שתילי אורנים | צילום: דייב בוימוביץ, באדיבות ארכיון הצילומים של קק"ל

סקירות

סוגיות עיקריות בחקר היערות המחטניים של ישראל - סיכום ארבעים שנות מחקר (1972-2012)

חלק א: ההיסטוריה של מפעל הייעור ושייכותו לנוף בישראל

יגיל אסם

המחלקה למשאבי טבע, מִנהל המחקר החקלאי - מרכז וולקני
yagil@agri.gov.il

בגיליון הבא יתפרסם חלק ב של המאמר:
הבנת התהליכים הטבעיים המתרחשים ביער ומעבר לניהול היער כמערכת אקולוגית רב־תכליתית

תקציר

הסקירה מתמקדת בסוגיות עיקריות שעיצבו לאורך השנים את תפיסת ניהול היערות בישראל. את מפעל הייעור הניע בראשית דרכו החזון הציוני של גאולת הארץ, ועובדה זו מובאת בדבריו של דוד בן־גוריון, שפורסמו לאחר מותו בעיתון "ליערן". בהמשך עיצבו את הדרך קשיים שהתעוררו בעת הניסיון לבסס יער מעשה ידי אדם בתנאי הארץ. תמותה רחבת היקף של עצי אורן שנצפתה ב־1972 ביער שער הגיא, מראשוני היערות המחטניים בארץ, היא דוגמה טובה לכך. ועדת מומחים שמונתה לצורך בחינת התופעה קבעה כי הגורם העיקרי לתמותה הוא כנימת המָצוּקוֹקוּס הארץ־ישראלי. קביעה זו עודדה מחקר נרחב בתחום מזיקי היער, שהשפיע במידה ניכרת על מדיניות הייעור ועל ניהול היערות בארץ. בו־בזמן, ובהשפעת התמוטטות יער שער הגיא, פותחו כיווני מחקר נוספים שהתמקדו בגנטיקה ובהשבחה, וחתרו לשיפור התאמתו של היער המחטני לתנאי הארץ. מחקרים אלה הצביעו על קיומו של אקוטיפ מקומי של אורן ירושלים, וגילו גם את ייחודם של אקוטיפים ממקור יווני כבעלי עמידות גבוהה ליובש ולמזיקים. המחקר היערני נדרש בשלבים מוקדמים גם לסוגיות עקרוניות יותר, כגון שאלת שייכותם של היערות המחטניים לנוף הארץ. מחקרים בנושא זה מצאו כי אורן ירושלים הוא רכיב טבעי בנוף הארץ, מקדמת דנא, אולם עד ראשיתו של מפעל הייעור לא היה רכיב דומיננטי בצמחיית הארץ. דור היערות הראשון, תוצר מפעל הייעור, יצר בישראל מציאות נופית חדשה, אך היא אינה דורכת במקום. התפתחות היערות, תהליכים המתרחשים בשטחיהם וכן תפיסות משתנות הנוגעות לניהול היער, כל אלה מעלים נושאי מחקר חדשים. החלק השני של הסקירה (חלק ב) עוסק בנושאים אלה, שיש להם חשיבות מכרעת בעיצוב דור היערות הבא.

מילות מפתח: אורן ירושלים · אורן ברוטיה · השבחת יער · מזיקי יער · מפעל הייעור · מקורות גנטיים

מבוא

בחודש דצמבר 1973 נפטר ראש הממשלה הראשון של מדינת ישראל, דוד בן־גוריון. בעיתון ליערן ביטאונה של אגודת היער בישראל, פורסמו כמה מדבריו של בן־גוריון על מפעל הייעור [6]: "*עשרה הגדול והראשי של האדמה זהו עפרה הפורה... עפר פורה זה הרוס וחרב ברובם הגדול של שטחי ארצנו, ותקנתו בדרך אחת: בנטיעת עצים. לא באלפים ובמיליונים – אלא בעשרות ובמאות מיליוני עצים... נטיעה רבתי... תחזיר לארצנו כוח פריונה... תמנע סחיפת האדמה וחשיפת ההרים, תעצור תנודת חולות הים, תגדיל הלחות ומתינותו של אקלים ארצנו ותסייע לספיגת הגשמים בתוך האדמה... תקל על הפצת האוכלוסין בכל חלקי הארץ לפי שיקולי בטחון ודרכי התיישבות ותמנע התרכזות מופרזת בכמה כרכים... נשיב להרינו הדרם וגאונם מימי קדם, לאדמתנו פריונה, ונעשיר את הדורות הבאים באחד החומרים הגולמיים החיוניים והיקרים ביותר – בעצים*".

הדברים שאמר בן־גוריון ממחישים את **תפקידו ההיסטורי של מפעל הייעור בארץ, שנתפס כחלק בלתי נפרד מהמפעל הציוני**. דבר זה התבטא בהשקעה עצומה של משאבים בייעור, בעיקר על־ידי קק"ל, ובעלייה מהירה בהיקף השטחים המיוערים בישראל. היקפם של שטחים אלה היה פחות מ־50,000 דונם בתחילת שנות ה־50 של המאה הקודמת, הגיע לכ־500,000 דונם 20 שנה מאוחר יותר (1970), ועומד כיום (2013) על כמיליון דונם.

סקירה זו מסכמת מחקרים אמפיריים, סקירות מדעיות ומאמרי מדיניות ודעה שנכתבו בארבעים השנים האחרונות על היערות המחטניים של ישראל. הסקירה מתמקדת בסוגיות העיקריות שעיצבו לאורך השנים את תפיסת ניהול היערות בארץ. את מפעל הייעור, שתחילתו ביצירת "יער יש מאין", הניע החזון הציוני של גאולת הארץ, והוא התבסס בראשיתו בעיקר על ידע מקצועי שמקורו בארצות ניכר. בהמשך עיצבו את הדרך במידה רבה קשיים ומגבלות שהתעוררו בעת הניסיון לבסס יער מעשה ידי אדם בתנאי הארץ. אופן ההתמודדות עם בעיות אלה השתנה בהדרגה, והוביל להתפתחות תפיסת ניהול יער מבוססת מדע, הרואה ביער מערכת אקולוגית מורכבת שיש לנהלה לאור מגוון של מטרות אקולוגיות, חברתיות וכלכליות. הסקירה שלהלן מתארת את השתלשלות המחקר היערני בארץ, ומשרטטת את הדרך שעבר מפעל הייעור בישראל לאורך השנים, ועד ימינו אלה.

פרשת יער שער הגיא – "חרק המית עצי האורן ביערות של שער הגיא"

יער שער הגיא, מראשוני יערות האורן של ישראל, ניטע בשנים 1926–1936 על־ידי אגף הייעור המנדטורי. בשנת 1972 נצפו בשטחי היער התנוונות ותמותה רחבת היקף של עצי אורן ירושלים (*Pinus halepensis*). תופעה זו הייתה חדשה ובלתי מוכרת, ועוררה עניין בקרב אנשי המקצוע והציבור. על סמך קידוחים בגזעי עצים וספירת טבעות שנתיות נקבע שההתייבשות והתמותה ביער החלו כשלוש שנים קודם לכן (1969), והדגם המרחבי של התמותה תואר כתמותה סביב מוקדים. כדי להבין את התופעה החדשה והבלתי מוכרת ולהתמודד איתה הוקמה ב־1974 ועדה מקצועית בראשות פרופ' אברהם פאהן. הוועדה כללה אנשי מקצוע ומדע ממגוון תחומים: בוטניקה, אקולוגיה, אנטומולוגיה, נמטולוגיה, יערנות, קרקע ומים ועוד. נבחנו השערות שונות באשר לגורם תמותת העצים, ובהן גיל היער, צפיפות העצים, קור ושלג, קרקע והזנה מינרלית, זיהום אוויר, מחלות ומזיקים. בדו"ח שפורסם כשנה מאוחר יותר [10] דחתה הוועדה את רוב ההשערות הללו. בין השאר פסקה הוועדה כי "... יובש אינו בא בחשבון כסיבה לתופעה". הוועדה אימצה את מסקנתו של פרופ' וילקוקס, פיטופתולוג מאוניברסיטת סיְרָקיוז בארה"ב, כי הגורם העיקרי לתמותה הוא מזיק שנקרא אז אִצריית האורן (המָצוּקוֹקוּס הארץ־ישראלי – *Matsucoccus josephi*). ביטוי לכך ניתן בכותרת שנכתבה בעיתון מעריב ב־17 באפריל 1975: "חרק המית עצי האורן ביערות של שער הגיא". הוועדה קבעה כי "...יש להמשיך את המחקר בכל הכיוונים ולתת דגש לאִצרייה". עוד המליצה הוועדה כי ראוי לנטוע בעתיד מיני אורן ומחטניים אחרים במקום אורן ירושלים. התמוטטות יער שער הגיא שאירעה בתחילת שנות ה־70 היא דוגמה טובה לקשיים שצצים ועולים כל העת, ומעכבים את מימוש החזון של ביסוס יער מעשה ידי אדם. המחקר היערני נדרש להתמודד עם הקשיים הללו ולספק פתרונות. ההחלטה להתמקד בבעיית המצוקוקוס עולה בקנה אחד עם הגישה היערנית שרווחה באותן שנים בכל העולם. גישה זו הושפעה מאוד מהישגיו של המחקר החקלאי, שמגדיר בעיה באופן ברור וחותר לפתרון יישומי שלה. החלטה זו עודדה מחקר נרחב בתחום מזיקי היער, שהשפיע במידה ניכרת על מדיניות הייעור ועל ניהול היערות בארץ.

על קצה המזלג

התאמת ניהול יערות ישראל לתנאי הארץ

* אורן ירושלים - רכיב טבעי בצומח הארץ - נעשה, החל במאה ה־20, לרכיב משמעותי בו בגלל ייעור נרחב.
* אופיו של מפעל הייעור הושפע מהרצון להצמיח בצורה מהירה ויעילה יער בעל נוכחות נופית בולטת.
* קשיים בביסוס היער המחטני יחד עם התפתחות המחקר היערני בישראל הביאו להכרה בצורך להתאים את היער לתנאי הארץ.
* התאמות לתנאי הארץ כוללות בין השאר: השבחת היער באמצעות מחקר גנטי, משטר דילולים והרחבת מגוון העצים ביערות באמצעות נטיעת מיני עצים רחבי עלים.

המָצוּקוֹקוּס הארץ־ישראלי וחיפושית הקליפה – מזיקי יער מעצבי ממשק

הכנימה מצוקוקוס ארץ־ישראלי, שכונתה בעבר אִצריית האורן, נחשבת מזיק של יער צעיר ומתבגר. ההשערה היא כי הכנימה חדרה לארץ בזמן מלחמת העולם הראשונה כתוצאה מיבוא של בולי אורן ברוטיה (*Pinus brutia*) מקפריסין על־ידי הבריטים [28]. את הכנימה זיהה לראשונה בישראל פרופ' שמעון בודנהיימר בשנות ה־30 של המאה הקודמת [3]. בשנות ה־70 וה־80 התקיפה הכנימה עצי אורן ירושלים בשטחי יער רבים ברחבי הארץ, דבר שגרם במקרים מסוימים להתמוטטות עומדי יער שלמים. ההתפרצות קשורה ככל הנראה להתבססות הכנימה בארץ, בד בבד עם כניסתם של יערות אורן ירושלים רבים "לגיל ההתבגרות" (גיל של 20–30 שנה). הנזק רחב ההיקף שיוחס לכנימה הציב אותה כגורם מרכזי בעיצוב היער הנטוע בישראל ובניהולו. במחקר שנערך בתחילת שנות ה־80, זוהה מקור זרעים יווני של אורן ירושלים כעמיד יותר לכנימה בהשוואה למקורות זרעים אחרים מרחבי הים התיכון [8]. באמצע שנות ה־80 חלה התקדמות בחקר הביולוגיה של הכנימה, וזוהה מנגנון הנזק לעצים, שקשור לחסימת צינורות העצה שמובילים את המים בענפי העץ [21, 29]. כמו כן, המין אורן ברוטיה זוהה כפונדקאי עמיד לכנימה, דבר שסלל את הדרך להיותו מין העץ המחטני המוביל בייעור במקום אורן ירושלים. בתחילת שנות ה־90 נרשמה התקדמות משמעותית נוספת בחקר הביולוגיה של הכנימה, עם זיהוי פרומון מין של הכנימה, הפקתו והפעלת מלכודות טעונות בפרומון. בעזרת המלכודות ניתן לנטר את צפיפות אוכלוסיות הכנימה, ללמוד את

הפעילות העונתית שלה ולחקור אויבים טבעיים הנמשכים אף הם לפרומון [17, 18]. מחקר שהשווה בין התחדשות טבעית של אורן ירושלים לאחר שרֵפה ביער טבעי בכרמל לבין התחדשותו ביער נטוע, הראה שהכנימה היא גורם תמותה משמעותי ביער הצעיר (תמותה של 50–75% בגיל 3–4 שנים) ללא הבדל בין האוכלוסייה המקומית לבין זו הנטועה [25]. לקראת סוף שנות ה־90 הושלם מחקר נוסף שהגדיר את גבולות התפוצה של הכנימה ואת הקשר שלהם לתפוצה של אורן ירושלים ואורן ברוטיה [24]. **לחקר כנימת המצוקוקוס הייתה השפעה מרחיקת לכת על מדיניות הייעור, גם בבחירת אורן ברוטיה כמין מוביל חליפי לאורן ירושלים, גם בציונם של האקוטיפים היווניים של אורן ירושלים כמקורות זרעים "רצויים", וגם במעבר, עם השנים, לנטיעה מגוונת יותר הכוללת מיני עצים רחבי עלים**. ההתמודדות עם נזקי כנימת המצוקוקוס הדגישה גם את החשיבות שיש לדילול היער המחטני במועד הנכון ולהימנעות מהיווצרות עומדי יער צפופים ביתר. קק"ל התקשתה לעמוד במשימה זו לאורך השנים מסיבות שונות – זמינות נמוכה של קבלני כריתה; עלות כריתה גבוהה לחלק מהעומדים בגלל תנאים טופוגרפיים קשים ומסיבות אחרות; היעדר תעשיית עץ שתעבד את העץ שדולל, שאיכותו נמוכה, ותשלם עבורו; היעדר תקציב.

קבוצה חשובה אחרת של מזיקי יער שהטביעה את חותמה על ממשק יערות האורן בארץ היא חיפושיות הקליפה. חיפושית הקליפה נחשבת במקרים רבים מזיק משני, התוקף עצים המצויים בעקה. בשנות ה־70 עסק ד"ר יוסף הלפרין בזיהוי ובהגדרה של מיני חיפושיות קליפה בארץ. בשנות ה־80 קידם פרופ' צבי מנדל את חקר הביולוגיה ואת זיהוי האויבים הטבעיים של חיפושיות הקליפה שתוקפות אורן ירושלים ואורן ברוטיה בישראל, בעיקר של המינים *Orthotomicus erosus* ו־*Pitiyogenes calcaratus* [23, 27]. התובנה המשפיעה ביותר בנושא זה, שהתבססה על מספר מחקרים ותצפיות שנעשו בסוף שנות ה־80, קושרת בין גיל היער, עיתוי הדילול ועוצמת הדילול לבין עוצמת התקיפה של חיפושיות קליפה ותמותת עצים רחבת היקף שכונתה "עקת דילול" [2, 26]. נקבע כי יש להימנע מדילול בעוצמה גבוהה מדי, בעיקר ביערות מתבגרים (בני 15–25 שנה), וכי בהתאם למחזור החיים של החיפושית יש לבצע את הדילול בעונות הקיץ והסתיו ולהימנע מביצוע הדילול בסוף החורף ובתחילת האביב. **החשש מהתפרצות חיפושיות קליפה בעקבות דילול בעוצמה גבוהה ביער, השפיע מאוד וממשיך להשפיע על הדיון בדבר משטר הדילולים הראוי ביערות האורן**. דיון זה מתחדד לאור הרצון להפחית את תדירות הדילולים ביער, בד בבד עם הגדלת עוצמת הדילול, הן בשל מגבלות יכולת הביצוע הן בשל השאיפה להפחית את תדירות ההפרעה.

גנטיקה של מקורות זרעים – ממקורות אקזוטיים ועד הזן המזרחי

במחקר שהתבצע בעקבות תופעת ההתייבשות והתמותה של אורן ירושלים ביער שער הגיא, זוהה קשר בין מידת ההתייבשות והתמותה של העצים לבין טיפוסי עצים, הנבדלים במאפייניהם הצורניים (מורפולוגיים) והארכיטקטוניים, שעשויים להעיד על מקור גנטי שונה [13]. מחקר שבחן את ההרכב הכימי של השרף בעצים שונים כסמן גנטי, סיפק את הרמז הראשון לכך שהיער הנטוע מורכב ממערכים גנטיים (genotypes) שונים, שעשויים להיות נבדלים במידת התאמתם לתנאי הארץ (מתוך "שער הגיא זיכרונות" – שילר ג, לא פורסם). בבדיקה שנערכה בגנזך המדינה נמצא כי שירות הייעור המנדטורי קנה זרעי אורן ירושלים משתי חברות זרעים, צרפתית (Vile-Moren) ואוסטרית (Gruneald), שרכשו זרעים מאזורים שונים ברחבי הים התיכון (מתוך "שער הגיא זיכרונות" – שילר ג). ממצאים אלה הובילו למחקר גנטי מקיף של אוכלוסיות שונות של אורן ירושלים ברחבי אגן הים התיכון [20, 31]. המחקר, שהתבסס על איזוזימים (חלבונים תוצרי גנים – isozymes) כסמן גנטי, הראה שיערות האורן הנטועים בישראל מורכבים מתערובת מגוונת של מקורות זרעים מצפון אפריקה (אלג'יר, מרוקו), ממערב הים התיכון (ספרד, אטליה) וממזרח הים התיכון (יוון, ומקומיים מישראל) [19]. המחקר הצביע על קיומו של אקוטיפ (אוכלוסייה מקומית בתוך מין ביולוגי בעלת מערך התאמות גנטי מסוים לתנאי סביבה ייחודיים – ecotype) מזרח ים תיכוני של אורן ירושלים, בעל מאפיינים גנטיים ייחודיים, שאוכלוסיות האורן הטבעיות של ישראל בכרמל, בגליל ובהרי יהודה משתייכות אליו.

מחקר שנעשה בעקבות השרפה בכרמל בשנת 1989, הראה כי מתרחשת האבקה של אוכלוסיות טבעיות של אורן ירושלים על־ידי אוכלוסיות נטועות של אורן ירושלים שמקורן בחו"ל [32]. מחקר שנעשה לאחרונה תוך שימוש בסמנים גנטיים חדישים

השנים הראשונות של מפעל הייעור - נטיעת חורשת עצים ליד קיבוץ גניגר שבעמק יזרעאל, בשנת 1928 | צילום: יוסף שוייג, באדיבות ארכיון הצילומים של קק"ל

התייבשות עצים כתוצאה מבצורת, יער להב | צילום: יגיל אסם

יותר (סמנים מיקרוסָטֶליטים), קבע שלא ניתן לזהות קו גנטי ברור המשותף לאוכלוסיות האורן הטבעיות של ישראל (אקוטיפ מזרחי), אולם האוכלוסיות הטבעיות שונות גנטית משכנותיהן הנטועות, ומגוונות מהן [34]. המחקר חזר וקבע כי מתרחש תהליך משמעותי של זרימת גנים בין האוכלוסיות הנטועות לבין הטבעיות, וכי קיים חשש לתהליך של הגברת הדמיון בין האוכלוסיות הטבעיות השונות (homogenization) ואבדן מגוון גנטי. זיהוי האקוטיפ המזרחי של אורן ירושלים ויחסי הגומלין בינו לבין היער הנטוע הֵעלו על פני השטח סוגיה סביבתית חדשה – כיצד להבטיח את המשך קיומם של האקוטיפים הייחודיים לישראל לנוכח קיומם של אקוטיפים אחרים בסביבתם הקרובה (ביער הנטוע). הועלו הצעות מרחיקות לכת, כדוגמת כריתה רחבת היקף של יערות נטועים כדי ליצור "אזורי חיץ גנטיים" (ראו לדוגמה מאמרה של אשכנזי [1]). נבחנה גם האפשרות לשימור מחוץ לאתר (ex-situ) על־ידי ריבוי עצים טבעיים ותיקים מייחורים וגידולם באתרים מרוחקים [7]. המחקר הצביע על קושי רב בריבוי אל־מיני (vegetative) של העצים הוותיקים. בדיון שנערך במסגרת יום עיון בנושא שימור האקוטיפ המזרחי שנערך במרכז וולקני (2012), הוצגה גישה אחרת, שהציעה להתמקד בהגנה על בתי הגידול של אורן ירושלים טבעי ובשימור אופיים האקולוגי־נופי, וזאת בעזרת ממשק פעיל המשלב הגנה משרָפות, רעייה ודילול אורנים, להבדיל מההתמקדות בשימור "הטוהר הגנטי", שנראה בלתי ישים.

מקורות זרעים והשבחה – האקוטיפים היווניים

בד בבד עם ההתקדמות בחקר הגנטיקה של אורן ירושלים התבצעו מחקרים יישומיים יותר, שבחנו את ההתפתחות והעמידות של עצי אורן ממקורות שונים בתנאי הארץ. בשנים 1976–1977, כחלק מפרויקט סובב ים תיכון, ניטעו בישראל מספר חלקות של אורן ירושלים ואורן ברוטיה ממקורות שונים באזור הים בתיכון. וינשטיין [5] זיהה את מקורות הזרעים היווניים של אורן ירושלים כטיפוסים מצטיינים הן בקצב ההתפתחות הן במידת העמידות בתנאי הארץ. מנדל [8] הוסיף והראה כי מקורות הזרעים היווניים נפגעים במידה פחותה ממצוקוקוס. בסקירה של המחקרים הפיזיולוגיים שנעשו בחלקות מעקב שניטעו ביער יתיר, סוכם כי הטיפוס היווני הוא בעל יעילות ניצול מים טובה יותר בתנאים צחיחים בהשוואה לאחרים [33]. מחקר אחר שהשווה תכונות פיזיולוגיות באוכלוסיות טבעיות של אורן ירושלים הציע את יער אום־צפא בשומרון (אזור בנימין) כמקור זרעים מצטיין [4]. נושא השבחת היער לא זכה בישראל לתשומת לב רבה במהלך השנים, ולמעשה לא התקדם מעבר למחקרים המועטים שנעשו בחלקות של מקורות הזרעים. מספר סיבות, ובהן העלות הגבוהה של מחקר גנטי, טווחי הזמן הארוכים הדרושים להשבחת עצים והיעדר מוטיבציה ממשית להשבחה ביער שאינו כלכלי, יכולות לספק הסבר חלקי להשקעה המועטה בתחום ההשבחה. עם זאת, **אתגרים חדשים, כדוגמת ההתמודדות עם שינוי האקלים, תמותת עצים רחבת היקף בעקבות רצף בצורות והרצון לקיים יערות באזור גבול התפוצה הדרומי והיבש של אורן ירושלים, מדגישים מחדש את הצורך בקידום המחקר בתחום השבחת היער**. נושא זה מחייב התמודדות עם שורה של שאלות: מה הם הקריטריונים לזיהוי מערכים גנטיים מצטיינים ביער? מה מידת היעילות של השבחה המתבססת על ריבוי מזרעים (איסוף זרעים מעצים מצטיינים ביער)? היכן עובר שביל הזהב בין בֵּרה ושימוש בשיטות של ריבוי אל־מיני (יצירת שבטים [clones] מצטיינים) לבין שימור השונות הגנטית ביער? שאלות אלה ואחרות מצריכות מחקר ארוך טווח.

מקומו של יער האורן הנטוע בנוף ישראל

אורן ירושלים היה רכיב מרכזי במפעל הייעור בישראל מתחילתו ועד עתה. יערות מחטניים בעלי מראה טיפוסי פרושים כיום בכל רחבי החבל הים תיכוני של ישראל, מהגליל העליון ועד לסְפר המדבר שבצפון הנגב. הדיון הנוגע למקומו של המין אורן ירושלים בנוף הארץ הטבעי ושל היער המחטני שהוא יוצר, השפיע רבות וממשיך להשפיע על האופן שמפעל הייעור של קק"ל נתפס בקרב הציבור בישראל. מחקרים על התפוצה של אוכלוסיות אורן ירושלים בישראל טרם מפעל הנטיעות הגדירו מין זה כמין טבעי לישראל [11,14]. ההבנה באשר להיותם של נופי הארץ נתונים תחת לחץ אנושי מתמשך במשך אלפי שנים וכן לגבי היותו של האורן מין אטרקטיבי במיוחד לכריתה בשל קצב צמיחתו, גובהו וגזעו הזקוף, הביאה להשערה כי אוכלוסיות האורן הטבעיות בארץ הן שרידים מקומיים מיער מפותח יותר, שהתקיים בעבר בהרי יהודה, בגליל ובכרמל. רבינוביץ [12] הציעה כי בית הגידול הטבעי של אורן ירושלים בארץ מתקיים על גבי תצורות של מִסְלָע קַרטוני

ומסְלָע קִרטון חוורי, שכושר ניקוז המים שלהם נמוך יחסית. על פי מחקרים פָּלינולוגיים המתבססים על הרכב גרגרי אבקה מאובנים, שנמצאו במשקע של גופי מים, הוצע כי לפני כ־4,000 שנה החלה נסיגה של יערות אלון (אורן תולע, אורן תבור ואורן מצוי) ששלטו בנוף בחלקה הים תיכוני של הארץ [16]. נסיגת יערות אלה, שלוותה בהופעת מיני עצי פרי (בעיקר זית), יוחסה לפעילות אדם. העדויות הקדומות מצביעות על תנודות לאורך ההיסטוריה בהיקף החקלאות והתחדשות היער, שאפשר לייחסן לשינויי אקלים, ואולי בעיקר לשינויים גאופוליטיים [16,30]. תנודות בֵּשפע של אורן ירושלים כמו גם של מיני חלוץ אחרים, כגון סירה קוצנית, מעידות על כך שמין זה "ידע" לנצל אירועים של בירוא יער מצד אחד, ונטישת קרקעות חקלאיות מצד שני, כדי לחדור ולהתנחל בבתי הגידול המופָרים. ממחקרים אלה ניתן ללמוד גם על היותו של האלון המצוי מין המותאם להפרעה, שהשפע שלו ביחס למיני האלונים האחרים גדל תחת השפעתו המתמדת של האדם [15]. בסקירה של עדויות היסטוריות, ארכֵאולוגיות ובוטָניות סיכמו Liphschitz and Bigger [22] כי **אורן ירושלים הוא רכיב טבעי בנוף הארץ, אולם עד המאה ה־20 (מפעל הייעור) לא היווה רכיב דומיננטי בצומח**. מפעל הייעור של המאה ה־20 שינה את פני הארץ, והפך את יערות האורן לרכיב משמעותי בנוף.

העיסוק המתמשך בשאלת טבעיותו של אורן ירושלים בנוף ישראל מדגיש תפיסה הרווחת בקרב מנהלי שטחים פתוחים ושומרי טבע, הרואה במופע של צומח טבעי בלתי מופר שמביא לידי ביטוי את מלוא הפוטנציאל של בית הגידול (climax) – אידֵאל. על פי תפיסה זו, הפרעה והתערבות האדם מפֵרות את "שיווי המשקל", מתנגשות בתהליך "הסוקצסיה הטבעית", ומרחיקות את מימושו של "האידֵאל", שכונה climax. כנגד גישה זו הלכה ותפסה לה מקום לאורך השנים גישה אחרת. ביטוי לגישה האחרת אפשר למצוא במאמרו של נאוה [9], שהציע כי התפתחות הנוף והצומח הים תיכוניים משולבת בהתפתחות ובפעילות האדם (אבולוציית גומלין – coevolution), וכי צומח הארץ הוא למעשה "צומח טבעי למחצה". עוד נטען, כי אין אחיזה לתורת ה־climax, הסוקצסיה ושיווי המשקל כפי שהיה מקובל, וכי דווקא אי־הפרעה היא שתוביל למצב לא טבעי, ותפגע בתהליכים אקולוגיים ובמגוון הביולוגי. למתח שבין שתי התפיסות שתוארו כאן היה תפקיד מרכזי בעיצוב הדיון הערכי המתקיים בארץ באשר למפעל הייעור ולממשק היער.

סיכום ביניים

נושאי המחקר שנידונו בחלק זה של הסקירה (חלק א) מדגישים את היותו של היער המחטני בישראל מערכת מעשה ידי אדם. המחקר היערני התרכז תחילה בקידום הידע שיסייע לביסוס מוצלח ולשמירה על בריאותם של עצי היער הנטועים. כבר בשלבים מוקדמים יחסית נדרש המחקר לענות גם על שאלות עקרוניות הנוגעות למדיניות הייעור. מפעל הייעור, שתחילתו בראשית המאה הקודמת, יצר בישראל מציאות נופית חדשה. מציאות זו באה לידי ביטוי בדמות הדור הראשון של היערות המחטניים, שנהוג לכנותם יערות קק"ל. יערות אלה פזורים כיום ברחבי ישראל, ומשפיעים במידה רבה על מראה השטחים הפתוחים בה. אולם המציאות הנופית אינה דורכת במקום. התפתחות והתבגרות של היערות המחטניים הנטועים, תהליכים ספונטניים המתרחשים בשטחי היער וסמוך להם וההתעניינות הגדולה של הציבור בסוגיות סביבתיות הקשורות ליער – מעלים כולם מגוון של נושאי מחקר בעלי אופי שונה. החלק השני של הסקירה (חלק ב) יעסוק בנושאים אלה, שיש להם חשיבות מכרעת בעיצוב הדור הבא של היערות בישראל.

תודות

ברצוני להודות לפרופ' גבי שילר, לפרופ' אבי פרבולוצקי, לפרופ' צבי מנדל, לפרופ' גידי נאמן ולארנון קופר על קריאה ביקורתית של המאמר בגלגוליו השונים ועל מתן הערות חשובות ומועילות.

מקורות

[1] אשכנזי ש. 2004. ממשק הצומח המעוצה של הכרמל בדגש על ממשק יערות אורן ירושלים *Pinus halepensisi* Mill. הקרן הקיימת לישראל, רשות הטבע והגנים.

[2] בונה ע. 1992. השפעת דילול בעומדי אורן ירושלים ואורן ברוטיה על הפיזיולוגיה של העץ ועל דינאמיקת האוכלוסייה של חיפושיות קליפה (עבודה לקבלת תואר דוקטור). ירושלים: האוניברסיטה העברית בירושלים.

[3] בן־דב י. 1981. המטסוקוקוס הארץ ישראלי בעצי אורן – טקסונומיה, תפוצה ופונדקאים בישראל. ליערן **31**: 18–23.

[4] גרינבלד ק, שילר ג ומלזק ר. 1983. השונות בתכונות פיזיולוגיות באורן ירושלים טבעי בארץ. ליערן **33**: 17.

[5] וינשטיין א. 1982. השפעת מקור הזרעים על התפתחות עצים צעירים של אורן ירושלים ואורן ברוטיה. ליערן **32**: 25–30.

[6] ליערן (המערכת). 1973. דוד בן גוריון ז"ל. ליערן **23**: 41.

[7] מדמוני ע, ריוב י, זהבי ע ואחרים. 2007. שימור גנטי של אורן ירושלים הגדל בר בישראל. 1. עומד המסרק בהרי ירושלים. יער **9**: 15–19.

[8] מנדל, צ, גולן י, מדר צ ואחרים. 1983. השפעת מקור הזרעים של אורן ירושלים על רגישותו למצוקוקוס הארץ ישראלי. ליערן **33**: 33–36.

[9] נאוה ז. 1985. הקלימקס של החורש הים תיכוני – דמיון או מציאות? רתם **18**: 14–33.

[10] צוות המחקר. 1975. דו"ח צוות המחקר על התייבשות עצי אורן ירושלים ביער שער הגיא. בית דגן: המחלקה לפרסומים מדעיים, מרכז וולקני.

[11] קרשון ר. 1984. אורן ירושלים טבעי בהרי יהודה במאה ה־19 ובתחילת המאה ה־20: נתונים חדשים. ליערן **34**: 12–13.

[12] רבינוביץ א. 1985. יחידות צומח העץ בחבל הים תיכוני של הארץ. רתם **18**: 5–13.

[13] שילר ג. 1977. יחסי הגומלין שבין התפתחות אורן ירושלים לבין תנאי הסביבה. ליערן **27**: 13–23.

[14] שילר ג. 1985. אורן ירושלים טבעי: תפוצה וקשרים גנטיים. רתם **18**: 69–78.

[15] Agra H and Ne'eman G. 2011. *Quercus calliprinos* regrowth under grazing in Mediterranean maquis and its management implications. *Forest Ecology and Management* **261**: 143-147.

[16] Baruch U. 1990. Palynological evidence of human impact on the vegetation as recorded in Late Holocene lake sediments in Israel. In: Bottema S, Entjes-Nieborg G, and van Zeist W (Eds). Man's role in the shaping of the eastern Mediterranean landscape. Rotterdam: Balkem.

[17] Dunkelblum E, Mendel Z, Assael F, et al. 1993. Identification of the female sex-pheromone of the Israeli pine bast scale *Matsucoccus-josephi*. *Tetrahedron Letters* **34**: 2805-2808.

[18] Dunkelblum E, Mendel Z, Gries G, et al. 1996. Antennal response and field attraction of the predator *Elatophilus hebraicus* (Hemiptera: Anthocoridae) to sex pheromons and analogues of three *Matsucoccus* spp (Homoptera: Matsucoccidae). *Bioorganic and Medical Chemistry* **4**: 489-494.

[19] Grunwald C, Schiller G, and Conkle MT. 1986. Isozyme variation among native stands and plantations of Aleppo pine in Israel. *Israel Journal of Botany* **35**: 161-174.

[20] Korol L, Shklar G, and Schiller G. 2002. Diversity among circum-Mediterranean populations of Aleppo pine and differentiation from Brutia pine in their isoenzymes: Additional results. *Silvae Genetica* **51**: 35-41.

[21] Liphschits N and Mendel Z. 1989. Pathological changes in the cortex of *Pinus halepensis* (Coniferales: Pineceae) as related to injury by *Matsucoccus josephi* (Homoptera: Margarodidae). *Canadian Journal of Botany* **67**: 2692-2703.

[22] Liphschitz N and Biger G. 2001. Past distribution of Aleppo pine (*Pinus halepensis*) in the mountains of Israel (Palestine). Holocene **11**: 427-436.

[23] Mendel Z, Podoler H, and Livne H. 1989. Establishment sequence and seasonal development of *Aulonium ruficorne* Olivier (Coleoptera: Colydiidae), a predator of bark beetles in pine plantations in Israel. *Ecological Application* **10**: 103-114.

[24] Mendel Z. 1998. Biogeography of *Matsucoccus josephi* (Homoptera: Matsucoccidae) as related to host resistance in *Pinus brutia* and *Pinus halepensisi*. *Canadian Journal of Forest Research* **28**: 323-330.

[25] Mendel Z, Assael F, Saphir N, et al. 1997. Seedling mortality in regeneration of Aleppo pine following fire and attack the scale insect *Matsucoccus josephi*. *International Journal of Wildland Fire* **7**: 327-333.

[26] Mendel Z, Boneh O, and Riov J. 1992. Some foundations for application of aggregation pheromone to control pine bark beetles in Israel. *Journal of Applied Entomology* **114**: 217-227.

[27] Mendel Z, Madar Z, and Golan Y. 1985. Comparison of the seasonal occurrence and behavior of seven pine bark beetles (Coleoptera: Scolytidae) in Israel. *Phytoparasitica* **13**: 21-32.

[28] Mendel Z, Nestel D, and Gafni R. 1994. Examination of the origin of the Israeli population of *Matsucoccus-josephi* (Homoptera, Matsucoccidae) using random amplified polymorphic DNA-polymerase chain-reaction method. *Annals of the Entomological Society of America* **87**: 165-169.

[29] Mendel Z, Saphir N, and Robison D. 1990. Mass rearing of the Israeli pine bast scale, *Matsucoccus-josephi* (Homoptera, Margarodidae) with notes on its biology and mating-behavior. *Annals of the Entomological Sociaty of America* **83**: 532-537.

[30] Neumann F, Kagan EJ, Leroy SAG, and Baruch U. 2010. Vegetation history and climate fluctuations on transect along the Dead Sea west shore and their Impact on past societies over the last 3500 years. *Journal of Arid Environments* **74**: 756-764.

[31] Schiller G, Conkle MT, and Grunwald C. 1986. Local differentiation among Mediterranean populations of Aleppo pine in their isozymes. *Silvae Genetica* **35**: 11-19.

[32] Schiller G, Ne'eman G, and Korol L. 1997. Post-fire vegetation dynamics in a native *Pinus halepensis* Mill. forest on Mt. Carmel, Israel. *Israel Journal of Plant Science* **45**: 297-308.

[33] Schiller G and Atzmon N. 2009. Performance of Aleppo pine (*Pinus halepensis*) provenances grown at the edge of the Negev desert: A review. *Journal of Arid Environments* **73**: 1051-1057.

[34] Steinitz O. 2010. Gene flow between and within Aleppo pine (*Pinus halepensis*) populations (PhD dissertation). Jerusalem: The Hebrew University of Jerusalem.

יער יתיר - יער מחטני טיפוסי שניטע באזור צחיח | צילום: בני מור, באדיבות ארכיון הצילומים של קק"ל