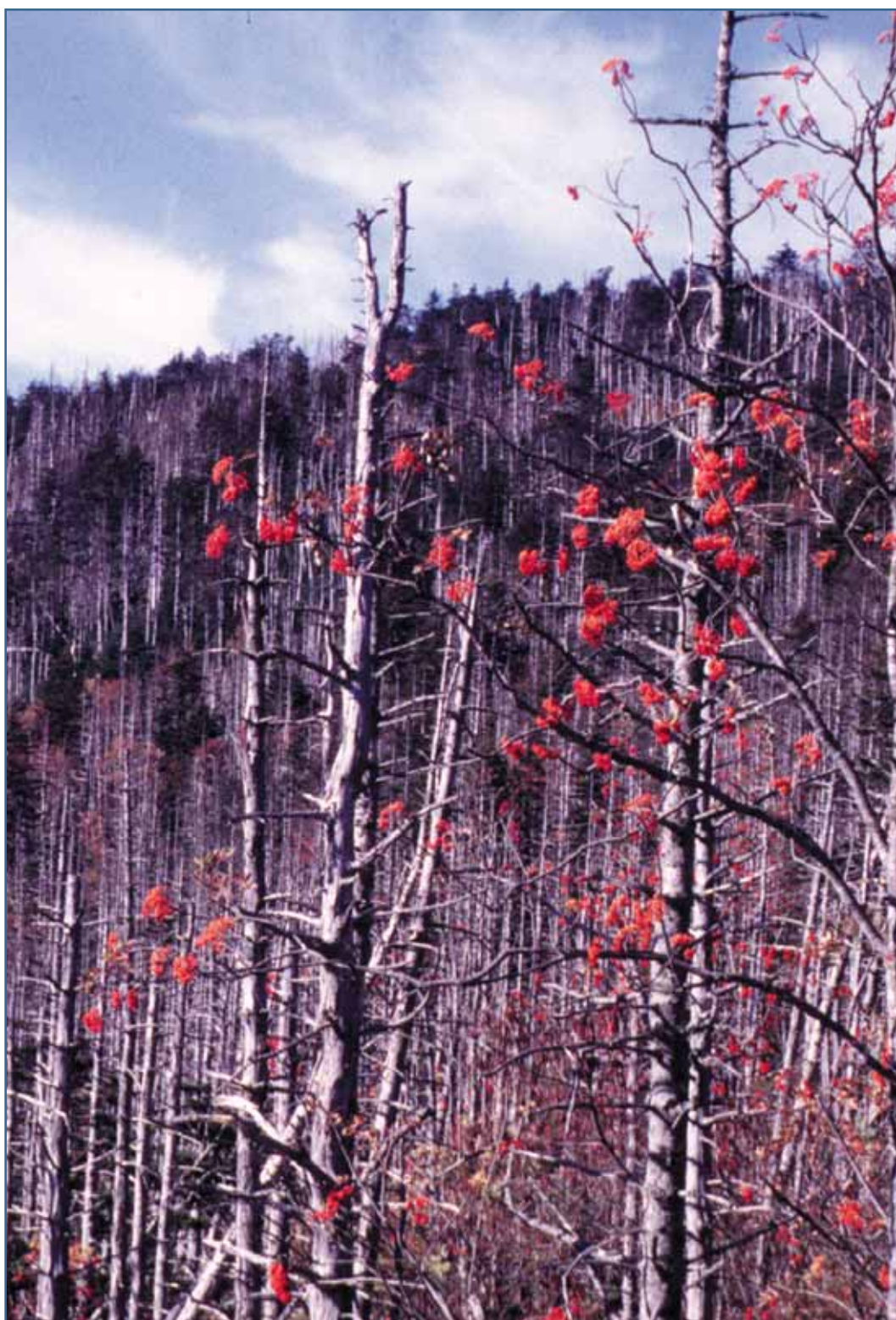


פלישות ביוטיות: גורמים, אפידמיולוגיה, השפעות עולמיות ובקרה



צילום: Richard Mack

חורגם על ידי קמפוס טבע, אוניברסיטת תל-אביב (חורף 2005)

הופק על ידי החברה האקולוגית האמריקאית (אביב 2000)

סוגיות באקולוגיה

החברת פורסמה במקור ע"י החברה האקולוגית האמריקאית (2000) בסדרת החוברות סוגיות באקולוגיה. המהדורה העברית יצאה לאור על ידי קמפוס טבע באוניברסיטת תל-אביב (2005). כל הצילומים והאיורים לקוחים מהמהדורה באנגלית.

חברי המערכת המדעית הישראלית:

ד"ר יעל גבריאל: קמפוס טבע, אוניברסיטת תל-אביב
פרופ' תמר דיין: המחלקה לזואולוגיה, אוניברסיטת תל-אביב
פרופ' דויד זלץ: המחלקה לאקולוגיה מדברית ע"ש מרקו ולואיז מיטרני, המכון לחקר המדבר ע"ש יעקב בלאושטיין, אוניברסיטת בן-גוריון בנגב
פרופ' יוסי לוי: המחלקה לזואולוגיה, אוניברסיטת תל-אביב
פרופ' עוזי מוטרו: המחלקה לאבולוציה, סיסטמטיקה ואקולוגיה, האוניברסיטה העברית בירושלים

הוסיפו על ההיבט הישראלי:

פרופ' תמר דיין: המחלקה לזואולוגיה, אוניברסיטת תל-אביב
ד"ר מנחם גורן: המחלקה לזואולוגיה, אוניברסיטת תל-אביב

עריכה: ד"ר יעל גבריאל וענת פלדמן
עריכה לשונית: חיה וטנשטיין-מאייר
גרפיקה והבאה לדפוס: סטודיו יריב סתיו
סייעו בהפקה: סטודיו יריב סתיו ודפוס מקסם

תודות

המהדורה האמריקאית יצאה לאור בסיוען של קרן Packard וקרן Pew.
המהדורה העברית יצאה לאור בסיוען קרן ברכה.

לקבלת עותקים נוספים:

קמפוס טבע, אוניברסיטת תל-אביב, תל-אביב 69978
טלפון: 03-6405148, פקס: 03-6405253, דוא"ל: teva@tauex.tau.ac.il

ניתן להוריד קובץ PDF של החוברת מאתר קמפוס טבע www.campusteva.tau.ac.il

פלישות ביוטיות: גורמים, אפידמיולוגיה, השפעות עולמיות ובקרה

נכתב במקור על ידי:

Richard N. Mack, Chair, Daniel Simberloff, W. Mark Lonsdale, Harry Evans, Michael Clout, and Fakhri Bazzaz

הוסיפו על ההיבט הישראלי: תמר דין, מנחם גורן

תקציר

במזיקים ואבדן היבול יוצרים "מס" על ייצור של מזון, של סיבים ושל מרעה.

■ העלות העולמית של מחלות מידבקות של צמחים ושל בעלי חיים, הנגרמות על ידי אורגניזמים המועברים לאזורי תפוצה חדשים שבהם הם מוצאים פונדקאים חדשים, אינה ניתנת כיום לחישוב.

זיהוי פולשים עתידיים ונקיטת צעדים למניעת ההפצה וההתבססות שלהם הם אתגר עצום לאקולוגיה, לחקלאות, למדגה, לגידול צמחי נוי ולמסחר בחיות מחמד, לשמירת הטבע ולמסחר הבין-לאומי. אותו צוות המומחים הנזכר לעיל מצא כי:

- זיהוי מאפיינים כלליים של פולשים עתידיים הוכח כמסובך.
- חיזוי האזורים הרגישים לפלישות עתידיות הוא בעייתי אף יותר, בהתחשב בהבדלים הניכרים במסחר בין אזורים שונים ועקב זאת – בשוני הקיים בקצב ההגעה של פולשים פוטנציאליים.
- השמדה של פולש שהתבסס היא נדירה, ומאמצי הבקרה השונים אינם זיהים ביעילותם. בקרה מוצלחת תלויה במחויבות ובהמשך הערנות יותר מאשר באמצעי הספציפי שבו משתמשים (לכידה, ריסוס של קוטלי עשבים ושימוש בהדברה ביולוגית).
- הטיפול במינים פולשים יעיל ביותר כאשר הוא מופעל כאסטרטגיה לטווח ארוך בכל בית הגידול, ולא כאשר הוא מתמקד במאבק כנגד מין פולש זה או אחר.
- העלות של מניעת הפלישות נמוכה הרבה יותר מבקרתן לאחר מעשה.

שינוי חוקי הסגר לאומיים ובין-לאומיים על ידי אימוץ הגישה של "אשם עד שהוכחה זכאותו", במקום האסטרטגיה הקיימת שמונעת כניסה רק של מינים שכבר הוכחו כמזיקים, יהיה צעד בונה ראשון. ההשלכות העולמיות של כישלון בהתמודדות עם בעיית הפלישות באופן יעיל יהיו חמורות, ויהיו כרוכות באזורים מסוימים באבדן גורף של משאבי חקלאות, יערנות ומדגה ובהפרעה לתהליכים האקולוגיים שמספקים שירותי הטבע, תהליכים שבהם תלוי הפיתוח הכלכלי האנושי. בהתחשב בהיקפן כיום, פלישות ביולוגיות תופסות מקום לצד שינויים אטמוספריים ואוקייניים מעשה ידי אדם כגורמים עיקריים לשינויים גלובליים, ואם לא ירוסנו, תהיה להן השפעה על הכוחות האחרים הללו בצורה משמעותית אך בדרכים שעדיין בלתי ניתנות לחיזוי.

האדם גרם לשינוי התפוצה של היצורים החיים על פני כדור הארץ באופן חסר תקדים. אם בכוונה ואם בשוגג, בני אדם ממשיכים לשנות את התפוצה של מגוון גדל והולך של מינים על ידי נדידה, תחבורה ומסחר ומאפשרים להם לעבור גבולות ומחסומים טבעיים, שבעבר לא יכלו לחצות, כגון: אוקיינוסים, רכסי הרים, נהרות ואזורים בעלי אקלים עוין. אחת ההשפעות מרחיקות הלכת במיוחד של שינויי תפוצה אלו היא העלייה החדה במינים פולשים – מינים שמתבססים באזורי תפוצה חדשים, שבהם הם מתרבים, מתפשטים ומתקיימים על חשבון מינים ומערכות אקולוגיות מקומיים. בעולם ללא גבולות, אזורים מעטים, אם יש בכלל כאלה, נשארים מוגנים בפני הגירות אלו, ואזורים מסוימים, כמו איים אוקייניים, חשופים לשיעור גבוה של פלישה.

אף-על-פי שצמחים, בעלי חיים ומיקרואורגניזמים חדשים מגיעים לכל מקום, גורלם של מהגרים אלו אינו אחיד. מעטים שורדים, ורק מיעוט מהם מתאקלמים בסביבתם החדשה. רוב המתאקלמים אינם גורמים נזק נראה לעין בבית הגידול החדש שלהם. עם זאת, חלק מהמינים הופכים לפולשים, ותהליך זה עלול לגרום נזק משמעותי לסביבה. קיימות כמה סיבות אפשריות לעובדה שמינים מהגרים מצליחים בסביבתם החדשה: חלקם מתחמקים מגורמים מגבילים כמו, למשל, טפילים או טורפים, חלקם מוצאים נישות פנויות לאכלוס וחלקם מצליחים בזכות הפרעות מעשי ידי אדם שפוגעות בחברות המקומיות. תהא הסיבה אשר תהא, מינים ההופכים לפולשים עלולים במקרים רבים לגרום נזק אקולוגי רב.

הספרות המדעית שנסקרה על ידי צוות המומחים עבור מאמר זה, מצביעה בבירור על העובדות האלה:

- בעלי חיים פולשים יכולים לגרום להכחדתם של מינים פגיעים מקומיים על ידי טריפה, רעייה, תחרות ושינויים בבית הגידול.
- צמחים פולשים יכולים לשנות לחלוטין את משטר השרפות, את מחזורי החומרים בטבע, את משטר זרימת המים ואת זרימת האנרגיה במערכות טבעיות ולצמצם בצורה ניכרת את השפע או את ההישרדות של מינים מקומיים ואף לחסום את התעבורה בנהרות או להגביר הצפזפות.
- מינים רבים של צמחים או בעלי חיים זרים יכולים לעבור הכלאה עם מינים מקומיים.
- המזיקים הראשיים לגידולים חקלאיים באזורים ממוזגים הם מינים שאינם מקומיים, וההוצאות המשולבות של הטיפול

הקדמה

פלישות ביטויות יכולות להתרחש כאשר אורגניזמים מועברים למקום חדש, בדרך כלל מרוחק, שם צאצאיהם מתרבים, מתפשטים ומשגשגים. במובן הצר, פלישות אינן תופעה חדשה או כזו הנגרמת רק עקב פעילות האדם. עם זאת, היקף התופעה מבחינת המרחב הגאוגרפי, התדירות ומספר המינים המעורבים גדל בצורה ניכרת כתוצאה ישירה מהתפתחות התחבורה והמסחר ב-500 השנים האחרונות ובמיוחד ב-200 השנים האחרונות. בתי גידול מעטים על פני כדור הארץ נותרו נקיים ממינים שהועברו על ידי בני אדם; מעטים עוד יותר הם בתי הגידול שאפשר לראותם כחסינים בפני התפשטות זו. העובדה כי המינים המעורבים מייצגים מגוון של קבוצות טקסונומיות ואזורי מוצא גאוגרפיים מציבה אתגר למינים בצורה ברורה.

ההשלכות השליליות של פלישות ביטויות מגוונות וקשורות זו בזו. מינים פולשים יכולים לשנות את המאפיינים האקולוגיים הבסיסיים של המערכת האקולוגית כמו, למשל, את המינים הדומיננטיים בחברה או את המאפיינים הפיזיים של המערכת, את מחזורי החומרים ואת יצרנות הצומח. ההשפעות המצטברות של פלישות, שנגרמות על ידי האדם, מאיימות על המאמצים לשמר את המגוון הביולוגי, לקיים מערכות חקלאיות פוריות, להבטיח את תפקודן של מערכות אקולוגיות טבעיות וכן להגן על בריאות האדם. בהמשך מאמר זה נדון באפידימולוגיה של הפלישות, בהשערות לגבי הגורמים לפלישות, בהשפעות הסביבתיות והכלכליות שהן גובות ובאמצעים ובאסטרטגיות להקטנת העלויות הללו.

חדשים. ראשית, אורגניזמים רבים, אם לא רובם, מתים בדרך אל האתר החדש. אם הם כן מצליחים להגיע אל האתר החדש, מהגרים אלו צפויים להיכחד במהירות על ידי שלל של גורמים פיזיים או ביטויים. כמעט בלתי אפשרי לכמת את מספר המינים שיוצאים מתחומי תפוצתם המקורית, מספר המינים שנכחדים בהמשך ומספר המינים שבסופו של דבר מגיעים לאתר החדש. עם זאת, מספר ההכחדות של מהגרים אלו, מיד לאחר הגעתם, הוא כנראה רב, בהתבסס על המידע על מינים שנצפו פעם אחת לפחות הרחק מתחום התפוצה הטבעי שלהם.

למרות התמותה הנרחבת במהלך המעבר או מיד לאחר הגעתם, לעתים המהגרים הללו שורדים ומתרבים, אך אפילו במקרים אלה, סביר להניח שהצאצאים של מהגרים אלו ישרדו רק למשך דורות ספורים, לפני שייכחדו מקומית. למרות כל זאת, אחוז קטן מהמהגרים שורד לאורך זמן והופך לחלק מהמגוון הביולוגי המקומי. בשלב זה המשך קיומם אינו תלוי בהגירה של פרטים נוספים מתחום התפוצה המקורי, אם כי מספר גדול יותר של מהגרים מעלה את סיכויי המין להתבסס באורח קבע.

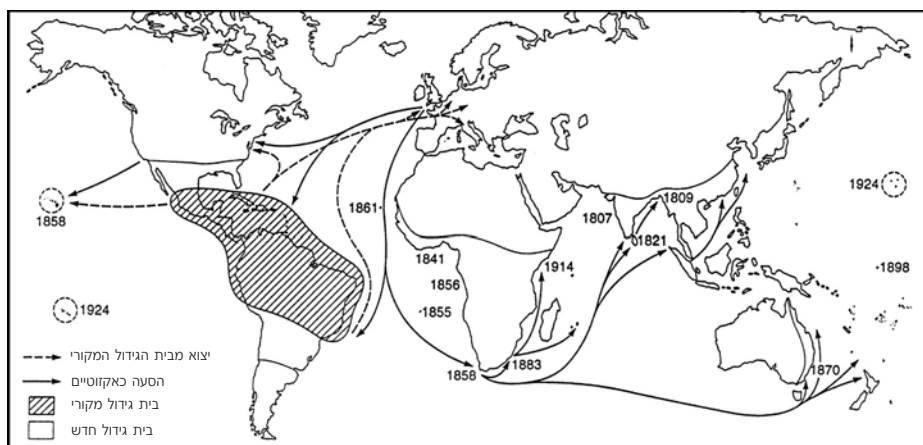
מעטים מבין המינים שמתאקלמים ומצליחים לשרוד את התהליך המדלד הזה הופכים למינים פולשים. פעמים רבות נעשית הקבלה בין מגפות הנגרמות על ידי טפילים לבין יתר הפלישות הביטויות, מפני שלגורמים חשובים באפידימולוגיה של מחלות יש מקבילות ישירות במחקר של פלישות. בהמשך נכיר את האפידימולוגיה ואת המנגנונים העומדים בבסיסה והמאפשרים לחלק מהמינים להפוך למינים פולשים.

האדם כגורם הפצה לפולשים פוטנציאליים

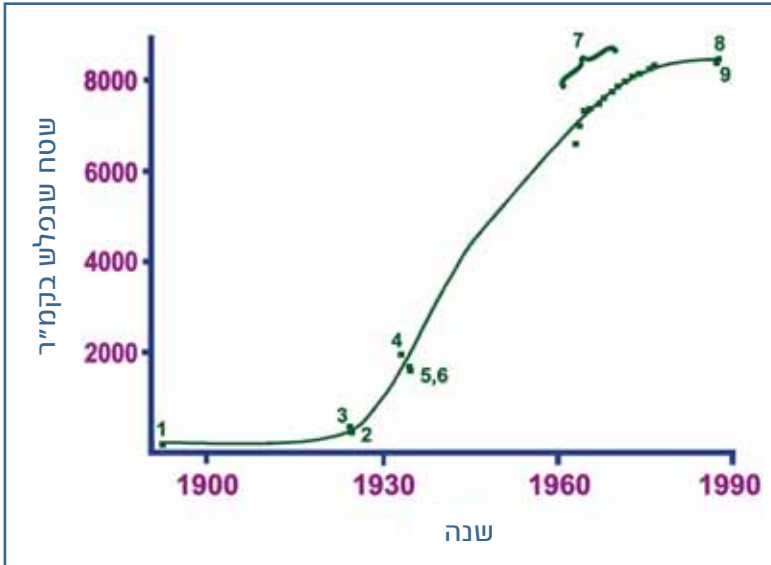
אם בטעות ואם במתכוון, בני אדם שימשו כגורמי הפצה של מינים רבים בטעות ובמכוון במהלך אלף השנים האחרונות, והעלייה ברחבי העולם בהגירה של צמחים, בעלי חיים

האפידימולוגיה של פלישות

פלישות ביטויות מהוות רק תוצאה אחת - למעשה התוצאה הסבירה פחות - של תהליך רב-שלבי, המתחיל בהעברתם של אורגניזמים מתחום התפוצה המקורי שלהם לאזורים



איור 1: פולשים אחרים, כמו שיח הלנטנה (*Lantana camara*), הובאו לאזורים חדשים פעם אחר פעם כתוצאה מהתפשטות של התיישבות האדם והמסחר העולמיים. כפי שמערך התאריכים מצביע, הלנטנה הובאה במהלך המאות ה-19 וה-20 לאזורים טרופיים וסובטרופיים רבים. בכל מקום חדש שאליו הגיעה, היא הפכה להרסנית במיוחד, הן בשטחים חקלאיים והן בבתי גידול טבעיים (Cronk and Fuller 1995).



איור 2: מינים פולשים רבים מאכלסים אוורים חדשים בקצב מהיר עם שלבים ברורים של זמן השהיה ולאחריו גידול לוגריתמי בגודל האוכלוסייה ובפיזור המרחבי. השלב הראשון של גידול איטי בפיזור המרחבי של הפולש אינו שונה מזה של מינים שאינם פולשים (אך אינם מינים מקומיים) באזור חדש, עובדה המקשה על זיהוי מוקדם של פולשים עתידיים. פלישות של צמחים יבשתיים מראות לעתים קרובות את הדגם הזה (במקרה שלפניו התפשטות הצבר *Opuntia aurantiaca* בדרום אפריקה) (Moran and Zimmerman 1991 ומקורות 1-9). לעומתם, מינים פולשים בקבוצות טקסונומיות אחרות עשויים לא להראות כלל שלב של השהיה בהתפשטות המרחבית, ותוך זמן קצר לאחר ההחדרה מתבססים בשטח נרחב.

מתקנים מקומיים על אותו מקור המזון. באותם מקווי מים או בסביבתם מצויים גם מיני חלזונות פולשים. נוסף על כך, מינים רבים של חרקים, ביניהם מזיקי חקלאות, הגיעו ומגיעים לישראל בשוגג, למרות הניסיון לחסום אותם, והם גורמים נזקים לגידולים חקלאיים במדינה. עד כה לא נעשה ניסיון לכמת את ההשפעה הכלכלית של הנזק הזה, אולם ברור שמדובר בנזק כלכלי ניכר ביותר.

החרקים הפולשים מזיקים לא רק לגידולי החקלאות; המורינגה הרתומית (*Moringa peregrina*) והשיטה המלבנה (*Accia albida*) הם שני מיני עצים טבעיים בישראל, בעלי תפוצה אפריקנית. שני המינים הללו מגיעים לקצה גבול התפוצה העולמי שלהם במרחק קילומטרים ספורים זה מזה בעמק הירדן, דרומית לכינרת. המוצא האפריקאי של שני המינים הללו מרמז כפי הנראה על היותם שרידים לתקופות חמות יותר בעברה של ארץ ישראל, שבהן עולם החי והצומח הושפע בצורה ניכרת מהפאונה ומהפלורה האתיופיים. שני המינים הללו נמצאים במקומות מבודדים ברחבי ישראל ומוגנים על פי חוק. שני המינים מותקפים על ידי החיפושית ליקטוס אפריקאי (*Lyctus africanus*), לפחות כאשר הם נמצאים במצב ירוד. גם מין החיפושית הגיע ארצה ממערב אפריקה, אך הוא לא היה צריך לחכות שהיבשות ינדדו ומזג האוויר ישתנה. הוא הגיע ארצה עם מוצרי עץ בסוף שנות ה-60. במהלך שנות ה-70 חלה התפרצות של מין זה ברחבי ישראל, וכיום הוא נפוץ על מינים זרים שונים ובמוצרי עץ (בנוסף על שני המינים המקומיים הנזכרים לעיל). עקב תזונתה של החיפושית המבוססת על מינים זרים ומקומיים רבים, סביר להניח שהשמדתה בישראל לא תהיה בת ביצוע.

החלק היחסי של סוגים שונים של אורגניזמים, שפלוו כתוצאה מהעברה בשוגג לעומת העברה מכוונת, משתנה באופן ברור בין קבוצות טקסונומיות.

מעטים, אם בכלל היו כאלה, המיקרואורגניזמים הפולשים אשר הוחדרו בכוונה תחילה. המיקרואורגניזמים שהועברו כוללים שמרים להתססה או מינים המקיימים יחסי הדדיות כמו, למשל, פטריות מיקוריזה היוצרות יחסים סימביוטיים

ומיקרואורגניזמים התרחשה בעקבות התפתחות התחבורה והמסחר. החל משנת 1500 לערך אירופיים העבירו מינים מהעולם הישן למושבות החדשות שלהם בחצי הכדור המערבי ולמקומות אחרים. פרסומו מסעו השני של קולומבוס והמסעות שהתקיימו אחריו, לדוגמה, מעידים על העברת מינים בכוונה, כיוון שנחשבו פוטנציאל לגידולי שדה ולחיות משק. מאז, הסחר העולמי צמח בצורה מטאורית וסיפק אפשרות לגידול במקביל של הפלישות הביטיות. לכן, פלישות ביטיות יכולות להיחשב כאירועים שהם בעיקרם פוסט-קולומביאניים. בראייה היסטורית, התנועה של מינים בסיוע האדם במהלך 500 עד 200 השנים האחרונות, במכוון ובטעות, מגמדת ללא ספק מבחינת ההיקף, הקצב וההשפעה שלה את תנועת האורגניזמים על ידי גורמים טבעיים בכל תקופה אחרת של 500 שנים בהיסטוריה של כדור הארץ.

בתי הגידול היבשתיים והמימיים של מדינת ישראל מאוכלסים במינים פולשים רבים, שהובאו לשם על ידי האדם. תשומת הלב של המדענים ושל רשויות שמירת הטבע לנושא רק החלה להתעורר, אולם כבר כיום אנו מודעים לקיומם של מינים זרים רבים בישראל, חלקם מינים פולשים של ממש. ככלל מקום אחר בעולם, חלק מן המינים הובאו בכוונה תחילה. השיטה המכילה (*Acacia saligna*), כדוגמה בולטת, היא עץ אוסטרלי שהובא ארצה עוד בימי המנדט לעצירת החולות הבריטי ונשתל במספרים גדולים גם על ידי הקרן הקיימת לישראל. זהו מין פולש אלים במיוחד שעשה כבר שמות במערכות האקולוגיות של דרום אפריקה ושהשפעתו על הסביבה מרחיקת לכת. גם בארץ מין זה מתפשט באזורים נרחבים, וישנו קושי עצום להתמודד עמו. מיני עופות שונים שהגיעו ארצה לגני חיות או כחיות מחמד, נמלטו ויצרו אוכלוסיות ההולכות ומתפשטות בבר. גם ללא מחקר ניתן להניח, עקב הניסיון שנצבר במדינות אחרות, כי לפחות לחלק מן המינים תהיה השפעה על מינים מקומיים וכן השפעה כלכלית. בנחלי מערכת הירדן שוחים דגים שהובאו ארצה לצורכי חקלאות או כדגי נוי, והם מקיימים כיום אוכלוסיות הנראות יציבות. בהם גם הגמבוזיה שהובאו ארצה ממזרח אסיה כדי לטרוף זחלי יתושים, וכיום הם מתחרים עם דגי מים



א

צילומים: Richard Mack



ב

איור 3: לעתים קרובות מינים פולשים משנים את בתי הגידול שבהם הם מתיישבים בצורה ניכרת. הם משנים את הרכב המינים המקומי, את קצב השרפות, את הכימיה של הקרקע ואת ההידרולוגיה. אוור האברגליידס בפלורידה השתנה בצורה חריפה כתוצאה מההשפעות המשולבות של צמחים פולשים, ובהם הפלפלון דמוי אלה בדזילאי (Brazilian pepper, *Schinus terebinthifolius*).

א) החברה הטבעית הפוטנציאלית במרבית שטחי האברגליידס מורכבת מביצות משובצות בקטעי חורש מצומצמים; ב) פלישת הפלפלון שינתה את בתי הגידול הללו באופן דרסטי, עד כדי יצירת מעין מונוקולטורה של העץ הפולש עם השפעות הרסניות על החי והצומח המקומיים.

כאלף מינים מכלל כ-12,000 מיני אורגניזמים המוכרים בים התיכון הם מינים פולשים, רובם ממוצא טרופי. מינים אלה, שביססו בחלקם אוכלוסיות ניכרות בים התיכון, דחקו חלקית או כמעט לגמרי מינים מקומיים. מינים פולשים אלו הגיעו משלושה מקורות: תעלת סואץ המחברת את ים סוף עם מזרח הים התיכון, מיצר גיברלטר המחבר את האוקיינוס האטלנטי עם מערב הים התיכון ומינים שהוכנסו במישרין על ידי בני אדם (במי נטל של אניות או על ידי שחרור מאקווריומים או מחוות גידול).

מזרח הים התיכון הושפע בעיקר מפתחת תעלת סואץ. מאז פתיחת התעלה ב-1869 החלה פלישה של בעלי חיים מים סוף לים התיכון ובחזרה. אורכה של תעלת סואץ הוא כ-165 קילומטרים, וכמחציתה עוברת באגמים מלוחים שהיו קיימים במקום. בשנים הראשונות לפתיחת התעלה היה מספרם של הפולשים קטן, שכן האגמים המלוחים היוו מסננת שמנעה מעבר בעלי חיים הרגישים למליחות גבוהה. במשך הזמן נמלחו מי האגמים, ומליחותם פחתה, וכיום הם אינם מהווים עוד מכשול בפני מהגרים.

המעבר ממהגר לפולש

המעבר ממהגר לפולש כרוך לעתים בשלב של עיכוב או השהיה בקצב גידול האוכלוסיה, ולאחר מכן בשלב של עלייה מעריכית מהירה, שנמשכת עד שהמין מגיע לקצה גבול התפוצה החדשה, וקצב גידול האוכלוסיה שלו מואט (איור 2). לתסריט פשטני זה יש, כמובן, הרבה גרסאות. ראשית, חלק מהפלישות, כמו זו של הדבורים האפריקניות (Africanized bee, *Apis mellifera scotellata*) באמריקה או הצדפית השחורה

עם השורשים של מרבית הצמחים. ■ בקרב החרקים, היו השלכות שליליות לכמה העברות מכוונות כמו, למשל, זו של דבורי הבומבוס (*Bombus sp.*) בניו-זילנד. עם זאת, רוב החרקים הפולשים הועברו כנראה בשוגג.

■ העברות של חסרי חוליות ימיים דומות באופיין לאלו של חרקים. מינים מעטים הועברו בכוונה תחילה כמו, למשל, מין של צדפה מהאוקיינוס השקט (*Pacific oyster, Crassostrea gigas*), שיובא מיפן למדינת וושינגטון בארצות הברית, אולם מספר הולך וגדל של פולשים כדוגמת מין של צדפית שחורה ביולוגי במי נטל של אניות (*zebra mussel, Dreissena polymorpha*) הגיעו בשוגג כזיהום.

■ בניגוד לכך, מרבית הפולשים מבין החולייתנים, בעיקר דגים, יונקים ועופות, הוחדרו בכוונה תחילה. יחד עם זאת, כמה מהחולייתנים הפולשים המזיקים ביותר, כגון: חולדות, נחש העצים החום (*brown tree snake, Boiga irregularis*) וצמד הים (sea lamprey, *Petromyzon marinus*) הופצו בטעות.

■ צמחים פולשים אחדים הוחדרו בשוגג כזיהום ביולוגי בין זרעים של גידולים חקלאיים או במטען אחר. רבים, אם לא רובם של הצמחים הפולשים, הוחדרו בכוונה תחילה, ובכללם כמה מהמזיקים הגרועים ביותר: יקינטון המים (*water hyacinth, Eichhornia crassipes*), עצי המללויקה (*Melaleuca sp.*) ואשלים (*tamarisk, Tamarix sp.*).

ההתבלטות של מינים אשר הוחדרו בכוונה ולאחר מכן הפכו למינים פולשים, מדגישה שלא כל המזיקים מגיעים ללא התראה או מבלי שיבחינו בהם; רבים הם תוצר של מחשבה מכוונת, אך שגויה באופן הרסני, של האדם (איור 1).

קטנים ומפוזרים בהשוואה לאתר הגירה אחד גדול.

- **מגבלות בזהוי של קצב גידול האוכלוסייה.** לעתים, יכולה להיראות השהיה רק בשל חוסר היכולת לזהות אוכלוסיות קטנות ומבודדות, אך עם זאת גדלות, בתחום התפוצה החדש.
- **בררה טבעית שיוצרת טיפוסים גנטיים חדשים המותאמים לתחום התפוצה החדש.** שלב השהיה ישקף את תקופת הזמן עד להופעת הגנוטיפים המותאמים החדשים, אף כי נדרשת עדיין הוכחה להסבר זה.
- **שינוי בית הגידול.** ההשהיה יכולה פשוט לשקף את הזמן שבין כניסת המהגרים לבין שינוי מאוחר יותר של בית הגידול (לדוגמה, משטר שרפות, רעייה והידרולוגיה), המאפשר לצאצאיהם להתרבות ולשגשג.
- **אקראיות של כוחות סביבתיים.** הסדר, העיתוי והעצמה של איומים סביבתיים הם קריטיים לכל אוכלוסייה, אבל ההשלכות של תקופות רצופות של קצב תמותה גבוהה ממורות במיוחד באוכלוסיות קטנות. לכן, גורלה של אוכלוסיית מהגרים קטנה – לשרוד או להיכחד – תלוי במידה רבה בצירוף של מגוון הכוחות לאורך הזמן והדורות: כלומר, האם השנים הראשונות בתחום התפוצה החדש הן שפירות או קשות; האם כוחות סביבתיים חוברים לחסל פרטים בגיל הפריין וכן את צאצאיהם?

ברור כי חלק מאוכלוסיות המהגרים מתגברות על מכשלות אלו וגדלות לגודל סף, שממנו הכחדה כתוצאה מאירועים אקראיים, דמוגרפיים או סביבתיים נהיית בלתי סבירה. למרבה

באגמים הגדולים (*zebra mussel, Dreissena polymorpha*) צפון-מזרח ארצות הברית, עשויות לעבור רק שלב עיכוב קצר או כלל לא לעבור אותו. לעומת זאת, מינים מהגרים רבים אינם הופכים לנפוצים ואינם מתפשטים במשך עשרות שנים, ובמהלך תקופה זו הם אינם ניכרים בסביבה. הפלפולן דמוי אלה ברזילאי (*Brazilian pepper tree, Schinus terebinthifolius*) הובא לפלורידה במאה ה-19 ועד תחילת שנות ה-60 של המאה ה-20 לא בלט בסביבה החדשה. כיום מין זה התבסס על שטח של 2,800,000 דונם בדרום פלורידה, במקרים רבים בכיסוי כה צפוף המונע קיום של כל צומח אחר (איור 3).

במהלך תקופת השהיה קשה להבחין בין אוכלוסיות שעתידין נחרץ לכליה לבין פולשים עתידיים. מרבית ההכחדות של אוכלוסיות המהגרים מתרחשות במהלך תקופת השהיה, אך קשה להבחין בין הדינמיקה של אוכלוסיות אלו לבין אלו של פולשים עתידיים, אשר גדלות בקצב אטי אך מתמיד. דמיון זה בגודל ובתחום התפוצה מקשה על הניסיונות לנבא מי יהיו הפולשים העתידיים, כאשר הם עדיין ספורים ולכאורה ניתנים לשליטה.

עדיין לא ברור אם מרבית הפלישות הן בעלות שלב השהיה ומדוע הוא מתרחש. השהיה בקצב גידול של האוכלוסייה והתפשטות תחום התפוצה של פולש פוטנציאלי נגרמות כנראה על ידי כוחות וגורמים אחדים שפועלים בנפרד או יחדיו:

- **מספר המהגרים ופיזורם.** בדרך כלל פלישות מתקדמות באופן מהיר ביותר כאשר הן מתרחשות באתרי הגירה רבים,



יילום: Richard Mack

איור 4: עשבים פולשים רבים הרחיבו מאוד את התפוצה העולמית שלהם על חשבון אוורי עשב ויערות מקומיים. לרוב, התפשטות זו הסתיימה בבירוא הקרקע על ידי האדם וכמו כן בשרפות חוזרות ונשנות וברעייה על ידי חיות מבויתות. באי הוואי, מין של זיפנוצה (*fountain grass, Pennisetum setaceum*) מצפון אפריקה החליף את החודש המקומי של עץ הברזילי (*Metrosideros polymorpha*), העצים הבודדים ברקע התמונה). עשב זה נובט מחדש במהירות לאחר שרפה; לעומתו, הצמחים המקומיים מותאמים הרבה פחות להתמודדות עם השריפות ובסופו של דבר נעלמים מהאזורים הללו.

המרוחקים מאוד זה מזה על גבי כדור הארץ, ואפשר לראות בכך את המקבילה האקולוגית לזכייה חוזרת בתחרות לוטו בעלת סיכויי זכייה נמוכים. תופעות אלו מעוררות את השאלה המתבקשת: האם מינים אלו ומינים פולשים מצליחים אחרים חולקים תכונות משותפות המגדילות באופן משמעותי את סיכוייהם לשגשג בתחום התפוצה החדש?

נעשו ניסיונות רבים להרכיב רשימה של תכונות משותפות לפולשים מצליחים. התקווה מאחורי מאמצים אלו ברורה: אם נוכל לזהות רשימה רחבה של מאפיינים אשר, לדוגמה, חרקים פולשים, צמחים ואסקולריים מימיים פולשים או עופות פולשים חולקים יחד כקבוצה, נוכל אולי לחזות את זהותם של פולשים עתידיים מקבוצות טקסונומיות אלו. לחלק מהפולשים אכן יש תכונות משותפות, אך עד כה אפשר ליישם רשימות כאלו בדרך כלל על קבוצה קטנה של מינים וישנם רבים היוצאים מהכלל.

קרובים של פולשים, במיוחד מינים מאותו סוג, חשודים באופן מובן מאליו כפולשים פוטנציאליים. רבים מהצמחים הפולשים המצליחים ביותר משתייכים למספר קטן יחסית של משפחות: מורכבים (*asteraceae*), דגניים (*poaceae*), ולמעט סוגים: שיטה (*Acacia*), מימוזה (*Mimosa*) וגומא (*Cyperus*). מבין העופות, במשפחות הזחיריים (*Sturnidae*) והעורביים (*Corvidae*) יש כמה מינים פולשים, או לפחות מינים שהתאקלמו על פני שטחים נרחבים. אבל למרבית הפולשים הביטיות יש מעט, אם בכלל, קרובים הדומים להם במידת האגרסיביות (לדוגמה, יקינטון המים הוא הפולש היחיד מהסוג *Eichhorina*). עובדה זו יכולה להיות פשוט שיקוף של חוסר הזדמנויות להגירה יותר מאשר חוסר יכולת לפלוש. אבל העדויות הניסיוניות מציעות אחרת: האשמה על פי שיוך (טקסונומי) הוכחה כבלתי מדויקת ביכולתה לחזות פוטנציאל של פלישה.

פגיעות חברה לפלישה

כפי שנאמר לעיל, הניסיונות לחזות את הפגיעות היחסית של חברות לפלישות הביאו גם הם להכללות, כפי שמתואר להלן:

■ **נישות פנויות.** חברות מסוימות כגון אלו של איים אוקייניים טרופיים נראות רגישות במיוחד לפלישות, אף כי לעתים העדויות לכך אינן חד-משמעיות. השערת הנישה הפנויה מציעה, כי חברות על איים ובכמה מקומות אחרים הן דלות יחסית במספר המינים המקומיים, ולכן אינן יכולות לגלות "עמידות ביולוגית" בפני מהגרים חדשים. בניגוד לכך, פולשים עתידיים רבים שיגיעו לאיים, לא יוכלו למצוא בין האורגניזמים המקומיים מאביקים, מינים סימביונטיים או מינים אחרים הנחוצים להם ליחסי גומלין, גורם שעשוי להקנות לחברות באיים פן אחר של עמידות לפלישה. הוכחת הימצאותן של נישות פנויות במקום כלשהו היא בכל מקרה בעייתית.

■ **התחמקות ממגבלות ביטיות.** מהגרים רבים מגיעים למקום חדש כזרעים, כנבגים, כביצים או בצורה אחרת של שלב רדום, ללא המינים המלווים אותם באופן טבעי, דוגמת המתחרים שלהם, הטורפים או הטפילים. "התחמקות" זו יכולה להיות מתורגמת ליתרון רב-עוצמה למהגרים. כל היבטים של הצלחת הקיום, כגון: צימוח, אריכות ימים

האירוניה לגבי פלישות ביטיות, בני האדם על ידי עיבוד וטיפול חקלאי, מגבירים פעמים רבות את הסבירות שמהגרים יגיעו לסף זה ויתבססו. עיבוד חקלאי זה כולל פעולות שמגנות על אוכלוסיות קטנות ופגיעות מאיומים סביבתיים דוגמת בצורת, הצפה, כפור, טפילים, אוכלי עשב ומתחרים. במאמץ מתמשך לאורך זמן של האדם, גידולים ועדרים יכולים לצמוח לגודל אוכלוסייה שאינו נתון בסכנת הכחדה. למעשה, האוכלוסייה בשלב זה אינה זקוקה יותר לטיפול של האדם כדי להמשיך להתקיים. בנקודה זו האוכלוסייה התאקלמה ויכולה להפוך לפולשת. באופן זה בני אדם פועלים להגברת ההיקף והתדירות של פלישות, הן על ידי היותם גורמי הפצה יעילים והן בזכות העובדה שהם מגנים על אוכלוסיות המהגרים, בסייעם למינים זרים מועדפים לגבור על מכשולים העומדים בדרכם של מרבית המהגרים בתחום תפוצה חדש.

בנקודת זמן מסוימת, בין אם אחרי שנים בודדות או עשרות שנים, אוכלוסיות של פולשים עתידיים יכולות להתקדם לשלב של צמיחה מהירה ומואצת, הן מבחינת המספר והן מבחינת הפיזור במרחב (איור 2). התפרצות זו מתרחשת בדרך כלל במהירות, וישנם דיווחים רבים ממקור ראשון על פלישות שעברו שלב זה, למרות מאמצים מכוונים לעצור אותן. לבסוף, הפלישה מגיעה לגבולותיה הסביבתיים והגאוגרפיים בתחום התפוצה החדש, והאוכלוסיות ממשיכות להתקיים, אך לא להתפשט.

זיהוי פולשים עתידיים וחברות פגיעות

זיהוי פולשים עתידיים וחיזוי אתרי הפלישה הצפויים שלהם חשובים מבחינה מדעית ומעשית כאחד. מנקודת המבט המדעית, פיתוח היכולת לזהות מראש פולשים תלמד אותנו רבות על מאפייני התפתחות אסטרטגיות הקיום ועל האופן בו חברות ביטיות נבנות. במונחים מעשיים, תהליך זה יוכל לחשוף את האמצעים היעילים ביותר למניעת פלישות עתידיות. כיום, כל ההשערות או ההכללות על המאפיינים של פולשים מצליחים ועל חברות פגיעות מתייחסות לתכונות או לנסיבות יוצאות דופן של המינים או החברות. הערכה של ההכללות האלו קשה, מפני שהן מסתמכות על ניתוח בדיעבד של תצפיות במקום על ניסויים. כפי הנראה, לא נעשו מעקב צמוד וכימות של אף פלישה מרגע תחילתה (למעט כמה פלישות של טפילים של האדם). יתר על כן, יכולות חיזוי של פולשים עתידיים ושל חברות פגיעות קשורות באופן מורכב זו בזו. כיצד אנחנו יכולים לדעת האם חברה תאפשר את הפלישה, משום שהיא עצמה פגיעה, או מפני שהפולש הוא בעל תכונות יוצאות דופן? האם לחברות שבהן קיימים כיום פולשים מעטים יש עמידות פנימית, או האם הגיעו אליהן עד היום רק מהגרים חלשים?

תכונות של פולשים

ביולוגים מחפשים כבר תקופה ארוכה הסבר לשאלה: מדוע מינים כה מעטים שמתאקלמים הופכים לפולשים? מעניין לציין, כי מינים מסוימים (למשל, יקינטון המים, זרזיר מצוי, חולדות, לנטנה, שיבולת שועל בר) פלשו לכמה אתרים

מהשערה קודמת שלו, שחברות "ציבות" יותר, אם הן עשירות במינים. רעיון זה הוא גרסה שונה של השערת הנישה הפנויה; כלומר, לא סביר כי חברה בעלת מגוון מינים גדול תהיינה נישות פנויות שאי-אפשר להגן עליהן בהצלחה מפני מהגר. ביבשה, עם זאת, עמידות לפלישת צומח עשויה להיות בהתאמה חזקה יותר עם מבנה חברת הצומח - במיוחד, קיום של קו צמרות רב-שכבתי - מאשר עם המספר הממשי של המינים בחברה. לדוגמה, חברות יער רבות נותרו עמידות לפלישת צמחים כל זמן שקו הצמרות נשאר ללא פגע. גם כאן, היוצאים מהכלל הם רבים.

■ **הפרעה לפני ההגירה או במהלכה.** בני אדם, או הצמחים ובעלי החיים שהם מפיצים ומבייטים, יכולים לעודד פלישות על ידי יצירת הפרעות פתאומיות וקיצוניות בסביבה. אם מינים מקומיים אינם יכולים להסתגל או להתאים את עצמם לסביבה, הגעת מהגרים שכבר מותאמים יכולה להוביל במהירות לפלישות. הפרעות כאלו יכולות להיגרם על ידי שרפות, שיטפונות, ממשק חקלאי ורעיית חיות משק בשטח או על ידי ניקוז בתי גידול לחים או שינוי המליחות ורמות חומרי ההזנה בנחלים ובאגמים. הפרעות חדשות או הגברה של הפרעות טבעיות כמו שרפות, למשל, מילאו תפקיד משמעותי בחלק מהפלישות הביטיות הגדולות ביותר, כגון: פלישות הצומח הנרחבות במישורי העשב הממוזגים העצומים באוסטרליה, בצפון אמריקה ובדרומה. לחילופין, הישנות של הפרעות טבעיות יכולה למנוע התאקלמות, כפי שאפשר לראות במינים לא מקומיים התחומים לגבולות של אזורים,

וכשירות יכולים להיות גבוהים יותר לגבי מינים בתחומי תפוצה חדשים. על פי השערה זו, פולש מתקיים ומתרבה לא משום שהוא בעל מערך תכונות יוצאות דופן, אלא מפני שהאיר לו מזל, והוא הגיע לתחום תפוצה חדש ללא מינים המזיקים לו או המקשים עליו. לדוגמה, האופוסום האוסטרלי (Australian brushtail possum, *Trichosurus Vulpecula*) הפך לפולש בניו-זילנד מאז הבאתו לשם לפני כ-150 שנה. בניו-זילנד יש לו פחות מתחרים על מזון ומחסה, אין לו מיקרו-פרזיטים מקומיים, ורק 14 מינים של מאקרו-פרזיטים, בהשוואה ל-76 באוסטרליה. צפיפות האוכלוסייה שלו ביערות ניו-זילנד עולה פי עשרה על זו שבאוסטרליה. נראה שאין להימנע מהתופעה שפולש על גבי יבשת ירכוש לעצמו אויבים חדשים, במיוחד כשהוא מרחיב את תפוצתו ובא במגע עם מספר רב יותר של מינים מקומיים. הרעיון של התחמקות ממגבלות ביטיות הוא השערה פשוטה וברורה מאליה המסבירה את הצלחת הפולש וגם מספקת לחוקרים מניע לחפש אחר גורמי בקרה ביולוגיים בין אויבו הטבעיים של המין בתחום תפוצתו המקורי.

בגלל מגבלות של טמפרטורה רוב המינים הפולשים מים סוף לים התיכון אינם מצויים בעומקים העולים על 150 מטרים, אך כיוון שרוב מיני בעלי החיים מצויים במים הרדודים יותר (ובעיקר בנופים סלעיים), נזקם של הפולשים רב.

■ **עושר מינים בחברה.** בשנת 1958 הציע צ'רלס אלטון את הסברה, שעמידות חברה אקולוגית לפלישות עולה בהתאמה לעושר המינים בחברה. עבור אלטון, הצעה זו התפתחה



צילום: Sally Hacker

איור 5: בעלי חיים פולשים וכן צמחים פולשים יכולים לשנות באופן ניכר גם את החברות טבעיות וגם את הסביבה הפיזית שלהם. החופית האירופית (*European periwinkle, Littorina littorea*) הוחדרה לחופי האוקיינוס האטלנטי של נובה סקוטיה, קנדה, בשנות ה-40 של המאה ה-20. מאז היא הגדילה את היקף החופים הסלעיים על חשבון ביצות העשב ששלטו בגופי החופים של דרום-מזרח קנדה וצפון-מזרח ארצות הברית. שינוי זה התרחש כתוצאה מן העובדה שהחופית ניוונה מצמחיית הים שיוצרת את הטין והבוץ לאורך החופים.

שבהם שרפות מתרחשות לעתים תכופות.

הקושי בחיזוי של פגיעות החברה לפלישות עולה מאוד כתוצאה מהטייה הנובעת מעצם ההגירה; או במילים אחרות, כמעט בלתי אפשרי לבחון באופן ביקורתי את ערכן היחסי של השערות אלה בגלל סוגיות שונות היוצרות אי-בהירות, כמו ההבדלים העצומים הקיימים בין חברות בהזדמנות שהייתה להן להיחשף למהגרים. הסבירות שחברה תקבל מהגרים מושפעת בעיקר מקרבתה לנמל ים או לכל נקודת כניסה אחרת, וכן מתדירות, ממהירות ומאופן ההפצה של המהגרים עצמם. לדוגמה, במשך יותר מ-300 שנה המסחר שהלך והתפתח העביר בשוגג ובמכוון מיני צמחים לא מקומיים לחופי דרום אפריקה וצפון-מזרח ארצות הברית. לא מפתיע, אם כן, שהצומח שהתאקלם באזורים אלו רב מאוד. לעומת זאת, באזורים פנים יבשתיים מסוימים, כמו טיבט, יש מספר מצומצם של צמחים שהתאקלמו, ומעט, אם בכלל, פולשים. חברות הצומח ובעלי החיים המקומיים באזורים אלה מציבים אולי מחסומים משמעותיים בפני אקלום ופלישה, אבל הבידוד שלעצמו יכול להסביר את העדר הפולשים.

פלישות ביולוגיות כגורמי שינויים גלובליים

פלישות כתוצאה מפעילות האדם גרמו כבר לשינוי רחב ממדים של עולם החי והצומח על פני כדור הארץ, על ידי שינוי התפקוד של מינים מקומיים בחברות, יצירת הפרעות לתהליכים אבולוציוניים וגרמת שינויים קיצוניים בשפע המינים, כולל הכחדתם של חלק מהמינים. שינויים אלו מהווים איום על המגוון הביולוגי העולמי, איום שהוא שני בעצמת השפעתו אחרי הרס ישיר של בתי גידול.

פולשים ביטיות הורסים לעתים את בית הגידול, לדוגמה, על ידי שינוי קצב השקיעה של הסחף בשפכי הנהרות ולאורך החופים. ההיקף של האבדן הישיר של בתי גידול עקב פלישות היה בעבר מקומי או לכל היותר אזורי. כיום, לעומת זאת, כאשר פלישות מתרחשות בקצב שלא היה קיים בעבר, פולשים משנים באופן קיצוני את תהליכי המערכת האקולוגית העולמית. יתר על כן, המחיר הכלכלי הגדל כתוצאה מפלישות, אינו מוגבל על ידי גבולות גאוגרפיים או פוליטיים. פולשים, בכל אמת מידה, הם גורמים מרכזיים ביצירת שינוי עולמי. בהמשך מסמך זה אנו מציגים סקירה תמציתית של טווח ההשפעות על המגוון הביולוגי ותהליכים אקולוגיים הנגרמות על ידי פולשים ביולוגיים.

השפעות ברמת האוכלוסייה

פלישות של אורגניזמים הגורמים מחלות יכולות להשפיע באופן חמור על מינים מקומיים. הערמון האמריקאי (American Chestnut, *Castanea dentata*) היה בעבר המין השליט ביערות רבים במזרח ארצות הברית, במיוחד למרגלות הרי האפלאצ'ים, עד שפטריית הכימסון (blight fungus, *Endothia paraasticia*) של הערמון האסייתי (Asian chestnut) הגיעה לעיר ניו-יורק

במשלוח שתילים בתחילת המאה ה-20. תוך כמה עשרות שנים הכימסון התפשט בכל השליש המזרחי של ארצות הברית וחסל כמעט את כל עצי הערמון האמריקאי בתחום התפוצה המקורי שלהם. היתוש הנושא את טפיל מלריית העופות הועבר בהיסח הדעת לאיי הוואי ב-1826. הטפיל עצמו הגיע לאחר מכן יחד עם שפע של עופות אירו-אסייתיים השולטים כיום בשפלות הוואי. בזמן שמלריית העופות השתוללה באזורים הנמוכים, הפולשים האירו-אסייתיים, אשר במידה מסוימת הם בעלי עמידות למחלה, דחקו את הציפורים המקומיות ההוואיות, הרגישות מאוד לטפיל.

טריפה על ידי פולשים ורעייה יכולות גם הן לחסל מינים מקומיים. דג נסיכת הנילוס (*Nile perch, Lates niloticus*) הוא דג טורף, שהוכנס לאגם ויקטוריה באפריקה וחסל כבר, או מסכן באופן חמור ביותר, יותר מ-200 מתוך 300-500 המינים של דגי האמנון הקטנים המקומיים. חתולי לטורפים הרסניים של יונקים קטנים ושל עופות מקנני קרקע או חסרי כושר תעופה. באיים אוקייניים רבים, חתולים שהתפראו חיסלו אוכלוסיות של ציפורי ים וציפורי יבשה אנדמיות. בניו-זילנד, חתולים חשודים בהכחדה של שישה מינים לפחות של ציפורים אנדמיות וכן של 70 אוכלוסיות של ציפורי האי. באוסטרליה, טריפת החתולים גובה את המחיר הגבוה ביותר מיונקים מקומיים קטנים. חתולים הם, כפי הנראה, האחראיים להכחדתם של שישה מינים לפחות של יונקי-כיס קטנים באוסטרליה במהלך המאה ה-19. עזים שהוחדרו לאי סנט הלנה בשנת 1513, גרמו כמעט בוודאות להכחדתם של יותר מ-50 מיני צמחים אנדמיים, אף כי רק שבעה מהם הוגדרו מדעית לפני ההכחדה. מינים פולשים עדיין גובים מחיר כבד בסנט הלנה. מין דרום אמריקאי של כנימה מאיים לאחרונה על קיומם של כמה מינים אנדמיים, ובהם העץ הלאומי של סנט הלנה - *Commidendrum robustum*. שנתיים לאחר תחילת הפלישה של הכנימה ב-1993 חוסלו לפחות 25 אחוזים מ-2,000 העצים של מין זה שהיו קיימים באי*.

מינים לא מקומיים עשויים גם להתחרות עם מינים מקומיים על משאבים. הסנאי האפור הצפון אמריקאי (*North American gray squirrel, Sciurus carolinensis*) דוחק את רגליו של הסנאי האדום (*red squirrel, Sciurus vulgaris*) בבריטניה, משום שהוא משחר למזון ביעילות גבוהה יותר. הפלישות הסדרתיות ליערות האשור של ניו-זילנד על ידי שני מינים של צרעות פגעו בפאונה המקומית, הן בחסרי חוליות שהצטרפות טורפות והן בציפורים שאתן מתחרות הצרעות על המשאבים; לדוגמה, הקאקא (*kaka, Nestor meridionalis*), תוכי מקומי שנמצא בסכנת הכחדה. התוכי ניזון מטל דבש שמופק על ידי מינים של כנימות עלים מקומיות, אבל 95 אחוזים ממשאב זה נצרכים כעת על ידי צרעות פולשות במהלך הסתיו - תקופה שבה צפיפות הצרעות נמצאת בשיאה. כתוצאה מכך עוזבים התוכים את היערות בתקופה זו. החי והצומח המקומיים של איי הגלפאגוס מאוימים על ידי עזים וחמורים, לא רק עקב הרעייה שלהם, אלא גם משום שהם רומסים את אתרי ההטלה של האיגואנות והצבים. הם גם הורסים את כיסוי היער באזורים ההרריים, וכך משנים את מחזור המים של האיים. צמחים פולשים מתחרים עם

* על פי רשימות ה-IUCN, נכון לשנת 2005, מין זה כבר נכחד בבר.

חתולי בר (*Felis silvestris*) נמצאים בישראל בסכנת הכחדה חריפה. שלל גורמים מאיימים על קיומם כמין ייחודי בטבע, והגורם מספר אחד הוא חתולי בית. חתולי הבית בויתו מחתולי בר באזורנו לפני כ-5000 שנה. כיום מצויים בארץ מאות אלפי חתולי בית, חלקם חתולים משוטטים או מתפראים. הם גורמים נזק לחתולי הבר בכמה אופנים. ראשית, הם עשויים להתחרות עם חתולי הבר על מקורות מזון. שנית, חתולי הבר נפגעים ממחלות שונות שמעבירים אליהם חתולי הבית מבלי שיהיו מחוסנים בפניהם. נוסף על כך, חתולי הבר יוצרים בני כלאיים עם חתולי הבית, ובעקבות זאת אובד הייחוד הגנטי של מין זה. חלק מהזכרים של חתולי הבית גדולים יותר מהזכרים של חתולי הבר וכפי הנראה מסוגלים להתחרות בצורה טובה יותר על הנקבות. חתולי בית גורמים נזק גם לחיות אחרות בישראל על ידי טריפה.

מינים יכולים לפתח תכונות חדשות לאחר חדירתם לתחום התפוצה החדש. לדוגמה, מין של אצה ירוקה, האצה הטרופית שלוחית דמוית עלים (*Caulerpa taxifolia*), פיתחה עמידות לטמפרטורות מים קרות יותר, כאשר גודלה באקווריום של גן החיות של שטוטגרט ובאקווריומים פרטיים וציבוריים נוספים באירופה. מאז, היא השתחררה לצפון-מערב הים התיכון, ועמידותה החדשה לטמפרטורות החורף אפשרה לה לכסות אזורים נרחבים של קרקעית הים ולאיים על האוכלוסיות הימיות הסמוכות לחוף. האבולוציה יכולה גם לשנות את ההשפעה הפוטנציאלית בדרכים מעודנות יותר. צרעה טפילה שיובאה לארצות הברית כדי להדביר את חדקונית האספסת (*alfalfa weevil, Hypera postica*), הייתה בהתחלה לא יעילה נגד חרק אחר – חדקונית האספסת המצרית (Egyptian alfalfa weevil, *Hypera brunneipennis*). הצרעות מטילות את ביציהן בלרוות של החידקונית, שמשמשות מקור מזון לצאצאיהן. נתיחות של זחלי החדקונית המצרית הראו, כי 35 עד 40 אחוזים מביצי הצרעות הושמדו על ידי התגובה החיסונית של הזחלים. עם זאת, 15 שנים מאוחר יותר רק חמישה אחוזים מהביצים אבדו למנגנוני ההגנה של החדקונית.

השפעות ברמת החברה והמערכת האקולוגית

האיום האקולוגי הגדול ביותר הנגרם על ידי מינים פולשים הוא ההפרעה למערכות אקולוגיות שלמות, בדרך כלל על ידי צמחים פולשים המחליפים מינים מקומיים. לדוגמה, עץ המללויקה האוסטרלי (*Melaleuca quinquenervia, melaleuca*), שהגדיל עד לאחרונה את תחום תפוצתו בדרום פלורידה בהיקף של יותר מ-200 דונם ליום, מחליף את הברושים (*sawgrass, Cyperus, Taxodium spp.*), את עשב המשור (*Cyperus, Taxodium spp.*), ומינים מקומיים נוספים. הוא מכסה כיום 1,600,000 דונם, פעמים רבות בסבך צפוף שאינו מאפשר גידול לשום צומח אחר. המללויקה יוצר בית גידול גרוע למינים רבים של בעלי חיים מקומיים, צורך כמויות מים אדירות ומאץ את משטר השרפות. שיח רב-שנתי דמוי מטפס מדרום אמריקה, עשב סיאם (*Siam weed, Chromolaena odorata*), הוא לא רק פולש אגרסיבי באסיה ובאפריקה, המדכא צימוח מחדש של עצי יער ראשוניים, אלא גם מספק נישות הזנה היכולות לקיים מזיקים אחרים. שיח ניאוטרופי פולשני נפוץ נוסף, לנטנה ססגונית (*lantana, Lantana camara*), משמש

מינים מקומיים בכמה דרכים. "גזילה" של קרינת שמש או של מים הן, כפי הנראה, הטקטיקות הנפוצות ביותר. לדוגמה, מין של אהל, "צמח הקרח" (*highway ice plant, carpobrotus edulis*), שפלש לצפון אמריקה, מכסה את הצמחייה המקומית במרבד צפוף לאורך חופי קליפורניה וגם מנצל את מעט המים שיש בבית גידול זה, שלולא הפולש היו מנוצלים על ידי מינים מקומיים.

בני כלאיים של אמנון הירדן (*Oreochromis aurea*) מוחדרים מדי שנה לכינרת מאז שנות ה-80, קיפונים (*Liza aurata*), מוחדרים מאז שנות ה-60. יתכן שהמינים הללו הביאו להכחדתה של הדפניה (*Daphnia lumholzi*) על ידי טריפה. ישנם מינים שונים הניזונים מפלנקטון בכינרת (כולל אמנוני ירדן שאינם בני כלאיים), אך דומה שהמינים הללו התקיימו בצד הדפניה במשך שנים ולא הביאו אותה לסף הכחדה. ההחדרות המתמשכות של דגים זרים שניזונו מהדפניה הביאו כפי הנראה להכחדתו של מין זה מבית גידולו הטבעי. יש לציין שמין זה של דפניה הוא בעצמו מין פולש בעולם החדש.

התופעה שבה מינים מפריעים למינים אחרים או פוגעים בהם תוך כדי התחרות על משאבים מכונה על ידי האקולוגים הפרעה תחרותית, ודרך פעולה זו הודגמה פעמים רבות אצל מינים פולשים. לדוגמה, כמה מיני נמלים שיובאו בהיקף נרחב – הלהבית האדומה (*red fire ant, Solenopsis invicta*), הנמלה הארגנטינית (*Argentine ant, Iridomyrmex humilis*) ומינים של אסמית (*big headed ant, Pheidole spp.*) – כולם חיסלו חלקים גדולים של חברות נמלים מקומיות על ידי תוקפנות. דיווחים על הפרעה תחרותית בין צמחים על ידי ייצור רעלנים בדרך כלל שנויים במחלוקת, אף כי אגרופירון זוחל (*Quackgrass, Agropyron repens*), עשב פולש נפוץ בחקלאות, מייצר כנראה רעלנים כאלו.

מינים פולשים יכולים להכחיד מינים מקומיים על ידי הזדווגות אתם, הזדווגות כאלו מסוכנות במיוחד כאשר המין המקומי נדיר. לדוגמה, הכלאה עם מיני הברכיה הצפון-אמריקאית קיומם – לפחות כמינים נפרדים – של הברוז האפור הניו-זילנדי (*Hawaiian duck, New Zealand gray duck*) ושל ברווז הוואי (*Anas wyvilliana*). הכלאה בין מין מהגר למין מקומי יכולה אף ליצור מין פולש חדש. לדוגמה, הצמח ספרטינה צפון אמריקאית (*North American cordgrass, Spartina sp.*), שהובא בתוך מי נטל על ידי ספינות לדרום אנגליה, הכליא עצמו בחלק מהמקרים עם הספרטינה המקומית. הפרטים של הכלאה זו היו עקרים, אך אחד מהם עבר בסופו של דבר שינוי גנטי ויצר מין חדש של ספרטינה פורה ופולשני במיוחד. הכלאות עם מינים מקומיים יכולות להיות מסוכנות, גם כאשר תוצרי הכלאה אינם שורדים או משגשגים, פשוט מכיוון שרבייה זו מורידה את הסיכוי של מינים מקומיים להעמיד צאצאים פוריים משל עצמם. נקבות של החמוס האירופי (*European mink, Mustela lutreola*), הנמצאות כבר בסכנה עקב פגיעה בבתי הגידול שלהן, מזדווגות עם זכרים של חמוס צפון אמריקאי (*North American mink, Mustela vison*) פולש. עוברי הזדווגות זו מופלים תמיד, אך האבדן של הביציות תורם להידרדרות נוספת במצבו של החמוס האירופי.

הצפויה כאשר שוקלים הצעות לייבא מינים. כאשר מדובר בתנועה עתידית של מינים, החברה האנושית צריכה להיות מסוגלת להביא בחשבון את התוצאות על סמך סוגי הניתוחים, שכלכלנים כבר מספקים לפרויקטים אחרים בעלי השלכות סביבתיות פוטנציאליות, כגון: בנייתם של סכרים הידרואלקטריים, של תעלות ושל נמלי תעופה. אנחנו חוזים שניתוח עלות-תועלת של מינים פולשים רבים שיובאו בכונה, יצביעו במלוא העצמה על העובדה שעלותם לחברה מוחקת כל תועלת שהייתה צפויה או שהתממשה.

מניעה ובקרה של פלישות ביוטיות

ההשלכות של פלישות ביוטיות הן לעתים קרובות כה משמעותיות, שיש לרסן ולמנוע פלישות חדשות. חלק זה נחלק לשני חלקים: הראשון, מאמצים למנוע את האפשרות לפלישות על ידי איסור של כניסת מינים שאינם מקומיים לתחום תפוצה חדש; והשני – התפיסות לגבי ריסון ההתפשטות וההשפעה של מינים שאינם מקומיים ובכללם פולשים, לאחר שהם התבססו בתחום התפוצה החדש.

מניעת כניסה של מינים לא מקומיים

לשימוש בהסגר, אשר מיועד למנוע מאורגניזמים להיכנס לאזור חדש, יש היסטוריה ארוכה בהקשר של מאבקים נגד טפילים של האדם. לעתים נדירות האמירה "גרם של מניעה שווה קילוגרם של ריפוי" כה רלוונטית כמו בנושא של הפלישות הביוטיות. מרבית הפלישות מתחילות בהגעתם של מספר קטן של פרטים, ועלויות הרחקתם הן בדרך כלל זניחות בשלב זה בהשוואה לעלות ולמאמץ של בקרה מאוחרת יותר, לאחר שהאוכלוסיות גדלו והתבססו. זיהוי של פולש עתידי פוטנציאלי, גם אם הוא קשה, יכול לאפשר גיוס המשאבים למניעת כניסתו או התפשטותו או לזיהוי ולהשמדה של האוכלוסיות המכוננות מיד לאחר כניסתן.

היכולת של אומה להגביל את תנועת הפולשים הביוטיים מעבר לגבולותיה נשלטת לכאורה על ידי אמנות בין-לאומיות, שהמרכזית בהן היא ההסכם ליישום אמצעים סניטריים ופיטו-סניטריים (Agreement on the Application of Sanitary and Phytosanitary Measures (SPS)). על פי הסכם זה החברות בארגון הסחר הבין-לאומי (World Trade Organization (WTO)) יכולות להגביל תנועת מינים אשר יכולים להוות איום על חיי האדם, הצומח והחי. האמנה הבין-לאומית להגנת הצומח (International Plant Protection Convention (IPPC)) מ-1951 גם עוסקת בהסגר נגד מזיקי חקלאות, ומזכירות ה-IPPC גם מתאמת סטנדרטים פיטו-סניטריים. הסכם ה-SPS תובע מהחברות בארגון הסחר העולמי לעגן כל אמצעי סניטרי ופיטו-סניטרי בהתאם להנחיות הבין-לאומיות המוסכמות.

למרבה הצער, לא המינוח הספציפי, לא הפירוש העדכני ולא היישום של הסכמים אלו מספקים בקרה יעילה לחלוטין נגד פולשים ביוטיים. מדינות יכולות לאשר תיקונים או חריגות על סמך שיקולים פוליטיים-כלכליים אשר גוברים על חששות לנזקים ביולוגיים. אפילו אם מדינה מנסה לאסור ייבוא של

שרפות. אולי הבולטת ביותר היא העובדה, כי מישורי העשב מכילים הרבה פחות ביומסה צמחית מאשר היערות המקומיים, ולכן קולטים פחות פחמן. בהתחשב בהיקף של היערות הניאו-טרופיים, המשך הפיכתם למישורי עשב יחמיר את הצטברות דו-תחמוצת הפחמן באטמוספירה, ועלול להשפיע על האקלים העולמי. אף כי שרפות וגורמים נוספים של בירוא השטח גרמו לתחילתם של שינויים אלו באגן ההיקוות של האמזונס, המשך הקיום של העשבים הפולשים מגביל כל אפשרות לאכלוס מחדש באופן טבעי של האזורים המבוראים על ידי מיני היער המקומיים (איור 6).

השלכות כלכליות

ניסיונות לעורר תמיכה ציבורית וממשלתית למניעה או לבקרה של פלישות נכשלים במקרים רבים בגלל היעדר הבנה לגבי הקשר ההדוק שבין הטבע לכלכלה. אבל האיומים שהפלישות הביוטיות מציבות על המגוון הביולוגי והתהליכים ברמת המערכת האקולוגית מתורגמים ישירות להשלכות כלכליות, כגון: אבדן גידולים, אבדן יערות, אבדן מדגה ואבדן כושר הנשיאה של המרעה. עם זאת, המחקר בנושא הפלישות הביוטיות הניב עד כה תוצאות דלות. למרות שפע של דוגמאות נקודתיות להמחשת העלות הכלכלית המשתמעת מהתופעה של מינים פולשים, אנחנו חסרים באופן עקבי מידע כולל על עלויות אלו ברמה הלאומית ובמיוחד ברמה העולמית.

פלישות ביולוגיות גורמות לשני סוגים עיקריים של השפעה כלכלית. הראשון הוא אבדן של התוצר הכלכלי הפוטנציאלי; כלומר, נזקים ליבול הגידולים החקלאיים וירידה בהישרדות, בעמידות ובתוצר של חיות בית ומשק ומדגה. השני הוא העלות הישירה הכרוכה במלחמה בפולשים, הכוללת את כל סוגי ההסגר, הבקרה והחיסול. הסוג השלישי – מעבר לגבולות דיווח זה – ידגיש את העלויות של המלחמה במינים פולשים המהווים איום על בריאות האדם, אם כגורמים ישירים למחלות או כנשאים של טפילים גורמי מחלות.

עלויות אלו יוצרות "מס" סמוי אך מכביד על מוצרים ועל שירותים רבים. כימות עלויות אלו נותר משימה קשה ביותר. בשנות ה-90 נעשה ניסיון להעריך את העלות השנתית של כל המינים שאינם מקומיים בארצות הברית. ההערכה הייתה, כי עשבים שוטים לא מקומיים בגידולים חקלאיים עולים לחקלאות האמריקאית כ-27 מיליארד דולר לשנה, בהתבסס על ערך פוטנציאלי חקלאי של 267 מיליארד דולר. אבדן של חומר מרעה והעלות של קוטלי עשבים שנמצאים בשימוש בגידולים החקלאיים, בשטחי רעייה ובדשאים גורמים לנזק נוסף של 6 מיליארד דולר בשנה. חיבור כל סוגי עלויות אלו עם העלויות העקיפות של פעולות דוגמת הסגר והעלות של כל המינים הלא מקומיים (צמחים, בעלי חיים, מיקרואורגניזמים) עולה על 138 מיליארד דולר בשנה. על פי כל אמת מידה, עלויות כאלה הן אבדן שקשה להתמודד עמו, אפילו לחברה יצרנית ומתועשת כמו ארצות הברית.

הערכות אלו מדגימות את אופי הבנתנו כיום את הכלכלה של הפלישות. פתרון אחד יכול להיות יישום תכופ יותר של כלים כלכליים, כגון: ניתוחי עלות-תועלת של התועלת הכלכלית

מכך – להעריך את סיכון הפלישה שהם מציבים.

כפי שתואר, הניסיונות לחזות על סמך מאפיינים ביולוגיים אילו מינים יהפכו לפולשים הצליחו באופן חלקי. בהיערכות שלאחר מעשה של צמחים שכבר יובאו, מערכת הסריקה שאומצה על ידי ה-AQIS הייתה מדויקת ב-85 אחוזים. המערכת העדכנית של ה-AQIS דוחה 30 אחוזים מהמינים המוצעים ליבוא, חלק גדול מהם "חיובי מוטעה", שלא היו הופכים לעשבים רעים. עדיין לא ברור די הצורך, אם מידה זו של הגבלת הסחר יכולה להמשיך להתקיים. מדיניות כזו עלולה ליצור עימות בין אנשי סביבה לבין קבוצות כלכליות, כגון מגדלים של צמחי תרבות, הפועלים למען ייבוא ליברלי של מינים. ברמה העולמית לא סביר, כי החברה האנושית תאסור אי-פעם על תנועה של צמחים ובעלי חיים לצורכי מסחר. לכן, האתגר הניצב בפני מדענים וממשלות הוא לזהות את מעט המהגרים בעלי הפוטנציאל להזיק מבין המון המהגרים הבלתי מזיקים.

השמדה

השמדה של מינים לא מקומיים אפשרית לעתים, במיוחד אם קיומם מתגלה מוקדם, ומשאבים מוקצים לשם כך במהירות. עם זאת, בדרך כלל אין די בניטור שוטף, במיוחד באזורים טבעיים, כדי להבחין בהתפשטות מיד לאחר התרחשותה. רשויות תקינה רבות נוטות להתעלם ממינים לא מקומיים מתוך התחושה, כי מאמצי הפיקוח עליהם אינם שווים את הטרחה ואת ההוצאה הכספית, עד אשר אחד מהם הופך לנפוץ ופולשני. לרוע המזל, בשלב זה סביר להניח,

מין, מאמציה יכולים להיכשל נוכח השיפוט הבין-לאומי, כיוון שארגון הסחר הבין-לאומי ביכולת התקינה שלו יכול להחליט, כי איסור זה אינו חוקי או יוצר מחסום להגנת הסחר ואינו ניסיון לגיטימי להרחיק מזיקים. חששות סביבתיים ואינטרסים פוליטיים-כלכליים יכולים, אם כן, להתנגש זה בזה.

בתחום ההנחיות הבין-לאומיות, חלק מהמדינות, ובהן אוסטרליה וארצות הברית, הציבו באופן מסורתי בקרות הסגר, מתוך גישה של "זכאי עד שהוכחה אשמתו"; במילים אחרות, הן הרשו כניסה של כל צמח לא מקומי אשר אינו ידוע כעשב רע. גישה זו הותקפה משני צדדים: יש המעוניינים בליברליזציה של המסחר, בהסרת מחסומים למסחר שאינם מכסי מגן ובהקלת בקרת ההסגר; מנגד, המתנגדים יטענו, כי עיקרון הזהירות המקדימה צריך להיות מיושם וכי הגישה של "אשם עד שלא הוכחה חפותו" צריכה להיות קו הפעולה להחמרת הנהלים הקיימים של ההסגר.

הגישה האמריקאית, שהייתה נהוגה במשך תקופה ארוכה, ללא ספק אינה מספקת כדי לעצור את שטף הכניסה של אורגניזמים לא מקומיים, ושירות הפיקוח על בריאות החי והצומח החקלאי האמריקאי (U. S. Department of Agriculture's Animal and Plant Health Inspection Service (APHIS) שוקל להכניס שינויים במדיניותו. שינויים אלו יכולים לערב ניהול מדיניות של הערכת סיכונים כדי להעריך את פוטנציאל הפלישה של מין המוצע ליבוא. ב-1997 אימץ שירות הפיקוח על הסגר האוסטרלי (Australian Quarantine Inspection Service) (AQIS) מערכת של הערכת סיכונים כזו כדי לסרוק ייבוא של צמחים חדשים על סמך מאפייניהם הביולוגיים, וכתוצאה



צילום: Richard Mack

איור 7: בקרה מכנית נגד פולשים יכולה להיות יעילה, אם כי לרוב אינה מעשית על פני אזורים נרחבים. עם זאת, בכמה מקרים הנוק הסביבתי עולה על הוצאות כוח האדם הרב שמסלק את הפולשים. חודשים של עצים פולשים, כדוגמת השיטה המכחילה (*Acacia saligna*), באזור הכף בדרום אפריקה הם כה צפופים, שסילוקם חושף את היעדרם של צמחים מקומיים בסביבה החדשה שיוצרים הפולשים (ראו את הרצועה החשופה בצד השמאלי של התמונה). זיהוי והרחקה חוזרים ונשנים של הפולשים שגותרו הכרחיים לטיפול ארוך טווח בתופעה.

צילום: Gary Piper



איור 8: באופן אידיאלי, הדברה ביולוגית מחדירה מין שתוקף בחמת זעם רק את אוכלוסיית מין המטרה. בסופו של התהליך, הן אוכלוסיית מין המטרה והן אוכלוסיית האויב הטבעי נהיות נדירות, אם כי אינן נכחדות מהאזור החדש. מין של חיפושית קטנה, עלית (*Chrysolina quadrigemina*), הוא בדיוק אויב טבעי כזה נגד הפרע הפולש (*Hypericum perforatum*) בארצות הברית ובמקומות אחרים.

זאת, בכל המקרים מדובר בשטחים קטנים ביותר.

חלק ממאמצי ההשמדה היו מוצלחים נגד מינים בעלי תפוצה רחבה. לדוגמה, זיהום חיידקי של הדורים טוהר משטח נרחב בדרום-מזרח ארצות הברית בתחילת המאה ה-20, ומאבק של 50 שנה הצליח לחסל את הנוטריה (*nutria, Myocastor coypus*) הדרום אמריקאית מבריטניה. זבוב הפירות הים-תיכוני (*medfly, Ceratitis capitata*) הושמד באזור נרחב בפלורידה בשנות ה-30 של המאה ה-20.

בכל המקרים הללו שלושה גורמים מרכזיים תרמו להצלחה. הראשון, היבטים מסוימים בביולוגיה של מיני המטרה הצביעו על העובדה שהאמצעים שננקטו עשויים להיות יעילים. לדוגמה, מידת הספציפיות של הפונדקאי ויכולת ההתפשטות המוגבלת של זיהום ההדרים היו גורם מכריע בהצלחת האסטרטגיה לחיסולו. שנית, הוקצו לנושא משאבים מספקים במשך תקופה ממושכת דיה. אם המימון מקוצץ ברגע שהאיום על פגיעה כלכלית נחלש, אין אפשרות להשמדה מלאה. שלישית, הייתה תמיכה רחבה, הן מהרשויות הרלוונטיות והן מהציבור. כך, למשל, אנשים התייחסו בקפדנות להסגרים ולאמצעים הסניטריים שננקטו.

גם כשהשמדה מלאה נכשלת, המאמץ יכול להוכיח עצמו כיעיל ביחס לעלות ולמנוע נזק אקולוגי משמעותי. לדוגמה, מערכה ממושכת להשמדת סטריגה (*witchweed, Striga spp.*), טפיל שורשים אפריקאי התוקף מספר גידולים בקרוליינות (*Carolinias*, ארצות הברית), צמצמה את התפשטותו מ-1,620,000 דונם ל-60,000 דונם. השיטות שננקטו – קוטלי עשבים, ריסוס הקרקע להשמדת הזרעים ובקרה על גידולים

כי השמדה כבר אינה אפשרית. הקושי לגרום לרשויות להתייחס למינים לא מקומיים ברצינות מוחרך כתוצאה מפערי זמן גדולים בין התבססותם של חלק מהמינים המהגרים ועד להופעתם כפולשים.

למרות הנאמר לעיל, כמה מינים לא מקומיים בעלי פוטנציאל הרסני אכן הושמדו. לדוגמה, ההתפשטות של כנימת עש ההדרים האסייתית (*Asian citrus blackfly, Aleurocanthus woglumi*) בקי-ווסט, הדרומי מבין האיים שבשרשרת איי פלורידה, נעצרה לאחר שהושמדה בין 1934 ל-1937. לפרויקט השמדה זה היו יתרונות רבים: באותן שנים לא היה כביש ראשי ליבשת, וגשר הרכבת היחיד שהיה, נהרס על ידי הוריקן ב-1935. הבידוד היה גם הגורם העיקרי במערכה להשמדת ה-*Cochliomyia* (*hominivorax*) screwworm fly על ידי שחרור של זכרים עקרים. ההצלחה של גישה זו על אי סאניבל בפלורידה הובילה לניסיון דומה בקוראסאו (הדרומי באיים הקאריביים), וההצלחה בניסיון ההשמדה הזה הביאה לשחרור רחב היקף של זכרים עקרים בכל רחבי דרום-מזרח ארצות הברית.

החילוץ האפריקני הענק (*giant African snail, Achatina fulica*), מזיק עיקרי לחקלאות בחלקים רבים באזור החדירה שלו באסיה ובאוקיינוס השקט, הושמד במערכות נגד אוכלוסיות מבוססות אך יחסית מקומיות (מוגבלות בשטח תפוצתן) בדרום פלורידה, ארצות הברית, ובקווינסלנד, אוסטרליה. אוכלוסיות מקומיות של מינים לא מקומיים של דגי מים מתוקים מושמדות בדרך כלל, והמדענים בניו-זילנד השמידו צירופים שונים של 12 מיני יונקים – ממכרסמים ועד לחיות בית שהתפראו – מאיים רבים ששטחם עד 20,000 דונם. כמה מיני צמחים לא מקומיים חוסלו לחלוטין לפני שהפכו לאוכלוסיות פולשות; עם

את הפלפולן דמוי אלה ברזילאי ומיני צמחים פולשים אחרים ולשתול יותר מ-60,000 פרטים של 85 מינים מקומיים; זמנם של המתנדבים הוערך עד לשנת 2000 בכ-100,000 דולר. איסוף ידני של החילזון האפריקאי הגדול היה מרכיב מפתח במערכות ההשמדה המוצלחות בפלורידה וקווינסלנד. עם זאת, עלויות הציוד, הקושי במציאת האורגניזמים המיועדים ותחומי ההתפשטות הנרחבים של חלק מהמינים הלא מקומיים הופכים את ההדברה המכנית ללא אפשרית.

ציד מוזכר לא פעם כשיטה יעילה בממשק הבקרה נגד בעלי חיים לא מקומיים, וציד ולכידה באמצעות מלכודות היו מכריעים ברבות ממערכות השמדה המוצלחות של יונקים על איים קטנים בניו-זילנד וכן בהשמדתה של הנוטריה בבריטניה. באיי הגלפאגוס, צוותי הפארק מקיימים מאבק ממושך להשמדת יונקים לא מקומיים, וב-30 השנה האחרונות העזים סולקו לחלוטין מחמישה איים. לעומת זאת, לא סביר כי ציד על ידי הציבור לבדו יוכל להיות אמצעי הדברה יעיל כגד יונק פולש. ציד של האפוסוס האוסטרלי על ידי הציבור קיבל עידוד בניו-זילנד בין 1951 ל-1961 על ידי מתן פרס על כל ראש ואיסוף החיות לייצור פרווה. יותר ממיליון חיות ניצודו בשנה בסוף שנות ה-50. עם זאת, האפוסוס המשיך להתפשט.

הבעיות הכרוכות בשיטות ההדברה הכימיות והמכניות מיקדו את תשומת הלב בהדברה ביולוגית – הכנסת אויב טבעי של המין הפולש. במובן מסוים זוהי פלישה מתוכננת. מטרתה היא לבסס בסביבה החדשה לפחות חלק ממנגנוני הבקרה הביולוגיים שאליהם חשוף המין הפולש בבית גידולו המקורי. כמה פרויקטים של הדברה ביולוגית הצליחו לצמצם פלישות של מינים, שהיו נפוצים מאוד ומזיקים מאוד, בעלות נמוכה. לדוגמה, הבקרה המוכרת של הצבר הפולש באוסטרליה על ידי עש הקקטוס (*Cactoblastis cactorum*, cactus moth, South American) בקרה של הביצן הדרום אמריקאי (*alligator weed, Alternanthera philoxeroides* flea beetle.) עלית (בג'ורג'יה על ידי מין של חיפושית קטנה – *chrysolina quadrigemina* South American cassava mealybug, *Phenacoccus*); והטיפול במין של כנימת מגן קמחית (*manihoti*) באפריקה על ידי צרעות דרום אמריקאיות ממשפחת האנציריטיים (*Encyrtidae*, *Encyrtid wasp*) (איור 8). בכל המקרים הללו האויב הטבעי פגע במין הפולש באופן מתמשך, ללא התערבות נוספת של האדם. כאשר אוכלוסיית המין הפולש גדלה, אוכלוסיית האויב הטבעי גדלה בהתאמה; גידול באוכלוסיית האויב גורם לירידה באוכלוסיית הפולש, ולפיכך – גם לדעיכה מקבילה אצל האויב הטבעי. אף אחד מהשחקנים אינו נעלם; אף אחד מהם גם לא הופך לנפוץ.

הסתייגויות מהדברה ביולוגית

הדברה ביולוגית נבחנת לאחרונה בעין ביקורתית, לאחר שמינים שלא היו יעד להדברה, וחלקם אף היו מוקד למאמצי שימור, הותקפו ונדחקו עד כדי הכחדה על ידי גורמי הדברה ביולוגית שאינם מקומיים. ההחדרה רחבת הממדים של מין של חילזון טורף מהעולם החדש – *Euglandina rosea* (wolfsnail), להדברת החילזון הענק האפריקאי הובילה להכחדה של מיני חלזונות אנדמיים רבים באיי הוואי ובאיי סוסייטי.

וציוד מכני בעלי זרעים מזהמים – היו מיושמות בכל מקרה, פשוט כדי לרסן את הפגיעה של פולש זה.

עם זאת, פרויקטים גדולים אחרים להשמדה היו כה לא מוצלחים, עד שהם יצרו ספקנות בקרב הציבור הרחב לגבי כדאיות המאמץ כולו, ובמקרים מסוימים גרמו להחמרת הבעיה. המערכה הארוכה לחיסול "נמלת האש" (מין של להבית פולשת, *Solenopsis invicta*) בדרום ארצות הברית כונתה על ידי האקולוג א' א' וילסון מהרווארד "הוויטנאם של האנטומולוגיה" והייתה כישלון שעלה 200 מיליון דולר. לא זו בלבד שהנמלים הפולשות אכלסו מחדש אזורים שטופלו בקוטלי חרקים; הן עשו זאת מהר יותר ממיני נמלים מקומיים. יתר על כן, מתחרים ואויבים טבעיים פוטנציאליים רבים של הנמלים הושמדו, ושאריות של חומרי הרעל נתגלו בשלל יצורים שלא היו יעד ההשמדה, ובכללם – בני אדם. תחום התפוצה של נמלת האש התרחב פי כמה במהלך המערכה שנמשכה 20 שנה, ולמרבה הצער, הביולוגיה של מין זה הייתה ידועה דיה בזמן קיום המערכה, ואפשר היה לחזות את התוצאות הללו.

תחזוקה מבקרת

אם הההשמדה נכשלת, היעד הופך להיות ממשק מבוקר של המין ברמות מתקבלות על הדעת. שלוש גישות עיקריות, המיושמות בנפרד או בצירופים שונים, נמצאות בשימוש רחב: בקרה כימית, בקרה מכנית ובקרה ביולוגית.

בקרה על ידי הדברה כימית נותרה כנראה האמצעי המרכזי במערכה נגד מזיקים לא מקומיים בחקלאות. כפי שנכתב לעיל, הדברה כימית יחד עם הסגרים אזוריים צמצמו את תפוצת הסטריגה למספר מחוזות בודדים בצפון קרוליינה. חומרי הדברה כימיים נשארו הכלים המרכזיים למאבק במרבית החרקים המזיקים, ובצפון אמריקה מזיקים אלו הם ממקור זר כמעט ללא יוצא מהכלל.

הדברה כימית, למרבה הצער, יצרה לא פעם איזמים על בריאותם של בני אדם ועל מינים שאינם יעד ההדברה. לדוגמה, הבעיות הכרוכות בשימוש ב-DDT ידועות לכול. אבל האבולוציה התכופה של פיתוח עמידות לחומרים על ידי המזיקים, העלות הגבוהה והצורך בטיפולים חוזרים ונשנים הופכים את הבקרה הכימית לבלתי אפשרית כמעט. אם היעד הוא להשתלט על מין פולש בשטח טבעי רחב ידיים, העלות של שיטות כימיות לבדן תמוטט את הפרויקט. גם כאשר אין עדות מוצקה לאיום על בריאות האדם מהחומרים הכימיים המעורבים, שימוש כבד בחומרים כימיים באזורים המיושבים בצפיפות יוצר התנגדות ציבורית עצומה, כפי שהיא באה לידי ביטוי בתגובות הנזעמות לריסוס מהאוויר של מלתיון נגד זבוב הפירות הים-תיכוני בקליפורניה ובפלורידה.

שיטות מכניות לבקרה על מינים לא מקומיים הן לעתים יעילות ובדרך כלל אינן מעוררות ביקורת ציבורית (איור 7). לעתים הן אפילו יכולות להיות מנוצלות ליצירת עניין ציבורי ותמיכה בהדברה של המין הפולש. בשמורת הטבע בלואינג וקס בפלורידה מתנדבים סיעו לסלק את האורן האוסטרלי,

מגדלים של צמחי נוי קשורים באופן רופף בקבוצות אינטרסים נוספות השואפות לגישה בלתי מוגבלת לצמחיית העולם. משרדי התחבורה במדינות השונות בארצות הברית, האחראיים לעיצוב הנוף של הכבישים, וכן הרשות האמריקאית לשימור הקרקע, אשר מטרתה להילחם בסחף, העדיפו באופן מסורתי להשתמש למטרות אלו במינים לא מקומיים. כיום, לפחות חלק משרדי התחבורה במדינות ארצות הברית נוטים להשתמש בצמחים מקומיים, אבל היסטוריה ארוכה של קשרים בין משרדים אלו ומגדלים של צמחי הנוי מאיטה את התהליך. בעלי אינטרסים חקלאיים והרשויות המפקחות עליהם מקיימים מערכת יחסים הפכפכה עם מינים מיובאים. מחד גיסא, הם מעודדים את הייבוא של גידולים וחיות משק לצרכים שיומשיים. מאידך גיסא, הם מקווים לפקח על שטף הטפילים, החרקים המזיקים והעשבים הרעים. לדוגמה, החידקונית של הקרדה, שנדונה לעיל כמדבירה ביולוגית ותוקפת גם מינים שאינם מיני מטרה, יובאה לצפון אמריקה על ידי משרד החקלאות הקנדי והופצה בארצות הברית על ידי משרד החקלאות האמריקאי ורשויות חקלאיות של המדינות.

גם תעשיית חיות המחמד משקיעה לעתים קרובות במינים לא מקומיים. בדומה לתעשיית צמחי הנוי, היא כוללת מסגרות פעולה מגוונות מאוד מבחינת ההיקף, המידה והאופי של ההתמחות, ואין לעוסקים בה עמדה חד-משמעית נחרצת לגבי האיומים הנשקפים ממינים לא מקומיים ולגבי סיכויי ההצלחה של בקרה מחמירה. עם זאת, בדומה למתרחש בתעשיית צמחי הנוי, הגישה הכוללת של אנשי תעשיית חיות המחמד לתקנות קפדניות של ייבוא בעלי חיים דרך פעולות ציבוריות ופוליטיות של פרטים וארגוני סחר, נעה בין ספקנות לעוינות גלויה.

חיות מבויתות ו/או חיות מחמד רבות ברחו מיבואנים ומגדלים, וחלק מהן הפכו לפולשות. נטריות שנמלטו מחוות לגידול פרווה בבריטניה יצרו אוכלוסיות, אשר היו יעד למאבק ממושך לחיסולן. לעתים, סוחרי חיות מחמד או בעליהן משחררים אותן בכוונה. שוב, בדומה למתרחש בתעשיית צמחי נוי, מרגע שחיית מחמד נמכרת, אין לסוחר כל בקרה על פעולות בעליה, וסביר להניח כי בעל החיה יציית עוד פחות לתקנות הרשמיות מאשר הסוחר.

נטריות (*Myocastor cypou*) הובאו לישראל בראשית שנות ה-50 במטרה לשמש בתעשיית פרווה. חלקן של נטריות אלו ברחו מהכלובים שבהם הוחזקו, ופרטים אחרים שוחררו לגופי מים פתוחים בצפון הארץ, ומשם התפשטו לשלל מקווי מים טבעיים ומלאכותיים בכל רחבי הארץ, ובין השאר גם לשמורת החולה. שמורת החולה היא שמורת הטבע הראשונה שהוקמה בישראל כדי לשמר את הנוף, את החי ואת הצומח של ביצת החולה, שהיו במקום עד שיובשה בראשית שנות ה-50. הנטריות נפוצות כיום בשמורת החולה וניזונות ממגוון מיני הצומח במקום, ובכללם כמה מינים שנמצאים בסכנת הכחדה: הנופר הצהוב (*Nuphar luteum*) ושני מיני נימפאה (*Nymphaea* sp.). בתוך השמורה נעשים מאמצים רבים כדי להגן על צמחי המים הללו מפני הנטריות, שמחסלות אותם בשיטות. הצמחים הללו בעלי הפרחים המרהיבים אפילו

במקרים אלו הטורפים תקפו מיני טרף רבים ומנעו את ההתפתחות של בקרת אוכלוסיות הדדית בין הטורף ובין כל מין של נטרף.

עם זאת, גם גורמי הדברה ביולוגית של חרקים, אשר ספציפיות הפונדקאי שלהם נבחנה בקפידה, נמצאו תוקפים מינים, שלא היו יעד השמדה. לדוגמה, חידקונית אירו-אסיאתית, שהוחדרה לצפון אמריקה כדי להדביר את הקוץ החד-שנתי קרדה (*thistle, Carduus nutans*), תוקפת כיום גם מיני קרדה מקומיים בלתי מזיקים. בין מינים מקומיים אלו יש גם מינים הכלולים ברשימה הפדרלית של צמחים בסכנת הכחדה ומינים אנדמיים לאזורים מוגבלים ביותר בשני אתרים לפחות של גני מקלט לשמירת טבע, בשלושה פארקים לאומיים ובאדמות מדינה. חילוקי הדעות באשר להיקף הבעיות הללו מתמקדים בעיקר בשתי סוגיות: האם יש די ניטור כדי לזהות השפעות כאלו על מינים שאינם יעד ההשמדה ומהי הסבירות שגורם הדברה ביולוגית שהוחדר, יתפתח ויתקוף פונדקאים חדשים? העובדה שגורמי הדברה ביולוגית יכולים להגדיל את תחום תפוצתם ולהתפתח, כמו כל מין אחר שמובא לתחום מחיה חדש, מחייבת בחינה ראשונית מקיפה בתנאי בטיחות קפדניים.

הרחקה והדברה: סוגיות סוציו-אקונומיות

הקשיים בריסון פלישות ביטיות ממחישים את הבעיה ביישום המלצות על בסיס מדעי בזירה שבה לקבוצות מגוונות בחברה יש אינטרסים חשובים. בכל רמה של מניעה ובקרה הסוגיות הבעייתיות יהיו סוציו-אקונומיות ומדעיות כאחד.

בעיה מתמשכת הנוגעת לשיטות הנהוגות כיום להרחקה ולבקרה היא הנחת היסוד, כי קיים רצון טוב ושיתוף פעולה אצל כל האזרחים. בשל סיבות מסיבות שונות, חלקים גדולים מתעשיות שלמות מחויבים לייבוא, לפחות בתנאים מבוקרים, מינים לא מקומיים רבים והם ספקניים לגבי הטיעונים שהללו יברחו ו/או יהיו בעייתיים. לכן, קיימת לעתים אופוזיציה מאורגנת להצעות להקשיח את התקנות, בצד חוסר התייחסות או אפילו זלזול מכוון בחוקים קיימים.

תעשיית צמחי הנוי מובילה, פעמים רבות, את ההתנגדות להחמרת הפיקוח על מינים לא מקומיים. זוהי תעשייה גדולה ומגוונת, המקיפה מכלול יבואנים החל מעסקים משפחתיים קטנים המתמחים במספר מינים מצומצם ועד לחברות גדולות המייבאות מאות מינים שונים. במקרה קיצוני אחד, מגדלים של צמחי נוי הפיצו פרסומים ואתרי אינטרנט הלועגים לעצם הקיום של בעיות אקולוגיות כתוצאה מייבוא מינים. לעומת זאת, יבואני צמחים רבים מכירים בסכנות ולפחות תומכים באמצעי הסגר וברשימות שחורות של מינים הידועים כפולשים. על כל פנים, ככלל, מגדלים של צמחי נוי מנסים להשפיע על התהליכים הפוליטיים בכל הקשור לחקיקה בנושא מינים לא מקומיים באמצעות ארגוני סחר ואנשים פרטיים. יתר על כן, אנשים פרטים שרוכשים צמחים מיובאים, בדרך כלל מחויבים במידה מועטה יותר ועוברים בדיקה קפדנית הרבה פחות לגבי השימוש בצמחים.



צילום: Richard Mack

איור 9: ההשפעות השליליות של מינים פולשים מסוימים ניכרות בבידוד לעין. יקינטון המים (*Eichhornia crassipes*) הוא מין שתחום תפוצתו הטבעי הוא באגן האמוונס, והוא הוגדר לא פעם כאחד הצמחים הפולשים המזיקים ביותר בעולם. בדבים מבתי הגידול הטרופיים שאליהם פלש, הוא כיסה במהירות את פני האגמים והנהרות בסבך עבה ובלתי חדיר. בתמונה: אגם 'מאן סאגאר' ליד ג'איפור, הודו.

בתגובה לנזק הנגרם למערכות האקולוגיות המקומיות על ידי אוכלוסייה זו הגדלה במהירות, מחלקת שמירת הטבע הניו-זילנדית המליצה על ממשק שישמר עדר בגודל של כ-500 פרטים. תוכנית הממשק, אשר כללה ירי בסוסים, עוררה מחאה ציבורית רבה. מחאה זו הביאה בסופו של דבר לשינוי תוכנית הממשק שהתבססה על ההבנה המדעית ולהחלטה ב-1997 לתפוס מספר רב ככל האפשר של סוסים לצורכי מכירה. מכירה של כמה מאות סוסים אכן התקיימה, אך גורלו של העדר שממשיך לגדול טרם בא על פתרון. המבוי הסתום שאליו נקלעו בניו-זילנד באשר לממשק הסוסים שהתפראו נוצר גם בנבדה שבארצות הברית, שם התעוררה מחלוקת קשה בין מנהלי קרקעות ופעילים בעד הסוסים לגבי ההשפעות האקולוגיות של הסוסים, לגבי גודל העדרים ולגבי השיטות המתאימות לבקרת האוכלוסיות. מבחינה מעשית הרג הפרטים המיותרים וצמצום העדרים הם הפתרון הפשוט ביותר, אך ההתנגדות הציבורית מונעת זאת.

השילוב של רגשות ציבור עזים בעיצוב המדיניות לגבי הסוסים וכן לגבי חמורים בארצות הברית הוא רק הקדמה פשוטה לתגובת הציבור למאמצים הרציניים לקיים בקרה על אוכלוסיות חתולים שהתפראו. שפע עדויות מורה, שחתולים שהתפראו הם האיום החמור ביותר על המשך קיומם של רבים מהחולייתנים הקטנים. מחקר אחד בבריטניה העריך, כי חתולי בית לבדם הורגים כ-20 מיליון ציפורים בשנה; המחיר שגובים חתולים שהתפראו אינו ידוע, אך ברור כי הוא מגדיל אמן זה. ההיקף הנדרש לחיסול חתולים שהתפראו ולעיקור חתולי הבית כבר עורר ויכוח אלים באוסטרליה. דיון דומה, שעמית את אנשי הסביבה עם כלל הציבור, מתקיים כיום בארצות הברית ובאירופה. מעטות הפלישות הביטיות בעשורים הקרובים אשר ידרשו התייחסות נטולת פניות מצד אקולוגים, כפי שעוררו הדילמות שנוצרו על ידי חתולים שהתפראו.

מושבים בחזרה לשמורת מגן במקלט שקיים בגנים הבוטניים של אוניברסיטת תל-אביב. אולם הסיפור הזה לא מסתיים בזאת, מכיוון שהצמחים המושבים לשמורת החולה לא הגיעו לשם בגפם. החלזון ביצנית אמריקאית (*Pseudosuccinea columella*) "תפס עליהם טרמפ". חלזון צפון-אמריקאי זה הגיע בשוגג לגנים הבוטניים בתל-אביב, כפי הנראה, עם צמחי מים מיובאים או בתוך אקווריומים. יש חשש שבבתי גידול טבעיים ידחוק מין זה את רגליהם של מיני ביצניות (*Lymnaeidae*) מקומיות בארץ. לאחר שכבר הועברה הביצנית האמריקאית לשמורה, נבדקו המשלוחים של צמחי המים, ומין זה וכן מיני חלזונות זרים אחרים נתגלו והוסרו מהם.

מחלוקות באשר לממשק סוסים שהתפראו בארצות הברית ובניו-זילנד ממחישות את חילוקי הדעות שמתעוררים בקלות בין אנשי הסביבה ובין מגזרים אחרים בחברה לגבי חיות פופולריות מבויתות שמתפראות. סוסים שהתפראו בשתי המדינות מציבים איומים מתועדים על המינים המקומיים ועל המערכות האקולוגיות. עם זאת, חלק מהקבוצות טוענות, כי סוסים שברחו ממגלי הארצות הספרדיים בצפון אמריקה לפני כ-500 שנה, "שייכים" למערב, בהחליפם מיני סוסים שנכחדו ביבשת לפני כ-10,000 שנה. בניו-זילנד, לעומת זאת, לא היו יונקים יבשתיים מקומיים, למעט עטלפים, לפני שיובאו לשם על ידי האדם. סוסים הובאו לניו-זילנד לפני פחות מ-200 שנה.

סוסים שהתפראו בניו-זילנד אכלסו את מרכז האי הצפוני מאז שנות ה-70 של המאה ה-19. פיתוח הקרקע וציד צמצמו בהדרגה את מספריהם ל-174 פרטים ב-1979. ב-1981, לעומת זאת, הביאה שתדלנות ציבורית ליצירת אזור מוגן לשארית הסוסים שנתרו. בהיותם מוגנים, גדל מספר הסוסים ב-1994 ל-1,576, ואוכלוסייתם מוכפלת מדי ארבע שנים.

הטבעית אינן ידועות, אך ניתן לשער שהחי והצומח הטבעי בבתי הגידול הייחודיים הללו לא יוצא מורוח מפעולות אלה. דוגמה זו מסבירה איך קבוצה של אנשים חובבי טבע בעלי מניעים טהורים וכוונות טובות יכולה, מתוך חוסר מודעות, לגרום נזק חריף לבתי גידול טבעיים עקב החדרת מינים זרים אליהם.

אסטרטגיות ארוכות טווח לבקרת מינים פולשים

מניעה ובקרה יעילות של פלישות ביולוגיות דורשות אסטרטגיה ארוכת טווח ורחבת היקף ולא התייחסות טקטית המתמקדת במלחמה בפולשים אלו ואחרים. אחת הבעיות בהתייחסות הטקטית לפולשים, במיוחד באזור בעל מספר רב של מינים פולשים משגשגים, היא האפשרות ל"החלפת מזיק אחד באחר". לדוגמה, יבוא מדביר ביולוגי מוצלח נגד מין פולש מסוים יכול להיות חסר תועלת מהבחינה האקולוגית, אלא אם כן קיימת אסטרטגיה להתמודדות עם שאר הפולשים. הדבר כבר קרה - כנראה במקרה שבו השתלט מין של דרדר (yellow starthistle, *Centaurea solstitialis*) כצמח פולש בקליפורניה בעקבות הטיפול בהדברה ביולוגית נגד מין של פרע (*St. John's wort, Hypericum perforatum*) בשנות ה-50 של המאה ה-20 - וזה יכול לקרות שנית. התייחסות אסטרטגית לבעיה ברמה המערכתית הרחבה, ולא רק השמדה של הפולשים התוקפניים ביותר באותו הרגע, מתאימה במיוחד לשימור אזורים; אולם התייחסות כזו קיימת רק לעתים נדירות.

רשויות ציד ודיג היו באופן מסורתי יבואניות מרכזיות של מינים לא מקומיים, במיוחד של דגים, של עופות לציד ושל יונקים. אף כי חלק מרשויות הציד והדיג הכירו לאחרונה בצורך בבקרה רבה יותר של מינים לא מקומיים, העובדה כי בידן נמצאת עדיין הסמכות לייבא מינים חדשים, מורה שיש כאן גישות המתנגשות זו בזו. יתר על כן, אנשים פרטיים וארגונים משחררים חיות ציד באתרים חדשים. חלק משחרורים אלו של דגים לדיג וחיות אחרות מהווים זלזול מכונן בחוקים. קבוצות של אנשים פרטיים בצפון הרי הרוקיס בארצות הברית שחררו בחשאי מיני דגים לא מקומיים לאגמים מבודדים בהרים כדי להבטיח, כי גם האגמים האלפיניים המבודדים ביותר יזכו למה שנראה להם כביוטה ראויה. אפילו פעולות שנראות לכאורה בלתי מזיקות, יכולות להיות בעלי השפעה אקולוגית קטסטרופלית. שחרור של דגי הפיתיון על ידי דיגים בסופו של יום דיג גרם כבר להכחדת מינים בארצות הברית, ובכללם דג הציפרינודון (*Pecos pupfish, Cyprinodon pecosensis*) ממשפחת הנאויתיים, שנכחד כתוצאה מהכלאה.

בהרי ירושלים פזורים להם שלל מעיינות טבעיים, שמשמשים מקום מפלט מחום הקיץ לטיילים. יש אפילו קבוצה של "משוגעים לדבר", ששמה לעצמה מטרה לבקר תדיר את המעינות הנסתרים הללו, לנקות ולטפח אותם ובאופן כללי להפוך אותם למקומות מזמינים אף יותר. נוסף על כך, הם מכניסים למעינות הללו או לברכות שאליהן הם נקווים דגי זהב (*Carassius auratus*). ההשפעות של החדרת הדגים אוכלי-כול הללו על המערכת

צילום: Lee Foote



צילום: Lori Randall

איור 10: נוטריות גרמו לנוק נרחב בבתי גידול בדרום לואיזיאנה, ארצות הברית. לעתים, הן גרמו לאבדן הביצות המקומיות ולהפיכתן לבתי גידול של מים פתוחים. הצילום האווירי מראה הבדלים בכמות הצומח לאחר שמונה חודשים של ניסוי הרחקה שנערך בסך הכל כארבע שנים. מכלאות הניסוי הגנו על צמחיית הביצה מירידה של 80-90 אחוזים בכמות הביומסה בשל דעייה על ידי נוטריות (האזור שמוקף בנקודות לבנות מייצג את אזורי הביקורת - אזורים ללא גדר החשופים לדעיית הנוטריות). אבדן שכזה בביומסה הצמחית מוביל לירידה ביצירת המשקעים, ובסופו של דבר - לאבדן בית הגידול הייחודי של הביצה.

מקרים אלו מעוררים בדרך כלל פעולה או לפחות תגובה ציבורית, שהיא קצרת טווח ומקומית. במקום זאת יש צורך במודעות ציבורית וממשלתית גדולה הרבה יותר לגבי ההשפעות הכרוניות והעולמיות של מינים פולשים ולגבי האמצעים העומדים לרשותנו כדי למנוע את התפשטותם ולהגביל את השפעתם האקולוגית והכלכלית. הנחלת הידע לציבור הרחב צריכה להיות תואמת את המאמצים הקיימים כיום למשוך את תשומת הלב הציבורית לאיומים אחרים של שינויים עולמיים ואף לגבור עליהם.

מסקנות

פלישות ביטיות משנות את החברות הטבעיות בעולם ואת אופיין האקולוגי בקצב חסר תקדים. אם ניכשל ביישום אסטרטגיות יעילות לריסון ההשפעות המזיקות ביותר של הפולשים, אנו עלולים לדלל וליצור הומוגניזציה של המערכות האקולוגיות המהוות בסיס לחקלאות, ליערנות, למדגה ולמשאבים נוספים והמספקות לנו שירותים טבעיים שאין להם תחליף. בהתחשב בקנה המידה הנוכחי של פלישות ובהיעדר מדיניות יעילה למנוע או לבקר אותן, פלישות ביטיות הצטרפו לשורת השינויים הגלובליים ביבשה ובאטמוספירה כגורמים מרכזיים בשינויי הסביבה העולמיים הנגרמים על ידי האדם.

במדינות מסוימות כבר מיושמת גישה אסטרטגית לטיפול בפולשים. במסגרת פרויקט עצום ממדים, דרום אפריקה נחווה לנקות לאורך 20 שנה את אגני הניקוז של נחליה מכל מיני העצים והשיחים שאינם מקומיים. האסטרטגיה הלאומית הרב-שנתית והרב-מינית כוללת בירוא ידני של הסבך כדי לאפשר לצומח מקומי להתבסס מחדש, טיפול בגדעי העצים באמצעות פטריות המשמשות כקוטלי עשבים ושימוש בהדברה ביולוגית כדי למנוע פלישה מחדש על ידי מינים מעוצים אקזוטיים. על אף עלותה של תוכנית זו – 150 מיליון דולר, היא זולה הרבה יותר מהחלופות (כגון: תוכניות אדירות לבניית סכרים כדי להבטיח את אספקת המים), והיא בעלת ערך מוסף של יצירת אלפי משרות.

מחקר עתידי וסדרי עדיפות למדיניות

מחקר מקיף על האקולוגיה של פלישות ביטיות קיים רק בעשורים האחרונים. אף-על-פי שרבות כבר נלמד, חלק גדול מדי של הנתונים נותר נקודתי, והתחום עדיין חסר סינתזה ברורה, הכללה וחיזוי. להלן מספר זירות שבהן המחקר או יוזמות מדיניות חדשות, או שניהם, נראים בעלי ערך במיוחד.

1. ברור, כי אנו זקוקים להבנה טובה הרבה יותר לגבי האפידמיולוגיה של פלישות. כחלק מהשגת יעד זה אנו זקוקים להערכה טובה יותר, באמצעות צילומי אוויר, של פלישות בזמן התרחשותן, לתהליכי עיצוב מדיניות וכן למחקר המדעי. כלים מעטים הם יעילים כמו, למשל, סדרת מפות לאורך ציר הזמן המראות לציבור את מגמת הפלישה בהתהוותה. אפשר לערוך אקולוגיה בין הצורך במפות של פלישות עדכניות ודינמיות ובין הצורך המסופק על ידי מפות מזג האוויר המודרניות. מפות מזג האוויר מאפשרות למתבוננים בהן לזהות מיידית את המקור, את הכיוון ואפילו את העצמה של כוחות צדדיים מקבילים. אנו גם מדגישים כאן את הצורך לאסוף באופן מכוון יותר מידע על הביולוגיה של אוכלוסיות המהגרים שנכשלות, כיוון שהבנה של הכישלונות של מרבית המהגרים יכולה בסופו של דבר להצביע על מבשרי הפלישה הקרבה.

2. ניסויים באפידמיולוגיה של פלישות הם תולדה הגיונית לסעיף הקודם. עד כה, המידע המקיף ביותר מגיע מתצפיות על גורלם של חרקים המשוחררים במסגרת הדברה ביולוגית וציפורים שמיובאות לאיים. יש לפתח ניסויים של שחרורים בלתי מזיקים של אורגניזמים, אשר אפשר לבקר ולנווט, כדי לחקור את הטווח העצום של אירועים אקראיים, שאליהם כל אוכלוסיות המהגרים עשויות להיחשף.

3. הערכות כלכליות משמעותיות של המחיר האמיתי של פלישות ביטיות נדירות ביותר וכמעט תמיד הן קיימות לגבי מין בודד בשטח מצומצם. יש צורך בביתוחי עלות-תועלת מקיפים אשר מדגישים באופן מדויק ויעיל את הנזקים הנגרמים לכלכלת העולם על ידי פלישות ביטיות. צורך זה דומה למנדט של ארגון הבריאות העולמי לנתח את המשמעות הכלכלית של מחלות האדם ולדווח עליהן.

4. מרבית האנשים בחברה הפוכים מודעים לפלישות ביטיות לאחר ניסיון אישי, הכרוך בדרך כלל בעלות כלכלית כלשהי.

Science 285: 1836-1841.

- Pimentel, D., L. Lach, R. Zuniga and D. Morrison. 2000. Environmental and economic costs of non-indigenous species in the United States. *Bioscience* 50(1):53-65.
- Antonio, L. L. Loope, and R. Vitousek, P. M., C. M. D Westbrooks. 1996. Biological invasions as global environmental change. *American Scientist* 84: 468-478.
- Williamson, M. 1996. *Biological Invasions*. Chapman and Hall, London.

על סדרת סוגיות באקולוגיה

סדרת סוגיות באקולוגיה נועדה לדווח, בשפה המובנת לכל, את ההסכמות של פנל מדענים על סוגיות רלבנטיות לסביבה. סוגיות באקולוגיה הופקה בתמיכת Pew Scholars in Conservation Biology grant ל-David Tilman ועל ידי ה-Ecological Society of America כל הדו"חות עברו ביקורת עמיתים ואושרו על ידי צוות המערכת לפני פרסומם.

פלישות ביוטיות: גורמים, אפידמיולוגיה, השפעות עולמיות ובקרה

נכתב במקור על ידי:

Richard N. Mack, Chair, Daniel Simberloff, W. Mark Lonsdale, Harry Evans, Michael Clout, and Fakhri Bazzaz הוסיפו על ההיבט הישראלי: פרופ' תמר דיין, ד"ר מנחם גורן

על המהדורה האמריקאית

החוברת פורסמה במקור ע"י החברה האקולוגית האמריקאית (2000) בסדרת החוברות סוגיות באקולוגיה.

על המהדורה הישראלית:

המהדורה בעברית יצאה לאור על ידי קמפוס טבע באוניברסיטת תל-אביב (2005).

המהדורה היא תרגום של המהדורה האמריקאית בתוספת ההיבט הישראלי. הצילומים והאיורים זהים למקור האמריקאי.

על פנל המדענים

דוח זה מציג את הסכמה שהתקבלה על ידי שבעה מדענים העוסקים בהיבטים שונים של תחום זה. הדו"ח עבר ביקורת עמיתים ואושר על ידי המערכת של "סוגיות באקולוגיה". ההשתייכות של חברי פנל המדענים היא:

- Dr. Richard N. Mack, Panel Chair, School of Biological Sciences, Washington State University, Pullman, WA, 99164
- Dr. Daniel Simberloff, Department of Ecology and Evolutionary Biology, University of Tennessee, Knoxville, TN, 37996-1610

מקורות

- Bertness, M. D. 1984. Habitat and community modification by an introduced herbivorous snail. *Ecology* 65: 370-381.
- Crawley, M. J. 1989. Chance and timing in biological invasions. Pages 407-423 in J. Drake, F. di Castri, R. Groves, F. Kruger, H. A. Mooney, M. Rejmanek, M. Williamson, editors. *Biological invasions: a global perspective*. Wiley, New York, New York, USA.
- Antonio, C. M., and P. M. Vitousek. 1992. Biological invasions by exotic grasses, the grass/fire cycle and global change. *Annual Review of Ecology and Systematics* 23: 63-87.
- Huffaker, C. B. and C. E. Kennett. A ten-year study of vegetational changes associated with the biological control of Klamath weed. *Journal of Range Management* 69-82.
- Mack, R. N. 1995. Understanding the processes of weed invasions: The influence of environmental stochasticity. Pages 65-74 in C. Stirton, editor. *Weeds in a changing world*. British Crop Protection Council, Symposium Proceedings No. 64. Brighton, U.K.
- Porter, S. D. and D. A. Savignano. 1990. Invasion of polygene fire ants decimates native ants and disrupts arthropod community. *Ecology* 71: 2095-2106.
- Moran, V. C. and H. G. Zimmerman. 1991. Biological control of jointed cactus, *Opuntia aurantiaca* (Cactaceae), in South Africa. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 37: 5-27.
- Simberloff, D., D. C. Schmitz, and T. C. Brown. (editors) 1997. *Strangers in paradise*. Island Press, Washington, D.C. USA.
- U.S. Congress, Office of Technology Assessment. 1993. *Harmful non-indigenous species in the United States*. OTA-F-565. U.S. Congress Government Printing Office. Washington, D.C., USA.
- Weiss, P. W. and S. J. Milton. 1984. *Chrysanthemoides monilifera* and *Acacia longifolia* in Australia and South Africa. Pages 159-160 in B. Dell, editor. *Proceedings of the 4th International Conference on Mediterranean Ecosystems*. University of Western Australia, Nedlands, Western Australia.
- Cronk, Q. C. B. and J. L. Fuller. 1995. *Plant Invaders*. Chapman and Hall, London.
- Kaiser, J. 1999. *Stemming the tide of invading species*.

לקריאה נוספת

פרופ' יוסי לוי: המחלקה לזואולוגיה, אוניברסיטת תל-אביב
פרופ' עוזי מוטרו: המחלקה לאבולוציה, סיסטמטיקה
 ואקולוגיה, האוניברסיטה העברית בירושלים

ACKNOWLEDGMENTS

The panel thanks David Tilman for his foresight in organizing the Issues in Ecology series and The Pew Charitable Trusts for their financial support of the project that produced this report. We thank Yvonne Baskin; her editing skills both improved the technical report and produced a lucid version of the report for the general audience. We also thank G. H. Orians for his comments on an earlier draft of the manuscript. We also thank L. Foote, J. Grace, S. Hacker, G. Piper, and L. Randall for the use of photographs; and L. Hiding and F. Kearns for their skill in editing, publication layout and design.

- Dr. W. Mark Lonsdale, CSIRO Entomology and CRC for Weed Management Systems, GPO Box 1700, Canberra, ACT 2601, AUSTRALIA

- Dr. Harry Evans, CABI BIOSCIENCE, UK Centre (Ascot), Silwood Park, Buckhurst Rd., Ascot, Berkshire SL5 7TA, UK

- Dr. Michael Clout, School of Biological Sciences, University of Auckland, Private Bag 92019, Auckland, NEW ZEALAND

- Dr. Fakhri Bazzaz, Biological Laboratories, Harvard University, 16 Divinity Ave., Cambridge, MA 02138

על הכותבת המדעית

איבון בסקין היא כותבת מדעית שערכה את הדו"ח של פנל המדענים כדי שיובן גם על ידי קהל קוראים שאינם מדענים.

המערכת המדעית של סוגיות באקולוגיה

Dr. David Tilman, Editor-in-Chief, Department of Ecology, Evolution and Behavior, University of Minnesota, St. Paul, MN 55108-6097. E-mail: tilman@ter.umn.edu

חברי המערכת

- Dr. Stephen Carpenter, Center for Limnology, University of Wisconsin, Madison, WI 53706

- Dr. Deborah Jensen, The Nature Conservancy, 1815 North Lynn Street, Arlington, VA 22209

- Dr. Simon Levin, Department of Ecology & Evolutionary Biology, Princeton University, Princeton, NJ 08544-1003

- Dr. Jane Lubchenco, Department of Zoology, Oregon State University, Corvallis, OR 97331-2914

- Dr. Judy L. Meyer, Institute of Ecology, University of Georgia, Athens, GA 30602-2202

- Dr. Gordon Orians, Department of Zoology, University of Washington, Seattle, WA 98195

- Dr. Lou Pitelka, Appalachian Environmental Laboratory, Gunter Hall, Frostburg, MD 21532

- Dr. William Schlesinger, Departments of Botany and Geology, Duke University, Durham, NC 27708-0340

המערכת המדעית הישראלית

ד"ר יעל גבריאלי: קמפוס טבע, אוניברסיטת תל-אביב

פרופ' תמר דיין: המחלקה לזואולוגיה, אוניברסיטת תל-אביב

פרופ' דויד זלץ: המחלקה לאקולוגיה מדברית ע"ש מרקו ולואיז מיטרני, המכון לחקר המדבר ע"ש יעקב בלאושטיין, אוניברסיטת בן-גוריון בנגב

כדי לקבל עותקים נוספים של דוח זה יש לפנות:

קמפוס טבע, אוניברסיטת תל-אביב, רמת-אביב,

תל-אביב 69978

טל. 03-6405148, פקס. 03-6405253

או דוא"ל: teva@tauex.tau.ac.il

על סדרת סוגיות באקולוגיה

סדרת סוגיות באקולוגיה נועדה לדווח, בשפה המובנת לכל, את ההסכמות של פנל מדענים על סוגיות רלבנטיות לסביבה. סוגיות באקולוגיה הופקה בתמיכת Pew Scholars grant במסגרת תוכנית בביולוגיה של שמירת טבע ועל ידי ה- Ecological Society of America. כל הדוחות עברו ביקורת עמיתים ואושרו על ידי צוות המערכת לפני פרסומם.

סוגיות באקולוגיה היא פרסום רשמי של החברה האקולוגית האמריקאית, החברה הלאומית האמריקאית המקצועית המובילה של אקולוגים. החברה האקולוגית האמריקאית נוסדה ב-1915, והיא פועלת לקידום היישום האחראי של עקרונות אקולוגיים לפתרון בעיות סביבתיות.

למידע נוסף:

Ecological Society of America,
1707 H Street, NW, Suite 400, Washington, DC 20036
E-mail: esahq@esa.org, Tel: (202) 833-8773

