

השפעת צמח בר פלשן – השיטה הכחלחלה (*Acacia saligna*) – על הצומח הטבעי במערכת האקולוגית של חולות מישור החוף

עודד כהן ופועה בר (קותיאל) – המחלקה לגיאוגרפיה ופיתוח סביבתי, אוניברסיטת בן-גוריון בנגב

kutiel@bgu.ac.il, cohenode@bgumail.bgu.ac.il

תקציר

השיטה הכחלחלה נחשבת כמין פלשן מזיק בישראל ובארצות רבות אחרות. מחקר זה התבצע בפארק החולות בניצנים שהוכרז כתחנת LTER (Long-Term Ecosystem Research). מטרת המחקר היו: א) לחקור את השפעות השיטה על מגוון הצומח הטבעי, עושרו והרכבו; ב) לפתח מדד אוניברסלי אשר יכמת את הסיכון שנגרם למערכת האקולוגית כתוצאה מפלישה של צמח זר. נבחרו שלושה בתי גידול אופייניים בפארק, שבהם מתפשטת השיטה: דיונות, שקעים בין-דיונות וכורכרים. תרשימי צומח נערכו בתוך חורשות השיטה ובשטחים הסמוכים להן. מתוך התוצאות עולה כי א) השפעת השיטה על תכונות הצומח (עושר, כיסוי וצורת חיים) בשקעים ובכורכר גדולה יותר מאשר בדיונות החול; ב) ההשפעה מתבטאת גם בהפחתה מובהקת במינים בעלי ערך אקולוגי ייחודי (מינים פסמופילים, מוגנים, אנדמיים, נדירים ובסכנת הכחדה); ג) אינדקס ה-AEV (Aggregate Ecological Value), המכמת את פוטנציאל השימור של המערכת האקולוגית, פחת ב-56% כתוצאה מפלישה הביולוגית של השיטה בחולות פארק ניצנים.

מילות מפתח (נוספות על מילות הכותרת): דיונות, מדד, מינים פסמופילים, ערך אקולוגי, פלישה ביולוגית

מבוא

תופעת הפלישה הביולוגית (biological invasion) עוסקת בהתפשטות מינים זרים פלשנים (invasive alien species) ונחשבת בעשרות השנים האחרונות לאחת ההשפעות החמורות של האדם על המערכת האקולוגית (MacDonald et al. 1989; Pimm 1995; Vitousek et al. 1997; Bright 2001; Frechette 1998). מתוך רשימת צמחי הבר של ישראל וסביבותיה (פרגמן וחוב' 1999) עולה שצמחים זרים (alien species) מהווים 5% מסך כל המינים בפלורה של ישראל. זהו אחוז נמוך בהשוואה להוואי (15%-19%), לקנדה

(28%) או לניו-זילנד (47%) (Heywood 1989). לא כל המינים הזרים פלשנים (Williamson 1996; Williamson & Fitter 1996; Smith et al. 1999), אולם לאלה שהופכים לפולשים עלולה להיות השפעה שלילית על בריאותו של האדם, הכלכלה ונושאים הקשורים לשמירת טבע (Manchester & Bullock 2000). בהיבט זה אין הבדל בין צמחים לבעלי חיים. מכאן שאחוז המינים הזרים מתוך הפלורה והפאונה איננו מדד משמעותי לביטוי הפלישה הביולוגית ולמשמעותיות האקולוגיות הנלוות אליה. ההיסטוריה של מינים פולשים בישראל ארוכה וענפי חקלאות רבים נפגעו מכך בעבר (הלפרין 1976, הלר ודפני 1983; Dafni & Heller 1980). הפריזוב הים-תיכוני (*Ceratitis capitata*), לדוגמה, חדר לאגן המזרחי של הים התיכון מאפריקה ב-1904 ונחשב כאחד המזיקים החמורים ביותר לחקלאות בישראל. הזבוב תוקף פירות ממינים שונים ופוסל אותם לאכילה ולשווק. בשנות ה-40 חדר לארץ הצמח חלבוב קעור (*Euphorbia geniculata*), שהתפשטו בשטחים חקלאיים הפכה לבעיה חריפה, במיוחד בענף הכותנה. ענף ההדרים נפגע אף הוא מפלישה של כנימות מגן כמו איצריית ההדרים (*Icerya purchasi*) ושל כנימות ממוגנות דוגמת הכנימה האדומה (*Aonidiella aurantii*), הנחשבת למזיק קשה בענף זה. הדוגמאות לפלישה ביולוגית של מזיקים בחקלאות הן רבות ורובן נלמדות בתחום האנטומולוגיה (הלפרין 1976). עובדה זו נכונה לתחום ביולוגיית הפלישה בכלל (מרבית תיאוריות העבודה שנלמדו בתחום מחקר זה מקורן בעולם החרקים) (Moller 1996). מלבד הפגיעה הכלכלית הנגרמת לענף החקלאות, התפשטות מינים זרים מהווה בעיה גם בשטחים הפתוחים וביער הנטוע. התפשטות צרעת העפצים של האינקליפטוס היא דוגמה חדשה להשלכות החמורות שעשויות להיגרם כתוצאה מהתפשטות של מין זר יחיד בפרק זמן קצר. המין התפשט בקצב מהיר ברוב יערות האינקליפטוס בישראל ומצוי כיום בכל המרחב שבין דרום רמת הגולן לנגב המערבי. הצרעה פוגעת בצימוח של עצי אינקליפטוס (פרוטסוב וחוב' 2002).

עץ השיטה הכחלחלה (*Acacia saligna*) נמנה עם מיני השיטים האוסטרליות המוכרות בעולם כפולשות (Milton & Hall 1981; Adair et al. 2000; Impson et al. 2000; Handerson 2001, Hoffmann et al. 2002). התפשטות השיטה באזור הביוגאוגרפי הים-תיכוני של אפריקה (Cape fynbos) ידועה כאחת מהפלישות הביולוגיות החמורות של צמחים (MacDonald & Jarman 1984; Fuller 1995 (Cronk & Fuller 1995). ובין השאר במבנה הכימי והמורפולוגי של הקרקע רבים, ובין השאר בהכחדה של מינים אנדמיים (Witkowski & Mitchell 1987; Musil 1993). בהפחתה של בנק הזרעים, העושר, הכיסוי והמגוון של מיני הצומח הטבעי, בהכחדה של מינים אנדמיים (Witkowski 1991; Holmes & Cowling 1997a; 1997b; Lucas & Syngé (1978). נוסף לכך נמצא שהשיטה גרמה גם לשינוי בהרכב הנמלים המקומיים (French & Major 2001). השיטה הכחלחלה הובאה לישראל בראשית שנות ה-20 על-ידי הבריטים למטרות ייעור, שימור קרקע וקבוע חולות נודדים (Report of the British Department of Agriculture and Forests for the Years 1927-1947) ומאז היא מתפשטת באזורים ובבתי גידול שונים בארץ. קצב הגידול של חורשות השיטה ומאפייניה נחקרו בדיונות החוף בניצנים (כהן וחוב' 2003), ומהתוצאות עולה כי השטח המכוסה בשיטה גדל ב-2.92% בשנה. קצב זה גבוה במובהק מקצב הגידול של השטח המכוסה בצומח טבעי באותו אזור (1.67%).

המחקר התבצע בפארק חולות ניצנים (תמ"א 22) שבדרום רצועת החוף (איור 1). הפארק משתרע על שטח של כ-13 אלף דונם ומהווה את חלקה הצפוני של רצועת "חולות ניצנים" ששיטחה כ-20 אלף דונם. האקלים באזור הוא ים-תיכוני, כמות גשם שנתית ממוצעת 400-500 מ"מ. התשתית הגיאולוגית בנויה מרכסי כורכר מרכסיים שכיונם מקביל לקו החוף. רכסי הכורכר מכוסים בדיונות חול ברמות ייצוב שונות, המכוסות ברמות שונות של צפיפות צומח. פארק החולות מתאפיין במגוון עשיר של צמחים ובעלי חיים. את מיני הצמחים ובעלי החיים אפשר לחלק לשלוש קבוצות עיקריות: פסמופילים - מינים האופייניים לבתי גידול חוליים, כמו הלטאות שנונית החולות (*Acanthodactylus scutellatus*) ונחושת החולות (*Sphenops sepsoides*) והצמחים גומב (*Cyperus conglomeratus*) וחבלבל החוף (*Convolvulus secundus*) אופורטוניסטים - מינים שנודמו לחולות והעמידו אוכלוסייה בת-קיימא למרות שאינם מתמחים בחול, כמו שועל מצוי (*Vulpes vulpes*), צבי ישראלי (*Gazella gazella*) ומריון מצוי (*Meriones tristrami*) והצמחים גרניון הארגמן (*Geranium robertianum*) ודבקה מצושקת (*Galium divaricatum*); ומינים סגטלים, האופייניים לשטחים מופרים כמו אזורים חקלאיים וגינות-נוי, שדות נטושים, צידי דרכים וסביבת יישובים, אשפות וחורבות (פיינברון ודנין 1991); לקבוצה זו

מחקר זה בחן את השפעתה של השיטה על המערכת האקולוגית של חולות מישור החוף בישראל, והיו לו שתי מטרות עיקריות: 1. לחקור את השפעותיה של השיטה הכחלחלה על הצומח הטבעי (כיסוי, עושר, מגוון והרכב המינים) 2. לפתח מדד השוואתי אוניברסלי, שיבטא כמותית את השפעתה של הפלישה הביולוגית על הרכב הצמחים המקומיים האופייניים לבית גידול נתון.

שטח המחקר

המחקר התבצע בפארק חולות ניצנים (תמ"א 22) שבדרום רצועת החוף (איור 1). הפארק משתרע על שטח של כ-13 אלף דונם ומהווה את חלקה הצפוני של רצועת "חולות ניצנים" ששיטחה כ-20 אלף דונם. האקלים באזור הוא ים-תיכוני, כמות גשם שנתית ממוצעת 400-500 מ"מ. התשתית הגיאולוגית בנויה מרכסי כורכר מרכסיים שכיונם מקביל לקו החוף. רכסי הכורכר מכוסים בדיונות חול ברמות ייצוב שונות, המכוסות ברמות שונות של צפיפות צומח. פארק החולות מתאפיין במגוון עשיר של צמחים ובעלי חיים. את מיני הצמחים ובעלי החיים אפשר לחלק לשלוש קבוצות עיקריות: פסמופילים - מינים האופייניים לבתי גידול חוליים, כמו הלטאות שנונית החולות (*Acanthodactylus scutellatus*) ונחושת החולות (*Sphenops sepsoides*) והצמחים גומב (*Cyperus conglomeratus*) וחבלבל החוף (*Convolvulus secundus*) אופורטוניסטים - מינים שנודמו לחולות והעמידו אוכלוסייה בת-קיימא למרות שאינם מתמחים בחול, כמו שועל מצוי (*Vulpes vulpes*), צבי ישראלי (*Gazella gazella*) ומריון מצוי (*Meriones tristrami*) והצמחים גרניון הארגמן (*Geranium robertianum*) ודבקה מצושקת (*Galium divaricatum*); ומינים סגטלים, האופייניים לשטחים מופרים כמו אזורים חקלאיים וגינות-נוי, שדות נטושים, צידי דרכים וסביבת יישובים, אשפות וחורבות (פיינברון ודנין 1991); לקבוצה זו

עץ השיטה הכחלחלה (*Acacia saligna*) נמנה עם מיני השיטים האוסטרליות המוכרות בעולם כפולשות (Milton & Hall 1981; Adair et al. 2000; Impson et al. 2000; Handerson 2001, Hoffmann et al. 2002). התפשטות השיטה באזור הביוגאוגרפי הים-תיכוני של אפריקה (Cape fynbos) ידועה כאחת מהפלישות הביולוגיות החמורות של צמחים (MacDonald & Jarman 1984; Fuller 1995 (Cronk & Fuller 1995). ובין השאר במבנה הכימי והמורפולוגי של הקרקע רבים, ובין השאר בהכחדה של מינים אנדמיים (Witkowski & Mitchell 1987; Musil 1993). בהפחתה של בנק הזרעים, העושר, הכיסוי והמגוון של מיני הצומח הטבעי, בהכחדה של מינים אנדמיים (Witkowski 1991; Holmes & Cowling 1997a; 1997b; Lucas & Syngé (1978). נוסף לכך נמצא שהשיטה גרמה גם לשינוי בהרכב הנמלים המקומיים (French & Major 2001). השיטה הכחלחלה הובאה לישראל בראשית שנות ה-20 על-ידי הבריטים למטרות ייעור, שימור קרקע וקבוע חולות נודדים (Report of the British Department of Agriculture and Forests for the Years 1927-1947) ומאז היא מתפשטת באזורים ובבתי גידול שונים בארץ. קצב הגידול של חורשות השיטה ומאפייניה נחקרו בדיונות החוף בניצנים (כהן וחוב' 2003), ומהתוצאות עולה כי השטח המכוסה בשיטה גדל ב-2.92% בשנה. קצב זה גבוה במובהק מקצב הגידול של השטח המכוסה בצומח טבעי באותו אזור (1.67%).

המערכת האקולוגית של רצועת מישור החוף היא בעלת חשיבות רבה, המתבטאת בעושר ובמגוון המינים האנדמיים והנדירים שבה (שמידע 1982; קותיאל וחוב' 1998; קותיאל 1998; קותיאל 2000). כ-40% מהצמחים האנדמיים לישראל, ללבנון ולסיני מצויים במערכת אקולוגית זו; כ-60% מהם מוגדרים כצמחים פסמופילים (בעלי זיקה לחול). מתוך "מסמך החולות" (דש"א 2003) עולה שאוכלוסיותיהם של מיני צמחים ובעלי חיים פסמופילים מצטמצמות, וחלקן, למשל הכוח האפור (*Varanus griseus*), אף נתונות לסכנת הכחדה (דולב ופרבולוצקי 2002), כתוצאה ממעורבות אינטנסיבית של האדם באזור החוף. מעורבות זו, האופיינית לרוב חופי העולם (Holdgate 1993), מתבטאת בצמצום שטחי החולות עקב כרייה ובנייה (Salman & Kooijman 2000; van der Meulen & Salman 1996), סחיפה (Charlier & Mayer 1995) וייצוב דיונות (Tsoar 2002; Kutiel et al. 2004; Levin et al. 2004) במיני צמחים זרים, שחלקם מתפשטים על חשבון הצמחים המקומיים (כהן וחוב' 2003, 1995, Ann et al.). המטרה המוצהרת של הגופים המשמרים בארץ ובעולם כיום (דש"א 2003) מכוונת לשמירה על תנועת הדיונות מפני התייצבותן (destabilization management) (Wiedemann & Pickart 1996; Rust & Illenberger 1996; Hellstrom

כורכר שנחשף כתוצאה מכריית חול. הכיסוי בחופת העצים (קרי: מידת ההצללה) הוערך בדיונות בין 60% ל-80%, כלומר 20%-40% משטח החופה פתוח לכניסת קרני שמש. בכורכרים ובשקעים כיסוי העלווה הוערך בין 80% ל-100%. כל בית גידול נחלק לשני תתי בתי גידול (=יחידות): "עם שיטה" (יחידת שיטה) ו"ללא שיטה" (יחידת היקש). בכל יחידה או היקש) נקבעו 4 חלקות בגודל 100 מ"ר כל אחת, במרחק 400-50 מ' זו מזו (סה"כ 24 חלקות, 8 בכל בית גידול).

השפעת השיטה הכחלחלה על תכונות הצומח

תרשימי צומח נעשו בכל החלקות בחודשים מרס-מאי, בשיא עונת הפריחה והבשלת הזרעים. בכל חלקה נרשמו כל המינים והוערך בעין הכיסוי היחסי של כל מין. המדדים שנרשמו וחושבו היו: א) מספר המינים - העושר; ב) אחוז הכיסוי הכללי והיחסי לכל מין; ג) מגוון המינים המחושב לפי *Shanon & Weaver* - ערך המגוון (H) גדל ככל שגדלים עושר המינים והשוויון בתרומה היחסית של המינים לכיסוי הצומח הכולל. הערכים המתקבלים נעים לרוב בין 0 ל-3.5, לפי הנוסחה:

$$H' = - \sum_{i=1}^s P_i \ln P_i$$

s = מספר המינים הכולל

P_i = הכיסוי היחסי של כל מין מתוך הכיסוי הכולל

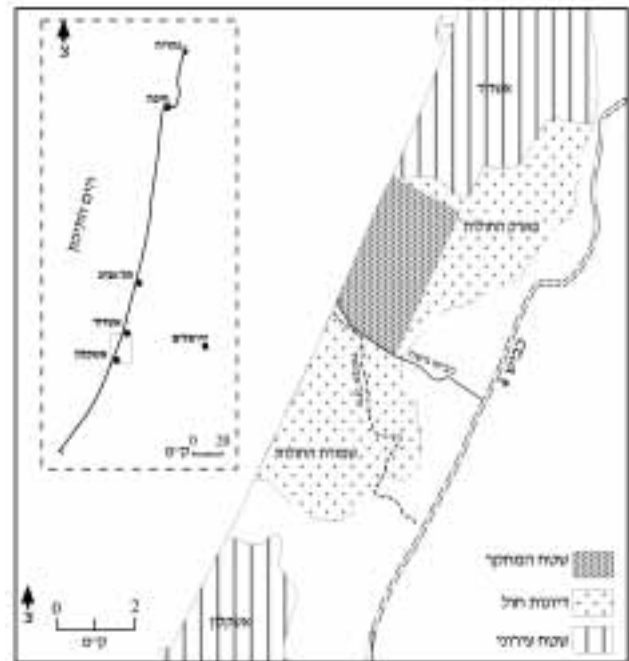
הרכב הצומח נותח על-פי תצורת חיים (בני-קיימא או בני-חלוף) ומאפייני בית גידולם של הצמחים (אופורטוניסטים, פסמופילים או סגטלים).

השפעות הפלישה הביולוגית על מדד הערך האקולוגי המצרפי (AEV)

במחקר זה כימתנו את השפעתה של השיטה הכחלחלה על הרכב הצמחים המקומיים ולהעריך את הנוק למערכת האקולוגית בגין הפלישה. לשם כך פיתחנו מדד הלוך בחשבון את הרכב המינים, תוך התייחסות לשכיחותם בבית הגידול ולחשיבותם מבחינת שימור טבע. למדד זה קראנו בשם מדד הערך האקולוגי המצרפי (Aggregate Ecological Value) AEV. להלן פיתוח הנוסחה והשלבים שקדמו לה: המינים בכל חלקה דורגו היררכית על-פי חשיבותם לשמירת טבע, כאשר מינים סגטלים, זרים ופלשנים קיבלו ערך שלילי, אופורטוניסטים קיבלו את הערך 0 וכל האחרים ערך חיובי. ההנחה היא, שאת כל המינים בכל בית גידול אפשר לשייך לאחת הקטגוריות הללו. במקרה שלנו (בתי גידול חוליים) מינים אופייניים הם מינים פסמופילים.

כדי לפשט את המדרג לא התייחסנו לשונות בין הקבוצות (עוצמת התופעה) ולעובדה שמינים יכולים להיכלל בכמה

א. יחידות הנוף



ב. שיטים בשקעים בין הדיונות



איור 1: שטח המחקר

אופייניים המכרסמים חולדה מצויה (*Rattus rattus*) ועכבר הבית (*Mus musculus praetextus*) וצמחים כמו ברומית אזמלנית (*Bromus lanceolatus*) וקייצת מלבינה (*Conyza albida*) שהיגרה לישראל מדרום אמריקה.

שיטות המחקר

חלקות המחקר

נבחרו שלושה בתי גידול שבהם שולטת שיטה כחלחלה: דיונות שבהן ניטעה השיטה ב-1962, שקעים שבין הדיונות וגבעות

ההחלטה על שימוש במגוון ה-AEV במחקר זה נובעת מהצורך לשקלל ערכים איכותיים בממד כמותי, שיבטא את ערכה האקולוגי של חברת הצומח בהיבט של מגוון ביולוגי. ניתן לבטא באחוזים את השינויים בממד הערך האקולוגי המצרפי לכל המערכת האקולוגית עקב הפלישה הביולוגית, כלהלן:

$$E = \frac{\sum_{i=1}^{m1} AEVS * 100}{\sum_{i=1}^{m2} AEVC}$$

E = רווח או הפסד באחוזים של הערך האקולוגי המצרפי
 $AEVS$ = הערך האקולוגי המצטבר של כלל החלקות הנפלות בכל בתי הגידול
 $AEVC$ = הערך האקולוגי המצטבר של כלל החלקות הבלתי נפלות בכל בתי הגידול
 $m1$ = סה"כ החלקות הנפלות
 $m2$ = סה"כ החלקות הבלתי נפלות

ניתן לחשב את E עבור כל בית גידול בנפרד או עבור כל בתי הגידול באזור מסוים. במקרה שלנו ניתן לחשב את E עבור כורכרים, דיונות או שקעים, או עבור כלל פארק החולות בניצנים.

סטטיסטיקה

הניתוחים הסטטיסטיים לחישוב הבדלי המובהקות בכיסוי, בעושר ובמגוון המינים נותחו לפי מבחן Duncan (1955) ברמת מובהקות $p=0.05$. כמו-כן השתמשנו בניתוח רב-משתנים על-פי שיטת Canoco כדי לבחון את הזיקה של המינים ליחידות השונות.

תוצאות

עושר המינים

עושר מיני בני-החלוף (עשבונים חד-שנתיים ורב-שנתיים) נמצא גבוה במובהק רק ביחידת ההיקש שבכורכר לעומת יחידת השיטה באותו בית גידול. עושר מיני בני-הקיימא (מעוצים) ועושר המינים הכולל נמצאו גבוהים ביחידות ההיקש לעומת יחידות השיטה בשקעים ובכורכר (טבלה 1). מהשוואת עושר המינים הכולל בין יחידות ההיקש של שלושת בתי הגידול עולה, כי עושר המינים בשקעים ובכורכר גבוה במובהק מאשר ביחידת ההיקש בבית הגידול החולי. לעומת זאת, עושר המינים ביחידות השיטה בשקעים ובכורכרים פחת בהשפעת השיטה,

קבוצות. כל מין מקבל ערך גבוה אם הוא תורם לשמירת הטבע, או נמוך, אם הוא מזיק לשמירת הטבע. זיקתו של כל מין לכל קבוצה, קרי רמת התרומה או רמת הנזק, נקבעה על בסיס "רשימת צמחי הבר של ארץ-ישראל וסביבותיה" (פרגמן וחוב' 1999).

סולם ערכי היררכי:

- מין זר פלשן.....3-
- מין זר.....2-
- מין סגולי אופייני לאזורים מופרים.....1-
- מין אופורטוניסט.....0
- מין אופייני (פסמופילי).....1
- מין מוגן.....2
- מין אנדמי.....3
- מין נדיר.....4
- מין "אדום" (בסכנת הכחדה).....5

מדד הערך האקולוגי המצרפי לכל תת-בית גידול (יחידה) חושב על-פי הנוסחה הבאה:

$$AEV = \sum_{i=1}^t (1 + \frac{t-1}{S})V$$

AEV = הערך האקולוגי המצרפי
 S = מספר החלקות הנדגמו בכל תת-בית-גידול
 T = מספר החלקות שבהן מופיע המין
 V = ערכו האקולוגי של המין לשמירת טבע
 Z = מספר המינים הכולל

מדד זה לוקח בחשבון את ערכו האקולוגי של המין ואת מידת נוכחותו בכל אחת מהיחידות. לדוגמא, המין ארכובית ארץ-ישראלית (*Poligonum palaestinum*) הופיע בשטח ההיקש של הדיונות בשלוש חלקות מתוך ארבע; המין הוא פסמופילי וגם אנדמי לחופי ישראל, סיני ולבנון, ולכן החישוב נעשה על-פי הערך האקולוגי הגבוה יותר של המין, שהוא 3 במקרה זה. לפי החישוב זיכה המין את בית הגידול ב-4.5 נקודות. הסכום המצטבר עבור כל המינים בחלקה מבטא את הערך האקולוגי המצרפי של היחידה. שני גורמים תורמים להגדלת מדד הערך האקולוגי המצרפי: הממד יגדל ככל שישגדל ערכם האקולוגי של המינים על בסיס הסולם ערכי היררכי, וככל שתגדל גם שכיחותם. התרומה העיקרית של כל מין לממד נובעת מעצם נוכחותו ביחידה במדגם אחד לפחות, ואילו שכיחות המין במדגמים נוספים מזכה את המין בחלק היחסי של המדגם מסך כל המדגמים ביחידה. כלומר, הממד רגיש יותר לנוכחותם של המינים מאשר לשכיחותם. המדדים המקובלים המשמשים למתודולוגיה של קביעת תכונות חברות הצומח (מגוון המינים ועושרם) מספקים מידע כמותי על החברה אך לא עוסקים באיכותה.

לא במובהק), אך תוצאה הפוכה התקבלה בבית הגידול החולי (טבלה 1).

כך שהתקבלו ערכים נמוכים שאינם שונים במובהק בשלושת יחידות השיטה בשלושת בתי הגידול.

הרכב הצומח

השינוי בהרכב הצומח התבטא בעלייה בעושרם וכיסויים של בני-החלוף לעומת בני-הקיימא בתוך חורשות השיטים (טבלה 1). כמו-כן התבטאו השינויים בהרכב הצומח גם במאפייני המינים על בסיס בית גידולם האופייני (איור 2). השינויים התבטאו בעיקר בהפחתה בכיסויים היחסי של המינים הפסמופילים על חשבון ריבוי יחסי של מינים אופורטוניסטים וסגטלים.

מדד הערך האקולוגי המצרפי - AEV

ערכי מדד ה-AEV בשלושת בתי הגידול היו נמוכים יותר ביחידות השיטה מאשר ביחידות ההיקש. ערך המדד הנמוך ביותר אפיין את יחידת השיטה בכורכר, שם התקבלו ערכים שליליים. הערך הגבוה ביותר נמדד ביחידת ההיקש בבית הגידול החולי (דיונות חול מיוצבות למחצה). ההבדל במדד ה-AEV בין כלל יחידות השיטים לבין כלל יחידות ההיקש ניתן לביטוי גם באחוזים: הערך האקולוגי של המערכת החולית הטבעית קטן ב-55%, מבלי לקחת בחשבון את גודל השטח,

הכיסוי היחסי

כיסוי מיני בני-החלוף נבדל במובהק רק בבית הגידול החולי, כשהוא גבוה ביחידת השיטה מאשר ביחידת ההיקש. כיסוי מיני בני-הקיימא וכיסוי המינים הכולל נמצאו גבוהים במובהק ביחידות ההיקש, בכורכר ובשקעים מאשר ביחידות השיטה באותם בתי גידול (טבלה 1). מהשוואת הכיסוי הכולל של הצומח (לא כולל את השיטה) ביחידות ההיקש בשלושת בתי הגידול עולה, שהכיסוי היה שונה במובהק ביניהם. הכיסוי הגבוה ביותר נמצא בשקעים, פחות מכך בכורכר, והערך הנמוך התקבל בבית הגידול החולי. בנוכחות השיטה פחתו ערכי הכיסוי בשקעים ובכורכר, וההבדלים בין יחידות השיטה בשלושת בתי הגידול לא היו מובהקים (טבלה 1).

מגוון המינים

מגוון המינים לא נמצא שונה במובהק בין יחידות השיטה ליחידות ההיקש בכל בתי הגידול, ואף לא בין יחידות ההיקש בשלושת בתי הגידול. ערכי מגוון המינים ביחידות ההיקש של הכורכר והשקעים היו גבוהים מאשר יחידות השיטה (אמנם

טבלה 1: העושר, המגוון וכיסוי הצומח בחלקות עם שיטה ובחלקות ללא שיטה (היקש) בשלושה בתי גידול בחולות ניצנים. מובהקות ההבדלים בין החלקות באותו בית גידול מצוינת בסוגריים ומובהקות ההבדלים בין בתי הגידול - מחוץ לסוגריים. אותיות שוות - לא מובהק; אותיות שונות - מובהק

דיונות		שקעים			כורכר			התכונות				
% מהסה"כ	היקש	% מהסה"כ	שיטה	% מהסה"כ	היקש	% מהסה"כ	שיטה	% מהסה"כ	היקש	% מהסה"כ	שיטה	
	1.23a (a)		1.70a (a)		1.61a (a)		1.47a (a)		1.81a (a)		1.46a (a)	מגוון
60	9.25b (a)	76	14.25b (a)	61	75.18a (a)		13.75ba (a)	68	22.25a (a)	68	7.5b (a)	מס' בני-חלוף
40	6.25cb (a)	24	4.50cb (a)	39	11.75a (a)	66	7.00b (b)	32	10.50a (a)	32	3.50c (a)	מס' בני-קיימא
100	15.50c (a)	100	18.75c (a)	100	29.75ba (a)	34	20.75bc (b)	100	32.75a (a)	100	11.00c (a)	מס' כולל
11	2.75c (a)	74	23.72ba (a)	51	12.70bc (a)	100	7.50bc (a)	42	36.50a (a)	51	5.65bc (a)	כיסוי בני-חלוף (%)
89	21.60c (a)	26	8.50c (a)	49	99.02a (a)	36	13.30c (b)	58	51.40a (a)	49	5.47c (a)	כיסוי בני-קיימא (%)
100	24.35c (a)	100	32.23c (a)	100	111.73a (a)	64	20.80c (b)	100	87.90a (a)	100	11.13c (a)	כיסוי כולל (%)

טבלה 2: הערך האקולוגי המצרפי (AEV) בחלקות נפלושות ובחלקות שאינן נפלושות (היקש) בשלושת בתי הגידול בחולות ניצנים

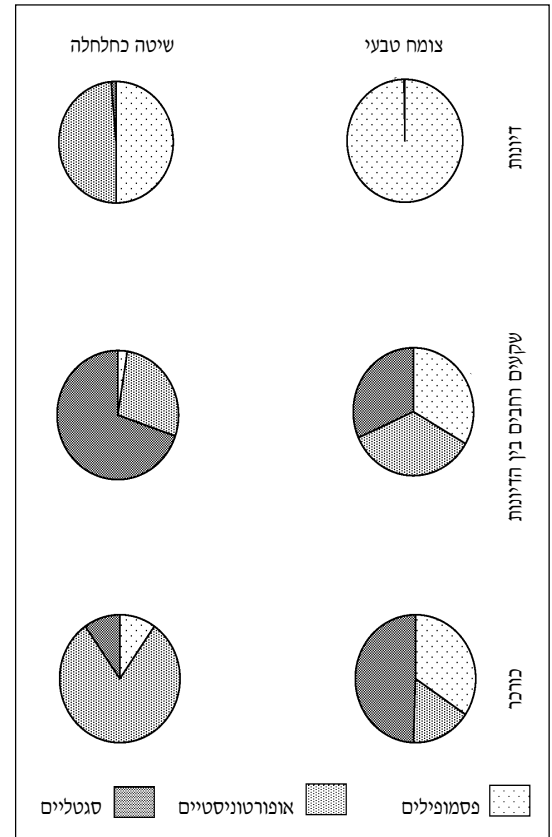
תכונות	שיטה	היקש
דיונות	41	48
שקעים	4.75	27.50
כורכר	-8	8.50
סה"כ	37.75	84

לא נמצא הבדל מובהק במגוון המינים לפי מדד Shannon & Weaver, ככל הנראה משום שמספר המינים בשקעים ובכורכר ירד בעקבות הפלישה של השיטה אך התרומה היחסית של כל אחד מהם עלתה. לעומת זאת, בחורשה הנטועה עלה מספר המינים משום שהחורשה, שאיננה צפופה, יוצרת תנאים טובים יחסית גם לקיומם של מינים פסמופילים ולחדירה והתבססות של מינים אופורטוניסטים וסגטלים.

הפלישה של שיטה כחלחלה למערכת החופית היתה מלווה, כצפוי, בשינויים בעושר המינים, באחוז כיסוי הצומח הטבעי ובהחלפת הרכב הצומח: בתצורת החיים של המינים השולטים ובזיקתם לבית הגידול. חלקם היחסי של המינים המעוצים (שיחים ובני-שיח) פחת תחת חורשות השיטים, וכן פחת חלקם היחסי של המינים הפסמופילים בהשוואה לטטחי היקש. ההבדלים בתכונות הצומח בין יחידות השיטה בשלושת בתי הגידול הם קטנים ביותר, לעומת ההבדלים הגדולים והמובהקים שקיימים בין בתי הגידול הטבעיים שאין בהם שיטה. מכאן שחדירתה של השיטה לכל אחד משלושת בתי הגידול ביטלה את מאפייניהם היחודיים והפכה אותם לדומים זה לזה.

מרבית העבודות העוסקות בפלישה הביולוגית מציינות את השפעותיה השליליות של התופעה על מערכות אקולוגיות טבעיות (Cronk & Fuller 1995; Pimm 1995; Frechette 2001). יש המדגישים כי היא הגורם השני להכחדת מינים, אחרי הרס בתי גידול שמקורו בשינויים בשימושי הקרקע (D'Antonio & Vitousek 1992). עדיין חסר מידע אודות מגוון ההשפעות של התופעה (Heywood 1989; Parker et al. 1999; Bloosey 1999; D'Antonio & Kark 2002), ולכן יש צורך במחקרי שדה נוספים. מחקרים אקולוגיים שעסקו בהשפעות על הצומח הטבעי של הפרעות מעשה אדם כמו שריפות (Gobbi 1995), רעייה (Humphrey & Patterson 2000), תיירות (Kutiel et al. 2000) ופלישה ביולוגית (Lambrinos 2000; Heidinga & Wilson 2002) על הצומח הטבעי השתמשו במדדים כמו עושר המינים, הכיסוי, המגוון והרכב המינים כדי לבטא את מידת ההשפעה על מערכות אקולוגיות טבעיות, (Holmes & Cowling, 1997a,b; Witkowski, 1991; Holmes, 2002). ייחודו של מדד ה-AEV שפיתחנו שהוא מספק משמעות ערכית-אקולוגית להשפעות של השיטה הכחלחלה על שימור הצומח הטבעי במערכת אקולוגית, תוך

כתוצאה מפלישת השיטה. מדד הערך האקולוגי הכולל לכל יחידות ההיקש הסתכם ב-84 לעומת 37.75 עבור כל יחידות השיטים (טבלה 2). כלומר, בהתייחס ליחידות השיטה לעומת יחידות ההיקש, בסיכום כל המערכת האקולוגית ניתן לומר שערך ה-AEV פחת ב-55% בהשפעת השיטה הכחלחלה.



איור 2: השפעת פלישה של שיטה כחלחלה על הרכב הצומח בשלושה בתי גידול במערכת החופית: דיונות, שקעים רחבים בין הדיונות ומחשוף כורכר

דיון

מתוצאות המחקר עולה כי השינויים המהותיים באחוז כיסוי הצומח, בעושרו ובהרכבו התרחשו בשקעים ובכורכר ופחות בדיונות החול. עובדה זו קשורה כנראה בתנאי העקה הקשים שבית הגידול החולי מציב בפני השיטה. השיטה ניטעה על-גבי דיונות חול חשופות, אך לפי כהן וחוב' (2003) עולה שגבולות החורשה הנטועה נשארו קבועים במשך כ-40 שנה. צפיפות חופת העצים בחורשה הנטועה נמוכה יחסית – בין 20 ל-40 אחוז משטח החופה פתוחים לקרני השמש – לעומת צפיפות החופה באזורי ההתפשטות הספונטניים בכורכר ובשקעים (0%-20% כיסוי חופה). קרני השמש חודרות מבעד לחופה בשטחים החוליים ומאפשרות נביטה וצמיחה של צמחים נמוכים, בעיקר בני-חלוף.

למרות שלא נמצא הבדל מובהק בכל המדדים המקובלים (עושר המינים, אחוז הכיסוי ומגוון המינים), אנו יכולים לקבוע על סמך מדד ה-AEV כי הפלישה הביולוגית של השיטה הכחלחה משפיעה באופן שלילי על בתי הגידול החוליים המיועדים לשימור טבע. איבוד הערך האקולוגי, כפי שהתבטא במדד ה-AEV, הוא תוצאה של שלושה מרכיבים: א) ירידה בנוכחותם של מינים בעלי מעמד אקולוגי מיוחד (אנדמים, נדירים ובסכנת הכחדה) (טבלה 3); ב) ירידה בשכיחותם של המינים המתמחים בבית הגידול (פסמופילים); ג) עלייה בשכיחות המינים האופורטוניסטים והסגטלים כתוצאה מהפלישה הביולוגית (טבלה 4).

מהתוצאות עולה שנוכחות השיטה הכחלחה הפחיתה מאוד את מדד ה-AEV בשקעים ובכורכר, ופחות בבית הגידול של הדיונות (טבלה 2). באזור הדיונות המצב שונה מאחר שחורשת השיטה הנטועה איננה צפופה והיא משפרת את התנאים בבית גידול זה בהשוואה לדיונות חשופות ונוודות. כלל השינויים בערכי ה-AEV שנגרמו לכל המערכת האקולוגית של דיונות החוף בניצנים הסתכמו בהפחתה של 56% מערכה הטבעי כתוצאה מפלישת השיטה.

תופעה מעניינת שנלמדת מהמקרה שלנו היא, שהשפעת המין הפולש על הצומח הטבעי בחורשה שנטלה ב-1962 היתה שונה ונמוכה יותר מאשר באזורי התפשטות ספונטניים הנתונים

התחשבות במערכת הכלל ארצית, דוגמת חוק הגנת חיות הבר. קביעת סולם ערכי-אקולוגי היא בעייתית מעצם הכימות של נתונים איכותיים. למרות זאת אפשר באופן פשוט לכמת את ההפסד האקולוגי שנגרם למערכת כתוצאה מהפלישה הביולוגית. ההתייחסות לשימור מינים אופורטוניסטים בבית גידול היא דו-ערכית. לדוגמה הצבי הישראלי (*Gazella gazella*) הוא מין מוגן בישראל. במערכת האקולוגית החולית של מישור החוף הצבי הוא אופורטוניסט, ובמקרה זה נשאל האם עובדה זו מפחיתה מערכו האקולוגי באזור חולות. על-פי הנוסחה שפיתחנו (AEV) מין אופורטוניסט שקיבל את הערך 0, אך הוא גם בעל ערך אקולוגי מיוחד, מזכה את בית הגידול בהתאם לערכו הגבוה (במקרה של הצבי - 2 נקודות) משום שהוא גם מין מוגן. מאידך, מין אופורטוניסט שאינו בעל ערך אקולוגי מיוחד לא זיכה את בית הגידול בערך חיובי משום שאין לנו עניין לשמרם שם. לכן מינים אופורטוניסטים שאינם בעלי מעמד מיוחד דורגו כ-0 במדרג ערכי-אקולוגי. לעומתם, המינים הסגטלים קיבלו ערך שלילי, מאחר שהם בכל מקרה גורעים מערכם האקולוגי של בתי הגידול באזור החוף. מינים זרים ובייחוד מינים זרים פולשים, דוגמת הקייצת המלבינה *Conyza (albida)* שהיגרה מאמריקה, פוגעים במערכת יותר מהמינים הסגטלים, ולכן תרומתם לערך המצרפי האקולוגי היא הנמוכה ביותר.

טבלה 3: שכיחות הופעתם של מינים בעלי ערך אקולוגי גבוה לשמירת טבע בחלקות עם שיטה ובחלקות ללא שיטה בשלושת בתי הגידול בחולות ניצנים

מין	אנדמיות	נדירות	רמת הגנה	דיונות		שקעים		כורכר	
				שיטה	היקש	שיטה	היקש	שיטה	היקש
בלוטה פלשתית	EI	R	**	2	0	1	1	0	0
חבלבל החוף	EL			0	0	0	0	0	0
ניסנית הבולבוסים	EY			4	0	0	2	0	2
קיפודן פלישתי	EC			0	1	0	0	0	0
לוניאה ריכפתית		RP		0	3	0	0	0	0
חבצלת החוף			*	1	0	0	2	0	1
תמר מצוי			*	0	0	0	1	0	0
ארכובית ארץ ישראלית	EC			0	4	3	2	0	1
רותם המדבר			*	1	0	2	4	2	4
ציפורנית חופית		RP	**	1	0	0	0	0	0
תלתן דו-גוני	ET			0	0	0	0	0	1
תלתן ארץ ישראלי	EC			0	0	0	1	0	3
שלשון החוף	EC			0	3	3	4	0	0
שעלב מקופח		R		3	0	0	0	0	0
תלת-מלען ארוך	EI	RR	**	0	0	0	0	0	1
סה"כ				12	11	9	17	2	13

מקרא:
 (EI) אנדמי לישראל
 (EL) אנדמי לישראל ולבנון
 (EC) אנדמי לחופי ישראל, סיני ולעתים גם לבנון
 (EY) אנדמי לישראל, קפריסין ולעתים גם לבנון וטורקיה
 (ET) אנדמי לישראל וטורקיה

נדירות:
 (R) נדיר במידת מה
 (RR) נדיר, בין 100-31 אתרים בישראל
 (RR) נדיר מאוד, 30-4 אתרים בישראל

הגנה:
 (*) מוגן בחוק
 (**) מין "אדום" מועמד לשמירה על-פי המלצת רת"ם

ההשפעות של הפלישה הביולוגית הוא כמגוון האינטראקציות ביניהן. החשיבות של מדד הערך האקולוגי המצרפי (AEV) בתחום ביולוגיית הפלישה מתבטאת בשני אופנים: (א) היכולת להעריך כמותית את השינויים הנגרמים למערכת האקולוגית עקב הפלישה הביולוגית; (ב) האפשרות להשוות בין מערכות נפלושות, בארץ ובעולם; הרעיון העומד בבסיס המדד ניתן ליישום בכל מקום ובכל בית גידול.

לפלישה במשך שני העשורים האחרונים (כהן וחוב' 2003), למרות שבחורשה הנטועה הצומח הטבעי נמצא זמן רב יותר תחת השפעתה של השיטה. לתוצאות אלה ניתן ביטוי גם במדדים המקובלים (עושר, כיסוי ומגוון המינים) ובהתאמה גם במדד ה-AEV. השפעות הפלישה הביולוגית קשורות לתכונות המינים הפלשנים ולתכונות בתי הגידול הנפלשים (Williamson 1996). מגוון

טבלה 4: מספר המינים הפסמופילים, האופורטוניסטים והסגטלים שהופיעו ביחידה אחת (שיטה או היקש) ולא הופיעו ביחידה אחרת בכל אחד משלושת בתי הגידול: כורכר, שקעים ודיונות

דיונות		שקעים		כורכר		תכונות
שיטה	היקש	שיטה	היקש	שיטה	היקש	
13	13	16	5	18	2	פסמופילים
1	5	4	5	7	0	אופורטוניסטים
1	7	12	7	17	5	סגטלים

מקורות

- דולב, ע' ופרבולוצקי, א' (עורכים) (2002). הספר האדום של החולייתנים בישראל. הוצאת רשות הטבע והגנים והחברה להגנת הטבע
- דש"א 2003. שימור חולות מישור החוף: מסמך מדיניות. יחידת הסקרים - מכון דש"א. רודיך, ר', ורמון, א' (ריכוז הכנת המסמך) הלפרין, ח' (עורך ראשי) (1976). האנציקלופדיה לחקלאות. כרך ג', מטעים, יערנות, הגנת הצומח. הוצאת האנציקלופדיה לחקלאות, תל אביב. עמודים: 641-697
- הלר, ד', ודפני, א' (1983). צמחי בר גרים בישראל (היבטים פיטוגיאוגרפיים, אקולוגיים וחקלאיים). החברה להגנת הטבע; השירות לשמירת איכות הסביבה; משרד הפנים; משרד החינוך והתרבות, אגף הנוער, היחידה לידיעת הארץ ולימודי שדה כהן, ע', קותיאל, פ', שושני, מ', ושו"ב, מ' (2003). שינויי נוף בדיונות מישור החוף הדרומי של ישראל בין השנים 1965-1999. פיינברון-דותן, נ' ודנין, א' 1991: המגדיר לצמחי בר בארץ ישראל, הוצאת כנה, ירושלים
- פרוטסוב, א', מנדל, צ', מדר, צ', וספיר, נ' (2002). צרעת העפצים של האיקליפטוס - תמונת מצב והערכות. יער 2: 82 פרגמן, א', פליטמן, ע', הלר, ד', ושמידע, א' (1999). רשימת צמחי הבר של ארץ-ישראל וסביבותיה. המחלקה לאבולוציה, סיסטמטיקה ואקולוגיה (א.ס.א), האוניברסיטה העברית, ירושלים
- קותיאל, פ' (1998). הצומח החד-שנתי של חולות צפון השרון. בתוך קותיאל, פ', פרומקין, ר', ואחירון-פרומקין, ת' (עורכים): קובץ מאמרים בנושא פארק השרון. אקולוגיה וסביבה - חוברת נושא
- קותיאל, פ' (2000). שימור וממשק של שטחים פתוחים ברצועת החולות של מישור החוף בישראל. אקולוגיה וסביבה 6: 91-97. קותיאל, פ', שחר, ז', פרינטה, ר', וג'מס, ע' (1998). ממשק בשמורה חולית - ניסוי לשימור גרביל החוף. בתוך קותיאל, פ', פרומקין, ר', ואחירון-פרומקין, ת' (עורכים): קובץ מאמרים בנושא פארק השרון. אקולוגיה וסביבה - חוברת נושא. שמידע, א', 1982. הצמחים האנדמים בארץ ישראל. רתם 3: 3-47

רשימת הספרות בלועזית נמצאת במערכת