

יער

כתב-עת
לניהול יערות
ושטחים פתוחים

גיליון 19 | דצמבר 2020 | תשפ"א

תמונת הכריכה:

שרפה ביער מורדות נצרת, על רקע הר תבור.
4,700 דונם עלו באש. 9 באוקטובר 2020
צילום מרחפן: עובדי מרחב צפון

Cover picture:

Wildfire on the Nazareth slopes, with Mt. Tabor in the background.
470 acres went up in flames, October 9, 2020.
Drone photo: KKL-JNF Northern Region staff

עורכת:
ד"ר ענת מדמוני

חברי המערכת:
ד"ר גלעד אוסטרובסקי
ד"ר דניאל אורנשטיין
ד"ר יגיל אסם
ד"ר עמרי בונה
פרופ' מני בן-חור
ד"ר ארז ברקאי
ד"ר רקפת דוד-שוורץ
אביגיל הלר
פרופ' דן יקיר
פרופ' צביקה מנדל
ד"ר דורון מרקל
עדי נוי איזניר
ד"ר מיכאל ספרינצין
ד"ר אורית סקוטלסקי
ד"ר עידן קופלר
אסף קרואני
פרופ' יוסי ריוב
אורי רמון
ד"ר אפרת שפר

עריכת לשון בעברית:
ענבר קמחי-אנגרט

עריכת לשון באנגלית:
ד"ר אסתר לחמן

עיצוב גרפי:
ולריה גורין

כתובת המערכת:
"יער"

קרן קימת לישראל
yaar.magazine@kkl.org.il

הוצאה לאור:
קרן קימת לישראל
מינהל פיתוח הקרקע
המדען הראשי
היחידה לפרסומים, קשרי ציבור

© כל הזכויות שמורות

אתר כתב העת "יער" באינטרנט
www.kkl.org.il/forest-online-journal
אתר קק"ל באינטרנט
www.kkl.org.il

לפרטים ולהרשמה לאירועים
ביערות ובאתרי קק"ל:
קו ליער: 1-800-350-550

תוכן עניינים

- 3 **בפתח הגיליון**
אברהם דובדבני
- 5 **מאמר מערכת**
גלעד אוסטרובסקי

מאמרים

- 6 **בלימת התפשטות הצמח הפולש שיטה כחלחלה בגן לאומי הרי יהודה**
עודד כהן, עידן קופלר, יהל פורת, שני גלייטמן, מנחם פריד,
אילן שיפמן, אנה טרכטנברוט ודרור פבזנר
- 20 **חורש חמים, יער קריר: שימוש בצילום תרמי להערכת ניצול מים בעצי חורש ויער**
עומרי לפידות, תימאה איגנט, רונית רוד, עידו רוג, ויקטור אלחנטיס ותמיר קליין
- 28 **ריבוי וגטטיבי והקמת חלקות של עצי איקליפטוס הפורחים בקיץ ובסתיו**
לתמיכה בענף הדבורים
- 28 **אבי אליהו, ארנון דג, צבי דומן, שרה שרף, סלע יחזקאל, מוחמד אבו-עביד,**
רועי ויינשטיין ועינת שדות
- 38 **פיתוח שיטות להעשרת היער בפטריות מאכל מיקוריטיות ובחינת**
השפעתן על קצב הגידול של שלושה מיני אורן
- 38 **נירית אזוב, שי לוי, אביב אייזנבנד, אילון כלב, עידן פרמן, דן לבנון ועפר דנאי**

מאמרי סקירה

- 48 **סקירה היסטורית של פעולות ייעור באזורים צחיחים למחצה בצפון ישראל**
פול גינסברג וניר עצמון
- 62 **ההיסטוריה של גידול זיתים בישראל**
ארנון דג, עוז ברזני וזהר עמר
- 74 **נפילת ענפים קיצית**
אביגיל הלר, שי כץ, דרור ניסן ויוסי ריוב

מאמרי דעה

- 81 **פטריות הבר בישראל – לאן?**
דליה לוינסון
- 84 **שיח ציפורים: מדוע חייבים שיחים ביער?**
עוזי דגן

קצרים

- 86 **יער מאכל קורן**
יובל לייבוץ
- 87 **פעילות שומרי הגן ביערות**
ערן בר און
- 88 **בית ספר יער במועצה האזורית מרום הגליל**
יחיאל גילה

עצים ששווה להכיר

- 90 **אלוני התבור בנחל מיצר, שבדרום רמת הגולן**
עידן קופלר

אז והיום

- 92 **הגלבוע – "העמק הנעלם"**
עמרי בונה

תקצירים באנגלית



נטיעת עצים באחד מיערות קק"ל
צילום: יוסי זמיר, ארכיון קק"ל

"כי האדם עץ השדה": האדם והעץ – יחסי גומלין

אברהם דובדבני
יו"ר קק"ל

צדיקים בל יימוט" (משלי י"ב, 3), "ויצא חוטר מגזע ישי ונצר משורשיו יפרה" (ישעיהו י"א, 1), "כתפוח בעצי היער כן דודי בין הבנים" (שיר השירים ב, 3).

גם חכמים במדרש מציעים דמיון בין עץ לאדם: "וידעו כל עצי השדה – אלו הבריות ... כי אני השפילתי עץ גבוה – זה אבימלך, הגבהתי עץ שפל – זה אברהם ... הפרחתי עץ יבש – זו שרה" (בראשית רבה נ"ג). "בשעה שכורתין את עץ האילן שהוא עושה פרי (בכל מקום, ללא יוצא מן הכלל) הקול יוצא מסוף העולם ועד סופו ואין הקול נשמע ... בשעה שהנשמה יוצאת מן הגוף הקול יוצא מסוף העולם ועד סופו ואין הקול נשמע" (פרקי דרבי אליעזר ל"ד).

כל הדימויים הן במקרא הן בחז"ל מתייחסים לעצי פרי ולא לעצי סרק, וזאת בעיקר בשל מעמדם הכלכלי והערכי ובשל התועלת והחיוניות שלהם. לעומתם, היער נתפס כמקום עזוב וכבית גידול לסכנות ובעיקר כסמל מנוגד לחקלאות וליישוב הארץ: "והשימתי גפנה ותאנתה... ושמתי ליער ואכלתם חיות השדה" (הושע פ, 14). "ביום ההוא יהיו ערי מעוזו כעזובת החורש והאמיה... והייתה שממה" (ישעיהו י"ז, 9).

הקדמונים דאגו בעיקר לאינטרסים הכלכליים והקיומיים שלהם, ומן הבחינה הזאת קולעת ההגדרה הקדמונית המכנה את העצים נטולי הפירות צמחי סרק. בימיהם לא הייתה מודעות ליתרונות ולמעלות השונים של עצי היער כפי שהם רווחים בימינו, והם לא הכירו את משמעותם הערכית וחיוניותם על פי הידוע בעידן המודרני. כיום ניתן בהחלט לכלול את עצי היער בקטגוריה "עץ טוב" כפי שמכונה עץ פרי במקרא, אף על פי שהפרי שהם נותנים אינו אכיל.

ההשוואה בין האדם לעץ תקפה ונכונה לכל עץ לסוגיו השונים, וניתן לכלול גם את עצי היער בכל הדימויים שצינו בקשר לפסוק "כי האדם עץ השדה". יש הרבה מן המשותף לאדם ולעץ במהלך חייהם: תחילתם בזרע, הם זקוקים בצעירותם לתמיכה, לשניהם יש שורש – שורש העץ באדמה ושורש האדם קשור למקום הולדתו, למשפחתו ולתרבותו, והעצים, כמו בני האדם, מסיימים את מחזור חייהם ומתים. הדמיון בין העץ

לא בכדי עצים התקדשו על ידי האדם מששת ימי בראשית, והוא ראה בהם את אחד מפלאי הבריאה. חוסנם, התחדשותם המתמדת מדי שנה, רעננותם ומראם המרשים גרמו ליחס של הערצה. חשיבות מיוחדת ניתנה בתנ"ך לעצי פרי. "כי האדם עץ השדה" (דברים כ, 19) הוא ביטוי המתייחס לעצי הפרי. הוא עוסק בדיני מלחמה ומצור, ואוסר על כריתתם.

אחד הגורמים לשימוש הרב בביטוי "כי האדם עץ השדה" בימינו הוא שירו של נתן זך ז"ל (שנפטר בנובמבר האחרון) המתנגן לו לפי לחן של שלום חנוך, ומתוארת בו הקבלה בין האדם לעץ ובין העץ לאדם, "כמו האדם העץ צומח... כמו העץ הוא שואף למעלה".

המהר"ל מפראג (רב, הוגה דעות ופרשן בן המאה ה-16) היה הראשון שאמר שיש מקום לקרוא את הפסוק בתנ"ך כפשוטו, ולדמות את האדם לעץ. הוא מדמה את האדם ל"עץ הפוך", שכן חיי האדם מתחילים מלמעלה, באשר עיקר החיים האנושיים הוא נשמת האדם: "כי באמת האדם נקרא 'עץ השדה'... רק שהוא אילן הפוך כי העץ שורשו למטה תקוע בארץ, ואילו האדם שורשו למעלה כי הנשמה היא השורש שלו... והידיים הם ענפי האילן, הרגליים הם ענפים על ענפים, גופו עיקר האילן" (נצח ישראל פרק ז'). גם ר' יוסף קספי (פרשן ופילוסוף בן המאה ה-14) בחיבורו "משנה כסף", פירש את "כי האדם עץ השדה" כפשוטו. האדם והעץ הם חלק ממשפחת הצמחים: "... כי האדם עץ השדה, כלומר שהאדם עץ השדה שהוא מין אחד מסוג הצמח כאומרו: כל הברש חציר" (ישעיהו מ, 6).

הביטוי בהקשרו המקורי אינו מזהה בין העץ לאדם, ועל פי פרשני התורה (רש"י, רשב"ם ואחרים), מופיע כמעין שאלה רטורית שכוונתה לומר שהאדם אינו כמו עץ השדה, כיוון שבניגוד לאדם, העצים אינם משתתפים במלחמה, ולכן בזמן מלחמה יש להימנע מלהשחית עצי פרי בשטח עיר אויב.

התנ"ך משופע בדימויים ובסמליות שמקשרים בין האדם לעץ, כגון: צדיק כתמר יפרח" (תהלים ד, 2), "בניך כשתילי זיתים סביב לשולחןך" (תהלים קכ"ח, 3), "והיה כעץ שתול על פלגי מים אשר פריו ייתן בעיתו ועליו לא יבול" (תהלים א, 3), "ושורש

לאדם משתקף גם בלשון. על שניהם אומרים: פורח, צומח, קמל, נובל, מזדקן, מת וכיו"ב. הדימוי החיובי בין האדם לעץ (כל עץ) מוצא את ביטוייו גם בשמות הניתנים לילדים בדורות האחרונים: אורן, אלון, ארז, רותם, אלה, ועוד.

"וכי תבואו אל הארץ ונטעתם..." (ויקרא י"ט, 23)

בראשית תקופת ההתיישבות החלוצית בארץ ישראל העלו המתיישבים על נס את עבודת האדמה והחקלאות, והחלו בפעולות ייעור כדי לגאול את הארץ מן השממה. פיתוח זה הביא עימו גם התייחסות אל ערכיו האסתטיים של הנוף על מרכיביו השונים. החל באמצע המאה ה-19 אנו עדים לנטיעות ייעור נרחבות שליוו באקלום עצי יער, שהובאו מחלקי עולם אחרים. בד בבד, הנטיעה תפסה מקום מרכזי בחינוך הציוני בארץ ישראל. מערכת החינוך אימצה את נטיעות השתילים ברחבי הארץ כאקט וכסמל מרכזיים לקשר בין העם לארצו. מנהג הנטיעות בט"ו בשבט מצטייר בעיני רבים כמקובל מדורי דורות, ואין זה כך. בשנת תרס"ה (1905) הכריזו הסתדרות המורים וקק"ל על ט"ו בשבט כחג נטיעות בכל בתי הספר ברחבי הארץ, ומאז נוסדה מסורת של יציאת ילדי ישראל לנטיעות ביום זה. כך ניתן לנטיעות ממד חינוכי של שיתוף הילדים הלכה למעשה ביישוב הארץ, בפיתוחה ובעלייה בזיקה שלהם לארץ ישראל.

לאור דברינו במאמר זה על הקרבה והקשר שבין האילן לאדם על היבטיו השונים, נראה לנו כי יש בכוחם של נטיעות עץ וליווי במהלך צמיחתו להנחיל ממד ערכי התפתחותי בבניין האישיות של הילד הנוטע. מעבר לחיזוק הקשר של הילד לארצו, מעבר להעצמת רגישותו לסביבה, מעבר לתרומתו לעיצוב ולייפוי הנוף, הקשר האישי שנוצר על ידי שתילת העץ וליווי העץ בהדרכה נכונה משתילתו ועד שהוא עולה מעלה מעלה, יש בהם כדי לאפשר הפנמת קודים חינוכיים בבניין האישיות:

* הכרה בכך שלמרות ריבוי העצים קיימים שוני וייחודיות של כל עץ ועץ בצורתו, בגובהו, בעליו, בצבעי פריחתו והתרשמות מהעץ הנוסך ביטחון ומעניק שלווה, צל ומרגוע.

* התבוננות בעצים שניצבים בשטח בתהפוכות מזג האוויר, מלמדת כיצד הם מתמודדים בחום הקיץ הלוהט, ברוחות חזקות ובקור החורף, עוברים משברים ומתחדשים וצומחים לאחריהם.

* ההתבוננות בעצים מראה אותם עומדים בשלכת, ולאחר מכן גם חווים לבלוב ופריחה המבטיחים רעננות וצמיחה לתפארת. העצים מעמיקים שורשים, ובדיהם המתחדשים מקרינים חיות.

"...ואני גזעו אחבוק,
ואלחש לו: - רע טוב,
הוי למדני-נא רב כח
ראש אחר סופה לזקוף
וכמוך שוב לפרוח,
ולבלוב, לבלב בלי קץ-
הוי למדני נא העץ."

(מתוך: אילני, בנימין טנא)

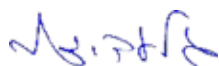
השנה, 2021, אנו מציינים 120 שנים לקק"ל, ועל כן החליטה קק"ל לשוב ולפעול גם במסגרות של החינוך הפורמלי. ברצוננו להטמיע מסורת במערכת החינוך, שכל תלמיד ותלמידה בגיל בר מצווה ובת מצווה ישתלו עץ אישי ביער בקרבת מקום מגוריהם, וילוו אותו בכל שלבי התפתחותו. על נטיעה זו יקבלו תעודת נטיעה למזכרת, שתשמש גם תזכורת למחויבות לעץ ולליווי גדילתו.

קק"ל – "היערן של המדינה" – מוסיפה בשנה זו משמעות נוספת למשימות הייעור. מעבר למשמעויות השונות שהתווספו לאורך השנים: המשמעות הסביבתית על היבטיה השונים (גזי חממה, אקלים, מים, סחף קרקע וכיו"ב), המשמעות הלאומית (שמירה על קרקעות הלאום) והמשמעות החברתית (איכות חיים, "ריאות ירוקות", פנאי ונופש), נוסיף את המשמעות החינוכית בעיצוב דור העתיד של "נפש בריאה בגוף בריא", בעל ערכים, רגישות ויכולת התמודדות עם אתגרי החיים.

כתב העת "יער" יוצא שוב לדרך

אנו רואים חשיבות רבה בהוצאתו של "יער", הנותן במה למחקרים בנושאי יער ושטחים פתוחים, ומחבר את אנשי התיאוריה – חוקרים ממוסדות מחקר, עם אנשי הביצוע והשטח ובראשם היערנים, אנשי גופים ממשלתיים וציבוריים ואנשי רשויות מקומיות מקומיות. כתב העת יוצר ממשק בין אקדמיה למעשה, ומבקש לקיים דיאלוג בין הגורמים השונים. בגיליון שלפניכם מאמרים בנושאים מגוונים העוסקים באתגרים הניצבים בפני הקרן הקימת – בלימת התפשטות שיטה כחלחלה בהרי יהודה, העשרת היער בפטריות מאכל, תמיכה בענף הדבורים על ידי ריבוי של מיני איקליפטוסים הפורחים בסתיו, ממשק המים ביערות קק"ל באזור הדרום – ובשיתופי פעולה של קק"ל במיזמים שונים, כמו בית ספר יער, יערות מאכל ופעילויות שומרי הגן ביערות. נשמח אם תראו ב"יער" בית למחקריכם ולהצגת פעילויותיכם בשטחים הפתוחים. אתם מוזמנים להיות שותפים לגיליונות הבאים בכתיבת מאמרים, מאמרי דעה וידיעות ובשליחת תצלומים ומכתבי קוראים. ברצוני להודות לכל העושים במלאכה שאפשרו את הוצאת "יער" לאור. מי ייתן ונרחיב דעת ונרבה מקצועיות בניהול היערות והשטחים הפתוחים.

קריאה מהנה, משמעותית ומעוררת מחשבה,



גלעד אוסטרובסקי
יערן ראשי ומנהל אגף הייעור

"יער" יצא לאור לראשונה בשנת 2002, והוא מחדש את פניו לאחר הפסקה של שלוש שנים. "יער" הוא גלגול של כתבי העת שיצאו בנושא יער וייעור: "ליערן", ביטאונה של אגודת היער בישראל שיצא לאור בשנים 1950–1984, "יערון", ביטאון פנימי של קק"ל שהתפרסם בשנים 1977–1979, ו"עלון מידע ליערנים" שהתפרסם בשנים 1989–1995. "יער" הוא כתב העת היחיד בעברית העוסק בניהול היער והשטחים הפתוחים כנושא מרכזי.

ניהול היער בישראל עובר שינוי של ממש בשנים האחרונות ברוח תורת ניהול היער, שעיקרה ניהול יער מוכוון מטרה והבנה של היער כמערכת אקולוגית מגוונת ומורכבת. אגף הייעור עוסק בימים אלה בכתיבת מסמכים המפרטים את תורת ניהול היער, ואנו משקיעים את מיטב זמננו בפיתוח התורה ובהטמעתה במערך הייעור בקק"ל ומחוצה לה.

זה המקום להודות לד"ר גיל אסם המשמש מדען מלווה ומנחה מקצועי של מערך הייעור. ליגיל תרומה חשובה לפיתוח התורות המקצועיות, לחשיבה ארוכת טווח ולהתמודדות עם שאלות ממשקיות העולות מן השטח.

היער הוא מערכת אקולוגית דינמית המושפעת מפעילות האדם ומשינוי האקלים. רצף של שנים שחונות עלול להביא לתמותה ולהתייבשות של עצים ולפריצתן של שרפות יער נרחבות. צפיפות האוכלוסייה ולחצי הפיתוח החזקים דורשים מאיתנו לעמוד על המשמר כדי להבטיח מרחב פתוח המספק מגוון שירותי מערכת אקולוגית לציבור הרחב, ובאותה עת לשמור על המגוון הביולוגי לטפח אותו.

בלימת התפשטות הצמח הפולש שיטה כחלחלה בגן לאומי הרי יהודה

עודד כהן¹ * | עידן קופלר¹ | יהל פורת² | שני גלייטמן²
מנחם פריד³ | אילן שיפמן³ | אנה טרכטנברוט⁴ | דרור פבזנר⁵

- | | |
|---|---|
| 1 | המעבדה לצמחים פולשים, מכון שמיר למחקר, אוניברסיטת חיפה, קצרין |
| 2 | מחלקת אקולוגיה, אגף ייעור, קק"ל |
| 3 | רשות הטבע והגנים |
| 4 | אגף מגוון ביולוגי ושטחים פתוחים, המשרד להגנת הסביבה |
| 5 | אגף מים ונחלים, המשרד להגנת הסביבה |
| * | odedic@gmail.com |

תקציר

בשנים האחרונות הולך ומצטבר ידע רב בנושא מיני הצמחים הפולשים בישראל, אולם הניסיון ליישם ממשק לטיפול בפלישות קיימות דל, ובלא מעט מהמקרים התקבלו תוצאות חלקיות בלבד. אנו סבורים כי היעדר מתווה מוסדר לקבלת החלטות ולביצוען הוא אחד הגורמים המרכזיים המונעים טיפול יעיל יותר במיני צמחים פולשים. מאמר זה סוקר את מיזם הבלימה של התפשטות השיטה הכחלחלה בגן לאומי הרי יהודה, ומציג לראשונה מתווה לממשק פעיל ארוך טווח לטיפול בצמחים פולשים באזור בעל רגישות אקולוגית ונופית.

במקרה הנדון, מטרת המיזם היא שימור משאבי הטבע, הנוף והמורשת מפני פלישה והשתלטות של הצמח הפולש שיטה כחלחלה. לצורך השלמת פערי המידע לקראת ממשק פעיל, נערך מיפוי אזורי של מאפייני הפיזור והצפיפות של השיטה הכחלחלה. כמו כן, נעשה מחקר מקדים לבחינת העלות והיעילות של חלופות ממשק שונות ובתנאי קושי שונים לביצוע. בהתבסס על השלמת פערי המידע ומגבלות תקציב, נבחר היעד האסטרטגי של בלימת התפשטות הפלישה כיעד מרכזי לביצוע. בשלב הבא נכתבה תוכנית פעולה אזורית כנגזרת ממטרת המיזם ומהיעד האסטרטגי. נקודת המוצא לקראת הביצוע הייתה שתוכנית הפעולה ישימה וכדאית. השלב הביצועי החל בינואר 2018 וכלל שני שלבים: כריתת העצים הבוגרים והדברת הגדמים בשנה הראשונה, ולאחריהן טיפול מחזורי בהתחדשויות של חוטרי גזע, חוטרי שורש וזריעים. המיזם לווה בניטור, ותוצאותיו הראו יעילות גבוהה של שיטת הכריתה והדברת הגדמים בקטילה של העצים הבוגרים וההתחדשויות בחלקות המטופלות. לצורך בחינת יעילות המיזם בבלימת המין הפולש נערך ניטור של קבוצות עצים בודדות של עצי שיטה במרחב, שנמנע מהן הטיפול לצורכי ביקורת. הממצאים הראשוניים הראו שבהיעדר טיפול השיטה הכחלחלה ממשיכה להתפשט בסביבה, ככל הנראה בעקבות ממשק דילול האורנים. מדדי ההתחדשות בחלקות מחקר מול חלקות הביקורת מלמדים על יעילות גבוהה של המיזם בבלימת התפשטות הצמח הפולש – היעד המרכזי של מיזם זה. שיתוף פעולה בין הגופים קובעי המדיניות והמנהלים את השטחים הפתוחים הוכח כמכפיל כוח בהשגת היעד. המיזם מוכיח כי מתווה פעולה המבוסס על ידע אקולוגי ועל הבנה מקצועית הוא הבסיס להצלחה בחזית ההתמודדות עם צמחים פולשים.

מילות מפתח

הדברה, מינים פולשים, ממשק, פלישה ביולוגית

רקע

עדויות יערנים ופקחים המכירים היטב את אזור הרי ירושלים מסתבר כי המין הפולש החל להתפשט ברציפות על המדרון שמצפון לכביש 1 בעקבות השרפה שהתרחשה בשער הגיא ב-1995 (מנחם פריד, מידע אישי). נכון להיום המין מכסה שטחים נרחבים בגן הלאומי. המשרד להגנת הסביבה יחד עם רט"ג וקק"ל שמו להם למטרה לבלום את התפשטות השיטה הכחלחלה במטרה לשמר את משאבי הטבע, הנוף והמורשת באזור. המיזם ממומן על ידי הקרן לשמירה על שטחים פתוחים של רשות מקרקעי ישראל. המאמר הנוכחי סוקר את הליך קבלת ההחלטות והביצוע שלב אחר שלב, ומציג מתווה ליישום ממשק פעיל לטיפול בצמחים פולשים, שניתן יהיה להשתמש בו במיזמים עתידיים מסוג זה.

עקרונות המתווה לטיפול אזורי בצמחים פולשים

המתווה המוצע לטיפול אזורי בצמחים פולשים מבוסס על מדריכים קיימים (Radosevich et al., 2005; Darin et al., 2011; Miller et al., 2013; IUCN, 2018; U.S. Fish and Wildlife Service and California Invasive Plant Council, 2018) וניסיון שנצבר בתחום הממשק של מינים פולשים (Davies and Rebertson et al., 2003; Sheley, 2007; Zimmerman et al., 2011; Forsyth et al., 2012; Hohmann et al., 2013; Robison et al., 2013; Mostert et al., 2018). כמו כן, המתווה מאגד עקרונות שנכתבו לקראת ביצוע המיזם הנדון ובמהלכו, ותובנות שגובשו בעקבותיו. המתווה כולל שמונה שלבים (איור 1): **השלב הראשון** הוא שלב הגדרת המטרות. טיפול במינים פולשים אינו עומד בפני עצמו כמטרה ראויה, והטיפול נעשה כתכלית להגנה על בריאות האדם, על הסביבה ועל הכלכלה. מיזם ללא תכלית עלול להוביל לבזבז משאבים שלא לצורך. כדי לממש את מטרת המיזם יש להציב יעדים אסטרטגיים לפעולה, אולם כדי שתתאפשר בחירת יעד אסטרטגי מציאותי ובר-השגה עולה הצורך בהשלמת פערי מידע, וזה **השלב השני** של המיזם. שלב זה כולל איסוף ועיבוד של נתונים איכותיים וכמותיים הנוגעים למאפייני הפיזור והדינמיקה של המין הפולש ובחינת הממשקים החלופיים, יעילותם ועלותם הכלכלית. ממשק מוצלח מתחיל בבחירה נכונה של היעדים האסטרטגיים (Zimmerman et al., 2011; Fletcher et al., 2015; IUCN, 2018), וזה **השלב השלישי** במיזם. בחירה לא נכונה עלולה להוביל לחריגה תקציבית ובסופו של דבר לבזבז משאבים ולכישלון. מגוון יעדים אסטרטגיים מפורטים בתיבת טקסט 1.

עמידה ביעדים אסטרטגיים מחייבת כתיבה של תוכנית פעולה, וזה **השלב הרביעי** במתווה. תוכנית הפעולה צריכה לכלול סדר עדיפות אזורי לטיפול, שיטות ושילבים לביצוע לפי תוכנית רב-שנתית, מפרטים לביצוע, תוכנית ניטור ותכנון תקציבי לכל המרכיבים הללו. המעבר בין תוכנית הפעולה לביצוע צריך להתקיים אך ורק לאחר **השלב החמישי**, שנעשית בו בחינה מחודשת של ישימות המיזם והתועלת הצפויה ממנו. בשלב זה על מקבלי ההחלטות לוודא שמתקיימות שתי הנחות יסוד: האחת, שהשקעת המשאבים כפי שמפורטת בתוכנית הפעולה להשגת היעדים אכן עשויה לתרום תרומה ממשית למטרת המיזם,

האמרה העתיקה 'מניעה טובה מטיפול', נכונה בוודאי לא רק לבריאות האדם אלא גם לבריאות הסביבה, קל וחומר כאשר מדובר בטיפול במינים פולשים שיוצרים איום לשמירה על המגוון הביולוגי העולמי (Bellard et al., 2016) ולשירותי המערכת האקולוגית (Walsh et al., 2016). אך מה עושים כאשר המין הפולש כבר מבוסס, מתרבה ומפיץ עצמו בקצב מהיר ובהיקף גדול? בשנים האחרונות הולך ומצטבר ידע רב על הצמחים הפולשים בישראל (דופור-דרור 2010, 2019), אך למרות המידע הרב עדיין חסר מתווה מוסכם לפעולה. במאמר זה המונח "מין פולש" מתייחס למין זר שמתפשט בקצב מהיר בשטח רציף או במספר רב של מוקדים, ומעמיד בהם אוכלוסיות צפופות (כהן וריב, 2015). למיטב ידיעתנו, ישנם לא מעט מיזמים בארץ, שמבוצעים מבלי שנקבעו להם יעדים בני-השגה, ללא אסטרטגיות פעולה, מבלי שנבחנו ממשקים חלופיים להשגת היעדים, וללא תוכנית כלכלית ארוכת טווח. בהיעדר מתווה מוסדר, מיזמים מתחילים לעיתים בתרועה גדולה ומסתיימים בדממה דקה, בבזבז יקר של משאבים ובפלישה חוזרת. זה המקרה למשל של המאמצים לבלית התפשטות טיונית החולות (*Heterotheca subaxillaris*) בחולות חולון. המיזם הזה היה הראשון מסוגו בארץ, שנכתבה בו תוכנית בלימה אזורית המבוססת על היררכיית חשיבות לטיפול, אם כי בשטח קטן יחסית (כהן ורוטשילד, 2012). ממשק המבוסס על גיוס בתי ספר לעקירה של הצמח הפולש הוכיח את יעילותו, אולם בהיעדר תוכנית כלכלית ארוכת טווח למימון העלויות הכרוכות בגיוס בתי הספר, וללא התחייבות כספית של הנוגעים בדבר מבעוד מועד, המימון נפסק והצמח הפולש חזר לכסות את החלקות המטופלות (מידע אישי, עודד כהן).

השיטה הכחלחלה (*Acacia saligna*), עץ קטן ירוק-עד, נמנית על קבוצת מיני השיטה האוסטרליים המוכרים בעולם כפולשים בעייתיים ביותר (Le Maitre et al., 2011). מין זה ניטע בישראל עוד בתקופת המנדט הבריטי לצורך ייצוב קרקעות במישור החוף, במדרונות טבריה, נצרת ושער הגיא לאורך כביש 1 העולה לירושלים (כהן ושות', 2002). מאז הוא מתפשט בקצב מהיר ובהיקף גדול בעיקר במישור החוף (Kutiel (Bar) et al., 2004), שם נמצא שהוא מביא לדחיקה של מיני צומח (Cohen and Bar (Kutiel), 2017) וחי (Manor et al., 2008) מקומיים.

החלק הצפון-מערבי של גן לאומי הרי יהודה כולל במערב פרוזדור ירושלים את שני צידי כביש 1, בין מחלף שער הגיא למחלף שורש, ונכלל בשטחם של יער הקדושים ויער נווה אילן. הגן הלאומי מקיים ערב רב של משאבי טבע, נוף ומורשת, ובכלל זה את שלוחת 'משלטים' מצפון לכביש 1 ואת שלוחת 'שיירות' מדרום. השלוחות האלה חולשות על הדרך לירושלים, ויוצרות "שער כניסה" לבאים ממרכז הארץ לעיר הבירה. הערכיות הנופית והאקולוגית של האזור, כפי שהוערכה בתוכנית הממשק ליער הקדושים (פורת ושות', 2013) גבוהה ביותר. בתוכנית הוגדרה שלוחת שיירות כאזור לשימור ערכי טבע ייחודיים (חורשים מפותחים) ולשימור ערכי מורשת ותצורות נוף ייחודיות (משלטי תש"ח, חורשות "מסרק" של אורנים, טרסות ובוסתנים). הגן הלאומי מנוהל בשיתוף קק"ל ורשות הטבע והגנים (רט"ג). מתוך

תפקידו המרכזי של הניטור להכווין את מאמצי הטיפול בזמן ובמרחב ולדאוג במקרה הצורך שהביצוע יהיה מדויק. ממצאי הניטור הם הבסיס לדיווח ולפרסום הממצאים – **השלב השמיני** והאחרון במתווה. הדיווח והפרסום חשובים מאוד לצמצום פערי המידע ולהבניית בסיס ידע בארץ ובעולם. חשוב שכל השלבים המתוארים לעיל ילוו על ידי בעלי מקצוע בתחום של ממשק לטיפול במינים פולשים, שיש להם ידע בסיסי נרחב ומקיף וניסיון מעשי בתחום.

והשנייה, שקיים מקור מימון לעלויות הכרוכות במימוש התוכנית, בייחוד כשמדובר במיזם ארוך טווח. לאחר אימות ההנחות האלה ניתן להתקדם **לשלב השישי**, שהוא השלב הביצועי. שני גורמים מרכזיים נדרשים להצלחת הביצוע של המיזם, האחד – פיקוח צמוד, והשני – מקצועיות של הקבלן המבצע, ובעיקר זה נאמנות ויכולות ביצועיות גבוהות. **השלב השביעי** במתווה כולל ניטור תוצאות ההדברה לפי תוכנית שנקבעה מראש, ומטרתו איסוף נתונים איכותיים וכמותיים למדידה של יעילות הביצוע בהשגת המטרות והיעדים של המיזם.

ביעור (eradication) – סילוק המין הפולש באופן מוחלט באתר מסוים, לרבות אמצעי ההפצה בלימה (containment) – מניעת ריבוי של הצמח הפולש והתפשטותו מעבר לגבולות מוגדרים מראש מניעת כניסה (exclusion) – שימור גבולות מוגדרים ללא נוכחות של הצמח הפולש (משמעות הפוכה ביחס לבלימה) דיכוי ארוך טווח של האוכלוסייה, בעיקר באמצעים ביולוגיים (permanent reduction of a population or its vigor) – פגיעה באוכלוסיות, לרוב באמצעות הדברה ביולוגית ממשק ארוך טווח (long-term management) – מכלול פעולות הנעשות לאורך זמן במטרה להפחית את גודל האוכלוסייה אפחות נזקים/הכלה (mitigation) – מכלול פעולות המצמצמות את השפעת המין הפולש בדגש על יצירת תנאים המשפרים את כשירות האוכלוסיות המקומיות, לרבות פעולות ממוקדות ועתירות משאבים שמטרתן **שיקום (restoration)** ו**שחזור (rehabilitation)**

ביעור הוא פעולה קצרת טווח להעלמת הצמח המפולש מאתר מסוים, לרבות אמצעי הפצה. פעולה זו מתאימה לטיפול באוכלוסיות קטנות ומקומיות, וקשה מאוד לביצוע כאשר המין הפולש מתאפיין בבנק זרעים עמיד ומאריך חיים. לעיתים, כשלא ניתן לבער את המין הפולש מהשטח, עומדת האפשרות **לבלימה** את ההתפשטות וההצטופפות של האוכלוסייה הפולשת באזור מסוים. הנחת היסוד לפעולה כזו היא מחויבות להתערבות במשך שנים רבות ובעצם לזמן בלתי מוגבל. בניגוד לבלימה המתמקדת בהגדרת גבולות שהמין אינו מתפשט מהם החוצה, **מניעת כניסה** היא פעולה המתמקדת בשימור אזור מפלישה של המין הפולש פנימה. **מניעת כניסה, כמו בממשק בלימה** היא לזמן בלתי מוגבל. **דיכוי ארוך טווח של האוכלוסייה, בעיקר באמצעים ביולוגיים**, מתייחס לרוב לשימוש בהדברה ביולוגית ככלי ממשק. המגבלה המרכזית של יעד זה היא באפשרות לאקלום אויב טבעי זמין ואפקטיבי, אולם לאחר האקלום נדרשת התערבות מעטה בלבד, ויש צורך בעיקר ניטור. **ממשק ארוך טווח** מתייחס למכלול פעולות לצמצום אוכלוסיית המין הפולש. נציין כאמור, שגם ממשק בלימה וממשק מניעת כניסה נעשים בעזרת ממשק פעיל ארוך טווח, אך אינם מתיימרים להביא להקטנת האוכלוסייה אלא לשמר מצבים קיימים.

Zimmerman et al., 2011; Fletcher et al., 2015; IUCN, 2018

Text Box 1

Strategic goals for managing invasive plants that are already established in their new environment

חיבת טקסט 1

יעדים אסטרטגיים לממשק צמחים פולשים לאחר שכבר ביססו עומדים בסביבתם החדשה

בלימת התפשטות השיטה הכחלחלה בגן לאומי הרי יהודה – שלבי המתווה

א. הגדרת מטרות

מקבלי ההחלטות המעורבים במיזם זה רואים בהשתלטות השיטה הכחלחלה איום לשימור משאבי הטבע, הנוף והמורשת באזור. אם כן, מטרת המיזם היא להגן על חברות הצומח המקומיות ועל היער הנוטע מפני פלישה והצטופפות של הצמח הפולש.

ב. השלמת פערי מידע

לצורך השלמת פערי המידע נערך מיפוי אזורי של פיזור השיטה הכחלחלה ומחקר מקדים. המיפוי התבסס על נתוני עומדי היער של קק"ל שנצפתה בהם בעבר שיטה כחלחלה באזור זה, ועל סקר שדה נוסף שנעשה בהליכה רגלית ובנסיעה בשטח. צפיפות העצים בכל תא שטח הוערכה חזותית על ידי הסוקרים ומופתה על גבי תצלום אוויר. ממצאי סקר צפיפויות השיטה שורטטו באופן וקטורי בממ"ג והומרו לאחר מכן לשכבה רסטורית. ממצאי הסקר הראו שהשיטה הכחלחלה מכסה 25% מהשטח שנסקר ביערות הקדושים ובנווה אילן. 71% מהשטח המאולח בשיטה כחלחלה היה מכוסה בצפיפות נמוכה של עצים, כלומר עד שלושה עצים לדונם. צפיפות בינונית של 3 עד 12 עצים אפיינה 17% מהשטח המאולח, ובכל שאר השטח (12%) הצפיפות הייתה גבוהה (מעל 12 עצים לדונם).

מטרת המחקר המקדים הייתה לבחון את השיטות, היעילות והעלות הכספית של שיטות הדברה מוכרות (דפור-דרור 2019; Miller et al., 2013): 'קידוח ומילוי' של עצים בוגרים, כלומר קידוח הגזעים ומילוי הקדחים בתכשיר הדברה, 'ב'שוטגן' (מיוצר על ידי אדמה אגן ומכיל 240 גרם לליטר של החומר הפעיל Imazapyr) או ב'ראונדאפ' (מיוצר על ידי מונסנטו ומכיל 480 גרם לליטר של החומר הפעיל Glyphosate) לא מדוללים. 'צילוק ומילוי' של פרטים צעירים נעשה באמצעות צילוק קליפת הגזע בעזרת גרזן והרטבת המקום בתכשירי ההדברה; כריתה והדברת הגדמים של עצים בוגרים וצעירים והדברת הגדמים ב-25% 'שוטגן' מדולל במים או ב-50% 'ראונדאפ' מדולל במים. הטיפול בגזם בחלקות הכריתה וההדברה נעשה בשתי שיטות: האחת, חיתוך סטנדרטי של הענפים המרכזיים בעץ, והשנייה חיתוך קטן של הענפים לגודל שאינו עולה על 1 מטר, כדי לאפשר טיפולים חוזרים באתרים שצפיפות העצים בהם רבה. כמו כן, נעשתה הערכה כספית לשימוש במגרסה ליצירת רסק גזם באתרים המאפשרים זאת.

השיטה של קידוח ומילוי אומנם מהירה ונוחה ליישום, אך הביאה לקטילה חלקית של העצים, לשבירת ענפים יבשים, ועקב כך ליצירת סבך יבש למחצה שיוצר מפגע נופי, מגדיל את סכנת השרפות, ואינו מאפשר טיפול נוח בהתחדשויות. שנה לאחר מועד הטיפול הראו ממצאי הניטור התייבשות מוחלטת של העצים בשיעור של כ-25% מכלל העצים המטופלים. לעומת זאת, השיטה של כריתה העצים, חיתוך הגזם לענפים קטנים והדברת הגדמים הביאה לתוצאות קטילה טובות יותר, של כ-85% במניעת התחדשות מצוואר השורש. כמו

ליווי מקצועי

א. הגדרה של מטרות המיזם

- שימור/שחזור משאבי טבע נוף ומורשת
- הגנה על בריאות הקהילה
- הגנה על החקלאות

ב. השלמת פערי מידע

- מאפייני הפיזור והדינמיקה של המין הפולש
- בחינת חלופות ממשק, יעילותן ועלותן הכספית

ג. בחירת יעדים אסטרטגיים

- בלימת התפשטות החוצה (containment)
- בלימת התפשטות פנימה (exclusion)
- צמצום האוכלוסייה לאורך זמן בעזרת אויב טבעי (biological control)
- צמצום האוכלוסייה בממשק פעיל ארוך טווח (long-term management)
- צמצום נזקים/הכלה (mitigation)

ד. כתיבת תוכנית פעולה

- סדר עדיפות לטיפול
- שיטות ושילובים לביצוע לפי תוכנית רב-שנתית
- מפרטים לביצוע
- ניטור
- הערכות תקציביות

ה. בחינת ישימות ותועלת

- האם ישנם מקורות למימון העלויות הכרוכות בממשק ארוך טווח?
- האם התרומה הצפויה לשמירת טבע מצדיקה את העלויות הכרוכות בממשק רב-שנתי?

ו. ביצוע

- יישום תוכנית הפעולה
- פיקוח

ז. ניטור והתאמה

- איסוף נתונים איכותיים וכמותיים לבחינת יעילות הטיפולים בהתאם למטרות המיזם
- מתן מענה ממשקי בהתאם לצורך

ח. דיווח

- הרחבת בסיס הידע בעזרת דו"חות ופרסומים

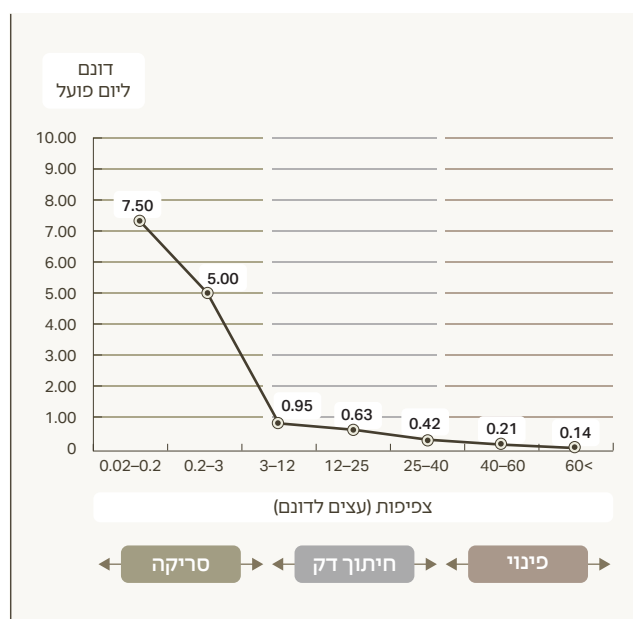
Figure 1

An eight-stage plan for active management of invasive plants
The stages are described in the text.

איור 1

מתווה שמונה שלבים לממשק פעיל לטיפול בצמחים פולשים פירוט השלבים בטקסט.

פעולות להגבלת ההתבססות וההתפשטות של הצמח הפולש לשטחים חדשים בגבולות מוגדרים מראש (Grice et al., 2012).



איור 2

הספק הטיפול בצפיפויות שונות של שיטה כחלחלה

חישוב ההספק נעשה על בסיס ניסיון באתרים אחרים בארץ ומתוך המחקר המקדים בהרי יהודה. הגורם העיקרי להבדלים בהספק העבודה בצפיפויות השונות קשור לשיטות העבודה. בצפיפויות נמוכות עיקר המאמץ מופנה לסריקה. לעומת זאת, בצפיפויות בינוניות עיקר המאמץ מופנה לחיתוך דק של הגזם. המאמץ העיקרי בטיפול בצפיפויות גבוהות קשור לפינוי של הגזם, בייחוד בתנאי נגישות קשים. חיתוך דק מאוד יכול לשמש חלופה לפינוי בתנאי נגישות קשים, אך גם טיפול זה כרוך בהשקעת משאבים רבים.

Figure 2

Treatment output at different densities of *Acacia saligna*

The output was calculated based on experience at other sites around the country and from the pioneering study in the Judean Mountains. The main source of differences in the work output at different intensities is related to work methods. At low densities most of the effort is directed at surveying. At moderate densities, on the other hand, most of the effort is directed at fine cutting the pruned branches. The main effort at high densities is related to removing the pruned branches, particularly under difficult field conditions. Very fine cutting can be an alternative to removal under difficult field conditions, but this treatment is also resource-expensive.

כן, היא הביאה לסילוק של הצמח הפולש מהנוף ולמצב המאפשר נגישות טובה לטיפול בהתחדשויות. התחדשויות חוטרי שורש בחלקות שטופלו בשתי השיטות הייתה נמוכה בשני המקרים (שלושה חוטרי שורש לדונם בחלקת 'קידוח ומילוי', ושבעה חוטרי שורש לדונם בחלקת 'כריתה והדברה'), בהשוואה להתחדשויות של עשרות זריעים לדונם, ששרדו בקיץ הראשון בשתי החלקות ושהיו צפויים לגדול לעצים ללא טיפול. צילוק קליפת הגזע של פרטים צעירים נמצא בלתי יעיל הן מבחינת השקעת המשאבים הן מבחינת התוצאה הסופית (35% קטילה). לאור האמור, שיטת הכריתה וההדברה של הגדמים בשילוב חיתוך דק של הגזם והדברת הגדמים נמצאה כשיטה המועדפת לטיפול בשיטה הכחלחלה במיזם זה.

בסיום שנה ממועד תחילת המחקר המקדים ניתן היה להעריך ברמה סבירה את עלויות הטיפול הראשוני בעצים וכן את העלויות של הטיפולים הצפויים בשנים הבאות. ממצאי הסקר, בשילוב ניסיונו באתרים אחרים בארץ, הצביעו על ירידה מעריכית בהספק העבודה לפי יום פועל עם העלייה בצפיפות העצים (איור 2), וזאת עקב ההבדלים בשיטות העבודה בצפיפויות השונות. בעוד שבצפיפות נמוכה מאוד עיקר המשאבים מופנים לסריקה של השטח ומיעוטם לפעולות כריתה והדברה, בצפיפות בינונית (3-12 עצים לדונם) המגמה הפוכה, והמשאבים מופנים בעיקר לכריתה ולהדברה. הדגש בכריתה בצפיפות בינונית הוא על חיתוך דק של הגזם, כלומר לענפים הקטנים מ-1 מטר, וזאת כדי להנגיש את השטח לטיפולים חוזרים בשנים הבאות. כאשר צפיפות העצים גדלה, לא ניתן להתקדם בעבודה ללא פינוי הגזם באמצעות כלים מכניים או בעבודה ידנית. נוסף על כך, בצפיפויות גבוהות יש לרסק את הגזם במרסקת או בחיתוך דק מאוד כדי להבטיח את הנגשת השטח לטיפול בהתחדשויות. גם כשמדובר במטרים בודדים בלבד, השיטה של פינוי הגזם וחיתוך דק כרוכה במאמץ רב ובהשקעת משאבים גבוהה.

ג. הגדרת היעד האסטרטגי – בלימת התפשטות השיטה הכחלחלה בגן הלאומי

השיטה הכחלחלה כבר התבססה בגן הלאומי במשך שנים רבות. על כן, אסטרטגיית ביעור מקומי, כלומר מיגור הצמח הפולש מהנוף או בחלקים ממנו, נפסלה מראש בלי קשר לתוצאות הסקר והמחקר המקדים, מכיוון שבנק הזרעים המצטבר בקרקע בחורשות מבוססות הוא מקור בלתי נדלה להתחדשויות זריעים במשך שנים רבות. ממצאי סקר השדה והמחקר המקדים הראו שממשק רב-שנתי (long-term management) לסילוק הנוף ולטיפול בהתחדשויות למניעה של יצירת זרעים בשנים הבאות בשטחים המטופלים אינו אפשרי בהתחשב בתקציב המוגבל של המיזם. תקציב המיזם אפשר לטפל בחלק מהמוקדים בלבד. לפיכך הוחלט לרכז את מאמץ הטיפולים בבלימת התפשטות השיטה הכחלחלה בגן הלאומי כיעד אסטרטגי לשמירה על משאבי הטבע, הנוף והמורשת באזור. חוקרים שונים מייחסים למונח 'בלימה' משמעות שונה, ובדרך כלל הכוונה לאסטרטגיית ממשק שעומדת כחלופה לביעור כשהוא אינו אפשרי. אסטרטגיית בלימה במשמעותה הנפוצה, וכפי שאנחנו מתייחסים אליה במאמר זה, כוללת

ד. כתיבת תוכנית פעולה

משהוגדרה הבלימה כיעד אסטרטגי לביצוע, עלה הצורך לתכנן תוכנית פעולה להשגת יעד זה. לשם כך נכתבה תוכנית פעולה, הקובעת את סדר העדיפות לטיפול על בסיס היררכיית חשיבות התואמת את מטרות המיזם ויעדו, וכן נכתבו מפרטים לביצוע ולליווי מקצועי (ניטור ופיקוח).

קביעת סדר עדיפות אזורי מבוסס היררכיית חשיבות:

ממשק בלימה מוצלח מחייב כתיבת תוכנית פעולה להשגת היעד האסטרטגי והגדרת סדר עדיפות אזורי מבוסס היררכיית חשיבות. סדר העדיפות לטיפול בשיטה הכחלחלה בתאי השטח השונים נעשה בעזרת ניתוח מערכת מידע גאוגרפית (Geographic Information System - GIS). הניתוח כלל שלושה קריטריונים: פוטנציאל הצלחת הטיפול, פוטנציאל הפצה מתא השטח לשטחים נוספים וערכיות משאבי הטבע והנוף (טבלה 1). קריטריון פוטנציאל הצלחת הטיפול כלל את המשתנים של צפיפות הפרטים הבוגרים ושיפוע המדרון. קריטריון פוטנציאל ההפצה התבסס על המשתנים של מרחק מליבת ההתפשטות של השיטה, קרבה לדרכים, קרבה לערוצים ורום טופוגרפי. קריטריון הערכיות נקבע לפי ממצאי סקר דש"א (ערד ושות', 2016). מדרג הערכים לכל משתנה נקבע בסולם סדר סובייקטיבי לערכים בטווח של 1-5. כלומר, משתנים שונים קיבלו ערך מרבי שונה בין 2.5 ל-5 לפי חשיבותם ביישום מטרות המיזם ויעדיו. לדוגמה, הערך המרבי של קרבה לדרכים הוא 5, בעוד שהערך המרבי של קרבה לערוצי נחלים הוא 3, כיוון ששבילים הם וקטור חזק יותר להפצה של זרעי השיטה הכחלחלה בהשוואה לערוצי נחלים. נתוני המשתנים עובדו לשכבות רסטוריות בגודל תא של 10x10 מטר. נציין שבמקביל למודל הסובייקטיבי, יצרנו גם מודל לפי מתן ערך אובייקטיבי, כלומר שהערכים

בכל המשתנים מדורגים בין 1 ל-5. תוצאות שני המודלים היו דומות. **צפיפות הכתם:** הנחת העבודה הייתה שפוטנציאל ההצלחה של הממשק הפעיל נמצא ביחס הפוך לצפיפות הפרטים ולגיל הכתם (Higgins et al., 2007). סיכויי ההצלחה למנוע התחדשות עצים נושאי זריעים בכתמים קטנים ודלילים גבוהים יותר מאשר בכתמים גדולים וצפופים ממספר סיבות: (1) אפקט שוליים המביא לסיכויי התבססות טובים יותר עבור כתמים קטנים ודלילים; (2) בנק זרעים קטן יחסית המקטין את סיכויי הפלישה החוזרת; (3) התנאים הטבעיים עשויים להיות דומים יותר למצב טרם הפלישה; (4) אם דלילות הכתם קשורה לתנאי בית הגידול, אזי בית הגידול עשוי להתאפיין בתנאי קרקע, בצמחייה מתחרה או בחסינות ביוטית טובה יותר בפני פלישה חוזרת. הממצאים של ניתוח הממ"ג מוצגים באיור 3.

שיפוע המדרון: רמת הנגישות למוקדים המטופלים היא קריטריון חשוב שיש להביאו בחשבון בטיפול בצמחים פולשים (Robison et al., 2013). מדרון תלול באזור ההררי הוא גורם טכני, המקשה מאוד על הטיפול בצמחים פולשים בשל תנאי הנגישות והמגבלה לשימוש בכלים הנדסיים מיוחדים. המורכבות הצפויה אינה נמדדת רק בטיפול הראשוני, אלא גם בניטור ובתחזוקה השוטפת הנדרשים לאורך שנים. לאור האמור קבענו את מדרג העדיפות לטיפול בשלוש רמות שיפוע: 1 (<35%), 2 (20-35%) ו-3 (>20%). הממצאים של ניתוח הממ"ג הראו, שברוב השטח המאולח השיפוע מתון ומאפשר טיפול נוח יחסית בשיטה כחלחלה, אולם בכרבע ממנו השיפוע תלול מאוד (מעל 35%). **מרחק מהליבה:** היעד המרכזי של המיזם הנוכחי הוא בלימת ההתפשטות. לפיכך, טיפול באוכלוסיות המרוחקות (outlier/satellite populations) עדיף על טיפול באוכלוסיות המבוססות והצפופות בליבה של ההתפשטות (Baker, 2017). ככל הידוע לנו, מקור ההתפשטות של השיטה הכחלחלה בגן הלאומי הוא במדרון

5	4.5	4	3.5	3	2.5	2	1.5	1	ערך יחסי	
		✓	✓	✓ ✓	✓	✓ ✓	✓	✓ ✓	צפיפות שיפוע המדרון	סיכויים להצלחה
✓ ✓		✓		✓ ✓ ✓		✓ ✓ ✓		✓ ✓ ✓	מרחק מהליבה קרבה לדרכים קרבה לערוצים רום טופוגרפי	הפצה
✓		✓		✓		✓		✓	ערכיות טבע ונוף	ערכיות

Table 1
Criteria and variables for prioritizing treatments
A total of seven variables were determined according to the probability of success, dispersal and natural value.

טבלה 1
הקריטריונים והמשתנים לקביעת סדר עדיפות לטיפול
סך הכול נקבעו שבעה משתנים לפי קטגוריות של סיכויים להצלחה, הפצה וערכיות. הערך היחסי של המשתנים נקבע לפי סולם סדר סובייקטיבי בטווח ערכים של 1-5 לפי העקרונות המתוארים בטקסט.

מטר), 2.5 (<500 מטר). הרום הטופוגרפי של הגן הלאומי, וכפועל יוצא מכך גם של השטח המאולח, עולה כלפי מזרח לכיוון נווה אילן. הממצאים של ניתוח הממ"ג הראו שבערך כמחצית מהשטח המאולח נמצאת ברום הגבוה מ-500 מטר, ושערכים גבוהים מ-600 מטר מאפיינים שטחים מצומצמים של הפסגות שבמזרח הגן הלאומי.

ערכיות משאבי טבע ונוף: מטרת-העל של המיזם היא שימור משאבי הטבע, הנוף והמורשת, לכן לערכיות האקולוגית והנופית בתאי השטח השונים ישנה חשיבות רבה בקבלת ההחלטות. מפת ערכיות אקולוגית ונופית התקבלה מסקר צפון הרי ירושלים של מכון דש"א (ערד ושות', 2016). על בסיס הפוליגונים החופפים לתחום הסקר הנוכחי נבנתה שכבה רסטורית "ערכיות נופית" עם גודל תא של 10X10 מטר. שכבת הסקר שעבדנו עליה כוללת את שילוב ערכיות הצומח עם משאבי טבע ומורשת, אך ללא השילוב עם רציפות שטחים פתוחים. ערכיות נופית גבוהה דורגה בערך 5 שהוא הגבוה ביותר בסולם הסדר. הממצאים של ניתוח הממ"ג הראו שערכם של משאבי הטבע והנוף בגן לאומי הרי יהודה רב. ערכים גבוהים של 4 ו-5 מאפיינים כ-81% מהשטח המאולח. הערך הגבוה ביותר התקבל ב-31% מהשטח המאולח. מוקדים מאולחים בעלי ערכיות גבוהה נמצאים לאורך ציר המכללות, נחל אילן ומרכזו של ציר דיפנבייקר.

מדרג עדיפות לטיפול במגבלות תקציב: ערכי העדיפות לטיפול בכל שבע הקטגוריות המפורטות למעלה סוכמו לכדי סולם ערכים אחד, ששימש את הבסיס ליצירת מפת סדר עדיפות לטיפול בשיטה הכחלחלה בגן לאומי הרי יהודה (איור 3). סולם הערכים כלל שבע רמות עדיפות. הערך הגבוה ביותר לטיפול ניתן לכתמים בצפיפות נמוכה, בשיפוע מדרון נמוך, מרוחקים מהליבה, קרובים לדרכים או לערוצים, ברום טופוגרפי גבוה ובעלי ערך רב לשמירת משאבי טבע ונוף. בבחינת התקציב נמצא, שניתן לטפל בשטח של 1,700 דונם המאופיינים בדרגת חשיבות מ-16.5 ומעלה.

כתיבת מפרטים לביצוע ולניטור

תוכנית הפעולה נכתבה לחמש שנים, וכללה סדר פעולות ומפרטים לביצוע ומפרטים נוספים לפיקוח, לניטור ולליעוץ מקצועי.

ה. בחינת הישימות והתועלת

עם סיום כתיבת תוכנית הפעולה עמדה לרשותנו תמונת מצב מלאה לגבי חשיבות המיזם ועלותו הכספית. בשלב זה יכולנו לאמת שתי הנחות יסוד חשובות, שהיו הבסיס לביצוע התוכנית במתכונתה: (א) מימון העלויות הכרוכות בממשק רב-שנתי מובטח ל-15 השנים הקרובות. הקרן לשמירה על שטחים פתוחים התחייבה למימון המיזם במשך חמש השנים הראשונות, וכמו כן סוכם שקק"ל תמשיך את מימון המיזם לעשר שנים נוספות; (ב) ממשק פעיל ארוך טווח לבלית התפשטות השיטה הכחלחלה בגן הלאומי עשוי לתרום תרומה ממשית לשימור משאבי הטבע, הנוף והמורשת באזור, שכן הוא מאפשר לטפל בשטח גדול יחסית (1,700 דונם) של כתמים שהם מוקדי התפשטות של הצמח הפולש במרחב, לרבות כל האוכלוסיות הפריפריות ואוכלוסיות צמודות דרכים. לפיכך, בשלב זה מצאנו את הפעולה ישימה ומשתלמת.

הצפוני לכביש 1, שם נמצאות האוכלוסיות הגדולות ביותר, ולכן אזור זה הוגדר כאזור הליבה. הערך לכל פוליגון נקבע על בסיס מדרג של טבעות מרחק מהכביש עד למרחק של 1,500 מטר. הערכים עבור סדר העדיפות לטיפול נוספו בערך עולה עם המרחק מהכביש. כיוון שמטרת המיזם היא בלימה של התפשטות השיטה הכחלחלה, המשתנה של מרחק מהליבה קיבל טווח ערכים בין 1 ל-5 (5 הערך הגבוה ביותר בסולם הסדר). הממצאים של ניתוח הממ"ג הראו ששלושה רבעים מהמוקדים המאולחים הם בטווח מרחק של עד 500 מטר מהליבה (שולי כביש 1), וכרבע מהם במרחק הגבוה מ-500 מטר מהליבה. המוקדים בעלי הערך הגבוה ביותר לטיפול נמצאים לאורך נחל אילן (סמוך למתקן מקורות), שכן הם המרוחקים ביותר מהליבה, ואילו הנוף מצפון להם (לכיוון נחל יתלה) נמצא על פי ממצאי הסקר נקי מעצי שיטה כחלחלה.

קרבה לדרכים: זרעי השיטה הכחלחלה נמצאים בתרמילים הנישאים על קצוות ענפי העצים מספר חודשים ממועד הבשלתם (יוני). צידי שבילים הם בית גידול מועדף לריבוי ולצימוח של שיטה כחלחלה (Marziales et al., 2019). תזוזה קלה של הענפים בעקבות משבי רוח, עוברי אורח, רכבי שטח או בעלי חיים מפילה עשרות ומאות זרעים על כלי הרכב, בעלי החיים והמטיילים, והם משמשים וקטורים להפצת הפצת זרעים על גבי כלי רכב תועדה (Von Der Lippe and Kowarik, 2007). לפיכך, קיימת חשיבות רבה לטיפול בעומדים הסמוכים לצידי דרכים. כמו כן, השיטה הכחלחלה נוטה להתבסס תחילה לאורך שטחים מופרים בצידי דרכים, ומשם היא מתפשטת לשטחים הטבעיים שבשוליהם. תנאי הנגישות לטיפול בשיטה הכחלחלה לאורך צידי דרכים נוחים יחסית, ולנוכח כל הסיבות שלעיל, הערך לטיפול בקרבת דרכים גדול יותר מאשר במרחק מהן. לאור הנחה זו הוגדר מדרג של טבעות מרחק לפי שלוש רמות מרחק: 1 (50–300 מטר), 3 (10–50 מטר) ו-5 (1–10 מטר). ממצאי ניתוח הממ"ג הראו שלמרות הנראות הגבוהה של השיטה הכחלחלה לאורך צידי דרכים, רוב השטח המאולח נמצא במרחק גדול מ-10 מטר מהם, עובדה המלמדת על פוטנציאל הפלישה של הצמח הפולש במערכות האקולוגיות הטבעיות והטבעיות למחצה באזור.

קרבה לערוצים: ערוצי נחלים עשויים לשמש אף הם וקטורים להתבססות של השיטה הכחלחלה (Marziales et al., 2019). זאת ועוד, בהרבה מקרים, לצד הערוצים נפרצו דרכים, ולכן הנגישות לערוצים נוחה יחסית. בדומה לניתוח הדרכים, הוגדר מדרג של טבעות מרחק מכלל הערוצים לפי שלוש רמות מרחק מהם: 1 (50–800 מטר), 2 (10–50 מטר) ו-3 (עד 10 מטר).

רום טופוגרפי: אף על פי שהשפעת הרום על הפצת זרעים של שיטה כחלחלה לא נבדקה עד עתה, אפשר לשער שמלבד גורמי ההפצה הפועלים ברום הגבוה והנמוך, ברום הגבוה מתווסף לפוטנציאל ההפצה גם כוח הכבידה. ככל שהרום גבוה יותר, כך גובר החשש לזליגה של זרעי שיטה משטחים שולטים לשטחים נמוכים הנשלטים באמצעות נגר. השיטה רגישה לטמפרטורות חורף נמוכות, ולכן סיכויי ההצלחה של הטיפולים ברום הגבוה צפויים להשיג תוצאות טובות יותר. כיוון שאין בידינו נתונים מבוססים להערכה של השפעת הרום על ההפצה, ערך זה קבל מדרג מ-1 עד 2.5 בלבד, ובקפיצות של 0.5 באופן הבא: 1 (>301 מטר), 1.5 (301–400 מטר), 2 (401–500

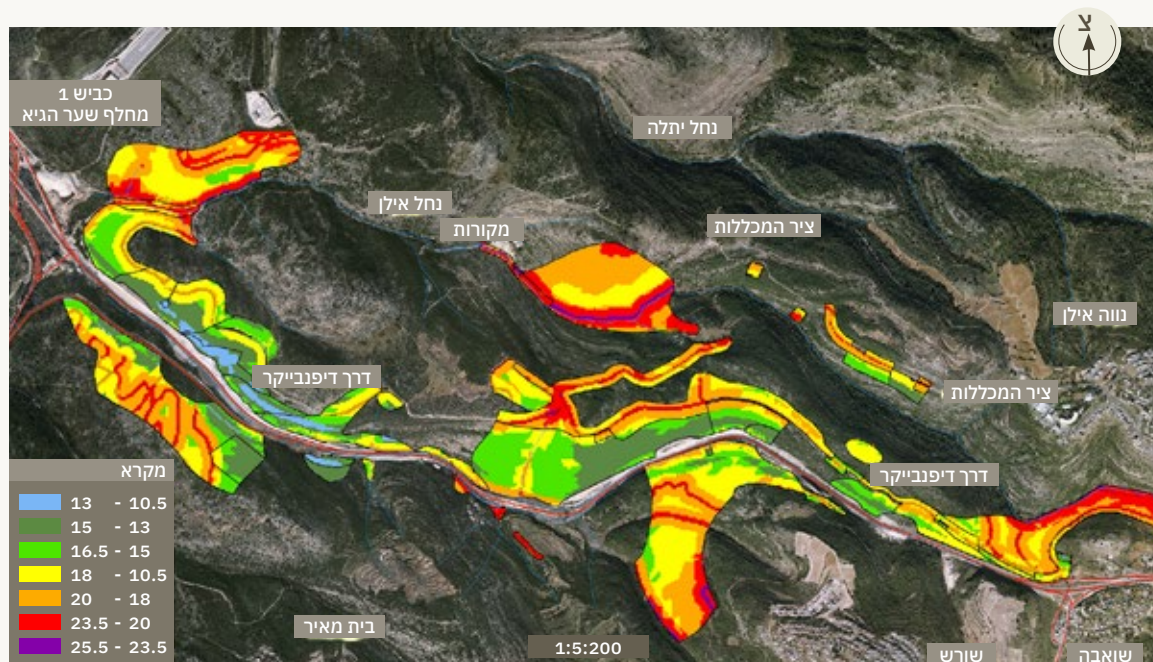


Figure 3

A. saligna management priorities map (aerial photo)

Treatment prioritization is determined for values between 10.5 and 25.5. High values represent high treatment prioritization.

איור 3

מפת עדיפויות לממשק הדברה (תצ"א)

סדר העדיפות לטיפול נקבע בערכים שבין 10.5 ל-25.5. ערכים גבוהים מייצגים סדר עדיפות גבוה לטיפול.

ז. ניטור

ו. ביצוע

הניטור במיזם הנוכחי כלל שלוש מטרות מרכזיות: (1) בקרה והכוונת מאמצי הטיפוליים החוזרים בזמן ובמרחב; (2) מדידה של יעילות הטיפולים בחלקות המטופלות; (3) הערכה של הצלחת המיזם ביחס ליעדו המרכזי, בלימת ההתפשטות של הצמח הפולש. להלן יובא פירוט של מטרות הניטור, השיטות והממצאים המרכזיים.

בקרה והכוונת מאמצי הטיפולים החוזרים בזמן ובמרחב

מטרה: התחדשות השיטה הכחלחלה בחלקות המטופלות צפויה להשתנות בבתי גידול שונים. היות שמדובר בשטח גדול יחסית, מטרת הניטור היא למנוע מצב של 'איבוד שליטה', ולהבטיח תגובה מהירה במועד הנכון ובמקום הנכון. לנוכח ההתרשמות מהניטור הכללי בשטח התקבלו החלטות אדפטיביות להמשך הפעילות ולהכוונת מאמץ הטיפולים בשטח.

שיטות: אחת לשלושה חודשים נערך יום ניטור כללי בכל שטח המיזם. הניטור נעשה בעזרת תצפיות ותיעוד איכותי של מצב ההתחדשות בחלקות ומחוצה להן בכל שטח הסקר המקדים.

ממצאים: על בסיס תוצאות הניטור הכללי, נקבע מועד הטיפולים החוזרים לסוף הקיץ. באפריל 2019 נצפתה התחדשות רבה של

הביצוע נעשה בשני שלבים, סילוק הנוף של העצים הבוגרים וטיפול בהתחדשויות. לצורך הביצוע נבחר קבלן מבצע על פי מכרז. צוות העבודה כלל ארבעה עד חמישה עובדים ומנהל עבודה. העבודה בוצעה בליווי מקצועי ובפיקוח צמוד על צוותי הקבלן בשטח. העצים נכרתו נמוך ככל הניתן, והגדמים רוססו עד נגר בתמיסה ובה ריכוז של 50% 'ראונדאפ' במים. גזם העצים נחתך דק ככל הניתן, כדי לאפשר נגישות נוחה לכל תאי השטח בחלקות המטופלות. סילוק העצים בשטחים המטופלים בוצע במלואו. הטיפולים החוזרים נעשו בשילוב שני פרוטוקולי הדברה – 'כריתה והדברת הגדמים' ו'גזום והדברת העלווה' (איור 4). פרוטוקול הגזום והדברת העלווה לא נוסה במהלך המיזם, אולם נעשה בו שימוש מוצלח באתרים שונים בארץ (טרם פורסם). הביצוע כלל סקירה של השטח ומתן מענה טיפולי על בסיס היתרונות והחסרונות של שני הפרוטוקולים באופן שיביא להספק הדברה גבוה במינימום פגיעה בסביבה. ככלל, טיפול בשיטת ריסוס העלווה נעשה כנגד צמחים קטנים (> 30 ס"מ גובה), היות שהפגיעה הסביבתית של ריסוס בצורה הזו נמוכה מאוד, ובאתרים שכיסי הזרעים בהם גבוה, והדברה פרטנית אינה מתאפשרת מבחינת השקעת משאבי כוח אדם וזמן.



Figure 4

Integrated treatment for regenerating vegetation

Right: execution of a protocol for cutting trees and spraying stumps. The work is done in pairs – a cutter and a sprayer. The regenerating trees are cut as low as possible, and the tree stump is sprayed to saturation.

Left: a method for pruning and treating the foliage. The short saplings are sprayed as they stand while the taller saplings are cut to waist height and sprayed to saturation.

איור 4

טיפול משולב להדברת התחדשויות

מימין: פעולות בהתאם לפרוטוקול הכריתה והדברת הגדמים. העבודה מתבצעת בזוגות, כורת ומדביר. העצים המתחדשים נכרתים נמוך ככל הניתן, וגזע העץ מרוסס עד נגר. משמאל: שיטת ההדברה של זרעים. הזרעים הנמוכים מרוססים כפי שהם, ואילו זרעים גבוהים יותר נגזמים עד גובה מותניים ומרוססים עד נגר.

נבטים, חוטרי גזע וחוטרי שורש בחלקות המטופלות. באוגוסט 2019, לפני סבב הטיפולים החוזר, נצפתה התפתחות רבה של הזרעים המתחדשים בחלקות במהלך הקיץ. לקראת פעולות ההדברה ניתן היה לראות בחלקות המטופלות זרעים מפותחים בגובה של שני מטר ויותר. הניטור בדצמבר 2019, לאחר הטיפול החוזר, הצביע על יעילות רבה של פעולות הטיפול בהתחדשויות. השטח נראה נקי בכל החלקות המטופלות גם שלושה חודשים לאחר הטיפולים החוזרים.

בחניה של יעילות הטיפולים במניעת פלישה חוזרת בחלקות מטופלות

מטרה: לבחון את יעילות הטיפולים במניעת התחדשויות בחלקות המטופלות. נכון להיום חסר מידע לגבי מנגנוני ההתחדשות בחלקות מטופלות של שיטה כחלחלה. בין השאלות המרכזיות: עד כמה הטיפולים יעילים בקטילת העצים; מה היקף ההתחדשות בחלקות עקב חוסר הצלחה בהדברה? מהם מרכיבי ההתחדשות בחלקות המטופלות לאורך זמן ובהשוואה בין התחדשות וגטטיבית להתחדשות מבנק זרעים? מטרת הניטור היא להרחיב את בסיס הידע במענה לכל השאלות האלה.

שיטות: הניטור נעשה בשני אזורים שהגדמים טופלו בהם בתכשירי הדברה שונים, 'ראונדאפ' בריכוז תכשיר של 50% ו'שוטגן'

לאחר פציעת השורש), שלאבחנה שלהם לא צריך סיכה. **ממצאים:** פרוטוקול הכריתה והדברת הגדמים נמצא יעיל מאוד לטיפול בשיטה כחלחלה בשימוש בשני התכשירים, 'שוטגן' ו'ראונדאפ'. שיעור ההתחדשות מגדמים בחלקות ה'ראונדאפ' עמד על 4.7% ו-5.4% בחלקות שטופלו ב'ראונדאפ' ו'שוטגן', בהתאמה, ללא הבדל מובהק בין השניים. ממצאי נוכחות הסיכה בגדמים הראו שבמרבית המקרים של התחדשות חוטרי גזע, מדובר בחוסר הצלחה, כלומר גדמים שכנראה לא הודברו כהלכה.

מספר חוטרי השורש לחלקה בניטור אוגוסט 2019 היה 4.4, ולא נמצא הבדל מובהק בין הטיפולים השונים. אף על פי שאלפי זרעים נבטו

25 ל-50 מטר). מספר העצים והמיקום שלהם ביחס למוקד הכתם תועדו, וכן נבדקו מדדים סביבתיים של מפנה ומאפייני תצורת הנוף של הצומח (יער מחטני, שיחיה טבעית או בתה). בשנת 2019 נעשה מעקב ראשון אחר ההשתנות בדינמיקה של קבוצות העצים האלה, ובמהלך השנים הקרובות אנו מתכוונים להמשיך לנטר את החלקות, אחת לשנה, במטרה להעריך את קצב גידול האוכלוסייה והתפשטותה. **ממצאים:** ניטור חלקות הביקורת של קבוצות עצים מבודדות במרחב הראה שינוי התפשטות של זרעים וחוטרי שורש בחלקות שאינן מטופלות במסגרת המיזם. נמצאו זרעים חדשים וחוטרי שורש בשתי חלקות ביקורת מתוך 14 (איור 5). נראה שהתבססות הזרעים וחוטרי השורש בשני המקרים קשורה לפעולות הממשק של דילול האורנים.

ח. דיווח ופרסום

אחת לשנה נכתב דו"ח מסכם הכולל תיאור ותיעוד של הפעילות השנתית, ממצאי הניטור, דיון בממצאים והמלצות להמשך. מאמר זה אף הוא נכתב כחלק ממתווה המיזם במטרה להפיץ ולהבנות את הידע הנצבר בתחום הממשק לטיפול במינים פולשים.

דיון

המאמר הנוכחי סקר את הרצף הכרונולוגי של תכנון וביצוע מיזם בלימת התפשטות השיטה הכחלחלה בנן לאומי הרי יהודה לפי שמונה שלבים, שאופיינו לאחר מעשה כמתווה פעולה מומלץ לטיפול בצמחים פולשים. להלן מספר דגשים שיסייעו לקדם את מתווה הפעולה להצלחה:

1 **הגדרת מטרות ברורה ובחירה נכונה של יעדים:** השימוש הרפואי במונח "טיפול" מבטא "ניסיון לתקן בעיה הפוגעת בבריאותו ובתפקודו של אדם" (מילוג, 2020). בהשאלה מעולם הרפואה, הרי שטיפול במינים פולשים נעשה במטרה לשמור על המבנה והתפקוד של המערכות האקולוגיות באשר הן, חקלאיות, יערניות, טבעיות, מימיות ואנושיות. טיפול במין הפולש אינו עומד כמטרה בפני עצמה המצדיקה התערבות ללא התייחסות לתכליתה. מטרת המיזם היא ה"מצפן" שלפיו יש לנווט את הממשק ולבחון את יעדי האסטרטגיים (Denslow, 2007). בחירה נכונה של יעדים אסטרטגיים צריכה להביא בחשבון את מטרת המיזם, את אפשרויות הביצוע, ישימותן ועלותן הכספית. בחירה מושכלת של יעדים אסטרטגיים תבטיח עמידה בהם.

2 **השלמת פערי מידע:** השלמת פערי המידע באה לידי ביטוי במתווה המוצע בשני היבטים. א. איסוף "מידע מודיעיני" לקראת פעולה, שיסייע לבחירת יעדים אסטרטגיים ותוכנית פעולה ישימה וכדאית; ב. הבניית גוף הידע בתחום הממשק לטיפול בצמחים פולשים בעזרת דיווח על המיזם ותוצאותיו ופרסומם. ככל שבסיס המידע העומד לרשות מקבלי ההחלטות יהיה רחב יותר ורב-תחומי, יהיה בכך כדי לסייע להם לקדם

במהלך האביב (איור 5), מרביתם התיישבו במהלך הקיץ, ובסוף קיץ 2019 הוערכה צפיפות הזרעים ב-32 לחלקה. התרומה של חוטרי גזע וחוטרי שורש לכיסוי ההתחדשות הכוללת של הצמח הפולש, ומתוך כך, גם של מאמץ הטיפול בהתחדשויות, נמצאה נמוכה ביותר, על אף ההתפתחות המואצת של חוטרי שורש ביחס לזרעים. צפיפות הזרעים השורדים בקיץ הייתה פי עשרה ויותר בהשוואה לסורי שורש. הואיל ושלב הנביטה הוא השלב הקריטי בשרידות הצמח, ניתן להניח שבהיעדר התערבות, חלק גדול מהזרעים ששרדו בעונת היובש הראשונה צפויים להתפתח לעצים. אומנם חוטרי שורש מתפתחים מהר יותר ביחס לזרעים (ללא הצגת נתונים), אולם הטיפול בהם נעשה באופן דומה. ממצאי הניטור בדצמבר 2019 הראו יעילות גבוהה מאוד של הטיפול החוזר בקטילה כמעט מוחלטת של כל סוגי ההתחדשויות בחלקות (חוטרי גזע, חוטרי שורש וזרעים).

בלימת התפשטות השיטה הכחלחלה בנן הלאומי

מטרות: מטרת ניטור זה הייתה לבחון את יעילות המיזם ביחס ליעד האסטרטגי של בלימת ההתפשטות.

שיטות: נעשה מעקב אחר הדינמיקה של ההתפשטות ב-14 קבוצות עצים מבודדים במרחב, שאין עצים נוספים בקרבתם (ברדיוס שבין

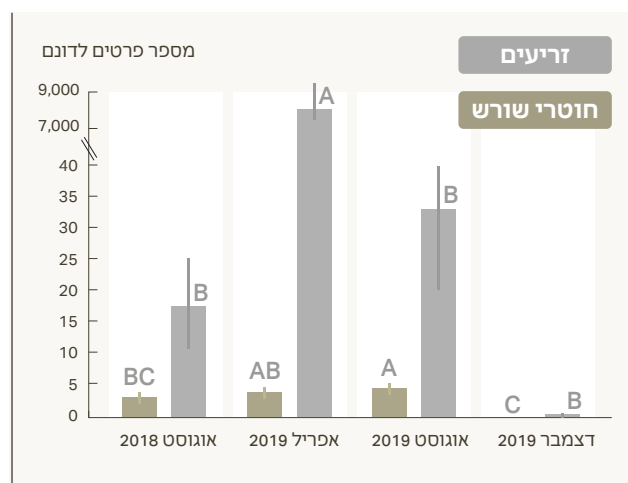


Figure 5

Regeneration of saplings and rootstocks in the treated plots

The data are based on findings from monitoring on four dates, and represent the mean density per 0.1 ha (1,000 m²) for eight replicates on each date. Means without a common letter represent significant differences (Tukey test, significance level of 5%). Regenerated vegetation was treated in September 2019, ca. two months before monitoring in December 2019.

איור 5

התחדשות זרעים וחוטרי שורש בחלקות מטופלות

הנתונים מבוססים על ממצאי ניטור בארבעה מועדים, ומייצגים צפיפות ממוצעת לדונם עבור שמונה חזרות לכל מועד. ממוצעים ללא אות משותפת מציינים הבדלים מובהקים לפי מבחן Tukey ברמת מובהקות של 5%. הטיפול בהתחדשויות נעשה בחודש ספטמבר 2019, כחודשיים וחצי לפני הניטור בדצמבר 2019.

יתרה מזאת, במחקר שהשווה טיפולים: ריסוס עלווה, כריתה והדברה, כריתה מתחת לצוואר השורש וביקורת (ללא טיפול) בהתחדשויות שיטה כחלחלה לאחר שרפה בדרום אפריקה, נמצא שעושר מיני הצומח המקומי וכיסים היחסי היה הנמוך ביותר בחלקות ביקורת אפילו בהשוואה לפרוטוקול ריסוס העלווה עקב הגידול בכיסוי של השיטה הכחלחלה (Krupek et al., 2016).

אחד האתגרים הגדולים במיזם זה היה לפתח מדדים, שיאפשרו לבחון את תוצאות המאמצים לבלימת ההתפשטות של השיטה הכחלחלה עם יישום הממשק. לצורך כך ביצענו ניסוי ב-14 מוקדים מבודדים של שיטה כחלחלה, שלא טופלו מלכתחילה כקבוצת ביקורת. ממצאי הניסוי הראו ריבוי והתפשטות זרעים וחוטרי שורש בסביבת שניים מבין המוקדים. אומנם מדובר בהתחדשות מעטה, אולם יש לזכור שמדובר בשנת הניסוי הראשונה. לנוכח התחדשות הזרעים וחוטרי השורש בחלקות ביקורת ולאור הצלחת הטיפול במניעת התחדשות בחלקות מחקר, אפשר להניח שהמיזם אכן מביא להישג בבלימת ההתפשטות הצמח הפולש.

לסיכום, במאמר זה סקרנו את מתווה הממשק למיזם בלימת ההתפשטות של השיטה הכחלחלה בגן לאומי הרי יהודה שלב אחר שלב. המיזם מוכיח כי קביעת מתווה פעולה, המבוסס על ידע אקולוגי והבנה מקצועית, הוא הבסיס להצלחה. שיתוף הפעולה בין הגופים המנהלים את השטחים הפתוחים הוכח כמכפיל כוח להתמודדות עם אתגר סביבתי מורכב ברמה האזורית. אנו משוכנעים, שהמתווה יוכל לשמש דוגמה למיזמים אחרים, שמתמודדים עם מצבים מורכבים דומים.

תודות

אנו מודים לקרן לשמירה על שטחים פתוחים של רשות מקרקעי ישראל על מימון המיזם; לירון בלווא הקבלן המבצע ולכל הצוותים שעבדו בשטח מטעמו.

מקורות

- דופור-דרור ז"מ. 2010. **הצמחים הפולשים בישראל**. העמותה לעידוד וקידום שמירת הטבע במזרח התיכון (ע"ר), "אחוה" ירושלים.
- דופור-דרור ז"מ. 2019. **הצמחים הפולשים בישראל**, מהדורה שנייה. הגן הבוטני האוניברסיטאי ירושלים, המשרד להגנת הסביבה, החברה להגנת הטבע ורשות הטבע והגנים. "אחוה" ירושלים.
- כהן ע ורוטשילד א. 2012. קביעת סדר עדיפויות מרחבי לביעור הצמח הפולש טיונית החולות ויישומם בעזרת בני נוער. **אקולוגיה וסביבה** 3(4), 338-330. <http://www.magazine.isees.org.il/Article.aspx?ArticleId=296>.
- כהן ע וריוב י. 2015. קריטריונים להגדרת צמחים פולשים בישראל ולהערכת הסיכון. **כלנית** 2. <http://www.kalanit.org.il>.

מתווה פעולה מוצלח. בעיקר נחוץ ידע יישומי לגבי שיטות פעולה שונות, עלותן הכספית ויעילותן (Matzek et al., 2014).

3 **בחנית ישימות ותועלת:** שלב אימות הנחות היסוד הוא שלב קריטי לקראת ביצוע. לכאורה, עם סיום כתיבת תוכנית הפעולה כל שנותר הוא לצאת לביצועה. למרות זאת, אפשר שבשל מגבלות ביצועיות או תקציביות התרומה של תוכנית הפעולה למטרות המיזם וליעדי אינה מצדיקה את המאמצים המרובים. לכן, עם סיום כתיבת תוכנית הפעולה יש לשקול מחדש את ישימותה ותועלתה ובמידת הצורך לצמצם יעדים או לדחות את הפעולה.

4 **פיקוח וליווי מקצועי:** יהיה הקבלן המבצע מקצועי ככל שיהיה, ניסיונו מראה, שפיקוח נחוץ לשמירה על בריאות העובדים, להגנת הסביבה ולשיפור הביצועים בשטח. כדי שהמתווה יתקדם כהלכה משלב הגדרת המטרות, דרך התכנון והביצוע ועד להשגת היעדים, ישנה חשיבות רבה לליווי מקצועי של בעלי ידע וניסיון בתחום.

נכון להיום, אין בעולם אף שיטה אחת המומלצת לטיפול גורף במוקדים של שיטה כחלחלה, ובמקומות רבים בעולם מומלץ טיפול משולב מכני וכימי (Giuseppe et al., 2018). ממצאי המחקר המקדים הראו שפרוטוקול 'קידוח ומילוי' נמצא מהיר ונוח ליישום, אך הביא ליצירת מפגע נופי וסבך בלתי עביר, שאינו מאפשר טיפול בהתחדשויות בחלקות המטופלות, ומגדיל את הסכנה של התפשטות שרפות. פרוטוקול ההדברה 'כריתה והדברת הגדמים' נמצא יעיל מאוד לטיפול בשיטה כחלחלה, בשימוש בשני התכשירים 'שוטגן' ו'ראונדאפ' בריכוזים שונים. ממצאי הניסוי סותרים את ההנחה, שיישום הפרוטוקול של כריתה והדברה מביא לריבוי וגטטיבי אגרסיבי בחלקות המטופלות (דופור-דרור, 2019). ריבוי וגטטיבי אכן נמצא, אולם התרומה של בנק הזרעים לגיוס פרטים צעירים שכבר שרדו בעונת היובש הראשונה גדול פי עשרה ויותר. טיפול בהתחדשויות זרעים, חוטרי גזע וחוטרי שורש נעשה בעזרת טיפול משולב העושה שימוש בשני פרוטוקולי הדברה, 'כריתה והדברת הגדמים' ו'גזום והדברת העלווה'. באופן זה, הטיפול השיגי יעילות גבוהה ובמידה מעטה של פגיעה סביבתית. תוצאות הניסוי לספירת נבטים, חוטרי גזע וחוטרי שורש בשטח הראו יעילות גבוהה מאוד של שיטה זו, עם מעט מאוד התחדשויות לאחר שלושה חודשים ממועד הטיפול.

יש הרואים מפגע סביבתי בשימוש בהדברה כימית בשטחים טבעיים, אבל בהיעדר אייב טבעי אפקטיבי אין אף דרך יעילה אחרת להתמודדות עם התחדשויות זרעים בכתמים צפופים ורציפים (Krupek et al., 2016), בייחוד באזורים סלעיים והרריים שלא ניתן לבצע בהם חיטוי סולרי להשמדת בנק הזרעים בקרקע (Cohen et al., 2019). במקרה הנידון, מטרות העל של המיזם היא בלימת ההתפשטות של השיטה הכחלחלה ממוקדים קיימים לשטחים סמוכים, ולכן מחיר הפגיעה החלקית באותם המוקדים, שגודלם הכללי קטן יחסית, נראה סביר ביחס למניעת השתלטות הצמח הפולש בנוף. שימוש זהיר ומושלם בתכשירי הדברה ועל פי הוראות היצרן עשוי להפחית באופן ניכר את ההשפעות השליליות הכרוכות בהדברה הכימית באותם המוקדים.

- Higgins SI, Richardson DM, and Cowling RM. 2007. Using a dynamic landscape model for planning the management of alien plant invasions. *Ecological Application*, 10(6), 1833-1848.
- Hohmann MG, Just MJ, Frank PJ, Wall WA, and Gray JB. 2013. Prioritizing invasive plant management with multi-criteria decision analysis. *Invasive Plant Science and Management*, 6(3), 339-351. doi: 10.1614/IPSM-D-11-00080.1.
- IUCN. 2018. *Guidelines for invasive species planning and management on islands*. IUCN Cambridge, UK and Gland, Switzerland. doi: 10.2305/iucn.ch.2018.15.en.
- Krupek A, Gaertner M, Holmes PM, and Esler KJ. 2016. Assessment of post-burn removal methods for *Acacia saligna* in Cape Flats Sand Fynbos, with consideration of indigenous plant recovery. *South African Journal of Botany*, 105, 211-217. doi: 10.1016/j.sajb.2016.04.004.
- Kutiel (Bar) P, Cohen O, and Shoshany M. 2004. Invasion rate of the alien species *Acacia saligna* within coastal sand dune habitats in Israel. *Israel Journal of Plant Sciences*, 52(2), 115-124. doi: 10.1560/8BK5-GFVT-NQ9J-TLN8.
- Le Maitre DC, Gaertner M, Marchante E, Ens EJ, Holmes PM, Pauchard A, O'Farrell PJ, Rogers AM, Blanchard R, Blignaut J, and Richardson DM. 2011. Impacts of invasive Australian acacias: Implications for management and restoration. *Diversity and Distributions*, 17(5), 1015-1029. doi: 10.1111/j.1472-4642.2011.00816.x.
- Manor R, Cohen O, and Saltz D. 2008. Community homogenization and the invasiveness of commensal species in Mediterranean afforested landscapes. *Biological Invasions*, 10(4), 507-515. doi: 10.1007/s10530-007-9147-4.
- Marzalletti F, Bazzichetto M, Giulio S, Acosta ATR, Stanisci A, and Carranza ML. 2019. Modelling *Acacia saligna* invasion on the Adriatic coastal landscape: An integrative approach using LTER data. *Nature Conservation*, 34, 127-144. doi: 10.3897/natureconservation.34.29575.
- Matzek V, Covino J, Funk JL, and Saunders M. 2014. Closing the knowing-doing gap in invasive plant management: Accessibility and interdisciplinarity of scientific research. *Conservation Letters*, 7(3), 208-215. doi: 10.1111/conl.12042.
- Miller JH, Manning ST, and Enloe SF. 2013. A management guide for invasive plants in southern forests. *General Technical Report*. SRS-131. Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture Forest Service, Southern Research Station. <https://www.srs.fs.usda.gov/pubs/36915>.
- Mostert E, Gaertner M, Holmes P, O'Farrell PJ, and Richardson DM. 2018. A multi-criterion approach for prioritizing areas in urban ecosystems for active restoration following invasive plant control. *Environmental Management*. 62(6), 1150-1167. doi: 10.1007/s00267-018-1103-9.
- Radosevich SR, Endress BA, and Parks CG. 2005. Defining a regional approach for invasive plant research and management. In: Inderjit (Eds). *Invasive Plants: Ecological and Agricultural Aspects*. Birkhäuser Basel. pp. 141-165. doi: 10.1007/3-7643-7380-6_9.
- Rebertson MP, Villet MH, Fairbanks DHK, Henderson L, Higgins SI, כהן ע, קותיאל פ, שושני מ ושו"ב מ. 2002. התפשטות שיטה כחלחלה (*Acacia saligna*) בחולות ניצנים: דוגמא לחדירה ביולוגית במערכת חופית. **אופקים בגאוגרפיה** 55, 79-96.
- מילוג – המילון העברי החופשי ברשת. 2020. טיפול/ <https://milog.co.il/>
- ערד א, אורן א, רומם א, סיני ר, פרלברג א, מנדלסון ע, רון מ"י, אמדור ל ורמון א. 2016. **צפון הרי ירושלים: סקר, ניתוח והערכה של טבע, נוף ומורשת האדם**. מכון דש"א דמותה של ארץ, יחידת סקרי טבע ונוף.
- פורת י, צורף ח ואסם י. 2013. **מתווה להכנת תוכנית אב וממשק ליער ע"פ עקרונות תורת ניהול היער – יער הקדושים כמודל**. מסמך מדיניות, קק"ל.
- Baker CM. 2017. Target the source: optimal spatiotemporal resource allocation for invasive species control. *Conservation Letters*, 10(1), 41-48. doi: 10.1111/conl.12236.
- Bellard C, Cassey P, and Blackburn TM. 2016. Alien species as a driver of recent extinctions. *Biology Letters*, 12(4), 2016-2019. doi: 10.1098/rsbl.2015.0623.
- Cohen O and Bar (Kutiel) P. 2017. The impact of *Acacia saligna* invasion on the indigenous vegetation in various coastal habitats in Israel and its implication for nature conservation. *Israel Journal of Plant Sciences*. 64(1-2), 111-121. doi: 10.1080/07929978.2016.1275362.
- Cohen O, Gamliel A, Katan J, Shubert I, Guy A, Weber G, and Riov J. 2019. Soil solarization based on natural soil moisture: A practical approach for reducing the seed bank of invasive plants in wetlands. *NeoBiota*, 51, 1-8. doi: 10.3897/neobiota.51.36838.
- Darin GMS, Schoenig S, Barney JN, Panetta FD, and DiTomaso JM. 2011. WHIPPET: A novel tool for prioritizing invasive plant populations for regional eradication. *Journal of Environmental Management*, 92(1), 131-139. doi: 10.1016/j.jenvman.2010.08.013.
- Davies KW and Sheley RL. 2007. Weed science society of America for preventing the spatial dispersal of invasive plants. *Weed Science*, 55(2), 178-184. doi: 10.1614/WS-06-161.1.
- Denslow JS. 2007. Managing dominance of invasive plants in wildlands. *Current Science*, 93(11), 1579-1586.
- Fletcher CS, Westcott DA, Murphy HT, Grice AC, and Clarkson JR. 2015. Managing breaches of containment and eradication of invasive plant populations. *Journal of Applied Ecology*, 52, 59-68. doi: 10.1111/1365-2664.12361.
- Forsyth GG, Le Maitre DC, O'Farrell PJ, and van Wilgen BW. 2012. The prioritisation of invasive alien plant control projects using a multi-criteria decision model informed by stakeholder input and spatial data. *Journal of Environmental Management*, 103, 51-57. doi: 10.1016/j.jenvman.2012.01.034.
- Giuseppe B, Vanessa L, and Etienne B. 2018. *Information on measures and related costs in relation to species considered for inclusion on the Union list: Acacia Saligna*. <https://circabc.europa.eu/sd/a/7685ce4c-b6c4-4fd7-96b6-0c360ffbf4/TSSR%20Task%202018%20Acacia%20saligna.pdf>.
- Grice AC, Clarkson JR, Friedel MH, Murphy HT, Fletcher CS, and Westcott DA. 2012. Containment: The state of play. In *Eighteenth Australasian Weeds Conference*.

- Von Der Lippe M and Kowarik I. 2007. Long-distance dispersal of plants by vehicles as a driver of plant invasions. *Conservation Biology*, 21(4), 986-996. doi: 10.1111/j.1523-1739.2007.00722.x.
- Walsh JR, Carpenter SR, and Vander Zanden MJ. 2016. Invasive species triggers a massive loss of ecosystem services through a trophic cascade Water clarity. *PNAS*, 113(15), 4081-4085. doi: 10.1073/pnas.1600366113.
- Zimmerman C, Jordan M, Sargis G, Smith H, and Schwager K. 2011. An Invasive Plant Management Decision Analysis Tool Contact Information. Version 1.1. The Nature Conservancy, Arlington, Virginia.
- Hoffmann JH, Maitre DCL, Palmer AR, Riggs I, Shakleton CM, and Zimmermann HG. 2003. A proposed prioritization system for the management of invasive alien plants in South Africa. *South African Journal of Science*, 99, 37-44.
- Robison R, Barve N, Owens C, Darin GS, and DiTomaso JM. 2013. Mapping and eradication prioritization modeling of red sesbania (*sesbania punicea*) populations. *Environmental Management*, 52(1), 19-28. doi: 10.1007/s00267-013-0063-3.
- U.S. Fish and Wildlife Service and California Invasive Plant Council. 2018. Land Manager's Guide to Developing an Invasive Plant Management Plan. (December), pp. 1-76. https://bugwoodcloud.org/mura/mipn/assets/File/USFS/2019%20Invasive%20Plant%20Mgmt%20Planning_BMP_USFWS.pdf.



טיפול משולב להדברת התחדשויות של שיטה כחלחלה בהרי יהודה
צילום: עודד כהן

חורש חמים, יער קריר: שימוש בצילום תרמי להערכת ניצול מים בעצי חורש ויער

עומרי לפידות^{1*} | תימאה איגנט² | רונית רוד² | עידו רוג¹
ויקטור אלחנתיס² | תמיר קליין^{1**}

1 המחלקה למדעי הצמח והסביבה, מכון ויצמן
2 המכון להנדסה חקלאית, מנהל המחקר החקלאי – מרכז וולקני, בית דגן
* Lapidot4@gmail.com
** tamir.klein@weizmann.ac.il

תקציר

מבין סוגי היער הקיימים, החורש הים תיכוני חשוף במיוחד לתנודות בזמינות המים. לכן, ניטור דפוסי ניצול המים של מיני העצים העיקריים בו הוא מפתח לכימות מאזן המים המקומי והאזורי. השיטות הקיימות למדידת ניצול מים בעצים על פני שטחים נרחבים מוגבלות ומאומצות, ולכן שיטות עקיפות עשויות להיות יעילות יותר. התאדות מים דרך פיוניות בשטח הפנים של העלה מתבטאת בקירור, ועל כן הבדלי הטמפרטורה בין העלה לאוויר סביבו ($\Delta T_{\text{leaf-air}}$) יכולים לשמש אומדן מהימן לניצול המים של העץ.

במחקר זה מדדנו את קצב הדיות ישירות וכן בעזרת מצלמה תרמית מהקרקע כדי לבחון את הקשר בין דיות לבין $\Delta T_{\text{leaf-air}}$ במיני עצים עיקריים בחורש וביער. ביצענו ניסויים מבוקרים במקביל למדידות ביער בחמישה מיני עצים הנבדלים בצורת העלה (מחטניים: אורן ירושלים וברוש מצוי; רחבי-עלים פשוטים: אלון מצוי וחרוב מצוי; רחבי-עלים מורכב: אלת המסטיק). כמו כן, השתמשנו בגישה כמותית של חישוב מאזן האנרגיה של העלה לשם הערכת קצב הדיות מתוך הצילום התרמי, בהשוואה למדידה הישירה.

תצפיותינו מראות כי השימוש בצילום תרמי מאפשר לאמוד הבדלים בטמפרטורת העלה הקשורים לדיות במינים שונים ולהעריך את קצב הדיות בסביבה הטבעית. מצאנו כי מחטי האורן והברוש היו קרות משמעותית בהשוואה ליתר העלים, וכי $\Delta T_{\text{leaf-air}}$ תלוי בקצב הדיות וייחודי למין העץ.

מילות מפתח

דיות, חילופי גזים, עצים מחטניים, עצים רחבי-עלים, צילום תרמי, קירור באידוי

הקדמה

Crop Water Stress Index; Idso et al., 1981; Jackson) CWSI (et al., 1981). מחקרים קודמים מצאו כי טמפרטורת העלווה, הנמדדת באמצעים תרמיים, מושפעת ממבנה חופת העלים (צפיפות החופה, כיסוי עלים וכו') (Leuzinger and Körner, 2007) וכן מתכונות העלה (גודל, צורה וזווית) (Jarvis and McNaughton, 1986; Bridge et al., 2013). תכונות אלה קובעות את מידת ההתנגדות האווירודינמית להולכת חום, כך שעלייה בגודל העלה ובצפיפות חופת העלים מתבטאת בטמפרטורת עלווה גבוהה יותר.

כיום מדידת קצב אידי המים מן העלים ומוליכות הפיוניות נעשית במדידה ישירה של עלה בודד בעזרת תא מדידה המצויד בחיישן אינפרה-אדום לפחמן דו-חמצני ולאדי מים (Klein et al., 2013). שיטה זו נחשבת מדויקת אך קשה לביצוע על פני שטחים נרחבים, וחשופה לטעויות מדידה הנובעות ממספר מוגבל של פרטים וחזרות. נוסף על כך, מחקרים קודמים מראים כי מדידה של עלה בודד אינה משקפת את מצב העץ כולו (Ferraz et al., 2016). ההתפתחות המואצת בטכנולוגיות החישה התרמית וההתקדמות בתחום הלויינים וכלי התעופה הבלתי מאוישים מאפשרות לבצע מדידות מרחוק ברזולוציה מרחבית גבוהה ובקנה מידה גדול. שיטה זו אינה פולשנית, ולכן אינה משפיעה על תפקוד העץ בזמן המדידה. יתרה מכך, היא מאפשרת לאסוף מידע על מספר רב של עצים בפרק זמן קצר. למרות זאת, השימוש בצילום תרמי ביער עדיין מועט, והידע על טמפרטורת העלווה של מיני עצים שונים בחורש הים תיכוני מוגבל.

בעקבות תחזיות האקלים הצופות שינויים בזמניות המים בקרקע והצורך בניטור דפוסי ניצול מים בקנה מידה גדול, מטרת המחקר היא לבחון את הקשר בין קצב הדיות לבין הבדלי הטמפרטורה בין העלה לאוויר סביבו ($\Delta T_{\text{leaf-air}}$) בחמישה מינים עיקריים בחורש וביער וכן לבחון את השימוש בצילום תרמי ככלי להערכת ניצול המים. השערותינו היו כי עבור כל מיני העצים הנחקרים, יש קשר שלילי בין קצב הדיות לבין $\Delta T_{\text{leaf-air}}$ וכי מדידה עקיפה של קצב הדיות, המבוססת על חישובי מאזן אנרגיה, תהיה קרובה למדידה הישירה באמצעות תא מדידה.

שיטות וחומרים

אתר המחקר ועצי המחקר

המחקר נערך באזור שפלת הרי יהודה (31°43'N, 34°57'E, גובה 320 מטר מעל פני הים), בחלקת יער נטועה הממוקמת כ-4 ק"מ דרום-מערבית לבית שמש. חלקת היער נשלטת בעיקר בעצי אלון מצוי ואורן ירושלים. אזור זה מתאפיין באקלים ים תיכוני עם טמפרטורה שנתית ממוצעת של 20°C וכמות משקעים שנתית ממוצעת של 490 מ"מ. במחקר קודם של Klein ושות' (2013) באותה חלקת יער נמדדו קצבי דיות והטמעה נמוכים וכן ערכים גבוהים של יעילות ניצול המים (היחס בין קצב הטמעת פחמן דו-חמצני למוליכות פיוניות). הנתונים מעידים על עקת מים ועל רמת פעילות נמוכה של הצמחייה בתקופה היבשה (מאי-אוקטובר), בניגוד לרמת פעילות גבוהה שנרשמה בתקופה הרטובה בשנה (נובמבר-אפריל). לפיכך, כדי לבחון את הקשר שבין

חורש ים תיכוני, תצורת יער נרחבת סביב אגן הים התיכון, מאופיין במגוון מינים של עצים נמוכים ושיחים, לרוב קשי-עלים (סקלרופיליים) וירוקי-עד, הגדלים בצפיפות זה לצד זה (Danin, 1988). מערכת אקולוגית זו מושפעת בעיקר מטמפרטורת האוויר ומתכולת המים בקרקע, ועל כן חשופה לפגיעה בעקבות שינוי אקלים קיצוני (Lavorel et al., 1998). למעשה, תחזיות האקלים מנבאות כי אזור אגן הים התיכון יושפע משינוי האקלים יותר מכל אזור אחר על פני כדור הארץ בשל מיקומו הגאוגרפי בשולי רצועת המדבריות העולמית (Giorgi, 2006). התחזיות מצביעות על עלייה בטמפרטורת האוויר, וכן על תקופות יובש ממושכות יותר מבעבר (Goubanova and Li, 2007). במקביל חל שינוי במשטר הגשמים ובאופן הפיזור של הגשם במהלך העונה (יוסף ושות', 2019). שינויים אלה, בתורם, יוצרים מאזן מים שלילי לעצים וזמניות מים מוגבלת בקרקע.

למיני העצים ביער ובחורש הים תיכוני ישנם מנגנוני הישרדות שונים להתמודדות עם מחסור במים ועם תנאי יובש קיצוניים. במהלך הקיץ צמחים "חסכנים" (איזוהידריים) כמו אורן ירושלים (*Pinus halepensis*), עץ מחטני בעל מערכת שורשים רדודה יחסית, ממזער את מוליכות הפיוניות בעלים בתגובה להתייבשות הקרקע וכך מצמצמים את אובדן המים המשתחררים בדיות (Klein et al., 2011). מנגד, צמחים "בזבזנים" (בעלי בקרת פיוניות אנהיזוהידרית) כמו אלון מצוי (*Quercus calliprinos*), עץ רחב-עלים בעל מערכת שורשים עמוקה, שומרים על פתיחת פיוניות ממושכת גם בתקופות שהקרקע יבשה, וכך מתאפשרות יצרנות ראשונית וגדילה בתנאים קיצוניים (Klein et al., 2013). הבדלים אלה במנגנוני בקרת הפיוניות (אנ/איזוהידרי) ובאופן ניצול המים בקרקע יוצרים שינויים בזמניות המים במרחב ובזמן, ומשפיעים על מאזן המים המקומי והאזורי. בשל כך, ישנה חשיבות לניטור דפוסי ניצול המים של מיני העצים העיקריים ביער.

ניצול המים על ידי העץ הוא תהליך רציף, המתחיל מקליטת המים במערכת השורשים, דרך הובלה בצינוריות העצה ועד דיות דרך פיוניות העלים. בזמן התאידות המים מן העלה אל הסביבה משתחרר חום כמוס, שגורם לקירור שטח פני העלה בתהליך המכונה "קירור באידוי" (evaporative cooling). בעקבות זאת, ככל שעולה קצב הדיות כך טמפרטורת העלה יורדת. לפיכך, מדידת הבדל הטמפרטורה בין העלווה לאוויר יכולה לשמש אומדן מהימן לקצבי הדיות ולמוליכות הפיוניות, וכן למצב המים בעץ (Campbell and Norman, 1990; Fuchs, 1990; Jones, 1992). לתהליך הקירור באידוי יש תפקיד מרכזי בשרירות צמחים בתנאי יובש וחום קיצוניים על ידי מניעת התחממות יתר של רקמות הצמח (Schymanski et al., 2013) ושמירת טמפרטורת העלה בטווח המיטבי לפעילות אנזימטית (Burke and Upchurch, 1989). כבר בשנות ה-60 נעשה שימוש בעקרון הקירור באידוי בביצוע סקרים של טמפרטורת העלווה ככלי להערכת מצב המים ביבולים חקלאיים ולתכנון מועדי ההשקיה (Tanner, 1963; Fuchs and Tanner, 1966). בהמשך פותחו מדדים ייעודיים המבוססים על מדידות הבדל החום בין העלווה לאוויר, כמו למשל מדד עקת מים

מיקרובולומטר הרגיש לתחום הספקטרי של 7.5–14 מיקרומטר, רזולוציה 768×1027 פיקסלים, רגישות תרמית ל- 0.02°C , דיוק של 1°C (עבור טמפרטורות בין 5 ל-150 מעלות) ומצלמה דיגיטלית 5 מגה-פיקסל מובנית. בכל אחד מסבבי המדידות מוקמה המצלמה התרמית בנקודת צילום קבועה ובמרחק ידוע, ואפשרה ללכוד את השטח המואר המרבי של חופת העץ. בכל אחד מהעצים חושבו ערכי הטמפרטורה של חופת העלים מתוך שטח של 2,500 פיקסלים שנבחר ממרכז האזור המואר של חופת העלים בעזרת תוכנת FLIR ResearchIR Max (FLIR Systems, ארה"ב). הבחירה באזור המואר של העלווה נעשתה כדי להימנע מקירור העלים הנובע מהצללה עצמית או מעצים שכנים.

הערכת קצב דיות מתוך הצילום התרמי

הערכת קצב הדיות (E) מתוך הצילום התרמי מתבססת על מאזן האנרגיה של העלה, שלפיו טמפרטורת העלה (T_{leaf}) תלויה בחום הנכנס מאנרגיית השמש ובחום היוצא באידוי ובהסעת חום. מאזן האנרגיה ניתן לתיאור באמצעות המשוואה (Jones, 1992):

$$\frac{T_{\text{leaf}}}{dt} + R_{\text{net}} + M - G - \lambda E - H$$

כאשר R_{net} הוא אנרגיית הקרינה נטו (קצרת גל וארוכת גל) המקלטת בעלה, M הוא אנרגיית חום מטבולית הנוצרת בתהליכי פוטוסינתזה ונשימה (בדרך כלל היא פחות מ-1% מאנרגיית הקרינה ולכן היא זניחה), G הוא שטף האנרגיה אל הקרקע (מניחים שאינו רלוונטי לעלים בחופת העץ), λE הוא אובדן חום כמס בעקבות אידוי מים מן העלה (G הוא החום הדרוש לאידוי מים) ו-H הוא שטף חום מוחשי עקב הסעה או קרינה. במצב יציב, כאשר $\frac{T_{\text{leaf}}}{dt}$ מתאפס, אובדן חום בעקבות אידוי מים שווה לאנרגיית הקרינה נטו פחות שטף החום המוחשי. שטף החום המוחשי תלוי בהפרש הטמפרטורה שבין העלה לאוויר שסביבו ולשכבת הגבול שנוצרת סביב העלה. לכן, צילום תרמי של צידו המואר של העלה, בד בבד עם מדידת טמפרטורת האוויר ומהירות הרוח, יאפשרו לחשב את קצב הדיות (להרחבה ראו Jones, 1992).

תוצאות

קצב דיות והפרש הטמפרטורה בין העלה לסביבה ($\Delta T_{\text{leaf-air}}$) בעצי יער בוגרים

קצבי הדיות של עצי יער בוגרים נמדדו בשני ימי שדה בתקופת האביב, ב-20 וב-26 במרץ 2018 ביער הראל. לאחר החורף תכולת המים בקרקע גבוהה יחסית, וקצבי הדיות אינם מוגבלים. תכולת הרטיבות בקרקע נמדדה בעומקים של 5, 25 ו-35 ס"מ: 10.92 ± 0.03 , 6.34 ± 0.02 ו- 8.11 ± 0.01 אחוזים ביום המדידה הראשון ו- 12.09 ± 0.02 , 7.3 ± 0.01 ו- 8.36 ± 0.01 אחוזים ביום המדידה השני, בהתאמה. הבדלים משמעותיים נצפו בקצבי הדיות בין מיני העצים השונים (איור 1; ממוצע לשמונה פרטים מכל מין). הברוש והאלון הראו דפוסי התנהגות דומים עם דיות מרבי בשעות הצהריים, בקצב של 2.10 ± 0.33 ו- 1.04 ± 0.13 מילימול מים למ"ר בשנייה, בהתאמה. מנגד,

קצב הדיות לבין $\Delta T_{\text{leaf-air}}$, ימי המדידה נערכו בחודש מרץ 2018, בזמן שקצבי הדיות ותכולת המים בקרקע גבוהים יחסית. המחקר התבצע על חמישה מיני העצים העיקריים המרכיבים את תצורות היער והחורש הים תיכוני. המינים נבחרו על פי צורת העלה (רחבי-עלים ומחטניים) וצורת הבקרה על מוליכות פיוניות (אנ/איזוהידרית). מבין המינים רחבי-העלים שנבחרו, האלון המצוי, המתאפיין בנטייה לאנאיזוהידריות, שומר על מוליכות הפיוניות בפוטנציאל מים קטן מ- $[-4.0]$ מגה-פסקל (Klein et al., 2013), כלומר, הפיוניות נשארות פתוחות גם כשהאדמה יבשה מאוד. לעומת זאת, אלת המסטיק (*Pistacia lentiscus*) והחרוב המצוי (*Ceratonia siliqua*) מתאפיינים בבקרה איזוהידרית עם ערכי פוטנציאל מים גבוהים יותר באמצע היום, $[-2.1]$ ו- $[-1.8]$ מגה-פסקל, בהתאמה (Trifilò et al., 2015), משמע, הם סוגרים פיוניות באדמה יבשה. בקרב מיני המחטניים שנבחרו, אורן ירושלים, המתאפיין בבקרת פיוניות איזוהידרית, ממזער את מוליכות הפיוניות בעלים בפוטנציאל מים של $[-3.1]$ מגה-פסקל (Klein et al., 2011), בניגוד לברוש המצוי בעל בקרת פיוניות אנאיזוהידרית, שהסף שלו לסגירת פיוניות הוא $[-4.5]$ מגה-פסקל (Froux et al., 2005).

נתונים מטאורולוגיים

נתונים מטאורולוגיים סופקו על ידי השירות המטאורולוגי הישראלי. טמפרטורת האוויר והלחות היחסית נמדדו בגובה סטנדרטי של שני מטרים מעל הקרקע בתחנה המטאורולוגית בית ג'ימל, הממוקמת כ-1.4 ק"מ מאתר המחקר. מהירות הרוח נמדדה בגובה סטנדרטי של עשרה מטרים, בתחנה המטאורולוגית נתיב הל"ה, הממוקמת כ-4.5 ק"מ מאתר המדידה. בשתי תחנות המדידה נמדד ממוצע מדי עשר דקות.

מדידת קצבי דיות

עשרים עצי יער בוגרים (5 מיני עצים $\times 4$ פרטים לכל מין) נבחרו וסומנו למדידות חוזרות של קצבי דיות במהלך שני ימי שדה במהלך חודש מרץ 2018. במהלך כל יום שדה, המדידה התבצעה בשלושה מחזורים (בוקר 9:00–11:00, צהריים 11:00–13:00 ואחר הצהריים 13:00–15:00). בעזרת תא מדידה נישא המצויד בחיישן אופטי אינפרה-אדום לפחמן דו-חמצני ולאדי מים (Walz, GFS-3000), גרמניה). הטמפרטורה, הלחות היחסית ועוצמת האור בתא כונו כן שיהיו זהות לתנאי הסביבה.

תכולת מים ופוטנציאל מים בקרקע

תכולת המים (%) ופוטנציאל המים בקרקע נמדדו באמצעות חיישן רטיבות קרקע נפחי EC-5 וחישה פוטנציאל מים MPS-6 (Decagon devices Inc., ארה"ב). החיישנים הוטמנו במרכז חלקת היער בעומקים של 5, 25 ו-30 ס"מ מתחת לפני השטח. החיישנים חוברו לאוגר נתונים Em50 (Decagon devices Inc., ארה"ב) שתוכנת לאיסוף הנתונים מדי 30 דקות.

צילום תרמי וניתוח תמונה

צילום תרמי של חופת העלים נעשה באמצעות מצלמה תרמית לא מקוררת FLIR T1030 (FLIR Systems, ארה"ב) עם חיישן

מהחשיפה הישירה לקרינת השמש. טמפרטורת פני שטח העלה נקבעת על ידי מאזן האנרגיה שבין החום הנקלט שמגיע מקרינת השמש לבין החום הנפלט בדיות ובהסעה (Campbell and Norman, 1992; Jones, 1990). מדידות הדיות של עצי האלון בימי המדידה מצביעות על קצבי דיות נמוכים יחסית לשאר המינים (איור 1). ייתכן שברמות דיות נמוכות אלה, עבור האלון הקירור באידוי חלש מהחימום של קרינת השמש, ולכן נראית עלייה ב- $\Delta T_{\text{leaf-air}}$. הממצאים מראים כי הקשר בין טמפרטורת העלה לקצב הדיות הוא תלוי-מין, ולכן נשאלת השאלה: כיצד טמפרטורת העלים משתנה בין מיני עצים הנבדלים זה מזה בצורת העלה?

טמפרטורות העלים מראות כי מיני עצים בעלי עלים מחטניים היו קרים בצורה משמעותית (איור 3) והציגו התפלגות טמפרטורות צרה יותר מזו של מיני עצים רחבי-עלים (איור 2). ההבדלים יכולים לנובע מהשוני בגודל ובצורה של העלה, שמשפיע על מהירות זרם האוויר ועל שכבת הגבול שנוצרת סביב פני השטח של העלה. המהירות ושכבת הגבול משפיעות על מעבר אדי מים וחום אל הסביבה (Domingo et al., 1996). עלים קטנים ודקים, כדוגמת מחטים כשל האורן והברוש, מאופיינים בהתנגדות נמוכה למעבר חום, ולכן הטמפרטורה שלהם תהיה קרובה לטמפרטורת האוויר או מתחתיה (איור 2). במחקר ביער ממוזג הוצע כי ההבדל בטמפרטורת העלים של מיני עצים שונים נובע גם מהשוני בצורה ובמבנה של חופת העלים (Leuzinger and Körner, 2007). גורמים אלה משפיעים על חדירת הרוח מבעד לחופת העלים ועל ערבול האוויר, שמשפיעים על היווצרות שכבת הגבול סביב העלה. כלומר, מיני עצים בעלי חופת עלים צפופה וסגורה צפויים להיות חמים יותר ממיני עצים בעלי חופת עלים פתוחה ומרווחת (Scherrer et al., 2011). ואכן, ההנחות הללו נמצאו נכונות, ומצאנו כי בקרב עצי יער בוגרים, עצי חרוב בעלי חופת עלים פתוחה יחסית היו קרים מעצי אלון בעלי חופת עלים סגורה וצפופה. באותו אופן, בקרב המינים המחטניים, עצי הברוש היו חמים מעצי האורן (איור 2).

השוואה בין מדידה ישירה ועקיפה של קצב הדיות

הערכות קצב הדיות מתוך התמונות התרמיות מראות כי המדידה העקיפה, המחושבת על בסיס משוואות מאזן אנרגיה, הייתה קרובה יחסית למדידה הישירה, אולם קיימת הערכת יתר. ייתכן כי ההבדלים נובעים מאופני המדידות. בעוד שמדידה ישירה מבוססת על חישוב היחס של כמות מולקולות המים הנכנסת והיוצאת מתוך תא מדידה סגור ובו עלה בודד, הצילום התרמי מבוסס על חישוב הקרינה המוחזרת מחופת העלים בסביבה פתוחה. מחקרים קודמים מסבירים כי בתא מדידה סגור שוררים תנאי מיקרו-אקלים שונים מאלה שבסביבה הפתוחה, כמו מהירות רוח גבוהה ואוויר יבש יותר, שמשפיעים על קצב הדיות הנמדד (Inoue et al., 1990), ולכן לא ניתן להשליך ממדידה של עלה בודד על מצב העץ כולו (Ferraz et al., 2016). באופן כללי, נראה כי השימוש בשיטה העקיפה היה מדויק יותר עבור רחבי-עלים מאשר עבור עלים מחטניים, כפי שצפוי ממשוואות שפותחו תחילה עבור עלה שטוח ובהמשך עברו התאמה לצורת גליל. תוצאות המחקר שלנו מלמדות כי הגישה הכמותית לחישוב קצב הדיות אומנם טובה, אך עוודנה מוגבלת במידת הדיוק שלה עבור מינים שונים, ולכן יש לפתח

החרוב, האלה והאורן הראו קצב דיות מרבי בשעות הבוקר (2.62 ± 0.34 , 2.35 ± 0.39 ו- 1.90 ± 0.22 , בהתאמה) שירד בהתמדה עד שעות אחר הצהריים (1.41 ± 0.24 , 1.56 ± 0.37 ו- 0.93 ± 0.14 , בהתאמה).

בכל המינים פרט לאורן נמצא כי טמפרטורת העלים גבוהה יותר מסביבתם. רק מחטי האורן היו קרות באופן מובהק משאר המינים ($0.26 \pm 1.17^\circ\text{C}$ מתחת לטמפרטורת הסביבה) (איור 1). נוסף על כך, בכל המינים למעט הברוש נראתה עלייה מתמדת ב- $\Delta T_{\text{leaf-air}}$ משעות הבוקר ועד שעות אחר הצהריים (איור 1). עלייה זו בטמפרטורת העלים מראה עקביות עם הירידה המתמדת בקצבי הדיות. המחטניים נבדלו מרחבי-העלים גם בטמפרטורה הממוצעת הנמוכה יותר וגם בהתפלגות הצרה יותר סביב הערך הממוצע (איור 2, איור 3). בחינת הקשר בין קצב הדיות $\Delta T_{\text{leaf-air}}$ באמצעות רגרסיה ליניארית הראתה כי ביום המדידה השני כל מיני העצים מלבד האלון הציגו קווי רגרסיה בעלי שיפוע שלילי (-1.15 עבור האלה, -1.67 עבור האורן, -1.96 עבור החרוב ו- -4.87 עבור הברוש).

השוואה בין מדידה ישירה לבין הערכה של קצבי הדיות

מתוך הצילום התרמי

קצבי הדיות שנמדדו בצורה ישירה, באמצעות תא מדידה, הוצגו כנגד ערכים שחושבו מתוך הצילום התרמי (איור 4), על בסיס משוואת מאזן האנרגיה של העלה. קו 1:1 אלכסוני מייצג התאמה מלאה בין המדידה הישירה (ציר X) לבין ההערכה (ציר Y) של קצבי הדיות. עבור כל המינים, טווחי הערכים המחושבים של קצבי הדיות נעו בין 0 ל-6 מילימול מים למ"ר בשנייה. השגיאה המוחלטת הממוצעת (Mean Absolute Error) שנמדדה עבור כל מין נעה בין 0.99 לבין 1.54 מילימול מים למ"ר בשנייה. בחרוב נרשמה השגיאה הנמוכה ביותר, ובאורן – הגבוהה ביותר. באופן כללי, 66 אחוזים מתוך כלל ערכי קצבי הדיות היו מעל קו 1:1, משמע, בשימוש בצילום התרמי ישנה הערכת יתר של קצבי הדיות בהשוואה למדידת טמפרטורת עלה ישירה באמצעות תא מדידה.

דיון ומסקנות

הקשר בין קצב הדיות לבין $\Delta T_{\text{leaf-air}}$

במחקר זה נמצא קשר הפוך בין קצב הדיות לבין $\Delta T_{\text{leaf-air}}$, כמצופה מאפקט הקירור שנוצר כאשר מים מתאדים ומשתחררים מהפוניות שעל פני העלה (Gates, 1968). מעבר של מים מפאזה נוזלית לפאזה גזית צורך אנרגיה בצורת חום כמוס המגיע מהעלה, ולפיכך, בשעות הבוקר, כאשר קצב הדיות גבוה יחסית לשאר היום, הקירור באידוי שומר על העלווה קרירה, בניגוד לשעות אחר הצהריים (איור 1). תצפיות אלה מאשרות את היכולת של הצילום התרמי להבחין בהבדל טמפרטורה הקשורים לדיות. מעניין לראות כי ביום המדידה השני נצפה קירור באידוי לאורך היום בכל מיני העצים הנבדקים מלבד באלון. ייתכן שהסיבה לתוצאות החרגות עבור האלון, כלומר לעלייה בטמפרטורת פני העלה במקביל לעלייה בקצב הדיות (המתבטאת במתאם חיובי בין שני המשתנים), קשורה להתחממות הנובעת

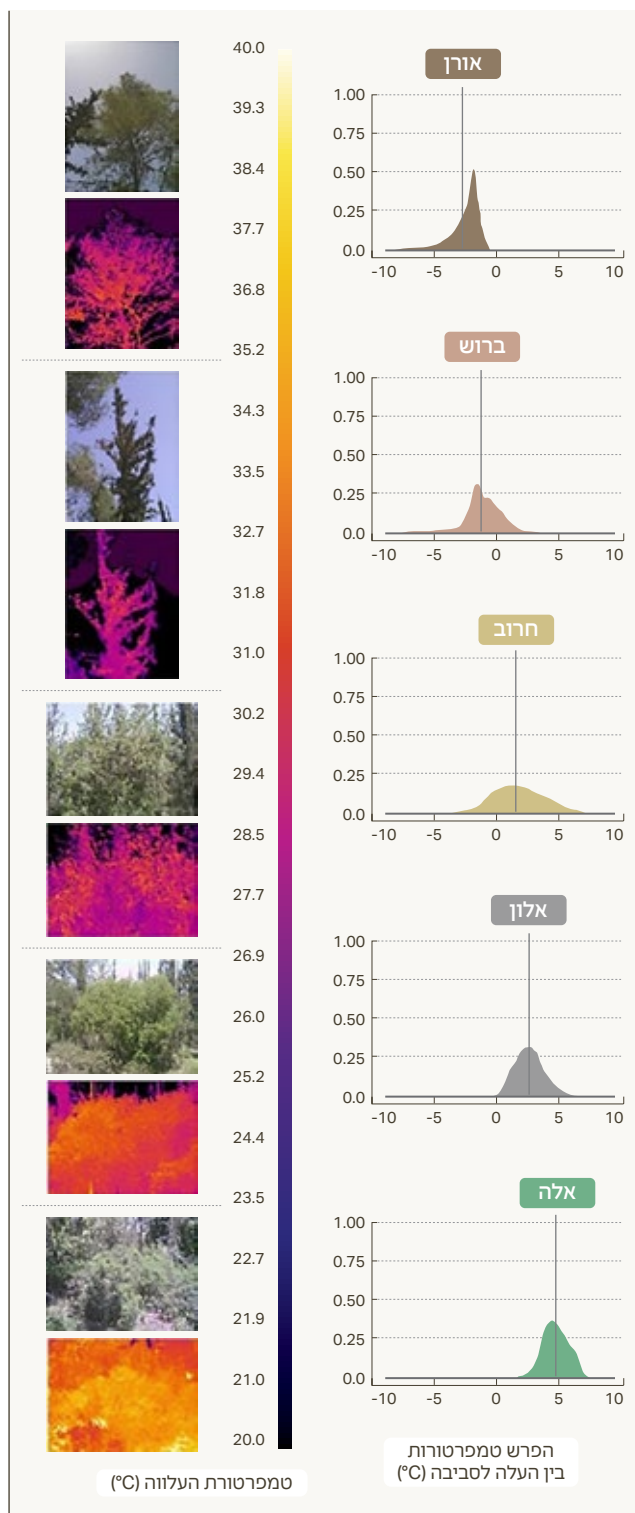


Figure 2

Foliage temperature

Probability density function graphs of $\Delta T_{\text{leaf-air}}$ of five tree species in the Harel Forest on 26 March 2018 (right); thermal vs. RGB images of the tree species (left).

איור 2

טמפרטורת העלווה

פונקציות השכיחות של ההפרש בין טמפרטורת העלה לאוויר סביבו במיני העצים הבוגרים ביער הראל ב-26 במרץ 2018 (ימין), תמונות תרמיות צבעוניות לצד תמונות דיגיטליות רגילות של מיני העצים השונים (שמאל).

התאמות ייחודיות לכל מין. בו-בזמן, התוצאות מדגישות כי השימוש בתא מדידה לייצוג קצב הדיות של העץ השלם – מוגבל.

מחקר זה מראה כי צילום תרמי הוא כלי המאפשר לאמוד הבדלים בטמפרטורת העלה הקשורים לדיות במינים שונים בסביבה הטבעית ביער. עם זאת, הקשר בין קצב הדיות לבין טמפרטורת העלים ייחודי לכל מין, ומושפע מהבדלים בתכונות העלה כמו גודל וצורה, וכן ממבנה חופת העלים של העץ. היות שגורמים אלה קובעים את כמות המים שמוחלפת עם האטמוספירה וכן את קרינת השמש המגיעה אל הקרקע, ייתכן שלהרכב חברת המינים ביער ישנה השפעה על האקלים המקומי והאזורי. על כן, אפשר לומר כי לחורש הטבעי בישראל, הנשלט בעצים רחבי-עלים (בעלי חופת עלים צפופה ועלים גדולים), תהיה השפעה חזקה יותר על התחממות האקלים המקומי מאשר ליערות אורנים.

יתרה מכך, כאשר שניונים בקצב הדיות מגולמים מרמת העלה הבודד אל רמת העץ השלם ולרמת היער, הם נעשים משמעותיים עבור מחזור המים בקרקע (Klein et al., 2013). לכן, מדידת קצב הדיות והבנת דפוסי צריכת המים במיני עצים עיקריים ביער ובחורש הים תיכוני באמצעות סקרי טמפרטורות בקנה מידה גדול עשויות לאפשר ניהול נכון ויעיל יותר של היער בישראל. כלים של חישה מרחוק כבר שולבו בהצלחה במחקר היער בישראל, למשל ממדי צמחייה המבוססים על תצלומי לוויין בתחום האדום והאינפרא-אדום הקרוב (Dorman et al., 2013). במחקרים נוספים השתמשו במדדים אלה להערכת התאדות ויצרנות של היער (Helman et al., 2016, 2017) ואף שיעור תמותת עצים (Dorman et al., 2015). מחקרנו עשוי להרחיב את השימוש בכלים הללו לתחום האינפרא-אדום, ולשפר הערכות של ניצול מים של עצי יער.



Figure 1

Diurnal changes in transpiration rate and leaf-air temperature differences in mature trees in the Harel Forest

איור 1

שינויים יומיים בקצב הדיות והפרש הטמפרטורות בין העלה לאוויר סביבו במיני עצים בוגרים ביער הראל

הערכה של קצב הדיות מתוך הצילום התרמי (מילימול מים למ"ר בשנייה)

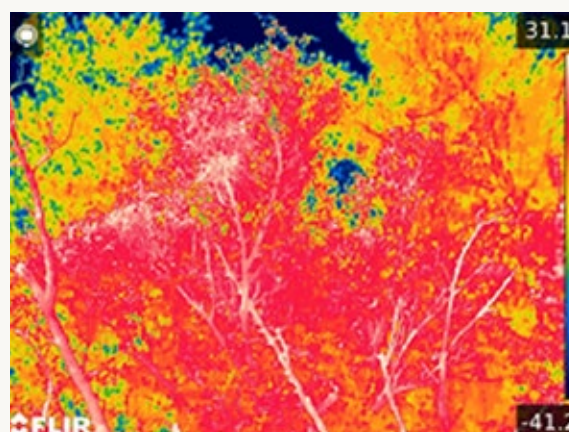
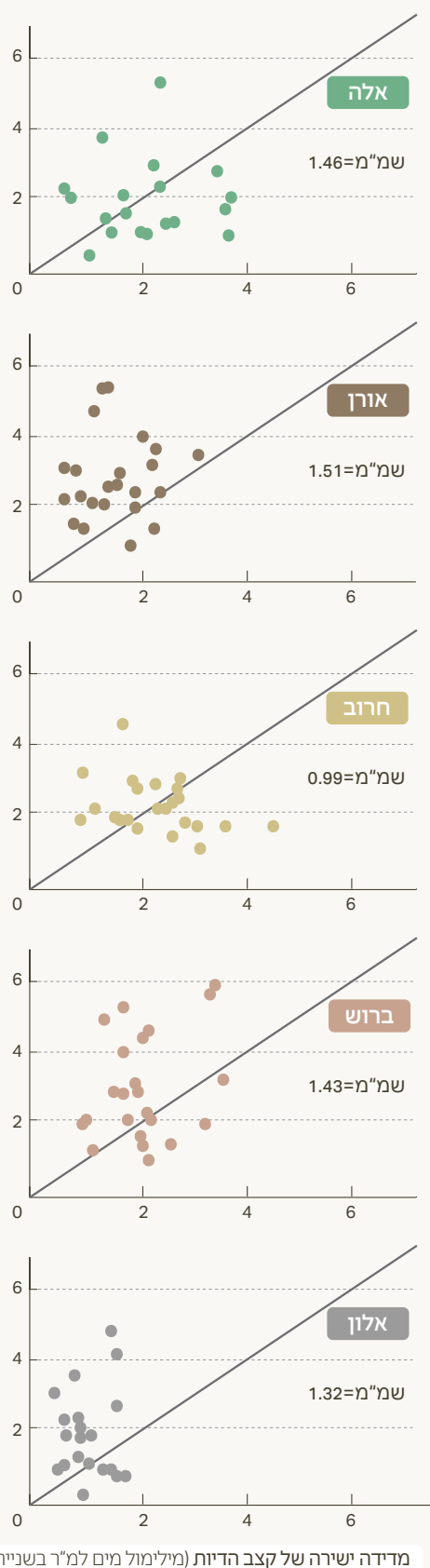


Figure 3

A thermal image (below) and an RGB image (above) of a mature *C. siliqua*, with *P. halepensis* trees in the background, in the Harel forest

The color scale representing the temperature range is on the right side. The thermal image demonstrates how conifer canopies are cooler than nearby, neighboring broadleaf canopies.

איור 3

תמונה תרמית צבעונית (למטה) לצד תמונה דיגיטלית רגילה (למעלה) של עץ חרוב בוגר לצד עצי אורן ירושלים בוגרים ביער הראל
בצידה הימני של התמונה התרמית ניתן לראות את סקלת הצבעים שמייצגים את טווח הטמפרטורות בתמונה. התמונה התרמית ממחישה כיצד חופת העלים של מיני עצים מחטניים קרירה מזו של עצים רחבי-עלים שכנים הנמצאים בקרבתם.

Figure 4

Comparison between measured and estimated Tr values that were calculated from the thermal images of each tree species
Diagonal black lines are 1:1 lines, representing full agreement between the variables. Mean absolute errors are reported.

איור 4

השוואת מדידה ישירה של קצב הדיות כנגד ערכים המחושבים מתוך הצילום התרמי עבור כל אחד ממני העצים
הקו האלכסוני הוא קו 1:1 שמייצג התאמה מלאה בין שני המשתנים. שמ"מ מציינ שגיאה מוחלטת ממוצעת (mean absolute error)

- Helman D, Lensky IM, Yakir D, and Osem Y. 2017. Forests growing under dry conditions have higher hydrological resilience to drought than do more humid forests. *Global Change Biology*, 23(7), 2801-2817.
- Helman D, Osem Y, Yakir D, and Lensky IM. 2017. Relationships between climate, topography, water use and productivity in two key Mediterranean forest types with different water-use strategies. *Agricultural and Forest Meteorology*, 232, 319-330.
- Idso SB, Jackson RD, Pinter PJ, Reginato RJ, and Hatfield JL. 1981. Normalizing the stress-degree-day parameter for environmental variability. *Agricultural Meteorology*, 24, 45-55.
- Inoue Y, Kimball BA, Jackson RD, Pinter PJ, and Reginato RJ. 1990. Remote estimation of leaf transpiration rate and stomatal resistance based on infrared thermometry. *Agricultural and Forest Meteorology*, 51, 21-33.
- Irmak S, Haman DZ, and Bastug R. 2000. Determination of crop water stress index for irrigation timing and yield estimation of corn. *Agronomy Journal*, 92, 1221-1227.
- Jackson RD, Idso SB, Reginato RJ, and Pinter PJ. 1981. Canopy temperature as a crop water stress indicator. *Water Resources Research*, 17, 1133-1138.
- Jarvis PG and McNaughton KG. 1986. Stomatal control of transpiration: Scaling up from leaf to region. *Advances in Ecological Research*, 15, 1-49.
- Jones HG. 1992. *Plants and Microclimate: A Quantitative Approach to Environmental Plant Physiology*. Cambridge: Cambridge university press.
- Jones HG, Hutchinson PA, May T, Jamali H, and Deery DM. 2018. A practical method using a network of fixed infrared sensors for estimating crop canopy conductance and evaporation rate. *Biosystems Engineering*, 165, 59-69.
- Klein T, Cohen S, and Yakir D. 2011. Hydraulic adjustments underlying drought resistance of *Pinus halepensis*. *Tree Physiology*, 31, 637-648.
- Klein T, Shpringer I, Fikler B, Elbaz G, Cohen S, and Yakir D. 2013. Relationships between stomatal regulation, water-use, and water-use efficiency of two coexisting key Mediterranean tree species. *Forest Ecology and Management*, 302, 34-42.
- Lavorel S, Canadell J, Rambal S, and Terradas J. 1998. Mediterranean terrestrial ecosystems: Research priorities on global change effects. *Global Ecology and Biogeography Letters*, 7, 157-166.
- Leuzinger S and Körner C. 2007. Tree species diversity affects canopy leaf temperatures in a mature temperate forest. *Agricultural and Forest Meteorology*, 146, 29-37.
- Scherrer D, Bader MKF, and Körner C. 2011. Drought-sensitivity ranking of deciduous tree species based on thermal imaging of forest canopies. *Agricultural and Forest Meteorology*, 151, 1632-1640.
- Schymanski SJ, Or D, and Zwieniecki M. 2013. Stomatal control and leaf thermal and hydraulic capacitances under rapid environmental fluctuations. *PLoS one*, 8, e54231.
- Tanner CB. 1963. Plant temperatures 1. *Agronomy Journal*, 55, 210-211.
- Trifilò P, Nardini A, Gullo MAL, Barbera PM, Savi T, and Raimondo F. 2015. Diurnal changes in embolism rate in nine dry forest trees: Relationships with species-specific xylem vulnerability, hydraulic strategy and wood traits. *Tree Physiology*, 35, 694-705.
- יוסף י, בהר"ד ע, אוזן ל, כרמנה י, חלפון נ, פורשפן א, לוי י וסחיו נ. 2019. שינויי האקלים בישראל, מגמות עבר ומגמות חזויות במשטר הטמפרטורות והמשקעים. השירות המטאורולוגי, בית דגן, דו"ח מחקר.
- Aubrecht DM, Helliker BR, Goulden ML, Roberts DA, Still CJ, and Richardson AD. 2016. Continuous, long-term, high-frequency thermal imaging of vegetation: Uncertainties and recommended best practices. *Agricultural and Forest Meteorology*, 228, 315-326.
- Bridge LJ, Franklin KA, and Homer ME. 2013. Impact of plant shoot architecture on leaf cooling: A coupled heat and mass transfer model. *Journal of the Royal Society Interface*, 10, 20130326.
- Burke JJ and Upchurch DR. 1989. Leaf temperature and transpirational control in cotton. *Environmental and Experimental Botany*, 29, 487-492.
- Campbell GS and Norman JM. 1990. Estimation of plant water status from canopy temperature: An analysis of the inverse problem. In: MD Steven and Clark JA (Eds). *Applications of Remote Sensing in Agriculture*. London: Butterworths London. pp. 255-271.
- Cohen Y, Alchanatis V, Meron M, Saranga Y, and Tsipris J. 2005. Estimation of leaf water potential by thermal imagery and spatial analysis. *Journal of Experimental Botany*, 56, 1843-1852.
- Danin A. 1988. Flora and vegetation of Israel and adjacent areas. *The Zoogeography of Israel*, 30, 251-276.
- Domingo F, Van Gardingen PR, and Brenner AJ. 1996. Leaf boundary layer conductance of two native species in southeast Spain. *Agricultural and Forest Meteorology*, 81, 179-199.
- Dorman M, Svoray T, Perevolotsky A, and Sarris D. 2013. Forest performance during two consecutive drought periods: Diverging long-term trends and short-term responses along a climatic gradient. *Forest Ecology and Management*, 310, 1-9.
- Dorman M, Svoray T, Perevolotsky A, Moshe Y, and Sarris D. 2015. What determines tree mortality in dry environments? A multi-perspective approach. *Ecological Applications*, 25(4), 1054-1071.
- Ferraz TM, Rodrigues WP, Netto AT, de Oliveira Reis F, Pecanha AL, de Assis FAMM, de Sousa EF, Glenn DM, and Campostrini E. 2016. Comparison between single-leaf and whole-canopy gas exchange measurements in papaya (*Carica papaya* L.) plants. *Scientia Horticulturae*, 209, 73-78.
- Froux F, Ducrey M, Dreyer E, and Huc R. 2005. Vulnerability to embolism differs in roots and shoots and among three Mediterranean conifers: Consequences for stomatal regulation of water loss? *Trees*, 19, 137-144.
- Fuchs M. 1990. Infrared measurement of canopy temperature and detection of plant water stress. *Theoretical and Applied Climatology*, 42, 253-261.
- Fuchs M and Tanner CB. 1966. Infrared thermometry of vegetation 1. *Agronomy Journal*, 58, 597-601.
- Gates DM. 1968. Transpiration and leaf temperature. *Annual Review of Plant Physiology*, 19, 211-238.
- Giorgi F. 2006. Climate change hot-spots. *Geophysical Research Letters*, 33 L08707.
- Goubanova K and Li L. 2007. Extremes in temperature and precipitation around the Mediterranean basin in an ensemble of future climate scenario simulations. *Global and Planetary Change*, 57, 27-42.



ריבוי וגטטיבי והקמת חלקות של עצי איקליפטוס הפורחים בקיץ ובסתיו לתמיכה בענף הדבורים

אבי אליהו^{1*} | ארנון דג² | צבי דומן¹ | שרה שרף¹
סלע יחזקאל¹ | מוחמד אבו-עביד¹ | רועי ויינשטיין³ | עינת שדות¹

- | | |
|--|---|
| המכון למדעי הצמח, מנהל המחקר החקלאי – מרכז וולקני | 1 |
| מרכז מחקר גילת, מנהל המחקר החקלאי – מרכז וולקני | 2 |
| בית הספר למדעי הצמח ובטיחות במזון, הפקולטה למדעי החיים | 3 |
| ע"ש ג'ורג' סי' וייז, אוניברסיטת תל אביב | |
| avi.eliyahu9@gmail.com | * |

תקציר

הקיץ והסתיו היבשים בישראל מציבים בפני ענף המכוורת מחסור עונתי במקורות מזון טבעיים לדבורי דבש. מספר רב של עצי איקליפטוס ניטעו בישראל לטובת מרעה של דבורי דבש. חלק מהם פורחים בקיץ ובסתיו, אולם ניכרים הבדלים בין פרטים מאותו המין בתכונות הפריחה. מאחר שמרבית עצי האיכליפטוס הנטועים בישראל הם זרעים, אנו מניחים כי שונות זו נגרמת עקב שונות גנטית בין הפרטים. כדי לצמצם את השונות הגנטית נקטנו שיטה של השרשת ייחורים מפרטים מצטיינים בעושר פריחה, בייצור שופע של צוף ובמשיכת דבורי דבש בקיץ ובסתיו. נבחרו ארבעה עצי אם מצטיינים מכפר פינס מהמינים איקליפטוס המקור, איקליפטוס טרבוטי, איקליפטוס ברכיפילה ואיקליפטוס ליאוקוקסילון ליאוקוקסילון. נעשתה הערכה של ייצור הצוף ונמצא שעל אף שפע הצוף שאיקליפטוס ליאוקוקסילון ליאוקוקסילון הפריש, הוא לא משך דבורים. הרבינו בהשרשת ייחורים את שלושת המינים האחרים שנמצאו מושכים דבורי דבש. בהתבסס על הנתונים שנאספו, אנו מעריכים כי לחלקה קלונלית של איקליפטוס טרבוטי ואיקליפטוס ברכיפילה יש פוטנציאל להניב 327 ו-526 ק"ג דבש לדונם לשנה בהתאמה. כדי לבדוק אם השרשת הייחורים אכן תאפשר אחידות בפריחה בתנאי גידול שונים, העצים שנוצרו בתהליך הריבוי ניטעו בחלקת מבחן גדולה במרכז וולקני, ובעשר חלקות מבחן נוספות קטנות יותר באזורים שונים – מהערבה, דרך הר חברון, מערב הנגב, השרון ועמקי הצפון ועד רמת הגולן. עשרה חודשים לאחר הנטיעה במרכז וולקני כל העצים של איקליפטוס המקור וכחצי מהעצים מהמינים האחרים כבר נשאו פקעי פריחה.

מילות מפתח

דבש, ייחורים, מאביקים, נטיעות, צוף

מבוא

במיזם התמקדנו בארבעת העצים הבאים, שכולם ניטעו בכפר פינס לפני כ-25 שנה:

1 פרט של איקליפטוס ברכיפילה (*Eucalyptus brachyphylla*; איור 1 א) – ניטע בשוליים הדרומיים של חורשת איקליפטוס יחד עם מינים נוספים ועל סף פרדס מושקה. פורח מדי שנה תקופה ממושכת בין נובמבר לינואר ונמצא אטרקטיבי לדבורי דבש. איקליפטוס ברכיפילה הוא מכלוא של איקליפטוס קרוסיאנה (*E. kruseana*) ואיקליפטוס לוקסופלבה (*E. loxophleba*) (Grayling and Brooker, 1996), ועל כן, בצאצאים מזרעים של מין זה צפויה שונות גדולה בפריחה ובתכונות נוספות.

2 פרט של איקליפטוס טרבוטי (*Eucalyptus x trabutii*; איור 1 ב) – ניטע בשורה בודדת מעל לתעלת ניקוז לצד הדרך. פורח מדי שנה בחודשים אוגוסט–נובמבר. המולת הדבורים במהלך תקופת הפריחה נשמעת ממנו למרחקים, על כן, הוא סומן כפרט אטרקטיבי לדבורי דבש. מין זה ידוע כמכלוא של איקליפטוס המקור (*E. camaldulensis*) ושל איקליפטוס בוטריואידס (*E. botryoides*) (Chippendale, 1988), ולכן צפויה שונות גדולה בין פרטים זריעים ממין זה.

3 פרט של איקליפטוס לאוקוסילון לאוקוסילון (*E. leucoxylon*; איור 1 ג) – ניטע בפינה הדרום-מזרחית של חורשה מעורבת על גבול מה שהיה שדה בור, ולפני כשנה ניטע בו מטע אבוקדו. העץ עשיר בפריחה ורודה מרשימה, ועל פי מדידות שערכנו הוא מייצר צוף בנפחים גדולים, אולם לא מושך דבורי דבש. היה לנו עניין בבחינת הפרשת הצוף מעץ זה כדי לנסות להבין בכלים שהיו בידינו מה ההבדל בין הפרטים שמשכו דבורי דבש לבין פרט זה שלא משך אותן.

4 פרט של איקליפטוס המקור (*E. camaldulensis*; איור 1 ד) – ניטע בשוליים המערביים של חורשת איקליפטוס יחד עם פרטים נוספים, רובם ממין איקליפטוס המקור גם הם. פרט זה בולט בשטח באופן ניכר בשל גובהו הרם, הפריחה העשירה שלו שנראית מרחוק, והמולת דבורי דבש סביבו בעת הפריחה, שהיא עדות למידת המשיכה שלו. מגדלי דבורים ברחבי הארץ העידו על שונות גבוהה בין פרטים של איקליפטוס המקור בעייתו הפריחה, ועל כן, היה לנו עניין בריבוי פרט זה שמראה פריחה יוצאת דופן בעונה הצחיחה. יש לציין כי בשל גובהו הרב לא בדקנו את הפרשת הצוף שלו.

מגוון רחב של מיני צמחים פורחים משמשים מקור מזון לדבורת הדבש. בעוד שהצוף מספק פחמימות, האבקה מספקת חלבונים, חומצות שומן חיוניות, ויטמינים ומינרלים. תזונה מאוזנת של דבורי דבש חיונית לבריאות, לאורך החיים וליכולת החיסונית של הכוורת (Nicolson, 2011). ענף המכוורת בישראל מתמודד בעונות הקיץ והסתיו עם האתגר של פריחה דלה של הצמחייה המקומית. בהיעדר האכלה מלאכותית של הדבורים ניכרת עלייה בתחלואה עד כדי חיסול הכוורת. בסתיו עולה עוד יותר חשיבות היציבות התזונתית בשל החלפת המלכות, פיצול הנחילים ובניית אוכלוסיית דבורי החורף.

מינים רבים של עצי איקליפטוס ניחנים בעושר פריחה מבחינת כמות הפרחים, משך זמן הפריחה ושפע הצוף והאבקה שהם מייצרים, ובשל כך הם בעלי ערך רב לענף המכוורת (דג ושות', 2011).

קק"ל, בשיטות מועצת הדבש, מחלקת שתילי איקליפטוס למגדלי דבורים לצורך נטיעת חורשות למרעה דבורי דבש. יש לציין כי קיימות עדויות רבות על שונות גדולה בעייתו, בעוצמת הפריחה ובמידת המשיכה עבור דבורי דבש בין פרטים זריעים ממינים שונים ואף מאותו המין. עדויות דומות דווחו לגבי אוכלוסיות של איקליפטוס קלדוקליקס (*Eucalyptus cladocalyx*) הניטעות במדבר אטקמה בצ'ילה (Cané- Retamales et al., 2011). מאחר שמרבית עצי האיקליפטוס בישראל הם זריעים, סביר להניח שהשונות בפריחה נובעת לפחות בחלקה משונות גנטיות.

על השונות הגנטית הזו ניתן להתגבר דרך בחירת עצים מצטיינים וריבוי וגטטיבי שלהם בהשרשת ייחורים, המאפשרים קבלת צאצאים זהים גנטית להורים. עם זאת, השרשת ייחורים מעצים בוגרים איננה פשוטה, משום שבמעבר מהשלב הצעיר לשלב הבוגר בהתפתחות, עצים נוטים לאבד את כושר ההשרשות שלהם (Riov et al., 2013). באיקליפטוס השינוי הזה מתרחש באופן משמעותי, ואכן הבעיה בהשרשת ייחורים מעצי איקליפטוס בוגרים ידועה, ודווחה בספרות (Abu-Abied et al., 2014; Levy et al., 2014; Vilasboa et al., 2018).

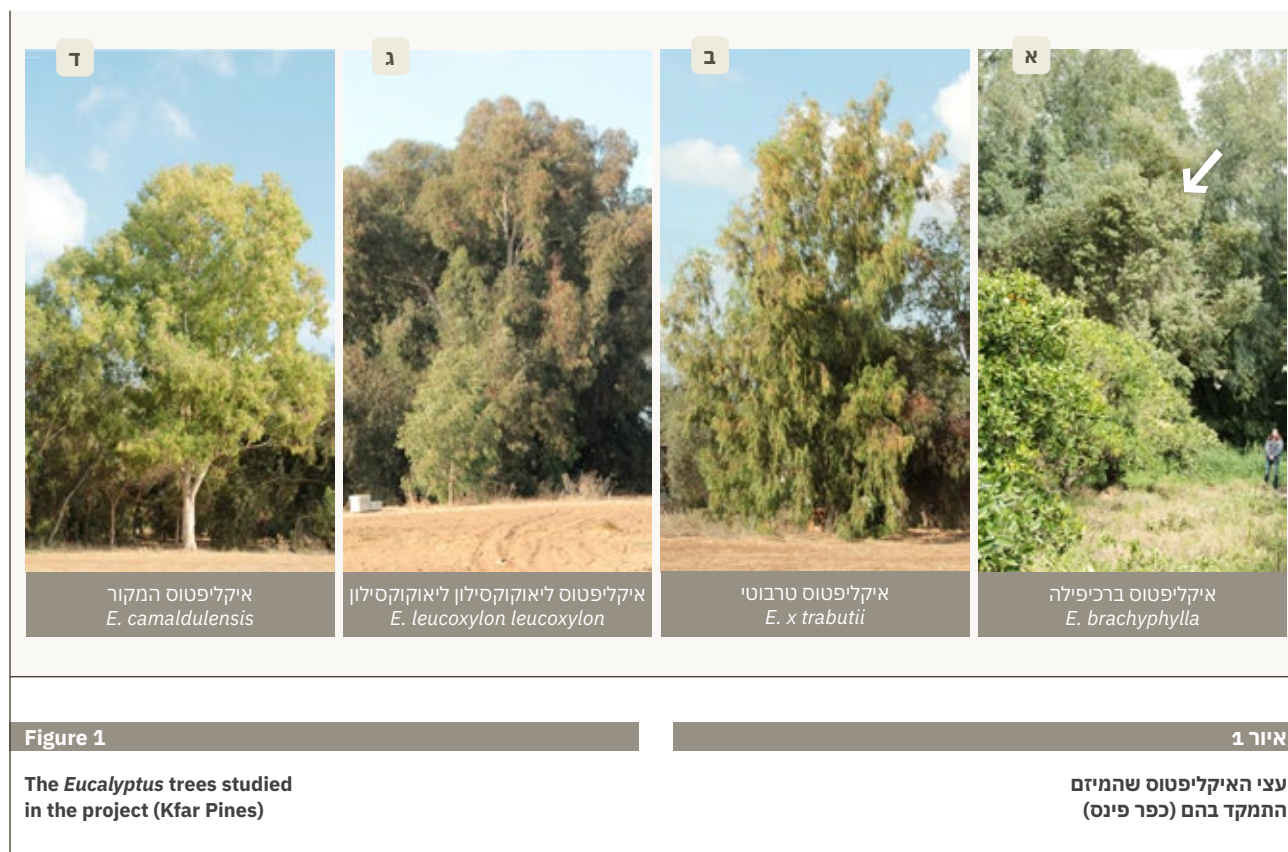
במחקר זה ערכנו סקר בחלקות ניטעות של מגדלי דבורים ובחרנו ארבעה עצים שהצטיינו בפריחה עשירה בסוף הקיץ ובסתיו. מתוכם נמצא אחד שלמרות ייצור שופע של צוף, הדבורים לא ביקרו בפרחיו. שלושת האחרים רובו וגטטיבי, והצאצאים שהתקבלו בריבוי נשתלו בחלקת מבחן במרכז וולקני וחולקו לעשרה מגדלי דבורים ברחבי הארץ.

תוצאות

סקר עצים והערכת פוטנציאל ייצור הצוף בעצים נבחרים:

במסגרת הסקר לבחירת העצים, נעשו סיורים עם מספר מגדלי דבורים ברחבי הארץ. בסופו של דבר, הוחלט להתמקד בפרטים הגדלים בכפר פינס, משום שהם השתייכו למינים שעציהם גדולי ממדים ומשופעים בפריחה מחד גיסא, ומאידך גיסא, ניכרת שונות גדולה בתכונות הפריחה בין הפרטים הזריעים.

תנובות הסוכר שנמדדו לפרח היו 26.1 ± 9.5 מ"ג באיקליפטוס טרבוטי ו- 19.6 ± 12.8 מ"ג באיקליפטוס ברכיפילה, ושניהם משכו דבורי דבש רבות (טבלה 1). בהתבסס על צפיפות מכסי הפריחה תחת חופת העץ אנו מעריכים כי באיקליפטוס טרבוטי אחד פורחים מדי עונה כ-1.17 מיליון פרחים וכי באיקליפטוס ברכיפילה 1.12 מיליון. על סמך נתונים אלה אנו מעריכים כי תנובת הסוכר העונתית לעץ היא 30 ק"ג לאיקליפטוס טרבוטי ו-22 ק"ג לאיקליפטוס ברכיפילה. בהזנחת ניצול האנרגיה מהצוף על ידי הדבורים ובניצול מלא של הצוף המיוצר, ובהתחשב בכך שתכולת הסוכר בדבש היא 81%, פוטנציאל תנובת



צמחי אם להמשך הריבוי. הדורות הבאים של הייחורים הורדו מצמחי האם הללו שהוחזקו מושקים ומדושנים בחממה מבוקרת אקלים, והשתרשו בשיעורים גבוהים יותר (כ-45%; טבלה 2). נמצא שהמינים נבדלו ביניהם בקצב ההשתרשות – בעוד שייחורי איקליפטוס טרבוטי השתרשו תוך כשבועיים וכמחציתם לא שרדו, ייחורי איקליפטוס ברכיפלה השתרשו תוך כחודשיים ושרדו כולם.

נטיעת חורשות קלונליות

העצים שנוצרו בתהליך הריבוי (טבלה 2) ניטעו בחלקת מבחן במרכז וולקני באוגוסט 2019, יחד עם פרטים מושרשים של איקליפטוס המקור המתואר לעיל, פרטים זרעים של איקליפטוס טרבוטי מזרעים שנאספו בכפר פינס, ועצי קורימביה פציפוליה (*Corymbia ficifolia*) (מין שהוחרג בוטנית מאיקליפטוס אך דומה לו מאוד) שמקורם מפרט מיוחד הגדל במושב סתריה ושהורכבו על כנות זרעיות של קורימביה מקולטה (*Corymbia maculata*). שתילים נוספים ממינים אלה (איור 3) חולקו למגדלי דבורים מרחבי הארץ לטובת נטיעת חלקות מבחן קטנות יותר בישוביהם: יהל, אביגיל, שרשרת, ניר בנים, כפר הנגיד, הוד השרון, עין ורד, היוגב, מעלה גמלא ואילת השחר. כל מגדל קיבל שישה שתילי איקליפטוס ברכיפלה, ארבעה שתילי איקליפטוס המקור ושני שתילים של איקליפטוס טרבוטי. נטיעות אלה יישמשו לטובת מחקר עתידי בנושא השפעת הגנטיקה בהשוואה להשפעת תנאי הסביבה על המועד, העוצמה והאחידות של הפריחה.

הדבש המוערכת לדונם של נטיעה קלונלית (נטיעה שכל הפרטים בה זהים גנטית) הוא 327 ק"ג לאיקליפטוס טרבוטי ו-526 ק"ג לאיקליפטוס ברכיפלה. בהתחשב במחיר של 18 ש"ח לק"ג דבש (למגדל בחבית), מדובר בפוטנציאל הכנסה גבוה של 5,900 ו-9,500 ש"ח לדונם בהתאמה (אם כי ברור שלא כל הצוף בפרחים הופך לדבש). בפרחים מהפרט של איקליפטוס ליאוקוקסילון ליאוקוקסילון נמדדו תכולות סוכר גבוהות הרבה יותר לפרח – 79 ± 32.5 מ"ג – הודות לייצור צוף בנפחים גבוהים יותר, אם כי בריכוזי סוכר דומים לאלה שנצפו בשני הפרטים האחרים (16-32%). למרות זאת, נספרו ביקורים בודדים של דבורי דבש בעץ בכל ארבעת ימי המדידות, וכעדות לכך נמצאו על הקרקע תחתיו מספר רב מאוד של פרחים נבולים, שנשרו כנראה בגלל היעדר האבקה והפריה.

ריבוי וגטטיבי של העצים הנבחרים

בשל גילם של העצים צפינו כי שיעור ההשתרשות יהיה נמוך (Abu-Abied et al., 2012; Vilasboa et al., 2018). לצורך המרצת ההשתרשות השתמשנו בזרעי השתרשות חדשים הנמצאים בפיתוח במעבדתנו (חומרים 52 ו-53 – תצמידים של חומצת פנוקסי 4-chlorophenoxy acetic acid לחומצה אמינית טריפטופן בקונפיגורציה D 52 או L 53). הטיפול הניבו השתרשות בשיעור של כ-5-8% בקרב ייחורים שנאספו ישירות מהעצים בשטח. למרות שיעורי ההשתרשות הנמוכים, הייחורים המושרשים הראשונים שימשו

המדידות	איקליפטוס טרבוטי <i>E. x trabutii</i>	איקליפטוס ברכיפילה <i>E. brachyphylla</i>	The measurements
תקופת פריחה (תאריכי מדידות)	אוגוסט-נובמבר Aug-Nov	נובמבר-ינואר Nov-Jan	Blooming period (measurement dates)
A – מספר מכסי הפריחה לרבע מ"ר באמצע עונת הפריחה	2,039 ± 941 (N=3)	2,673 ± 29 (N=2)	A – Number of opercula per quarter square meter in the middle of the blooming season
B – השטח תחת חופת העץ (מטר)	9 x 8	7 x 7.5	B – The area under the tree canopy (meter)
C – הערכת מספר הפרחים הפורחים בעץ לעונה בהתבסס על צפיפות מכסי הפריחה (A) ועל שטח העץ (B)	1,170,000	1,120,000	C – Estimated number of flowers per tree per season based on the opercula density (A) and the tree area (B)
D – תנובת סוכר לפרח בארבעה ימים (מ"ג)	26.1 ± 9.5 (N=10)	19.6 ± 12.8 (N=10)	D – Sugar yield per flower per 4 days (mg)
E – הערכת תנובת הסוכר לעץ בעונה (ק"ג) בהתבסס על תנובת הסוכר לפרח (D) ועל עוצמת הפריחה (C)	30.6	22	E – Estimated sugar yield per tree per blooming season (kg) based on the floral sugar yield (D) and the blooming intensity (C)
F – מספר עצים נטועים בדונם	9	20	F – Number of planted trees per 0.1 hectare
G – תנובת סוכר מחושבת לדונם בנטיעה קלונלית (ק"ג)	275	442	G – Estimated sugar yield per 0.1 hectare in clonal plantations
תנובת דבש מחושבת לנטיעה קלונלית על פני דונם (ק"ג)	327	526	Estimated honey yield per 0.1 hectare in clonal plantations
ממוצע ביקורי אוספות צוף מאשכול פריחה בחמש דקות	8.6 ± 5.5	7.7 ± 4.6	Average number of nectar collector visits per blooming cluster over 5 minutes
ממוצע ביקורי אוספות אבקה מאשכול פריחה בחמש דקות	6.9 ± 5.0	6.7 ± 4.6	Average number of pollen collector visits per blooming cluster over 5 minutes
טבלה 1 נתוני הפרשת הצוף מעצי איקליפטוס טרבוטי ואיקליפטוס ברכיפילה הנטועים בכפר פינס, עוצמת הפריחה שלהם ומשיכת דבורי הדבש אליהם Data on nectar secretion, blooming intensity and attractiveness to honeybees for <i>E. x trabutii</i> and <i>E. brachyphylla</i> trees in Kfar Pines			

עץ Tree	טיפול Treatment	שיעור השתרשות (%) Rooting rate (%)
איקליפטוס ברכיפילה <i>E. brachyphylla</i>	IBA IBA+52 IBA+53	34.9±8 45±14.45 31±5
איקליפטוס טרבוטי <i>E. x trabutii</i>	IBA IBA+52 IBA+53	13.3±13.3 42.5±17.5 45±23
טבלה 2 נתוני ההשתרשות של ייחורים מאיקליפטוס ברכיפילה ואיקליפטוס טרבוטי הנתונים מתייחסים לייחורים שהורדו מצמחי אם בחממה. הסטיות מתייחסות לשיגאת תקן. Rooting data for <i>E. brachyphylla</i> and <i>E. x trabutii</i> cuttings The data (±SE) refer to cuttings that were harvested from plants grown in the greenhouse.		



Figure 2

איור 2

The Volcani Center plantation

חלקת המבחן שניטעה במרכז וולקני

- A **Planting map**
1–5 *Corymbia ficifolia* scions grafted on *Corymbia maculata* rootstocks;
6 palm tree;
7–8 *Corymbia ficifolia* scions grafted on *Corymbia maculata* rootstocks;
9–29 rooted *E. brachyphylla* trees;
30–33 rooted *E. x trabutii* trees;
34–35 rooted *E. brachyphylla* trees;
36–39 *E. x trabutii* trees propagated from seeds;
40 rooted *E. x trabutii* trees;
41 rooted mahogany tree;
42–47 rooted *E. camaldulensis* trees.
B **The plantation viewed from the southwest**

- | מפת הנטיעה | א |
|---|-------|
| עצי קורמביה פיצפוליה מורכבים על קורמביה מקולטה; עץ דקל; | 5–1 |
| עצי קורמביה פיצפוליה מורכבים על קורמביה מקולטה; | 6 |
| עצי איקליפטוס ברכיפילה מושרשים; עצי איקליפטוס טרבוטי מושרשים; | 8–7 |
| עצי איקליפטוס ברכיפילה מושרשים; עצי איקליפטוס טרבוטי זרעיים; | 29–9 |
| עצי איקליפטוס טרבוטי מושרש; | 33–30 |
| עץ מהגוני מושרש; | 35–34 |
| איקליפטוס המקור מושרש. | 39–36 |
| מבט על החלקה מכיוון דרום-מערב | 40 |
| | 41 |
| | 47–42 |
| | 1 |

ריבוי וגטטיבי של העצים הנבחרים

ענפים הורדו מהעצים הבוגרים והובלו בשקיות לחות לחממה מבוקרת אקלים. הייחורים הוכנו על ידי גיזום מקטעי ענפים באורך של 7-7 ס"מ עם שני עלים בקצה העליון של הייחור. כשני שלישים משטח הפנים של כל עלה הוסרו כדי לצמצם דיות. בסיסי הייחורים נטבלו למשך דקה בתמיסה מימית של K-IBA (6000 ח"מ) עם חומרי השרשה ניסיוניים 52 ו-53 בריכוז $100 \mu\text{M}$ או בלעדיתם. נוסף על כך, העלים רוססו בחומרים הניסיוניים בריכוז $100 \mu\text{M}$ בנוכחות משטח מסוג Triton X-100 (v/v 0.05%). החומרים הניסיוניים נמללו בתחילה ב-DMSO לתמיסה בריכוז 100 mM.

הייחורים המטופלים ננעצו במצע שמכיל כבול, ורמיקוליט וקלקר גרוס ביחס של 3:2:1 בהתאמה, על גבי שולחן המחומם ל- 25°C תחת המטרה בתדירות של 10 שניות/10 דקות מהלך שעות האור לקבלת 90% לחות. קוטלי פטריות הוגמנו במצע אחת לשבוע (דאקויל ומנבג w/v 0.1% לסירוגין). שיעור ההשתרשות נמדד לאחר כשבוע או שבועיים ולאחר חודש וחודשיים.

דין

הודות למחקר המתואר כאן ניטעו חלקת מבחן גדולה של שתילים קלונליים בבית דגן (46 עצים) ועוד עשר חלקות קטנות יותר ברחבי הארץ, מיהל בדרום ועד מעלה גמלא ואילת השחר בצפון (12 עצים בכל חלקה). זהו השלב הראשון בדרך להוכחת ההיתכנות של תמיכה בענף הדבורים באמצעות חלקות קלונליות של עצים מצטיינים כמקורות מזון בעונות שיש בהן מחסור בפרחים לדבורים. עוצמת הפריחה ואחידותה בחלקות שניטעו יתבררו בשנים הקרובות.

ראוי לציין שכעשרה חודשים לאחר נטיעת החורשה במכון וולקני (יוני 2020), נמצאו עצים רבים עם ניצני פריחה: כל שתילי איקליפטוס המקור, 75% מעצי האיכליפטוס טרבוטי המושרשים, 52% מעצי איקליפטוס ברכיפילה ו-60% מעצי הקורימביה פיצפוליה (איור 4).

חומרים ושיטות

מידות הפרשת צוף וביקורי דבורי דבש

באמצע עונת הפריחה, יום לפני ביצוע המדידות, נבחרו עשרה פרחים בשלב הקדם-פריחה (כאשר מכסה הפריחה התנתק מהמצעית, אבל עדיין כיסה חלקית את האבקנים; שלב ג (איור 5), שסומנו וכוסו בשקית אורגנזה (50 מש) כדי למנוע גישת מאביקים. במהלך ארבעת הימים הבאים (משך חיי פרח ממוצע) בשעות האור נמדדו אחת לשעתיים נפח הצוף באמצעות מיקרוקפילות מזכוכית (Drummond Scientific, USA) שהוחדרו לפרח בשלב ה (איור 5), וריכוזו באמצעות פרקטומטר (Atago, Japan). תכולת הסוכר חושבה על ידי מכפלת שני הגורמים הללו, וסכום המכפלות האלה לאורך היום ובמשך ארבעה ימים (ממוצע בין 10 פרחים). מספר הפרחים שפורחים בעץ בחצי עונה, הוערך על ידי מכפלת צפיפות מכסי הפריחה (אשר נשרו מהפרחים בשלב ד באיור 5) תחת חופת העץ בשטח העץ. לשם הערכת תנובת הצוף של עץ בודד בעונה הוכפלה תכולת הצוף הממוצעת לפרח במספר הפרחים הפורחים בעץ בעונה אחת. חישוב פוטנציאל תנובת דבש מנטיעה שכזו, חושב כערך תנובת הסוכר לדונם שהוכפלה ב-1.19, בהתבסס על כך שתכולת הסוכר בדבש היא 81%. באותם קבועי הזמן נמדדו גם ביקורי דבורי הדבש תוך הבחנה בין אוספות צוף לאוספות אבקה.



Figure 3

***Eucalyptus* trees that were given to beekeepers for planting in different regions in Israel**

- A – *E. x trautii* (rooted or propagated from seeds)
B – *E. camaldulensis* (all rooted)
C – *E. brachyphylla* (all rooted)

איור 3

שתילים של עצי איקליפטוס שחולקו למגדלי דבורים לטובת נטיעות בחלקים שונים של הארץ להמשך מעקב

- א – שתילי איקליפטוס טרבוטי מושרשים וזריעים
ב – שתילי איקליפטוס המקור מושרשים
ג – שתילי איקליפטוס ברכיפילה מושרשים



Figure 4

איור 4

Flowering buds observed in many of the trees ten months after planting in the Volcani Center

ניצני פריחה בפרטים הנטועים במרכז וולקני (בית דגן; יוני 2020)

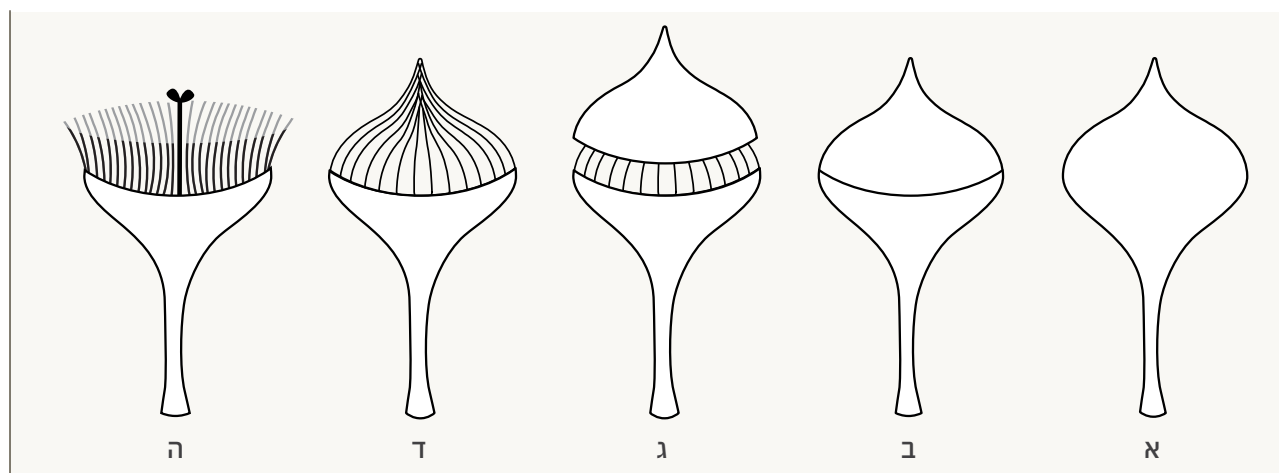


Figure 5

איור 5

Schematic illustration of the *Eucalyptus* flower's development and the stages at which the observations and nectar measurements were conducted

- A – Early stage of flower budding when the operculum is still joined to the receptacle.
- B – Beginning of operculum disengagement from the bud.
- C – The operculum is fully disengaged from the bud but still covers the stamens. Flowers at this stage were bagged to prevent pollinator access.
- D – The flower after its operculum has dropped to the ground. The dropped opercula were used for flowering-intensity assessment.
- E – Flowers fully open and beginning of nectar secretion. The nectar volume and concentration measurements were conducted at this stage.

תיאור סכמטי של התפתחות פרחי איקליפטוס ושלב התצפיות ומדידות הפרשת הצוף מהפרחים

- א – ניצן הפריחה: מכסה הפריחה מאוחד עם המצעית;
- ב – תחילת היפרדות מכסה הפריחה מהמצעית;
- ג – היפרדות מלאה של מכסה הפריחה מהמצעית, בשלב זה שמתרחש כ-24 שעות לפני שלב ד, הפרחים כוסו בשקית אורגנזה כדי למנוע גישת מאביקים;
- ד – נשירת מכסה הפריחה ותחילת הפיתחות הפרח. מכסי הפריחה שנשרו מהעץ בשלב זה נאספו ושימשו להערכת עוצמת הפריחה של העצים;
- ה – פתיחה מלאה של הפרח והתחלת הפרשת הצוף מהצופנים בבסיס עמוד העלי. בשלב זה החלה שאיבת הצוף מהפרחים ומדידת הריכוז שלו.

בחממה. על כן, במועד השתילה היו הבדלים בגודל השתילים. אנו צופים שבשנה הבאה תתייצב האחידות בפריחה ותאפשר לנו לבצע מדידות שונות בקשר לעוצמתה, לתכולת הצוף ולאיכותו ולמשיכת הדבורים בחלקה זו בהשוואה לחלקות הקטנות שניטעו ברחבי הארץ.

תודות

ברצוננו להודות לפרופ' אמריטוס דן איזיקוביץ מאוניברסיטת תל אביב על ההשראה לקיום מיזם זה, ליהודה קנדל מכפר פינס על איתור העצים המצטיינים והסיוע במחקר ולקק"ל על מימון הפרויקט (מענק מספר 10-03-006).

מקורות

דג א, ויינשטיין א ואיזיקוביץ ד. 2011. אקליפטוס למרעה דבורים. בתוך: ויינשטיין א, זהר י וברנד ד (עורכים). **האקליפטוס מצמרתו ומעלה**. עמ' 98-111.

- Abu-Abied M, Szwerdszarf D, Mordehaev I, Levy A, Stelmakh OR, Belausov E, Yaniv Y, Uliel S, Katzenellenbogen M, Riov J, Ophir R, and Sadot E. 2012. Microarray analysis revealed upregulation of nitrate reductase in juvenile cuttings of *Eucalyptus grandis*, which correlated with increased nitric oxide production and adventitious root formation. *Plant Journal*, 71, 787-799.
- Abu-Abied M, Szwerdszarf D, Mordehaev I, Yaniv Y, Levinkron S, Rubinstein M, Riov J, Ophir R, and Sadot E. 2014. Gene expression profiling in juvenile and mature cuttings of *Eucalyptus grandis* reveals the importance of microtubule remodeling during adventitious root formation. *BMC Genomics*, 15, 826.
- Afik O, Dag A, and Shafir S. 2006. The effect of avocado (*Persea americana*) nectar composition on its attractiveness to honey bees. *Apidologie*, 37, 317-325.
- Arien Y, Dag A, and Shafir S. 2018. Omega-6:3 ratio more than absolute lipid level in diet affects associative learning in honey bees. *Frontiers in Psychology*, 9, 1001.
- Arien Y, Dag A, Zarchin S, Masci T, and Shafir S. 2015. Omega-3 deficiency impairs honey bee learning. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 112, 15761-15766.
- Cané-Retamales C, Mora F, Vargas-Reeve F, Perret S, and Contreras-Soto R. 2011. Bayesian threshold analysis of breeding values, genetic correlation and heritability of flowering intensity in *Eucalyptus cladocalyx* under arid conditions. *Euphytica*, 178, 177-183.

השרשת ייחורים מעצי איקליפטוס בני 25 שנה נחשבת להישג שתלני ומדעי (Abu-Abied et al., 2012, 2014; Riov et al., 2013; Levy et al., 2014; Vilasboa et al., 2018). מכיוון שמוצא הייחורים מענפים בוגרים, צפינו הקדמת פריחה, ואכן חלק גדול מהשתילים במרכז וולקני כבר החלו לפרוח. מאידך גיסא, השימוש בייחורים בוגרים מוריד בצורה ניכרת את שיעורי ההשתרשות. אף על פי שחומרי ההשרשה הייחודיים שלנו צפויים להפוך למסחריים ונגישים, אפשר להשיג את היעד של ריבוי שתילים קלונליים במספרים גדולים גם דרך המרצת פריצה של ענפים צעירים מבסיס הגזע על ידי חיגור חלקי. ההשתרשות של ענפים כאלה קלה יותר, אינה מצריכה שימוש בחומרים מיוחדים, וניתן יהיה לשמור את הייחורים המושרשים כמטע צמחי אם גזומים לקצירת ייחורים רבים. החיסרון בשיטה זו הוא משך הזמן עד הגעה לפריחה, שצפוי להיות ארוך יותר, כ-5-7 שנים. כמו כן, החיגור עלול לגרום סיכון מסוים לבריאות עץ האם המצטיין.

תנובת הסוכר של העצים הערכה בשיטה שתוארה בעבר בספרות המדעית (Eisikowitch and Lupo, 1990). הממצאים מעידים שלעצים אלה פוטנציאל גבוה לתנובת דבש, או לכל הפחות לאספקת מזון מספקת לכורות בעונות הקיץ והסתיו. תנובת הצוף שנמדדה הייתה גבוהה בהשוואה לזו של איקליפטוס אריתרוקוריס (*E. erythrocorys*) (Eisikowitch and Lupo, 1990) בשל ריבוי הפרחים (למעלה ממיליון בהשוואה ל-2,000 באיקליפטוס אקיתרוקוריס). עם זאת, יש לציין כי שניים מהפרטים שסומנו במיזם זה כמצטיינים נהנים ממקורות מים, אם מתעלת ניקוז במקרה של איקליפטוס טרבוטי, או מפרדס מושקה סמוך במקרה של איקליפטוס ברכיפילה, ואף אחד מהשלושה לא מתחרה על אור השמש עם עצים סמוכים. לכן, ייתכן שהייתה תרומה משמעותית של תנאי הסביבה לעוצמת הפריחה. הנתונים שנאספו מתייחסים לייצור הצוף, אבל לא לצוף שנאסף אל הכורות והופך בסופו של דבר לדבש. לגבי תרומת האיקליפטוס כמקור אבקה, ממצאים מהשנים האחרונות מעידים כי הרכב חומצות השומן החיוניות באיקליפטוס המקור ובקורמביה פיצפוליה אינו מיטבי בעבור דבורי דבש (Arien et al., 2015, 2018), על כן, יש לבחון היטב את הערך התזונתי של הצוף והאבקה ממני איקליפטוס אחרים ולהביא גם שיקול זה בחשבון בתכנון של נטיעות למרעה דבורי דבש.

הממצאים מבדיקות הצוף שנעשו לפרחים של הפרט איקליפטוס לאוקוקסילון לאוקוקסילון לא נתנו מענה לשאלה מדוע דבורי דבש אינם נמשכות אליו. בספרות מוזכרים מספר גורמים שעשויים לגרום למשיכה של דבורי דבש אל פרח או לדחייה ממנו, ובהם – הרכב הסוכרים (Wykes, 1952), נוכחות של מטבוליטים שניוניים (Stevenson et al., 2017), נוכחות של מינרלים בריכוזים גבוהים, כדוגמת אשלגן (Afik et al., 2006), ונוכחות של מיקרואורגניזמים שמשפיעים על התכונות הכימיות של הצוף ובד בבד מושפעים מנוכחות של המטבוליטים המשניים (Vannette et al., 2013; Vannette and Fukami, 2016). ייתכן שהשיחור הנמוך של דבורי הדבש לפרחי העץ המדובר נובע מאחת הסיבות שציינו או מכמה מהן.

הקדמת הפריחה לעונה הראשונה לאחר הנטיעה מעודדת מאוד. ההבדלים בין הפרטים השונים מאותו קלון נובעים כנראה מגיל השתיל, שכן השתילים הוכנו על פני תקופה של כשנתיים ונצברו

- formation. In: Eshel A and Beeckman T (Eds). *Plant Roots: The Hidden Half*. Boca Raton: CRC Press, pp. 11.11–11.14.
- Stevenson PC, Nicolson SW, and Wright GA. 2017. Plant secondary metabolites in nectar: Impacts on pollinators and ecological functions. *Functional Ecology*, 31, 65-75.
- Vannette RL and Fukami T. 2016. Nectar microbes can reduce secondary metabolites in nectar and alter effects on nectar consumption by pollinators. *Ecology*, 97, 1410-1419.
- Vannette RL, Gauthier MPL, and Fukami T. 2013. Nectar bacteria, but not yeast, weaken a plant – pollinator mutualism. *Proceedings of the Royal Society B – Biological Sciences*, 280. <https://doi.org/10.1098/rspb.2012.2601>.
- Vilasboa J, Da Costa CT, and Fett-Neto AG. 2018. Rooting of eucalypt cuttings as a problem-solving oriented model in plant biology. *Progress in Biophysics and Molecular Biology*, 146, 85-97.
- Wykes GR. 1952. The preferences of honeybees for solutions of various sugars which occur in nectar. *Journal of Experimental Biology*, 29, 511-519.
- Chippendale GM. 1988. *Flora of Australia, Volume 19: Myrtaceae, Eucalyptus, Angophora*. Canberra: Australian Government Publishing Service.
- Eisikowitch D and Lupo A. 1990. *Eucalyptus erythrocotis*: A source of nectar and pollen for honey bees in Israel. *Apidologie*, 21, 25-33.
- Grayling PMP and Brooker MIH. 1996. Evidence for the identity of the hybrid, *Eucalyptus 'brachyphylla'* (Myrtaceae) from morphology and essential-oil composition. *Australian Journal of Botany*, 44, 1-13.
- Levy A, Szwerdszarf D, Abu-Abied M, Mordehaev I, Yaniv Y, Riov J, Arazi T, and Sadot E. 2014. Profiling microRNAs in *Eucalyptus grandis* reveals no mutual relationship between alterations in miR156 and miR172 expression and adventitious root induction during development. *BMC Genomics*, 15, 1-9.
- Nicolson SW. 2011. Bee food: The chemistry and nutritional value of nectar, pollen and mixtures of the two. *African Zoology*, 46, 197-204.
- Riov J, Szwerdszarf D, Abu-Abied M, and Sadot E. 2013. The molecular mechanisms involved in adventitious root



פריחה של איקליפטוס ברכיפילה
צילום: עינת שדות

פיתוח שיטות להעשרת היער בפטירות מאכל מיקוריטיות ובחינת השפעתן על קצב הגידול של שלושה מיני אורן

נרית אזוב¹ | שי לוי^{1,2} | אביב אייזנבנד³ | אילון קלב³
עידן פרמן¹ | דן לבנון¹ | עפר דנאי^{1*}

1 מיגל – מכון למחקר מדעי יישומי בגליל
2 מכללת תל-חי
3 קק"ל
* ofer@migal.org.il

תקציר

במהלך השנים האחרונות אנו עדים לתופעה של ירידה בכמות פטריות המאכל ביערות קק"ל, ובמקביל לעלייה בגודלו של ציבור המלקטים וחובבי פטריות הבר. ההנחה הרווחת היא שהסיבות העיקריות לכך הן שינוי האקלים וליקוט יתר. במקומות שונים בעולם פותחו טכנולוגיות להדבקת שתילי עצים בפטריות מאכל מיקוריטיות שונות, אשר מחד גיסא תורמות לשיפור בהיקלטות ובהישרדות של העצים, ומאידך גיסא צפויות להעשיר את היער בפטריות מאכל מבוקשות תוך הגדלת תפוקת היער. נוסף על כך, העלייה בביקוש ובמודעות ליערות מאכל מדגישה עוד יותר את הצורך לפתח טכנולוגיות להעשרת היער בפטריות מאכל שיהיו בטוחות לאיסוף ולצריכה.

מטרות המחקר הנוכחי היו פיתוח שיטות חדשות להכנת שתילים של מיני אורן, המודבקים בתפטיר של פטריות מאכל אקטו-מיקוריטיות מבוקשות, ופיתוח האגרוטכניקה המתאימה לאקלום העצים, תוך שמירת המיקוריזה והופעת הפטריות.

מיני הפטריות ששימשו למחקר זה הם אורנייה סיבית ונטופה ערבה. הכנת השתילים והדבקתם נעשו במשתלות קק"ל וביחידת המחקר לפטריות של מיג"ל בחוות מתתיהו, ובהמשך בוצע מעקב אחר השפעת קשרי המיקוריזה על התפתחות השתילים במשתלה ובחלקות הנטועות. השתילים ניטעו בשתי חלקות מודל בשני סוגי קרקע באזור ברעם: טרה רוסה ורנדזינה.

נמצא כי הדבקת נבטי אורן ירושלים, אורן ברוטיה ואורן הצנובר בנבגי אורנייה סיבית הגבירו את קצב התפתחות השתילים שגודלו ללא דישון בשלב המשתלה. ההשפעה הגדולה ביותר נמצאה בשתילי אורן ירושלים (כ-180% הגדלה מהביקורת). בבחינת השפעת הדבקת נבטי אורן הצנובר בנטופה ערבה במצעים ברמות pH שונות, נמצא כי הדבקת השתילים בנבגים הביאה להדבקה ולצמיחה מהירות יותר בהשוואה להדבקה בתפטיר מוצק ונוזלי. רמת ההדבקה המרבית התקבלה ב-pH של 5.64.

במסגרת פיתוח שיטות מולקולריות לאפיון פטריות הקרקע נדגמו שורשים מעצים משתי חלקות המודל. בחלקת הטרה רוסה נמצאה התבססות של הקשר המיקוריטי בעצים שהודבקו במשתלה, והדבקה ספונטנית באורנייה סיבית של עצי ביקורת שלא הודבקו. בחלקת הרנדזינה נמצא כי השתילים המודבקים שניטעו ושרדו יצרו קשרי מיקוריזה עם פטריות אחרות המאפיינות את סביבת הריזוספרה של קרקע זו. בבדיקות הקרקע שבוצעו נמצא שרטיבות הקרקע בטרה רוסה גבוהה מזו של הרנדזינה. לא נמצאו גופי פרי של אורניות או נטופות בשתי החלקות בתקופת המחקר.

תוצאות המחקר מצביעות על הדינמיות של הקשרים המיקוריטיים ועל חשיבות הניטור של אוכלוסיית הפטריות בקרקעות המיועדות לנטיעה לטובת בחירה מיטבית של סוגי העצים והפטריות. כמו כן, התצפיות מצביעות על חשיבות בחינת ממשקי ההשקיה השונים הנדרשים בקרקעות שונות בשנים הראשונות לאחר הנטיעה. הממשקים יאפשרו את שיפור כושר הגדילה וההישרדות של עצי היער הצעירים והמבוגרים, המקיימים קשרי מיקוריזה החיונית להתפתחותם בתנאי עקות אקלימיות, ויבטיחו קבלת גופי פרי.

מילות מפתח

אורנייה סיבית, אקטו-מיקוריזה, הדבקת שתילי אורן, יער מאכל, נטופה ערבה, תיירות פטריות

רקע

תכנון וקבלת החלטות באשר לדפוסיה ולאופייה העתידי של תרבות פטריות הבר בארץ.

הייעור המבוצע בארץ באחריות קק"ל, מתבצע תוך כדי התחשבות בשלל גורמים, בהם הצמחייה המקומית ובחירת מגוון העצים המיטבי לאזור האקלימי המיועד. בשנים האחרונות, מתוך הבנת תפקידן המרכזי של הפטריות המיקוריטיות בחוסנו של היער, נוספו למערך השיקולים של בחירת העצים המיועדים לנטיעה גורמים נוספים הכוללים בחינה ובחירה של מיני הפטריות שיאכלסו את מערכת השורשים של העצים באזורי הייעור. מכיוון שהקשר המיקוריטי מתבסס בשלב המוקדם של התפתחות העץ, ההדבקה מתבצעת כבר במשתלה. השיקולים העיקריים בבחירת הפטריות המשמשות להדבקה הם: התאמת סוג הפטרייה לסוג העץ המארח, תרומת הפטרייה להתפתחות העץ, קצב התפתחותה, ונטייתה ליצירת קשר עם שורשי עצים צעירים (פטריות שלב ראשון) או עצים בוגרים יותר (פטריות שלב שני) (Savoie and Largeau, 2011). כמו כן, מוערך גם ערכה התרבותי-קולינרי. אחד השיקולים הדומיננטיים בהצלחת שמירת הקשר קשר המיקוריטי בעצים לאחר הנטיעה הוא ההרכב המקומי של אוכלוסיית הפטריות בקרקע המיועדת לשתילה. הרכב הפטריות המצויות בקרקע הוא בעל השפעה מכרעת על סיכויי התבססות הפטרייה, ולעיתים ניתן להבחין בהדבקה של העצים הצעירים בפטריות המקומיות וב"השתלטותן" על מערכת השורשים של העץ הצעיר תוך כדי החלפת הפטרייה ששימשה להדבקתו (Rincon et al., 2007).

בעבודת המחקר הנוכחית בחנו את תהליך ההדבקה והגידול של מספר מיני עצי אורן בפטריות המאכל אורנייה סיבית (*Suillus collinitus*) ונטופה ערבה. מטרת המחקר המרכזית הייתה ביסוס פרוטוקול גידול מקומיים שיביאו לחיזוק היער הצעיר לצד העשרתו בפטריות מאכל מבוקשות. שיטות ההדבקה שפותחו עד כה, בחנו הדבקה זרעים של אורנים במגוון שיטות (נבגים, תפטיר במדיום מוצק או נוזלי), והדבקה מוצלחת עם נטופה ערבה התבצעה בעיקר באמצעות תפטיר (Hortal et al., 2006; El Karkouri et al., 2008).

בשנים האחרונות גדלה זמינותן של שיטות מולקולריות רגישות המאפשרות ניטור מדויק של אוכלוסיית הפטריות בקרקע (Nilsson et al., 2019). שיטות אלה מתווספות אל שיטות האפיון הטקסונומי הקלאסיות, ולעיתים אף מחליפות אותן, בייחוד כאשר קיים צורך בזהוי פטריות על סמך תפטיר ונבגים בלבד. התפתחות זו מאפשרת מעקב אחר ההתפתחות וההתבססות של הפטרייה בסביבת העצים הצעירים, כמו גם יכולת קבלת החלטות לגבי התאמת הפטרייה ותנאי הגידול המיטביים להתבססותה.

המחקר הנוכחי נמשך שלוש שנים. תחילתו במשתלות קק"ל ובחנות מתתיהו, והמשכו בחלקות הנטיעה שבגליל העליון. במחקר נבחנו הרכב הקרקע של חלקות המודל, שיטות הדבקה שונות, קצב התבססות הפטריות, תרומתן להתפתחות עצים ממינים שונים והשפעתן על התבססות חלקת הנטיעה. ממצאנו העיקריים מראים כי ניתן להדביק את העצים שנבחנו בפטריות הרצויות, ומדגימים את השפעת הרכב הפטריות המקומיות על התבססות הקשרים המיקוריטיים. לבסוף, תצפיותינו מעידות כי הדבקה העצים בפטריות המאכל תרמה להתפתחותם המואצת.

בשנים האחרונות מתפתח בעולם עניין גובר ביערות מאכל (*forest gardening*) על שלל גווניהם (Björklund et al., 2019). ליערות ישראל חלק מרכזי בתמונת נוף הארץ, ותרומתם המשמעותית לסביבה כוללת היבטים סביבתיים-אקולוגיים ותרבותיים (טיול ופנאי). לצד ההתעניינות בצמחייה הארץ-ישראלית שאפיינה את הציבור הישראלי לאורך השנים, התווספה התעניינות ספציפית בפוטנציאל השימושי של צמחי המרפא והמאכל, ותחום זה החל צובר אהדים בקרב קבוצות אוכלוסייה הולכות וגדלות. התעניינות גוברת זו לא פסחה גם על עולם הפטריות שהוא נדבך חשוב ביצרנות של יער המאכל, והביאה להיווצרות מגזר חדש – תיירות פטריות (*mycotourism*) (Büntgen et al., 2017).

ביער ובחורש ניתן למצוא פטריות מיקוריזה (*mycorrhiza*), כלומר שיש קשר הדדי (סימביוטי) בין לבין צמח. הפטריות הללו, שהאורנייה היא המוכרת בהן לציבור, מצויות בקשרים סימביוטיים עם שורשי העצים. הן מאופיינות בשני סוגי קשרים סימביוטיים עיקריים: קשרי אנדו-מיקוריזה (תפטיר הפטרייה חודר אל תוך תאי השורש) וקשרי אקטו-מיקוריזה (תפטיר חיצוני לתאי השורש). רוב פטריות היער המיקוריטיות מצויות בקשרי אקטו-מיקוריזה, ותפטיר הפטרייה עוטף את חלקם החיצוני של שורשי העצים בעטיפה צפופה הקרויה גלימה. הסימביוזה שבין הפטרייה לצמח מאפשרת לפטרייה לספוג פחמימנים שמקורם בתהליך הפוטוסינתזה של העץ. כמו כן, הפטרייה מעבירה לעץ יסודות החיוניים להתפתחותו, ואף מסייעת בהובלת מים מהקרקע.

בשנים האחרונות מתבססת ההבנה סביב תפקידן המרכזי של פטריות המיקוריזה בתקשורת בין עצי היער, והיותן חוליה מקשרת לשינוע של מקורות הזנה בין עצים שונים (Gorzela et al., 2015; Klein et al., 2016). עובדה זו מלמדת על מורכבות מארג העצים ביער ועל נחיצות הפטריות המיקוריטיות לביסוסו. לפיכך, לעצים המצויים בקשר מיקוריטי משלבי גדילה מוקדמים יש יתרון הסתגלותי לסביבתם, אף בתנאי עקה, וסיכויי שרידותם והתפתחותם גדלים ביחס לשכניהם שאינם מצויים בקשר מיקוריטי (Teste and Simard, 2008). ביערות ישראל מוכרים עשרות מינים של פטריות אקטו-מיקוריטיות, והרכב אוכלוסייתן תלוי במספר גורמים, כגון סוג העצים המאפיין את היער, גיל היער, הרכב הקרקע, האזור הגאוגרפי, האקלים ומשתנים נוספים (Savoie and Largeau, 2011). כמו כן, חלק מהן נחשקות בזכות ערכן הקולינרי, ועל כן הן מושא חיפוש וליקוט (Moreno et al., 2020). הדרישה לפטריות אלה לצד העובדה שהן אינן ניתנות לגידול חקלאי סטנדרטי, הפכו את איסופן ושיווקן במספר ארצות לענף כלכלי מבוסס. כיום קיימות בעולם יוזמות לגידול של פטריות יער מבוקשות (בעלות ערך כלכלי) באופן מבוקר בשטחים מיוערים. דוגמאות מובילות הן פיתוח פרוטוקולים להדבקה שורשי עצי יער (אילוח) בפטריות מסוג נטופה ערבה (*Lactarius deliciosus*) וגביעונית נאכלת (*Cantharellus cibarius*). שני סוגי פטריות אלה קיימים בארץ ותפוצתם מוגבלת (Hall and Wang, 2004).

בישראל מגוון אזורי האקלים וסוג היערות תורם להופעת מספר רב של מיני פטריות. כמו כן, תרבות הליקוט תופסת תאוצה בשנים האחרונות, מה שמביא מספר גדול והולך של מטיילים ליערות. מגמה זו מחייבת

שיטות וחומרים

הדבקת שתילי אורן ירושלים (*Pinus halepensis*), אורן ברוטיה (*Pinus brutia*) ואורן הצנובר (*Pinus pinea*) באורנייה סיבית ובנטופה ערבה

זרעים משלושה מיני אורן התקבלו מקק"ל, חוטאו וזרעו בחודש מאי 2017 בחממה בתחנת המחקר בחוות מתתיהו. לאחר כשלושה שבועות, כאשר הנבטים הגיעו לגובה של כ-5 ס"מ, הם הועברו לגביעים ייעודיים בנפח 450 מ"ל הניתנים לפתיחה ולסגירה חוזרת. מצע הגידול (מצע שתילה סטנדרטי, ספק טוף מרום גולן) עבר פסטור (80°C למשך 100 דקות) ולאחר קירור הוספה למצע תערובת כבול עם נבגים של אורניות ממינים שונים שנאספו בחורף 2016. 20 נבטים שגודלו בחממה בחוות מתתיהו נשתלו מכל מין עץ (סך הכול 60). 60 נבטים נוספים מכל מין של אורן הודבקו בנבגי נטופה ערבה מגופי פרי שנאספו בחורף 2017 ביערות אשתאול ויובלים. הנבטים נשתלו במצע גידול בשלוש רמות חומציות (4.5, 5.27, 5.56) (pH) לבחינת התאמת המצע להתפתחות המיקוריה. בכל רמת pH נשתלו 20 נבטים מכל מין אורן ו-20 נבטים נוספים מכל מין אורן נשתלו במצע ללא שינוי pH וללא נבגי פטרייה, כביקורת.

הדבקת נבטי אורן ירושלים באורנייה סיבית במשתלה ושתילתם בשתי חלקות מעקב

לצורך הקמת חלקות הניסיון הודבקו באפריל 2016 במשתלת גולני כ-500 שתילים של אורן ירושלים מאקוטיפ יווני שנאסף מחלקת אם לזרעים ביער משואה, במצע עם נבגים של אורנייה סיבית. במקביל גודלו עוד כ-500 שתילים לביקורת באותה השורה במשתלה אך ללא מגע פיזי עם המצע או עם השתילים המודבקים. במאי 2017 הועברו חלק מהשתילים לגידול במשתלה בחוות מתתיהו. השתילים חולקו לארבעה טיפולים (טבלה 1).

השתילים נשתלו בנובמבר 2017 בשתי חלקות ההשבחה לאורן ירושלים: יער ברעם מצפון לגדר החווה החקלאית הניסיונית מתתיהו,

טיפול	גידול שישה חודשים לפני שתילה	מספר שתילים
אורנייה #1	חוות מתתיהו, ללא דישון	48
אורנייה #2	משתלת אשתאול, משטר דישון רגיל	24
ביקורת #1	חוות מתתיהו, ללא דישון	24
ביקורת #2	משתלת אשתאול, משטר דישון רגיל	70
טבלה 1		
Seedling and corresponding treatment		חלוקת השתילים על פי הטיפולים השונים

קרקע טרה רוסה; יער ברעם סמוך לצידו הדרומי של קיבוץ ברעם, קרקע רנדזינה.

לאורך המחקר נערך מעקב אחר התפתחות השתילים (השינוי בגובה וקוטר הגזע) והישרדות המיקוריה בשורשים. בחורפים 2018–2019, 2019–2020 נערכו סריקות למציאת גופי פרי של אורניות ונטופות בשתי חלקות המחקר, אך לא נמצאו כאלה.

בסוף פברואר 2019 נשתלו בשתי החלקות 310 השתילים שהודבקו בחוות מתתיהו באורנייה ובנטופה. לאחר הנטיעה בוצעה מדידה של גובה השתיל וקוטר הגזע. בחודש מרץ 2019 הוצאו דגימות שורשים משמונה עצים מטיפולים שונים ונבדקו חזותית במיקרוסקופ מדגם בינוקולר לזיהוי שורשי אורן.

זיהוי מולקולרי של פטריות המיקוריה

דגימות משורשי האורנים, לצורך זיהוי פטריות מיקוריה, שימשו להפקת DNA גנומי באמצעות "Sigma-Aldrich, Extract-N-Amp™ kit", ומקטעי ITS הוגברו בריאקציית PCR. הפריימרים ששימשו לצורכי ריאקציות PCR הם (Fw) NSI1-I (Rv) (Martin and Rygielwicz, 2005). תוצרי ה-PCR נשלחו לריצוף (sanger sequencing) בחברת "Hylabs". בחודש אפריל 2018 נערכה דגימת שורשים נוספת מכל הטיפולים בשתי החלקות, ונעשו הפקת DNA ואנליזה של התוצרים. בדצמבר 2018 הוצאו דגימות נוספות מכל הטיפולים לבחינת התפתחות המיקוריה בעונת החורף.

תוצאות

הדבקה באורנייה סיבית והשפעתה על התפתחות שתילי אורנים

בבחינת השפעת הדבקת נבטי אורן ירושלים, אורן ברוטיה ואורן הצנובר באורנייה סיבית, נמצא כי הדבקת הזרעים בנבגי הפטריות הביאה להתפתחות מהירה יותר של שלושת מיני האורן בשני המדדים שנבחנו: גובה השתילים וקוטר הגזע. ההשפעה הגדולה ביותר נמצאה באורן ירושלים – מדדי הצימוח של השתילים המודבקים היו גבוהים בכ-180% מהביקורת הבלתי מודבקת. באורן ברוטיה השיפור עמד על כ-160% ובאורן הצנובר על כ-124% (איור 1). ניתן היה לזהות תפסיר בשורשי השתילים שהודבקו (איור 2). כמו כן, נמצא כי רמת ההדבקה המרבית התקבלה באורן ירושלים ובאורן הצנובר, ואילו באורן ברוטיה נמדדה רמת הדבקה נמוכה יותר (איור 3).

הדבקה בנטופה ערבה והשפעתה על התפתחות שתילי אורנים

רמת ההדבקה בשורשי השתילים של שלושת סוגי האורן נבחנה במספר שיטות הדבקה (איור 4). בבחינת השפעת הדבקת נבטי אורן הצנובר בנבגי נטופה ערבה במצעים ברמות pH שונות, נמצא כי רמת ההדבקה המרבית התקבלה ב-pH 5.64, לאחריה ב-pH 5.27 ולבסוף ב-pH 4.51. כמו כן, נמצא כי הדבקת הזרעים בנבגי הפטריות הביאה לצימוח מהיר יותר בשלוש רמות ה-pH שנבדקו (התוצאות אינן מוצגות). עם זאת, רמת ההדבקה של הפטרייה בשורשים נמצאה נמוכה מאוד (איורים 3, 4).

בחינת מדדים בקרקעות הנטיעה

כדי לאפיין את הקרקע המיועדת לנטיעה נאספו דוגמאות קרקע משתי חלקות המודל (טרה רוסה ורנדזינה) ונבדקו מדדי pH, מוליכות ורטיבות (טבלה 2).

בקרקע הטרה רוסה נמצא pH מעט חומצי (6.41) בעוד ה-pH של קרקע רנדזינה נמצא בסיסי (7.45).

הרטיבות שנמדדה בקרקע הטרה רוסה בחורף 2017 עמדה על כ-20%, בעוד שבקרקע הרנדזינה נמדדה רטיבות של כ-16% בלבד. גם עם תחילת הקיץ נמצאה הרטיבות בקרקע הטרה רוסה כפולה (14.4%) מזאת של קרקע הרנדזינה (7.53%), שקרובה לנקודה הכמישה (7%).

המוליכות החשמלית שנמדדה בחורף בחלקת הרנדזינה הייתה גבוהה בכ-50% מזו שנמצאה בחלקת הטרה רוסה (בדיקות pH ומוליכות בוצעו על ידי מהילת דוגמת הקרקע במים מזוקקים, ביחס 1:5).

זיהוי הרכב פטריות הקרקע תוך שימוש בכלים מולקולריים

בהמשך להדבקה הראשונית של השתילים בפטרייה, קיימת אפשרות כי התפטר הרצוי לא יתפתח או אף יוחלף על ידי פטריות מתחרות הקיימות בקרקע ומותאמות לסביבתן. התפתחות יכולת זיהוי מיני הפטרייה על סמך דגימות DNA מאפשרת מעקב רציף ומדויק אחר נוכחות הפטרייה וכמותה באדמה אף בטרם הופעת גופי פרי. לפיכך, לשם מעקב אחרי נוכחות הפטרייה בשורשי העצים שניטעו, נאספו דגימות שורשים משמונה עצים מטיפולים שונים בשתי החלקות ונבדקו חזותית בבינוקולר לזיהוי נוכחות תפטר (טבלה 3). דוגמאות אלה שימשו להפקת DNA של הפטרייה המיקורית ולהגברה של מקטע ה-ITS. בבדיקה של הרצפים באמצעות NCBI-BLAST נמצאה המולוגיה של 99.82% למין אורנייה סיבית. ניתן לראות ששורשי עצים מס' 28 ו-30 שהודבקו במשתלה, נמצאו מאוכלסים באורנייה סיבית. נוסף על כך, עצים מס' 116 ו-143 השייכים לקבוצת הביקורת ולא הודבקו במשתלה, נמצאו גם הם מאוכלסים בפטריית זו. ארבעה שתילים אלה נשתלו בחלקת קרקע הטרה רוסה. בארבעת השתילים שנדגמו בחלקת קרקע הרנדזינה, לא זוהתה הפטרייה.

בסוף שנת 2019 נערכה דגימת שורשים נוספת מכל הטיפולים בשתי החלקות (תצלום אוויר של חלקת הטרה רוסה ניתן לראות באיור 5), ונעשתה הפקת DNA לזיהוי הפטריות הנמצאות באינטראקציה עם השורשים (טבלה 4). בבחינה זו זוהו מספר מיני פטריות שמקורן ככל הנראה בקרקע המקומית ולא בהדבקה הראשונית (טבלה 5).

דיון ומסקנות

השפעת האקטו-מיקוריזה על התפתחות השתילים במשתלה

תוצאות עבודה זאת מלמדות כי הדבקת נבטי אורן ירושלים, אורן ברוטיה ואורן הצנובר בנבגי אורנייה סיבית הגבירה את קצב התפתחות השתילים שגודלו ללא דישון בשלב המשתלה.

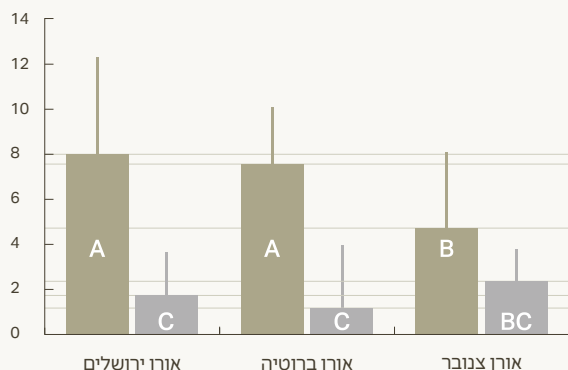
ההשפעה הגדולה ביותר נמצאה באורן ירושלים (כ-180% הגדלה מהביקורת) והשפעה פחותה יותר על אורן ברוטיה (כ-160% הגדלה מהביקורת). ההשפעה הקטנה ביותר התקבלה באורן הצנובר. עם

גובה Δ
(ס"מ)

אורנייה סיבית

ביקורת

א



קוטר גזע Δ
(מ"מ)

אורנייה סיבית

ביקורת

ב

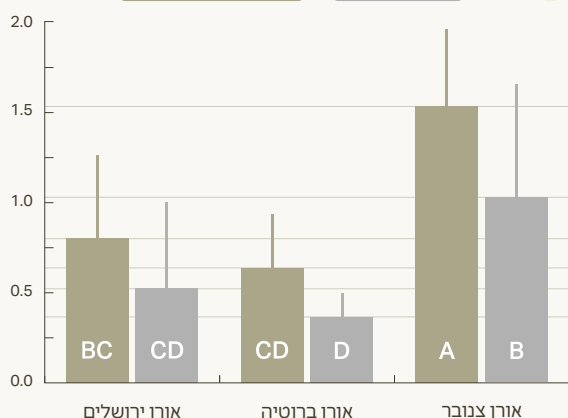


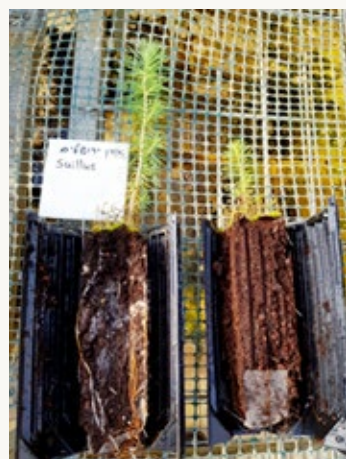
Figure 1

***S. collinitus* inoculation and its effect on trunk diameter (A) and height (B) in three pine species**

The saplings were grown in a greenhouse at the Matityahu Experimental Farm and were examined six months post-inoculation.

איור 1

השפעת ההדבקה באורנייה על השינוי בקוטר גזע (א) וגובה (ב) בשלושה מיני אורן
השתילים גודלו בחממה בחוות מתתיהו ונבחנו שישה חודשים לאחר ההדבקה.



אורן ירושלים



אורן ברוטיה



אורן צנובר

Figure 2

Three pine species 12 months following inoculation with *S. collinitus* spores

On the right is the control sapling (non-inoculated), and on the left the sapling inoculated with *S. collinitus* spores, for each pine species.

איור 2

שתילים של שלושה מיני אורן, 12 חודשים לאחר ההדבקה בנבגי אורנייה סיבית בכל מין אורן מוצג מימין שתיל ביקורת (ללא הדבקה) ומשמאל שתיל שהודבק בנבגי אורנייה סיבית.

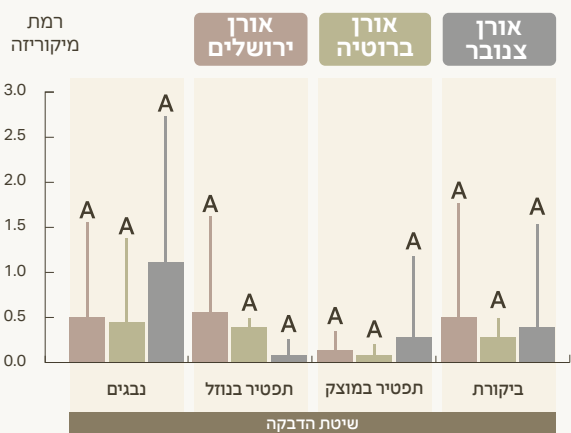


Figure 4

Correlation between the inoculation with *L. deliciosus* and mycorrhiza levels in roots (visual inspection) 17 months following inoculation
Significance was calculated with the Tukey-Kramer HSD, Alpha=0.05, using JMP5 software.

השפעת שיטת ההדבקה בנטופה ערבה על רמת ההדבקה בשורשים בבדיקה חזותית, 17 חודשים לאחר ההדבקה המובהקות נבדקה בתוכנת JMP5 במבחן Tukey-Kramer HSD, Alpha=0.05.

איור 4

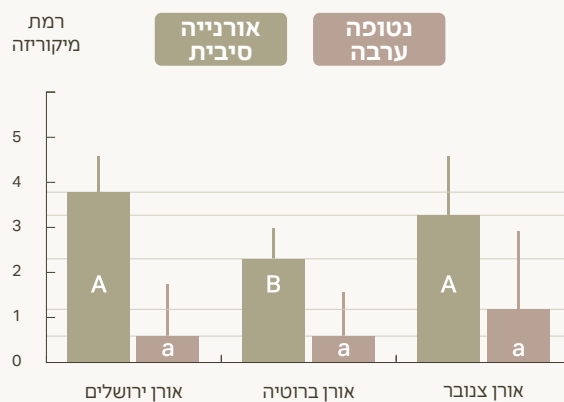


Figure 3

Mycorrhiza levels in pine seedling roots following inoculation with spores
The levels of *S. collinitus* and *L. deliciosus* were examined visually 17 months post-inoculation. The values are means of the results found at the three pH levels tested. Significance was calculated with the Tukey-Kramer HSD, Alpha=0.05, using JMP5 software.

רמת ההדבקה בשורשי שתילי אורן בעקבות הדבקה באמצעות נבגים
רמת ההדבקה של אורנייה סיבית ונטופה ערבה נבחנה בבדיקה חזותית 17 חודשים לאחר ההדבקה. הערכים הם ממוצע התוצאות בשלוש רמות ה-pH שנבחנו. המובהקות נבדקה בתוכנת JMP5 במבחן Tukey-Kramer HSD, Alpha=0.05.

איור 3

המיקוריטי עם הפטרייה, וכן לא נצפתה הדבקה ספונטנית של שורשים שלא עברו הדבקה מקדימה.

ההסבר לשוני זה מקורו כנראה בהבדלים בתכונות הקרקע, כפי שניתן לראות בטבלה 2. קרקע הטרה רוסה עשירה יותר בחומרי הזנה ובעלת pH נמוך יותר (שמאפשר קליטה של זרחן וברזל), כושר אחיזת מים גבוה יותר ומוליכות חשמלית נמוכה יותר. מאפיינים אלה מסייעים להישרדות המיקוריזה, וכן להדבקה טבעית בפטריות. לעומתה, קרקע הרנדזינה ענייה בחומרי הזנה, בעלת pH גבוה (שפוגע בכושר קליטת זרחן וברזל), כושר אחיזת מים נמוך יותר ומוליכות גבוהה יותר, תנאים הפוגעים בכושר הצימוח וההתפתחות של העצים. אין באפשרותם לספק לפטרייה חומרי הזנה, ובעקבות זאת היא אינה מצליחה לשרוד ללא השקיה בשנים הראשונות.

בדגימות מולקולריות של עצים בשתי החלקות, נמצא כי חלק מהעצים (ללא תלות בהדבקה מקדימה במשתלה) יצרו קשרי מיקוריזה עם פטריות שמקורן בקרקע המקומית. תוצאות אלה תואמות תצפיות קודמות שבוצעו במחקר בעל מאפיינים דומים בחלקת יער אורנים בספרד (Rincon et al., 2007). הן מצביעות על נטייה להיווצרות פרופיל פטריות ייחודי המשותף ליערות אורנים בישראל ובאירופה. לסיכום, המשך פיתוח פרוטוקולים להדבקות יעילות וזולות במשתלה ובחינת דרישות ההשקיה לאחר נטיעה יאפשרו שיפור של התפתחות העץ בשלבי הצימוח הראשונים במשתלה ובשנים הראשונות לאחר נטיעתו בשטח. תקופה ראשונית זו הופכת משמעותית אף יותר

זאת, יש לשים לב כי קצב צמיחתו הוא המהיר ביותר בין שלושת מינים הללו. כמו כן, בבדיקה לאחר 17 חודשים מההדבקה נמצאה הדבקה ב-100% מהשתילים, ברמת ההדבקה הממוצעת בשורשים של 3.14 (בסקלה 0-5). בבחינת השפעת הדבקת נבטי אורן הצנובר בנבגי נטופה ערבה במצעים ברמות pH שונות, נמצא כי רמת ההדבקה המרבית התקבלה ב-pH 5.64. הדבקת הזרעים בנבגי הנטופה הביאה לצמיחה מהירה יותר, אך רמות הדבקת השתילים היו נמוכות באופן יחסי. בבדיקה לאחר 17 חודשים מההדבקה נמצאה הדבקה רק ב-31.5% מהשתילים, ורמת ההדבקה הממוצעת בשורשים הייתה של 0.61 (בסקלה 0-5). תוצאה זו מעידה על הצורך בהמשך פיתוח פרוטוקול ההדבקה של הנטופה הערבה וביעולו.

מעקב וניטור באמצעים מולקולריים

בחינת נוכחות הפטריות בשורשים ובקרקע באמצעים מולקולריים העידה על הבדלים בהתבססות המיקוריזה בהשוואה בין שתי החלקות (טרה רוסה לעומת רנדזינה). על סמך מדגם עצים מייצג של חלקת הטרה רוסה (ראשית השנה השלישית) ניתן לראות התבססות של הקשר המיקוריטי בעצים שהודבקו במשתלה, ואף הדבקה ספונטנית של אורנייה סיבית במספר שתילי ביקורת שלא עברו הדבקה מקדימה. לעומת זאת, בקרקע הרנדזינה נצפתה מגמה הפוכה – דגימות של עצים שהודבקו בשלב המשתלה וניטעו כאשר הם מודבקים היטב, נבדקו 16 חודשים לאחר השתילה. בבדיקה זו לא זוהה הקשר

מספר עץ	טיפול	חלקת נטיעה
28	אורניה #1	טרה רוסה
30	אורניה #1	טרה רוסה
116	ביקורת #2	טרה רוסה
143	ביקורת #2	טרה רוסה
87	אורניה #1	רנדזינה
105	אורניה #1	רנדזינה
14	ביקורת #1	רנדזינה
159	ביקורת #2	רנדזינה

Table 3

Numbers and treatment description of trees subjected to molecular analysis

טבלה 3

מספרי העצים והטיפולים שנדגמו מהם שורשים לאבחון מולקולרי

סוג הקרקע	תאריך בדיקה	pH	מוליכות (mS/cm)	רטיבות הקרקע (%)	רטיבות אזור לא מושקה (%)
חלקת טרה רוסה	נובמבר 2017	6.41	0.596	19.88	
חלקת רנדזינה	נובמבר 2017	7.45	0.888	16.28	
חלקת טרה רוסה	מאי 2018			14.42	
חלקת רנדזינה	מאי 2018			7.53	

Table 2

Soil characteristics in the two model plots
pH and humidity levels in winter and early summer.

טבלה 2

בדיקות קרקע בשתי חלקות הניסוי
בחינת רמת pH ורמת הרטיבות בשתי עונות, חורף ותחילת הקיץ.

מספר עץ	טיפול	חלקת נטיעה
54	אורניה #1	טרה רוסה
62	אורניה #1	טרה רוסה
67	אורניה #1	טרה רוסה
119	ביקורת #2	טרה רוסה
136	ביקורת #2	טרה רוסה
74	אורניה #1	רנדזינה
103	אורניה #1	רנדזינה
19	ביקורת #1	רנדזינה
206	אורניה #2	רנדזינה
207	אורניה #2	רנדזינה
154	ביקורת #2	רנדזינה

Table 4

Numbers and treatment description of trees subjected to a second PCR analysis

טבלה 4

העצים שנלקחו מהם דוגמאות שורשים לבדיקת PCR שנייה

מספר עץ	סוג קרקע	התאמה מרבית על סמך מאגרי המידע	% זהות
#67	טרה רוסה – מודבק	<i>Tomentella</i> sp. FJ554331.1	98.39
#136	טרה רוסה – ביקורת	<i>Geopora</i> sp. EF484934	99.39
#154	רנדזינה – ביקורת	<i>Geopora</i> sp. HE687048	100
#206	רנדזינה – מודבק	<i>Geopora</i> sp. JQ976017.1	99.82

Table 5

Sequence alignment of the second analysis results with public databases

טבלה 5

השוואה בין תוצאות רצפי הדגימה השנייה מול רצפי מאגרי המידע הקיימים

באזורים חמים ודלי משקעים כדוגמת ישראל. כמו כן, המשך פיתוח טכנולוגיות מולקולריות לאפיון כולל של הרכב פטריות הקרקע המיועדות לנטיעה, כפי שנעשה בעבודת מחקר זו, יאפשר בחירה מושכלת של מיני העצים המותאמים לאירוח הפטריות הרצויות, ויביא בסופו של דבר להעצמת בריאות היער ולהגדלת כמות פטריות המאכל.

תודות

תודה רבה למתנדבי השומר החדש שביצעו את פתיחת הבורות והנטיעה בשטח. תודה רבה לעובדים ולמדריכים של צוות גוש ברעם, לאבי פיבק ולאבירם צוק על התמיכה והאפשרות להוציא את הניסוי לפועל.

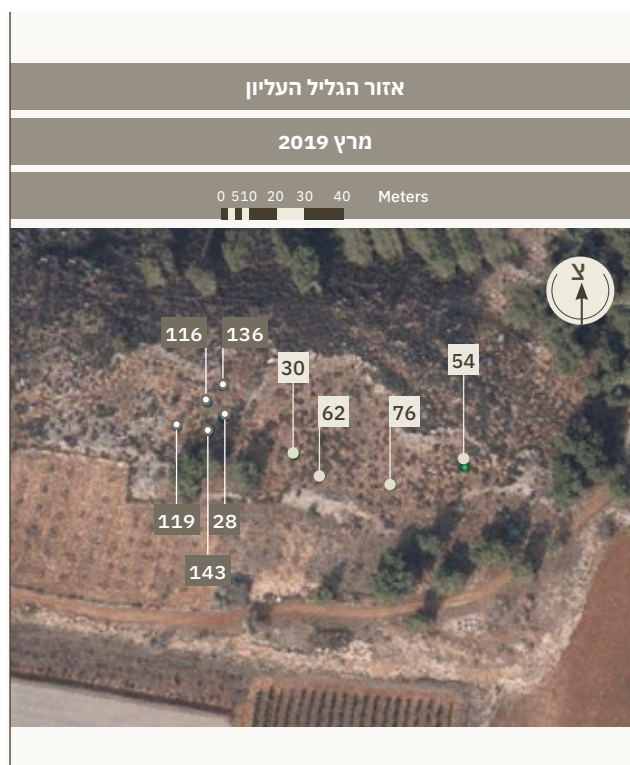


Figure 5

Aerial photograph of the terra rossa plot and the location of trees subjected to molecular analysis

■ inoculated in the nursery
□ non-inoculated control tree

איור 5

תצלום אוויר של חלקת הטרה רוסה ומיקום העצים שנדגמו לבדיקה מולקולרית

■ עץ מודבק במשתלה
□ עץ ביקורת שלא הודבק בנבגים

מקורות

- Lactarius deliciosus in the symbiotic and extraradical mycelium stages. *Journal of Biotechnology*, 126, 123-134.
- Klein T, Siegwolf RT, and Korner C. 2016. Belowground carbon trade among tall trees in a temperate forest. *Science*, 352, 342-344.
- Martin KJ and Rygielwicz PT. 2005. Fungal-specific PCR primers developed for analysis of the ITS region of environmental DNA extracts. *BMC Microbiology*, 5, 28. <https://doi.org/10.1186/1471-2180-5-28>
- Moreno JP, Laguette AG, Arzu RF, and Yu FQ (Eds). 2017. *Mushrooms, humans and nature in a changing world*. Springer.
- Nilsson RH, Anslan S, Bahram M, Wurzbacher C, Baldrian P, and Tedersoo L. 2019. Mycobiome diversity: High-throughput sequencing and identification of fungi. *Nature Reviews Microbiology*, 17, 95-109.
- Rincon A, de Felipe MR, and Fernandez-Pascual M. 2007. Inoculation of *Pinus halepensis* Mill. with selected ectomycorrhizal fungi improves seedling establishment 2 years after planting in a degraded gypsum soil. *Mycorrhiza*, 18, 23-32.
- Savoie JM and Largeau ML. 2011. Production of edible mushrooms in forests: Trends in development of a mycosilviculture. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 89, 971-979.
- Teste FP and Simard SW. 2008. Mycorrhizal networks and distance from mature trees alter patterns of competition and facilitation in dry Douglas-fir forests. *Oecologia*, 158, 193-203.
- Björklund J, Eksvård K, and Schaffer C. 2019. Exploring the potential of edible forest gardens: Experiences from a participatory action research project in Sweden. *Agroforestry Systems*, 93, 1107-1118.
- Büntgen U, Latorre J, Egli S, and Martinez F. 2017. Socio-economic, scientific, and political benefits of mycotourism. *Ecosphere*, e01870.
- El Karkouri K, Selosse MA, and Mousain D. 2006. Molecular markers detecting an ectomycorrhizal *Suillus collinitus* strain on *Pinus halepensis* roots suggest successful inoculation and persistence in Mediterranean nursery and plantation. *FEMS Microbiology Ecology*, 55, 146-158.
- Gorzelak MA, Asay AK, Pickles BJ, and Simard SW. 2015. Inter-plant communication through mycorrhizal networks mediates complex adaptive behaviour in plant communities. *AoB Plants*, 7, 10.1093/aobpla/plv050.
- Hall I and Wang Y. 2004 Edible ectomycorrhizal mushrooms: Challenges and achievements. *Canadian Journal of Botany*, 82(8), 1063-1073.
- Hortal S, Pera J, and Parlade J. 2008. Tracking mycorrhizas and extraradical mycelium of the edible fungus *Lactarius deliciosus* under field competition with *Rhizopogon* spp. *Mycorrhiza*, 18, 69-77.
- Hortal S, Pera J, Galipienso L, and Parlade J. 2006. Molecular identification of the edible ectomycorrhizal fungus



שתילי אורנים שהודבקו בפטריות בחלקת המחקר
צילום: עופר דנאי



למעלה: נטיעה בחלקת המחקר. צילום: עופר דנאי
למטה: אורניה סיבית ונטופה ערבה גדלות בשכנות. צילום: עופר דנאי

סקירה היסטורית של פעולות ייעור באזורים צחיחים למחצה בצפון ישראל

פול גינסברג *1 | ניר עצמון **2

שירותי ניהול יער, קיבוץ סאסא 1
CamAgra; Greenforest Consultancy 2
and New Grow Plant, Cambodia
paulmginsberg@gmail.com *
nir.atzmon@gmail.com **

תקציר

רוב פעולות הייעור בישראל מתבצעות על פני קשת רחבה של בתי גידול גאו-בוטניים ובתנאי אקלים מגוונים וקיצוניים, באזורי גשם של 100–900 מ"מ לשנה. רוב שטחי היער בצפון ישראל המנוהלים על ידי קק"ל מאופיינים בחורש טבעי של אלונים, אלות, חרובים ומינים נוספים, וביערות נטועים המורכבים בעיקר ממינים שונים של עצי מחט, אורנים וברושים, הגדלים בבתי גידול ים תיכוניים. לעומת זאת, בחלק המזרחי של מרחב הצפון קיים אזור קטן ובו תנאים של בית גידול צחיח למחצה הקשור לבקע הסורי-אפריקני. באזור זה מצויים תנאים סביבתיים מאתגרים לכל גורם שעסק בייעורו ב-80 השנים האחרונות – אגף הייעור של המנדט הבריטי (המנדטורי), אגף הייעור הממשלתי, קק"ל וגורמים אחרים. הניסיון המצטבר של נטיעת יערות חדשים באזור זה, בשילוב עם תוצאות של חלקות אקלום ואתרי ייעור נוספים ברחבי הארץ, הובילו לפיתוח מערכת ייחודית של כלי ממשק יער כדי להגיע להצלחה. מערכות הייעור הללו מתפקדות כיערות רב-תכליתיים המציעים מגוון רחב של שירותים אקולוגיים, כגון נוף, הגנה על אגני היקוות, שימור הקרקע, מרעה לבעלי חיים ולדבורים, שירותי פנאי ונופש וייצור מוצרים ושירותי יער אחרים. מערכות ייעור אלה יכולות לספק מודל רלוונטי של ניהול יער בר-קיימא באזורים צחיחים למחצה ברחבי העולם.

מילות מפתח

אגן היקוות, ייעור רב-תכליתי, יער טבריה (יער שווייץ), קציר נגר, שירותי מערכת אקולוגית

מבוא

הכינרת ואת השטחים דרומה לה. התנאים הסביבתיים של אזור זה הציבו אתגר גדול למאמצי הייעור ושימור הקרקע, שבוצעו בתחילה על ידי אגף הייעור המנדטורי ובהמשך על ידי אגף היער של ממשלת ישראל, קק"ל וקיבוצים מהאזור. הניסיון המצטבר של נטיעת יערות חדשים באזורים צחיחים למחצה בצפון הארץ הוביל לפיתוח מערכת ייחודית של נטיעת יערות עם מינים עמידים ליובש ופיתוח כלי ממשק יער להבטחת תוכניות ייעור מוצלחות. מאמר זה סוקר את התנאים הסביבתיים של האזור, מתאר פרויקטים שונים בתחום הייעור באופן כרונולוגי, ומפתח מודל של ממשק יער בר-קיימא ורב-תכליתי באזורים הצחיחים למחצה המבוסס על תוצאות מפרויקטים דומים בישראל.

מדדים ביו-פיזיים של צפון ישראל וסובב הכינרת

ישראל ממוקמת בצומת גאולוגי-אקלימי חשוב של שלוש יבשות – אירופה, אסיה ואפריקה – שאזורים אקלימיים וגאובוטניים שונים מתחברים בו. האזור הגאובוטני הים תיכוני בצפון הארץ ובמרכזה מכסה כמחצית משטח הארץ (10,500 קמ"ר). הוא מאופיין בחורש טבעי צפוף של חברת אלון מצוי (*Quercus calliprinos*) ואלה ארץ-ישראלית (*Pistacia palaestina*) וביערות פתוחים של חברות אלון התבור (*Quercus ithaburensis*), אלה אטלנטית (*Pistacia atlantica*), חרוב מצוי (*Ceratonia siliqua*), שיזף מצוי (*Zizyphus spina-christi*) ומלוויהם. כמו כן, מתפתח יער טבעי מחטני של אורן ירושלים (בעיקר באזור הר הכרמל) עם תת-יער של רחבי-עלים שונים. החבל הים תיכוני מתאפיין גם בשטחים של שיחיות ובתות של בני-שיח ועשבונים רב-שנתיים. היערות הנוטעים מורכבים ממיני עצי מחט ועצים רחבי-עלים, חלק מהם בהרכב מעורב, וגם הם מרכיב חשוב בתבנית הנוף באזור הים תיכוני.

במאמר זה נעסוק באזור הצחיח למחצה בצפון הארץ, שמצוי במדרונות המזרחיים של הרי הגליל התחתון, מקיף את הכינרת וממשיך דרומה בחלק הדרום-מערבי של רמת הגולן, המשתפל לכינרת עד החלק הצפוני ביותר של עמק הירדן (מפה 1). הכינרת, גוף המים השפירים הגדול ביותר בישראל ומאגר מי השתייה העיקרי שלה, ממלאת תפקיד מרכזי בהשפעה על האקלים המקומי. גובה השטח נעים מ-210 מטר מתחת לפני הים בחוף של אגם הכינרת ועד 230 מטר מעל פני הים. טווח המשקעים הממוצעים נע סביב 350–450 מ"מ לשנה ומפוזר בממוצע על פני 50 ימים בשנה (Orni and Efrat, 1980).

הקרקעות המקיפות את אגם הכינרת מגוונות בטבען, היות שמקורן במסלע מגוון של אבן גיר, קירטון, חוואר, ובזלת וולקנית (Orni and Efrat, 1980). מגוון הקרקעות כולל טרה רוסה, רנדזינות בהירות וכהות, פרוטוגרומוסולים בזלתיים, קונגלומרטים וקרקעות סחף בלתי יציבות בעלות רמות גבוהות של סידן חופשי (Sneh et al., 1998). נוסף על כך, קיבול המים הזמינים משתנה בין סוגי הקרקע, וקבוצת הרנדזינות היא בעלת משטר המים הטוב ביותר להתפתחות צומח מעוצה (דן, 1980).

דנין (2010) סיווג את הצומח באזור שסובב את הכינרת כצומח ים תיכוני דמוי סוואנה של מיני שיזף. Zohary (1962) סיווג אזור זה כחלק מאזור הצמחייה של צומח "ים תיכוני-ערבתי למחצה" ו"ערבה עשבונית אירנו-טורנית", המוגבלים לגבול של האזורים

המונח צחיחות מתייחס לאזורים מגוונים מאוד מבחינת סוג הקרקע, כמויות משקעים, צמחייה ובעלי חיים, ובשל כך יש לו הגדרות רבות. כדי להגדיר צחיחות נעשה שימוש במדד הצחיחות, המוגדר כשילוב של כמות משקעים וטמפרטורה ומיוצג על ידי הנוסחה p/EPT . כאשר הערך את כמות המשקעים, ואילו EPT מייצג פוטנציאל לדיות. כאשר הערך קטן מ-0.2 (לרוב כמות משקעים בין 100 ל-300 מ"מ) האזור נחשב צחיח, וכאשר מדד הצחיחות נע בין 0.2 ל-0.5 (לרוב כמות משקעים בין 300 ל-600 מ"מ) האזור נחשב צחיח למחצה (FAO, 1989a). האזורים הצחיחים למחצה בישראל מצויים רובם בנגב הצפוני, במדבר יהודה, בעמק הירדן הצפוני, בכינרת ובעמק החולה.

ניתן להגדיר באופן רחב את המושג "ייעור באזורים צחיחים" כ"ניהול של עצים ושיחים עבור שימור ופיתוח בני-קיימא ... כדי לשפר את הפרנסה ואיכות החיים של תושבי כפרים בסביבות צחיחות" (Ffolliott et al., 1995). ייעור מסורתי, לעומתו, מוכוון לייצור מוצרים מסחריים. ניהול יער באזורים צחיחים וצחיחים למחצה מתמקד באספקת מוצרים כלכליים שאינם עץ, בשילוב שירותים אקולוגיים-חברתיים בסביבות כפריות ועירוניות (FAO, 1989b; Kuchelmeister, 1997), שמעוגנים במסגרת תפיסתית של ניהול יער בר-קיימא (SFM - Sustainable Forest Management). תוכנית משולבת של ניהול יערות באזורים צחיחים מיועדת לענות על הצרכים האקולוגיים, החברתיים והכלכליים של החברות באופן מאוזן ומקיף (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). בדרך כלל, אזורים צחיחים דלים במשאבי טבע ונוחים להיפגע מניצול יתר של משאבים אלה. הם מוגבלים במים, בחומרים מזינים, בקרקע ובכיסוי צמחי, וגם סובלים "מברחת" משאבים בשל אי-יכולתן של המערכות האקולוגיות לשמור על המשאבים באמצעים פיזיים או ביולוגיים (Whisenant, 1995). תהליכים אלה מאפיינים את תהליך המדבור, ולכן, שימור מערכות מדבריות כרוך בהפסקה או בהקטנה של הפעולות שגורמים בני אדם, בשילוב התערבות פיזית בשטח ונטיעת עצים (Malagnoux et al., 2007). לפיכך, ייעור וניהול היערות באזורים צחיחים ממלאים תפקיד חיוני בשיקום מערכות טבעיות מדורדרות, וזוכים לתשומת לב רחבה, כפי שמעידים פרסומים בין-לאומיים רבים, סמינרים, כנסים וקורסים בהנחיית האו"ם וארגונים בין-לאומיים אחרים (FAO, 1955, 1989b; Atzmon, 2008).

מדינת ישראל משתרעת על פני שטח של 22,145 קמ"ר (משרד החוץ, 2013). מתוכם כ-5,000 קמ"ר מוגדרים כשטחים צחיחים למחצה וכ-12,000 קמ"ר מוגדרים כשטחים צחיחים (סך הכול כ-76.8% מכלל שטחי המדינה); האזורים הנותרים ממוקמים בשליש הצפוני של הארץ ומוגדרים כאזורים ים תיכוניים לחים ולחים למחצה (Kaplan et al., 1970; Portnov and Safriel, 2004). לפיכך, השטח בצפון ישראל אינו מוגדר בדרך כלל כסביבה צחיחה למחצה. האקלים הים תיכוני הלח תומך בחורש טבעי של מיני רחבי-עלים שונים, יערות טבעיים מעורבים של אורן ירושלים (*Pinus halepensis*) עם רחבי-עלים שונים לצד יערות הנוטעים בעיקר במינים מחטניים. עם זאת, קיים בצפון הארץ אזור המאופיין באקלים צחיח למחצה (הדומה לאקלים של הנגב הצפוני), הקשור לשבר הסורי-אפריקני (הבקע הגדול), שמקיף את

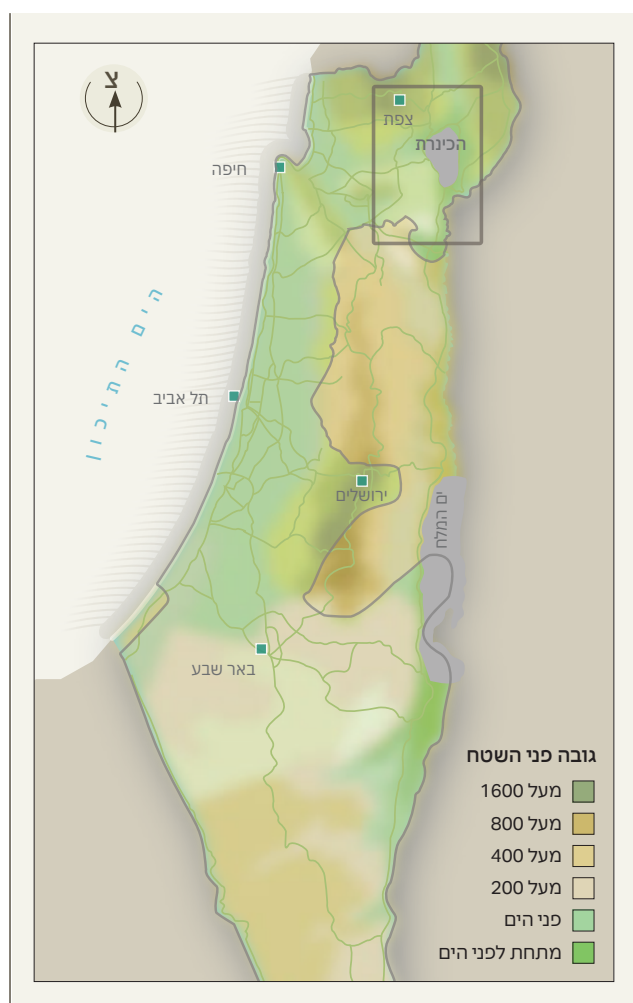
נטיעות ראשונות באזורים צחיחים בארץ ישראל

ליפשיץ וביגר (2000) התייחסו לתוכנית הנטיעות להקמת פארק בעיר באר שבע בשנת 1915 מטעם המשטר העות'מני כאל התחלה של הייעור באזורים צחיחים וצחיחים למחצה בארץ ישראל. Gindel (1946) מייחס את תחילתו של מפעל הייעור בפועל לשנות ה-20 של המאה ה-20, עם תחילתו של המנדט הבריטי בארץ ישראל לאחר מלחמת העולם הראשונה. עבודתו של אגף הייעור המנדטורי התמקדה בייצוב חולות לאורך רצועת החוף הדרומית על ידי נטיעת שיטים (Weitz, 1974). ב-1917 ביצעה קק"ל נטיעות של איקליפטוסים (*Eucalyptus spp.*), אורן הצנובר (*Pinus pinea*) וקזוארינה (*Casuarina spp.*) ליד הקיבוצים כינרת ודגניה, סמוך לקצה הדרומי של הכינרת. בין השנים 1922–1937 נטעה פיק"א (Palestine

הפיטו-גאוגרפיים הים תיכוני והאירנו-טורני, וכוללים את התצורות הבאות: יערות ערבתיים הנשלטים על ידי אלה אטלנטית, עוזרר מצוי (*Crataegus aronia*) ושקד קטן עלים (*Amygdalus korschinskii*); שיחיה אירנו-טורנית הנשלטת על ידי שיזף השיח (*Ziziphus lotus*); יער סוואנה הנשלט על ידי שיזף מצוי.

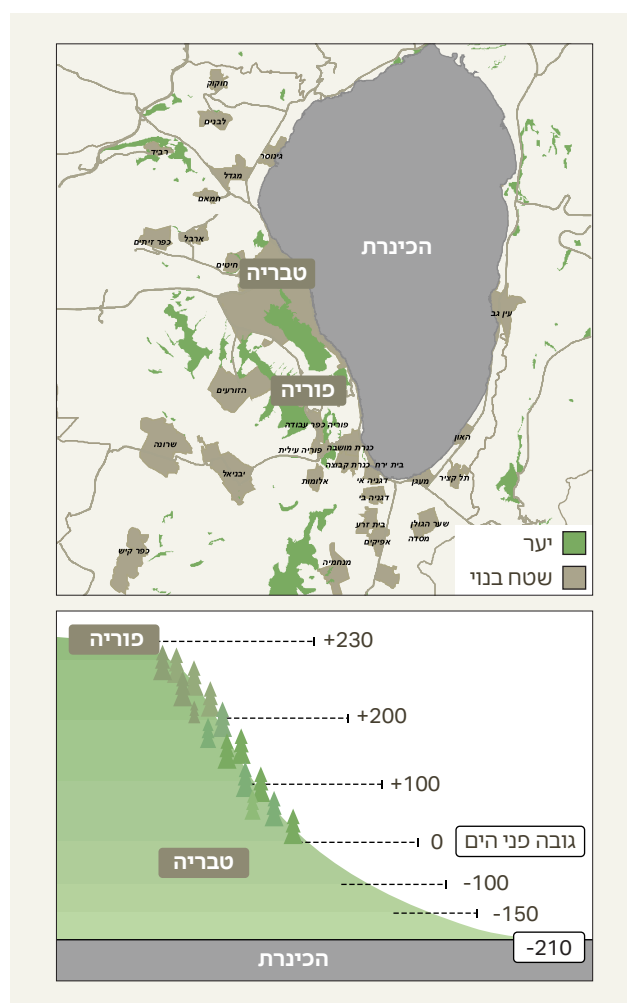
ייעור

פרק זה דן בסקר היסטורי של פעילויות הייעור ובאסונות טבע שהתרחשו באזור זה כרקע להתפתחות תורת ייעור ייחודית בו. מן הראוי לציין, שהשטח המדובר הוא אחד הבודדים בצפון הארץ שפעילויות ייעור התרחשו בו על רצף הזמן באמצעות גופים ומוסדות שונים.



Map 1

Location map of Israel and its planted forests, the Lake Kinneret study area and an elevational cross-section of the Tiberias slopes (Vladimir Bezverkhi, GIS Specialist, Lower Galilee District, KKL-JNF)



מפה 1

מיקום יערות ישראל, אזורי ייעור סביב הכינרת וחתך גבהים של מדרון טבריה (ולדימיר בזברחי, רכז מ"ג, אזור הגליל התחתון והגליל, קק"ל)

חם שעולה מן הכינרת. בשנים 1921–1940 תועדו באזור רכס פוריה והעיר טבריה תשעה אירועי סערות גשם חמורים שהביאו להצפה ולהרס רכוש, לפגיעה בבעלי חיים ולאובדן חיים בעיר העתיקה של טבריה (Goor, 1948).

כבר ב-1927, לפני השיטפון הקטלני שהתחולל בטבריה בשנת 1934, ומתוך הכרה מוקדמת בצורך בטיפול מידי ויעיל בשימור הקרקע, החל אגף הייעור המנדטורי בפעילות מקצועית לשימור הקרקע שהייתה מלווה במחקר מדעי (El-Eini, 1999). הפרויקט כלל בנייה ידנית של טרסות מסוג "גרדוני" (gradoni) לאורך קווי הגובה, ייעור והפסקת רעייה בלתי מבוקרת בשטח נבחר של 750 דונם. בנייתן של טרסות לאורך קווי גובה במדרון נועדה למתן את זרימת הנגר העילי. היא אפשרה למי הגשמים לחדור לקרקע, ויצרה נקודות איגום של משאבים באתר (חומרים מזינים, חומר אורגני וזרעים); במקום להישטף מהמדרון הם הצטברו במיקרו-כתמים (Shachak et al., 1998; Martinez de Azagra et al., 2004). גם כיום עדיין ניתן לראות שרידים של עבודות אלה (איור 1). העצים הראשונים שנשתלו היו מסוג שיטה מכחילה (*Acacia saligna [cyanophylla]*) – מין אקזוטי ששימש את הבריטים באופן מוצלח לייצוב דיונות חול לאורך מישור החוף מעכו לעזה (אך הפך עם השנים למין הפולש העיקרי בישראל), ושיזף מצוי שהוא מין טבעי באזור זה. נטיעות נוספות בין השנים 1928–1936 כללו מינים אקזוטיים נוספים כגון: אילנתה בלוטית (*Ailanthus altissima*), אדרכת מצויה (*Melia azadirachta*), אורן קנרי (*Pinus canariensis*), אורן מקרין (*P. radiata*), אורן מריטימה (*P. pinaster*), ברוש אריזוני (*Cupressus arizonica*), ברוש מצוי (*C. sempervirens*).

Jewish Colonization Association – חברה להתיישבות יהודית בארץ ישראל) אורנים, ברושים (*Cupressus spp.*), שיטים (*Acacia spp.*), חרובים ואיקליפטוסים בכינרת, בטבריה ובמנחמיה (מפה 2) (ליפשיץ וביגר, 2000).

חקר מקרה של יער טבריה (המכונה גם יער שווייץ)

העיר טבריה ממוקמת על החוף המערבי של הכינרת, בגובה של 210 מטר מתחת לפני הים. מדרונות תלולים מתרוממים מעל העיר לרכס פוריה שמערב לה בהפרש גובה של 400 מטר. השיפוע הממוצע במדרונות אלה הוא של 30% (ובאזורים מסוימים מגיע גם עד ל-80%). בחתך המדרון נמצאות קרקעות שונות – רנדזינות ופרוטוגרומסולים בזלתיים מעורבים באדמת סחף. האקלים ברכס פוריה הוא ים תיכוני חם. באביב המאוחר ובסתיו יכולות להתרחש מעל רכס פוריה סופות גשם בעוצמה רבה, כשאוויר קריר, שמקורו מהים במערב, פוגש אוויר

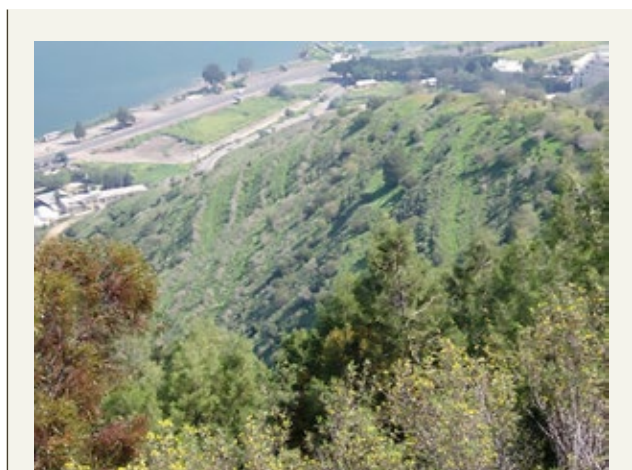


Figure 1

Remnant "gradoni" terraces from the British Mandate Period, Tiberias Forest, 2007
Photo: Paul Ginsberg

איור 1

טרסות "גרדוני" מתקופת המנדט הבריטי, יער טבריה 2007
צילום: פול גינסברג



Map 2

Location map of the Menahemiya, Poriyya, Ramot and Tiberias forests (Vladimir Bezverkhi, GIS Specialist, Lower Galilee District, KKL-JNF)

מפה 2

מפת התמצאות של יערות מנחמיה, פוריה, רמות וטבריה (ולדימיר בזברחי, רכז מ"ג, אזור הגליל התחתון והגלבוע, קק"ל)

משנת 1960 ואילך נטלה קק"ל את מלוא האחריות על ניהול היער. העבודות בשנות ה-60 וה-70 היו בעיקר בניית דרכים וכבישים, תחזוקת יערות ופיתוח מתקני בילוי ראשונים לקהל המבקרים, ולא נעשו נטיעות חדשות. החל בשנת 1982 קידמה קק"ל תוכנית שיקום מקיפה ליער טבריה, המבוססת על העקרונות של ניהול משולב של אגן היקוות (ספיר ושרמייסטר, 1988). לפי האגף לשימור קרקע וניקוז של משרד החקלאות ופיתוח הכפר, "מטרת-העל של הניהול האגני היא שימוש מושכל במשאבי הטבע ושימורם באמצעות ניהול משאב הקרקע, המים והמרכיב האנושי המקומיים" (גוטמן, 2018).

החזון של התוכנית המשולבת לניהול ולפיתוח של אגן ההיקוות היה לשנות את משטר זרימות מי הנגר במדרון על ידי הפחתת עוצמתו, סחיפת הקרקע והנזקים האקולוגיים שהן גרמו במדרון, לחזק ולהגדיל את הכיסוי הצמחי במדרון ולפתח את אפשרויות השימוש בשטח לקהל המבקרים. התוכנית כללה אמצעי שימור קרקע, מתקני ניקוז, סלילת כבישים, ייעור, ניהול רעיה, מניעת שרפות יער, שימור אתרים ארכאולוגיים ופעילויות לפיתוח אתרי נופש (איור 2). לפני ביצוע הפרויקט הקימה קק"ל צוות תכנון של מומחים פנים-ארגוניים ויועצים חיצוניים של רשויות תכנון פרטיות וגופים ממשלתיים (בעיקר אנשי התחנה לחקר הסחף של משרד חקלאות) ורשות ניקוז כינרת. הסיוע שלהם התמקד בתכנון משולב של דרכי יער ודרך נוף ראשית, וכן של מערכת ניקוז משולבת על פי חלוקת המדרון לשמונה יחידות הניקוז הטבעיות של אגני ההיקוות המשניים. תוכנה רשת של חמש דרכי יער מקבילות, עם תעלות ומתקני ניקוז לאורכן, כדי לקטוע את הרצף האנכי של המדרון ולהטות ולהסיט את הנגר העילי ממנו אל

פרקינסוניה שיכנית (*Parkinsonia aculeate*), רוביניה בת-שיטה (*Robinia pseudoacacia*), מיני שיטים שונים (*Acacia decurrens*; *A. nilotica*; *A. pycnantha* Department of Agriculture; 2000; ליפשיץ וביגר, 1936; Dawe, 1936 and Forests, 1935). בניית טרסות, נטיעת עצים וסגירת שטחי מרעה לרעייה אפשרו לאתר להשתקם, כפי שמעידה התפתחות שכבת עשבים בין מדרגות הטרסות ובין העצים שנשתלו עליהן (Goor, 1948). בשנת 1941 הכריז פקיד היערות של ממשלת המנדט הבריטי על האתר כ"שטח מיוחד בטבריה" – "השטח המיוחד" הראשון לפי הפקודה למניעת שיטפונות וסחף קרקע–1941 (Goor, 1948). הנטיעה ובניית הטרסות נמשכו עד 1945 עם יצירת 100 ק"מ של טרסות ונטיעת 1,700 דונם של יער. בין השנים 1948–1959 קיבל אגף הייעור הממשלתי של מדינת ישראל אחריות ניהול על השטח. הוא המשיך במשטר התחזוקה והניהול של קודמו הבריטי, תוך הוספת מינים חדשים של עצים אקזוטיים לתערובת השתילה – איקליפטוס (*Eucalyptus camaldulensis*), איקליפטוס מסמרי (*E. gomphocephala*) ואורן קפריסאי (*Pinus brutia*). עובדי האגף ניסו זריעה ישירה של בלוטי אלון התבור, שמרו על קווי אש, כבישים ושבילים, טיפלו בעומדים של עצי יער צעירים, וביצעו דילולים מוקדמים (גור, 1951). למרבה הצער, מרבית הנטיעות הללו והמינים הספציפיים בהן לא שרדו בשל התנאים הקשים בבית הגידול, רעייה ושרפות יער. כיום נותרו באזור זה מדרון עשבוני שעבר שינוי מיקרו-טופוגרפי על ידי יצירת טרסות. רק כמה שרידים בודדים של אלוני התבור נותרו מעל העיר טבריה (נדב שטרן, מידע אישי).



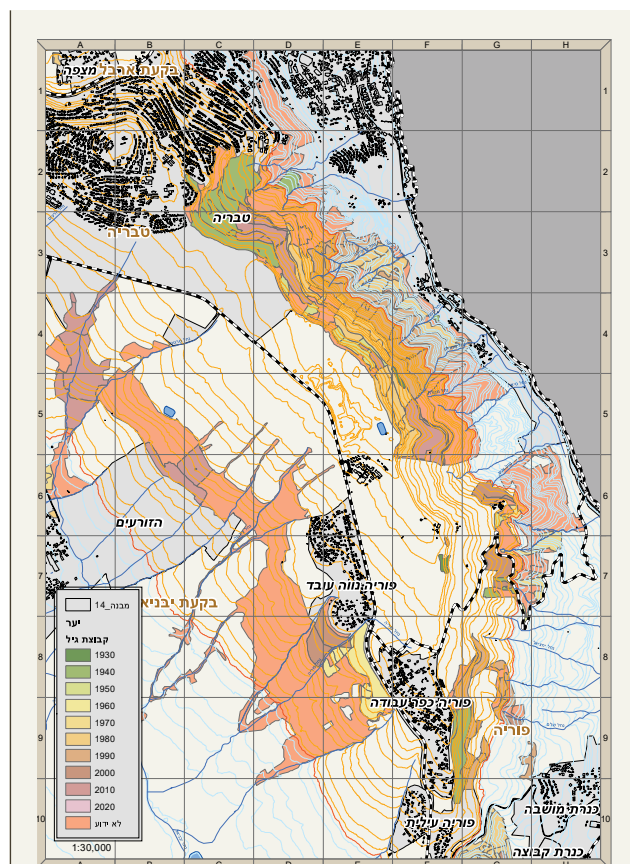
Figure 2

Swiss Forest rehabilitation plan
(Sapir and Schermeister, 1988)

איור 2

תוכנית שיקום של יער שווייץ
(ספיר ושרמייסטר, 1988)

2003 (נדב שטרן, מידע אישי). הם העמידו לרשות קק"ל אדמות חקלאיות לא מנוצלות, הסמוכות לטבריה ולפריה. בתמורה נטעה קק"ל חורשות של עצי צוף בעלי פרחים רבים – איקליפטוס ועצים ושיחים רחבי-עלים נוספים – לשימושם הבלעדי של הקיבוץ כמרעה דבורים. בחירת המינים הייתה דומה לזו המשמשת בפריקטי ייעור ציבוריים, אבל התמקדה ביכולת של העצים לספק צוף ואבקה במשך כל השנה לייצור דבש מסחרי. המינים שניטעו היו: מיני שיטים (*Acacia* *pendula*, *A. victoriae*), כסיה סטורטי, כליל החורש, איקליפטוסים (*E. sargentii*, *E. stricklandii*, *Eucalyptus leucoxylon*), רפואי וטרקלינים מפריקי. צורת שיתוף פעולה זו של ייעור למרעה דבורים, תורמת לשני הצדדים על ידי הגדלת שטח היער על מגוון שירותי המערכת שהוא מספק לכלל הציבור במשאב קרקע שאינו מנוצל, ויצירת מנגנון תומך חשוב לפיתוחו של ענף חקלאי מרכזי באזור.



Map 3

Plantings in the Tiberias Forest according to decades planted
(Vladimir Bezverkhi, GIS Specialist, Lower Galilee District, KKL-JNF)

מפה 3

נטיעות ביער טבריה לפי עשורים
(ולדימיר בזברכי, רכז ממ"ג, אזור הגליל התחתון והגלבע, קק"ל)

ערוצי ניקוז טבעיים, וכך למתן את עוצמות הזרימה ואירועי ההתחתרות וסחף הקרקע במדרון. נוסף על כך, הוקמה רשת צפופה של מדי גשם (35 מהם זמניים ושלושה קבועים), שלושה מדי זרימה הידרומטריים ותוכנית תחזוקה למתקני ניקוז רבים שנבנו על הדרכים באגני הניקוז, כגון גשר אירי, תעלה, מלכודת סחופת וגביון (Garti et al., 1990). אורכה של דרך היער הראשית הוא 5.1 ק"מ, והיא מחברת את טבריה עילית לפוריה. היא צופתה באספלט ופותחה כתוואי תירותי עם נקודות פיקניק ותצפיות נופ המפוזרות לאורכה. ב-1985 אימצו תומכי קק"ל בשווייץ את יער טבריה כמפעל מרכזי שיטופח בתרומותיהם, ומאז הוא נקרא יער שווייץ (ספיר ושות', 1988).

היערנים עשו שימוש במגוון רחב של מיני עצים ושיחים טבעיים ואקזוטיים שהוכיחו את עצמם, כדי לייצב טוב יותר את קרקעות המדרון תוך מתן דגש לגיוון אוכלוסיית הצמחייה המקומית. פיתוח ושימוש במבנים קטנים (micro-catchments) לקציר מי הנגר ואחידתם בקרקע אפשר נטיעת כתמים קטנים של עצים על המדרון, והם תרמו ליצירת מבנה חדש של כתמי צמחייה ושיקום תפקודי של השטח. המינים העיקריים של עצים ושיחים שניטעו היו: שיטים (*Acacia* *pendula*, *A. sclerosperma*), כסיה סטורטי (*Cassia sturtii*), ברוש אריזוני, חרוב מצוי, כליל החורש (*Cercis siliquastrum*), איקליפטוסים (*E. sargentii*, *E. stricklandii*, *E. torquata*), אלה המסטיק (*Pistacia lentiscus*), אלה אטלנטית, אלת המסטיק (*E. woodwardii*), אלו התבור, טטרקלינים מפריקי (*Tetraclinis articulata*), אחריותם החורש (*Spartium junceum*) ורוזמרין רפואי (*Rosmarinus officinalis*). ב-1984 הקים וינסטיין חלקת אקלום כדי להעריך את התאמתם של מינים ומקורות זרעים שונים של קזוארינה לשימוש עתידי ביעור באזורים צחיחים. הוא הגיע למסקנה כי מים, ולא אדמה, הם הגורם המגביל העיקרי לצמיחת הקזוארינות (Weinstein, 1993). בשנת 1989 ביקרו באתר שני מומחים לניהול אגני היקוות משירות הייעור האמריקאי (USDA-FS) כדי להעריך את התקדמות הפרויקט ולפתח סדרת המלצות להמשך העבודה (Solomon and King, 1989). בהתייחס לנושא של שימור הקרקע ובהכרה באופיו הרגיש והשבירי של האתר, הם הדגישו את הצורך ב"הגדלת הכיסוי הצמחי על פני הקרקע ובחופת היער עם ההיקף הקטן ביותר של הפרעות בקרקע (חשיפה של קרקע מינרלית)". עבור נטיעת עצים הם המליצו על השימוש ב: (1) מיקרו-אגנים (micro-catchments) על טרסות קיימות; (2) בניית מיקרו-אגנים חדשים על מדרונות טבעיים; (3) שחזור של טרסות קיימות; (4) בניית טרסות חדשות. הם הדגישו ש"עשבייה ושיחים עשויים להיות יעילים לשימור הקרקע והמים כמו עצים". לפי גישה זו, שינויים במיקרו-טופוגרפיה של המדרון על ידי בניית טרסות או מתקנים קטנים אחרים לקציר מי נגר מספקים תרומה משמעותית לשיקום השטח דרך תהליכים טבעיים.

ממשק היער מ-1990 ואילך התרכז בהגנה על המלאי הקיים של עצים משרפות יער ומרעייה בלתי מבוקרת, ובנטיעות חלופיות של עצים מתנוונים או פגומים. נטיעות חדשות גיוונו עוד יותר את מבנה היער על ידי החלפת נטיעות ותיקות חד-מיניות עם עומדים מעורבים של מיני עצים ירוקי-עד ונשירים עם עצי מחט (מפה 3, טבלה 1). במקביל לסדרה זו של פעילות במגזר הציבורי, קיימת יוזמת הייעור הפרטי של קיבוץ כינרת שהחלה בשנות ה-80 והמשיכה עד שנת

סוג תצורת הצומח		עשור										סוג תצורת הצומח	
		לא ידוע	2010-2019	2000-2009	1990-1999	1980-1989	1970-1979	1960-1969	1950-1959	1940-1949	1930-1939		
%	(דונם)												
1.1%	59.7						5.1				54.6	אורן ירושלים	
0.1%	5.9						5.9					אורן כנרי	
	1.1%	56.5	7.7						2.3	46.5		איקליפטוס המקור	
	0.1%	6.4							6.4			איקליפטוס מסמרי	
9.2%	480.2	120.6		66.5	15.8	125.6		47.2	25.8	78.7		איקליפטוסים	
8.5%	442.5				45.6	387.7	9.2					ברושים	
19.5%	1019.5	1019.5										בתה ים תיכונית	
1.0%	52.1	52.1										גריגה ים תיכונית	
10.7%	559.2	73.5		3.9		46.5	98.7		77.4	259.2		דליל	
1.0%	52.0	52.0										זיתים	
3.8%	196.6	196.6										חורש טבעי בינוני	
16.5%	859.8	859.8										חורש טבעי דליל	
7.5%	391.4				348.6	42.8						מעורב עצי מחט ורחבי-עלים	
9.9%	519.3	8.1	141.3		286.8	50.1				33.0		מעורב רחבי-עלים	
6.6%	344.5		161.7	21.2	92.1	33.7				35.8		עצי חורש ארץ ישראלי	
0.1%	4.3	4.3										עצים רחבי-עלים	
0.8%	39.5	39.5										ריק	
2.4%	124.6	15.2			66.3	31.1				4.1	7.9	שיטים	
100%	5217.8	2448.9	303	91.6	855.2	721.3	118.9	47.2	111.9	457.3	62.5	(דונם)	סך כל השטח לפי עשורים
	100%	46.9%	5.8%	1.8%	16.4%	13.8%	2.3%	0.9%	2.1%	8.8%	1.2%	%	

Table 1

טבלה 1

Tiberias Forest Plantings by type and by decades according to GIS map (KKL-JNF GIS Dept.)

יער טבריה - התפלגות שטחי היער לפי תצורת הצומח וסוגי הנטיעות לפי עשורים (מחלקת מ"ג, קק"ל)

חלקות אקלום של פרופ' זאב נאווה

בין השנים 1970–1975 חקר ובחן נווה שיחים מקומיים ואקזוטיים לשימוש ב"ייעור הסביבתי של אדמות הרריות ים תיכוניות" (Naveh, 1975). 27 מינים של שיחים גבוהים, בינוניים ונמוכים ניטעו בחלקות אקלום ביער אחיזה של קק"ל, ונבדקו עבור הערכים הרב-תכליתיים הבאים: עמידות ליובש ורמות גבוהות של סידן בקרקע, נוף, כיסוי לקרקע, מזון לבעלי חיים וערכיותם כצמחי נוי. לאחר חמש שנים של מעקב, מדידה וניתוח מידע אופיינו המינים הבאים בציון גבוה ב"מדד רב-תכליתיות", והומלצו לשימוש עתידי בנטיעות של קק"ל: כסיה סטורטי, רוזמרין רפואי, אחירותם החורש ואלת המסטיק.

נטיעות חדשות ביערות רמות, פוריה ומנחמיה

שטחים חדשים שנשתלו ביערות רמות, פוריה ומנחמיה בשנות ה-80, מראים מגוון גבוה יותר של מינים בשימוש בתוצאות המתקבלות מיער טבריה ומחלקות האקלום של זאב נאווה. הבסיס למרבית הנטיעות הללו הוא קבוצת ליבה של שבעה מינים של עצים ושיחים, המוכחים עד עצם היום הזה מבחר עמיד ואמין לייעור. המינים הם: שיטה סקלרוספרמה (*Acacia sclerosperma*), חרוב מצוי, כליל החורש, איקליפטוס הצווארון (*Eucalyptus torquata*). אלה אטלנטית, טטרקליניס מפריק ושיזף מצוי. גם מינים משניים, אבל חשובים, ניטעו בכמויות קטנות, והם מפוזרים ברחבי היערות: מיני שיטים שונים (*Acacia pendula*, *A. raddiana*, *A. tortilis*, *A. victoriae*), כסיה סטורטי, קזוארינה, ברוש מצוי, ברוש אריזוני, מיני איקליפטוסים שונים (*Eucalyptus cineria*, *E. creusiana*, *E. salmonophloia*), אורן קנרי, אורן הצנובר, אלת המסטיק, ינבוט (*Prosopis* spp.), רותם המדבר (*Retama raetam*) ואחירותם החורש.

תפיסות חדשות ואתגרים

מתחילת שנות ה-90 נדונו בישראל תפיסות חדשות הנוגעות לתפקידים ולייעודם של יערות, שינויים המשקפים מגמות כלליות בעולם ליצירת יערות בני-קיימא שמספקים שירותים אקולוגיים וחברתיים רבים. נושאים שונים, כגון הקמת חלקות יער בניהול אינטנסיבי לייצור עץ להסקה, ייעור חקלאי, ייעור ליצירת מרעה דבורים ותפיסות חדשות של פיתוח יערות לשירותי נוף, נופש ושימושים חברתיים, קיבלו תשומת לב רבה יותר, ובעקבות זאת בוצעו פרויקטי ייעור חדשים (Ginsberg, 2000).

א. חלקות אקלום

הבחינה והבחירה של מיני עצים ואקוטיפים חדשים לשימוש בייעור באזורים הצחיחים נמשכה, בין השאר, באמצעות פרויקטים במימון הקרן הישראלית להשבחת עצים על שם דוד נחמיאס (ITIF - Israeli Tree Improvement Fund) – קרן מחקר המשותפת לשירות הייעור האמריקאי ולקק"ל. ב-2001 הקימה סימה קגן ממרכז וולקני חלקת אקלום ביער מנחמיה ונבדקו 13 מינים של שיטים, צרסידיום (*Cercidium*), איקליפטוס, פיתואסלוביום (*Pithecellobium*) וינבוט כדי לבחון את רמות שרידותם ושיעורי הצמיחה שלהם בתנאים צחיחים (Kagan, 2002). באופן כללי, שיטה מיני איקליפטוסים קיבלו

את הדירוג הגבוה ביותר על בסיס שיעורי ההישרדות שלהם וקצב גדילתם לגובה. הם כוללים: *E. angulosa*, *E. brockwayi*, *E. sargentii* ו-*E. campaspe*, *E. salmonophloia* (Kagan et al., 2004a). בשנת 2003 נוספו חמישה מינים של קזוארינה (Kagan et al., 2004b).

ב. ייעור למרעה דבורים

פרויקט נוסף רלוונטי הוא בחינת מיני איקליפטוס שונים לנטיעת יערות למרעה דבורים (Eisikowitch et al., 2004). עצי איקליפטוס הם מקור מזון חשוב עבור דבורים, בייחוד בעונה שאין בה פריחה של צמחים אחרים (בסוף הקיץ ובסתיו). הם בעלי יכולת ייצור גבוהה של פרחים, צוף ואבקה. בפרויקט זה נבחנו יכולת ההסתגלות של מיני עצים שונים לתנאי בית גידול באזורים הים התיכוניים הצחיחים למחצה של ישראל, תקופת הפריחה שלהם, שפיעת הצוף וייצור האבקה ויכולת המשיכה לדבורים. תוצאות ראשוניות הביאו להמלצה על 25 מינים ואקוטיפים של איקליפטוסים, וארבעה מהם נמצאים ביערות קק"ל באגן הכינרת: איקליפטוס המקור, איקליפטוס הצווארון, איקליפטוס טורווד (*Eucalyptus torwood*) ואיקליפטוס וודוורדי (*E. woodwardii*). מינים אלה מספקים שירותי מערכת אקולוגית בעלי חשיבות כלכלית לדבוראים בישראל, ומוסיפים ערך מוסף לנופי היער וליערות נופש. מחקר נוסף הצביע על איקליפטוס המקור, שיזף מצוי, חרוב מצוי ושקד מצוי (*Prunus dulcis*) כמינים המבטיחים ביותר לנטיעה ביערות המיועדים למרעה דבורים בחודשים יולי–פברואר, עונה שיש בה מחסור בפריחה בטבע או בשטחים החקלאיים (Keasar and Shmida, 2009).

ג. מערכות ייעור חקלאי שמשלב מרעה ועצים

קיימת הבנה שנטיעת עצי יער בדלילות או אף בקבוצות קטנות צפופות בשטחי מרעה משפיעה באופן חיובי על הגידול והיצרנות של בעלי החיים (Duncan and Clawson, 1980; Sibbald, 1996). חוקרים בחנו את השפעת ההצללה של צמרות עצים על ביצועי בקר לבשר בחוות כרי דשא של מנהל המחקר החקלאי (Silanico and Gutman, 1992). גודל שטח המחקר הוא כ-1,500 דונם והוא ממוקם בגליל המזרחי צפונית לכינרת. העדר חולק לשתי קבוצות: האחת רעתה בשטחים פתוחים, והאחרת בשטחים עם עצי ינבוט מפוזרים שנשתלו כמה שנים קודם לכן (איור 3). התצפיות הראו בבירור את היתרונות של מקודות מוצלות בתוך המרעה הטבעי. בעקבות ההמלצות הללו תוכננה וניטעה מערכת ייעור חקלאי ניסויית שמשלבת עצי יער בשטחי מרעה (silvopastoral agroforestry system). היא התמקדה בניסויים לבחירת מינים ובהתמודדותם של היערנים עם קשיי קליטה של עצים בתנאים סביבתיים קשים של האתר, בשילוב עם רעיית הבקר (הנקין ושות', 2003). עצי חרוב מצוי, אלה אטלנטית, אלון התבור ושיזף מצוי נשתלו בצפיפות נמוכה של 10–12 עצים לדונם כדי לשמור על גידול מיטבי של צמחי המרעה. התוצאות הצביעו על כך שחרוב מצוי ושיזף מצוי הם המינים המבטיחים ביותר שיש לשטול בשטחי מרעה לטובת ייצור משאב ההצללה, שכן הם הושפעו במידה הפחותה ביותר מרעייה, והציגו את קצב הצמיחה המהיר ביותר. רק שלוש שנים של צמיחה מוגנת, כשהמרעה סגור לרעייה, נדרשות

השוואת מיני עצים

טבלה 2 משווה את המאפיינים העיקריים של מיני העצים המתוארים בסקירה זו: מקור לעץ הסקה, מספוא לבעלי חיים, מרעה דבורים, יכולת התחדשות לאחר שרפה, אסתטיקה ופוטנציאל להתפתח למין פולש, כבסיס לשימוש בהם במערכות יער-מרעה.

טיפול ממשק נלווים

כדי להבטיח רמת הישרדות גבוהה ושיעורי התפתחות טובים של השתילים בשנים הראשונות שלהם לאחר נטיעתם, מיישמים טכניקות וטיפולים מיוחדים בהכנת השטח לנטיעה ולאחר נטיעת השתילים, שמטרותיהם העיקריות הן: לשפר את האספקה והאחסון של מי גשמים לשתילים באזור שורשי השתיל; למנוע אובדן של משאבי הקרקע באתר הנטיעה; להגן על השתילים מפני נזקי בעלי חיים ושרפות (ליטמנוביץ' ושות' 2005; בונה, 2015; Ginsberg, 2002). מגוון של טכניקות יושמו במשך עשרות שנים ויפורטו להלן.

בניית טרסות ומיקרו-אגנים

הבנייה הזו נמצאה בשימוש בנטיעות הראשוניות של יער טבריה על ידי אגף הייעור המנדטורי וגם על ידי קק"ל בנטיעות המשך. שתי השיטות יוצרות שטחים נגישים לנטיעות עצים, תוך הגדלת כמות מי הגשמים המגיעים לכל שתיל וזאת על ידי שבירת רצף פני הקרקע והכוונת זרימת מי הנגר העילי אל השתילים באופן מרוכז.

הדברת צמחייה לא רצויה

בדרך כלל מדברים את הצמחייה הלא רצויה לאחר הגשמים הראשונים כטיפול טרום-נטיעה. פיזור קוטל עשבים סלקטיבי בשטח הסמוך מסביב לבור הנטיעה מפחית את התחרות של השתיל עם עשבי בר על רטיבות הקרקע המוגבלת ועל מרחב הגידול סביב השתילים, ומקטין את הכמות והרצף של חומר דליק המפוזר בשטח הנטיעה. מגמות השימוש בקוטלי עשבים השתנו במשך השנים. בשנות ה-50 עד שנות ה-80 היה שימוש נרחב בחומרים שרוססו על פני הקרקע טרום-נטיעה (כגון: משפחת הטריאזינים). בהמשך עברו לשימוש בחומרים בעלי שיירות נמוכה בקרקע. החומרים הללו סלקטיביים, ומשמשים לאחר הצצה של הצמחייה המתחרה עם העצים (כגון: גליפוסט).

חיפוי קרקע

חיפוי קרקע הוא כלי יעיל וידידותי לסביבה, המשמש לשתילי עץ בודדים. הוא עוזר לשמור על לחות הקרקע המאוחסנת, מוריד ומפחית את התנודות בטמפרטורת הקרקע, מדכא צמחייה מתחרה ולא רצויה, ומשחרר חומרים מזינים המאוחסנים בו באמצעות פירוק ביולוגי של החומר האורגני. קק"ל משתמשת בשני סוגי חומרי חיפוי: (1) שבבי עץ המיוצרים מריסוק גזם לאחר פעולות דילול; (2) יריעות פלסטיק (עצמון ושות', 2003). שני החומרים נמצאו כתחליפים יעילים וחסכוניים מבחינה סביבתית וכלכלית בהשוואה לשימוש בקוטלי עשבים בשילוב השקיית עזר.

להצלחתם. המינים האחרים נזקקו לתקופה ממושכת יותר של הגנה מפני רעייה, שעשויה לפגוע ביכולת של מגדלי הבקר לנהל את עסקם. למיני ינבוט, שעשויים לשמש משאב טוב למזון טרי (העלווה) במהלך העונה היבשה, יכולה להיות חשיבות רבה יותר נוסף על תרומתם ליצירת צל. נושא נוסף שעלה ממחקר זה הוא עיצוב ותכנון של צורת הנטיעה. נטיעות מפוזרות על פני השטח בצפיפות נמוכה דורשות טיפול אישי של כל עץ בעלויות הקמה גבוהות. לכן, יצירת חורשות צל בצפיפות גבוהה, שמשפיעה על אחוז קטן של שטח המרעה הכולל, נראתה אז כשיטה רצויה וחסכונית יותר להקמת מערכת ייעור חקלאי בשילוב עצים עם מרעה.

כבר אז החלו לבחון שיטות לביסוס מהיר של שתילים בשטחי מרעה ובנטיעת יערות בכלל באמצעות שימוש בגידור פרטני ובהשקיה להגנת השתילים, גישה שרווחת כיום ברוב השטחים בצפון הארץ (בונה ושות', 2015).

ד. השפעת בצורת ושינוי האקלים על בחירת מינים

השנים 1998 ו-1999 היו שנים שחונות. הן הניעו סוג של תהליך מיון טבעי על עצי יער נטועים. הבצורת גרמה להתייבשות ולתמותה ביערות מנחמיה, גבעת המורה והגלבוע באזור הגליל התחתון. מיני העצים שהתייבשו נחשבו עמידים לבצורת, כמו ברוש מצוי, איקליפטוס המקור, אורן ירושלים ואורן הצנובר, בעוד שחרוב מצוי, איקליפטוס הצווארון, אורן קנרי, אלה אטלנטית, טטרקלינוס מפריק ושיזף מצוי הצטיינו בכושר העמידות וההתאוששות שלהם וברמת שרידות גבוהה (קק"ל, 2000). ששת המינים, מקומיים ואקזוטיים, הוכיחו את עצמם שוב כקבוצת הליבה המותאמת במיוחד לתנאים המקומיים לשמש בסיס אמין לנטיעות עתידיות באזור זה.



Figure 3

Beef cattle resting underneath shade of planted *Prosopis* trees at the Kare Deshe Research Station
Photo: Nir Atzmon

איור 3

פרות מרוכזות בצהריים מתחת לצל של עצי ינבוט הנטועים בחוות המחקר כרי דשא
צילום: ניר עצמון

מין העץ	שם מדעי בלטינית	עץ להסקה	מזון לבעלי חיים	מרעה דבורים	חידוש לאחר שרפה (V - וגטיבי S - זרעים)	נוף ואסתטיקה	מין פולש
שיטה משולשלת	<i>Acacia pendula</i>				V S	*	*
שיטה סלילנית	<i>Acacia raddiana</i> (*)	*	*		V S	*	
שיטה כחלחלה	<i>Acacia saligna</i>	*	*	*	V S	*	*
שיטה סקלרוספרמה	<i>Acacia sclerosperma</i>				V S	*	
שיטה סוככנית	<i>Acacia tortilis</i> (*)	*	*		V S	*	
שיטה ויקטוריה	<i>Acacia victoriae</i>				V S	*	*
חרוב מצוי	<i>Ceratonia siliqua</i> (*)	*	*	*	V	*	
ברוש אריזוני	<i>Cupressus arizonica</i>	*				*	
ברוש מצוי	<i>Cupressus sempervirens</i>	*				*	
איקליפטוס המקור	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	*	*		V	*	
איקליפטוס	<i>Eucalyptus occidentalis</i>	*	*		V	*	
איקליפטוס	<i>Eucalyptus sargentii</i>	*	*		V	*	
איקליפטוס	<i>Eucalyptus stricklandii</i>	*	*		V	*	
איקליפטוס הצווארון	<i>Eucalyptus torquata</i>	*	*		V	*	
איקליפטוס טורווד	<i>Eucalyptus torwood</i>	*	*		V	*	
איקליפטוס וודוורדי	<i>Eucalyptus woodwardii</i>	*	*		V	*	
פרקינסוניה שיכנית	<i>Parkinsonia aculeata</i>	*			V S	*	*
אורן ירושלים	<i>Pinus halepensis</i> (*)	*			S	*	
אלה אטלנטית	<i>Pistacia atlantica</i> (*)	*	*		V	*	
אלה ארץ-ישראלית	<i>Pistacia palaestina</i> (*)	*	*		V	*	
ינבוס לבנה	<i>Prosopis alba</i>	*	*		V	*	
טטרקלינוס מפריק	<i>Tetraclinis articulata</i>	*			V		
שיזף מצוי	<i>Zizyphus spina-christi</i> (*)	*	*	*	V	*	

(*) - מין מקומי

Table 2

טבלה 2

Comparison of selected tree species utilized in afforestation of the Tiberias Basin forests
(Goor and Barney, 1976; NAS, 1980; FAO 1989a; Purdue University, 2007; Kagen and Chercasky 2015)

השוואה של מיני עצים נבחרים בייעור ביער טבריה
(קגן וצ'רקסקי, 2015; 1976; Goor and Barney, 1976; NAS, 1980; FAO, 1989a; Purdue University, 2007)

שרולי נטיעה

מאז ראשית שנות ה-90 נוסף לארגז הכלים של הקמת היער השימוש בצינורות מפלסטיק (tree shelter) שמשמשים בעיקר בנטיעה של מיני עצים רחבי-עלים כדי להאיץ את קצב הצמיחה שלהם לגובה. הצינור פועל כמיקרו-חממה וכמגן פרטני לכל שתיל. הוא יוצר בתוכו מיקרו-אקלים משופר, מאיץ את הצמיחה האנכית של השתילים, ומגן עליהם מפני רעייה של חיות בר ובעלי חיים, ומפני פגיעה של קוטל עשבים בזמן ביצוע ריסוסים לאחר נטיעתם (בונה ושות', 2002). שרולי נטיעה סטנדרטיים הנמצאים בשימוש קק"ל עשויים מצינורות פלסטיק בגבהים שונים בהתאם לסוג השתיל: 45 ס"מ עבור בלוטי אלונים זרועים, 90 ס"מ עבור שתילים בני שנה, ו-120 ס"מ עבור שתילים בני שנתיים-שלוש.

השקיית עזר

עם תום עונת הגשמים השקיית עזר משמשת כדי להאריך את התקופה שרטיבות הקרקע מאפשרת את המשך תהליכי ההשתרשות של השתילים לעומק הקרקע. היא משמשת בדרך כלל 1-3 פעמים בסוף עונת האביב (מרץ-מאי, בהתאם להתפלגות כמות המשקעים ועוצמתם במהלך העונה) (עצמון ושות', 2003; משה ובונה, 2015). בשטחי נטיעה הסמוכים לשטחים חקלאיים מושקים נהוגה גם השקיה בטפטוף, וכך אפשר להחיש את קצב הצימוח של העצים ולקצר את משך הזמן הדרוש לשתילים להגיע לגודל שהופך אותם לעמידים לרעיית בקר.

סיכום

מפעל הייעור באזור הצחיח למחצה בצפון הארץ מאופיין במגמות היסטוריות, בניסיון וטעייה בתפעול, במחקר מדעי, בפיתוח טכניקות מתוחכמות ובשינוי בהבנות של תפקיד היער באזורים אלה. חקר המקרה של יער טבריה ממחיש בצורה הטובה ביותר את התהליכים הללו. מהיעד המקורי והפשוט של מניעת סחף הקרקע ובקרת שיטפונות, שחזה ויישם אגף הייעור המנדטורי, התפתח יער טבריה במשך שישה עשורים לנכס מורכב ודינמי של העיר טבריה וסביבותיה. שינויים במיקרו-טופוגרפיה של המדרון על ידי בניית טרסות, ושלטה במשטר הניקוז על ידי בניית מערכת דרכי יער ומתקני ניקוז ונטיעת עצים ושיחים חדשים, אפשרו לייער להתפתח כמערכת אקולוגית חדשה המספקת שירותי אספקה, ויסות ותרבות. מנהלי קק"ל חזו, תכננו ויישמו תוכנית פיתוח מקיפה המבוססת על אגן היקוות כיחידת נוף הידרו-גאו-אקולוגית. התוכנית התרחבה מהמטרה המקורית של שימור הקרקע, והיא כוללת כיום רשת מורכבת של כבישי יער, תשתיות פנאי, מרעה לדבורים ולבעלי חיים, חלקות אקלום ומחקר, וכן יצירת יחידה נופית משמעותית רב-ממדית ורב-תפקודית, שהצדיקה תמיכה כספית של תורמים משווייץ. היער, המוכר בזכות ייחודו ויופיו, ממשיך להגן על העיר טבריה מפני מפולות בוך, מושך אליו מבקרים רבים בכל ימות השנה, ומספק מקורות מרעה חשובים לחקלאים ולבוקרים השכנים. ביערות רמות, מבוא חמה ומנחמיה – היערות הנטועים הגדולים שסמוכים לכינרת, שניטעו ברובם בשנות ה-70 וה-80 – נעשה שימוש במידע שנצבר בניסיונות הייעור המוקדמים ביער טבריה (יער שווייץ)

ובניסויי אקלום של עצים ושיחים בגליל. הממשק של יערות אלה באזור הצחיח למחצה במרחב הצפון, בכל הקשור להקמתם ולטיפול בהם, ממשיך להתעדכן גם כיום לאור תוצאות מחקרים ותצפיות המתבצעים בשטחם. השימוש במגוון מינים גדול בהתאמה לתנאים צחיחים בסובב הכינרת, הנטיעות המעורבות של עצי מחט עם עצים רחבי-עלים והנטיעה בכתמים יצרו מורכבות ביולוגית ומבנית, שמקנה לייער חוסן. השילוב של נטיעת עצים עם השכבה העשבונית הנלווית שהתפתחה בין העצי היער ותחתם, כמו ביער טבריה, מספק – נוסף על ערך נופי גבוה – גם שירותים נוספים לתיירות ולחקלאות. נוסף על כך, יוזמות ייעור משותפות בין קק"ל לבין המגזר הפרטי שיפרו את המעמד החברתי-כלכלי של הייעור, וחזקו את תפיסתו ככלי משלים לפיתוח כלכלי מקומי. במקביל, נטיעת עצים כחורשות צל בשטחי מרעה עשבוני צחיחים למחצה הוכיחה את השפעתם החיובית הודות לשיפור הייצור הראשוני (של הצמחייה) והמשני (של בעלי החיים).

לסיכום, המושג המרכזי שמאפיין את כל היערות הללו הוא רב-תפקודיות (multi-functionality) מבחינת בית הגידול והנוף. כאשר מעריכים את מערכות הייעור הללו במונחים של מערכות ייעור לאזורים צחיחים למחצה וצחיחים, ניתן לתאר אותן במונחים של מספר מודלים ניהוליים רלוונטיים אך מגוונים – מודל ייעור רב-תכליתי; מודל ניהול משולב של אגן היקוות; מודל ייעור-חקלאי לאזורים צחיחים; מודל ניהול של יער בר-קיימא; מודל יער שמספק שירותים אקולוגיים – שכל אחד מהם מדגיש היבטים שונים של מטרות ניהול הייעור. התכונה המשותפת, אם כן, לכל המודלים האלה היא שהם משקפים ניצול משולב של משאבי היער לשם אספקת מוצרים ושירותים אקולוגיים וחברתיים-כלכליים. האזורים הצחיחים והצחיחים למחצה בעולם הם בעלי בסיס מוגבל של משאבי טבע, וזקוקים לכלים אפקטיביים לניהול קרקעות יער שיכולים לנצל באופן יעיל את המשאבים הזמינים תוך מתן מגוון רחב של מוצרים ושירותים לאוכלוסייה המקומית. יש לקוות שהדוגמאות המובאות בסקירה זו יוכלו לתרום למאמץ העולמי בפיתוח בר-קיימא של אזורים צחיחים למחצה.

מקורות

- בונה ע. 2015. השינויים בממשק היער הנטוע בישראל מיער חד-מיני וחד-גילי ליער מעורב רב-גילי. חלק ב: ההשלכות המעשיות של ההתפתחות במדיניות הייעור על היבטים שונים של הקמת היער. **יער**, 15, 5-20.
- בונה ע, הר ג, הראל ר, לטמן א ובלום ג. 2015. השפעת ארבעה סוגים של גידור פרטני על ההישרדות וההתפתחות של ארבעה מינים של חורש טבעי בנטיעת חלקות יער פארק בשטחים הנתונים לרעיית בקר. **יער**, 15, 40-47.
- בונה ע, ליטמנוביץ' ז וטרחוב ר. 2002. השפעת השימוש בשרולי פלסטיק על ההישרדות וההתפתחות של מיני חורש ארץ-ישראלי. **יער**, 1, 32-28.

- Annual Report 2003, Israeli Tree Improvement Fund (ITIF) [Named after David Nahmias]. Edited by David Brand.
- FAO. 1955. Fourth World Forestry Congress. *Unasylva*, 9(1).
- FAO. 1989a. *Arid Zone Forestry: A Guide for Field Technicians*. (FAO Conservation Guide No. 20). Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO. 1989b. Role of Forestry in Combating Desertification. (FAO Conservation Guide No. 21). *Proceedings of the FAO Expert Consultation on the Role of Forestry in Combating Desertification*, Saltillo, Mexico, 24-28 June 1985. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Ffolliott, P, Brooks KN, Gregersen HM, and Lundgren AL. 1995. *Dryland Forestry: Planning and Management*. NY: John Wiley & Sons.
- Garti R, Arbel S, and Physic E. 1990. *The Development and Application of Soil Conservation Methods in the Swiss Forest: Interim Report for 1989/90*. Erosion Research Station, Department of Soil Conservation and Drainage, Ministry of Agriculture, Israel. [In Hebrew].
- Bindel GF. 1946. Afforestation of semi-arid and arid areas in Palestine. *Empire Forestry Review*, 25(2), 212-221.
- Ginsberg P. 2000. Afforestation in Israel: A source of social goods and services. *Journal of Forestry*, 98(3), 32-36.
- Ginsberg P. 2002. Planning and management of the afforestation process in Northern Israel. *New Forests*, 24, 27-38.
- Goor AY. 1948. The Tiberias special area. *Soil Conservation Board Bulletin*. No. 4. British mandatory government of Palestine, Jerusalem.
- Goor AY and Barney CW. 1976. *Forest Tree Planting in Arid Zones*, 2nd ed. NY: Ronald Press Co.
- Kagan S. 2002. *Introduction of Trees for Planting in Arid Regions*. Annual Report 2001, Israeli Tree Improvement Fund (ITIF) [Named after David Nahmias]. Edited by David Brand.
- Kagan S, Brand D, Eizenband A, and Zehavi A. 2004a. *Introduction of Trees for Planting in Arid Regions*. Annual Report 2003, Israeli Tree Improvement Fund (ITIF) [Named after David Nahmias]. Edited by David Brand.
- Kagan S, Brand D, Eizenband A, and Zehavi A. 2004b. *Examining Casuarina Species in Various Sites*. Annual Report 2003, Israeli Tree Improvement Fund (ITIF) [Named after David Nahmias]. Edited by David Brand.
- Kaplan J, Karshon R, and Kolar M. 1970. Israel. In: Kaul RN (Ed). *Afforestation in Arid Zones*. Hague: Dr. W. Junk. pp. 136-154.
- Keasar T and Shmida A. 2009. An evaluation of Israeli forestry trees and shrubs as potential forage plants for bees. *Israel Journal of Plant Sciences*, 57(1-2), 49-64.
- Kuchelmeister G. 1997. Urban trees in arid landscapes: Multipurpose urban forestry for local needs in developing countries. *Arid Lands Newsletter* No. 42. <http://ag.arizona.edu/OALS/ALN/aln42/kuchelmeister.html>.
- Malagnoux M, Sene EH, and Atzmon N. 2007. Forests, trees and water in arid lands: a delicate balance. *Unasylva*, 229(58), 24-29.
- גוטמן ג. 2018. **ניהול אגני היקוות בגישה אינטגרטיבית – לקראת גיבוש מדיניות**. אגף לשימור קרקע וניקוז. משרד החקלאות ופיתוח הכפר. מחלקת יער.
- גור ע. 1951. **דו"ח שנתי 1950-1951**. מחלקת יער.
- דן י. 1980. הקשר שבין אופי הקרקעות בארץ-ישראל לבין משטר המים ולאפשרות גידול עצי היער. **ליערן**, 30(4-3), 39-36.
- דנין א. 2010. **הצומח בישראל ושכנותיה**. צמחיית ישראל ברשת, מדריך מקוון. הגן הבוטני האוניברסיטאי ירושלים. <http://flora.org.il/books/israel-flora>
- הנקין ז, עצמון נ, גוטמן מ, אהרון ח וקרני י. 2003. **ייעור בשטחי מרעה עשבוניים**. דו"ח סיכום לתכנית מחקר 03-0181-596. מו"פ צפון. http://www.mop-zafon.org.il/sites/default/files/uploads/pdf-files/articles/0047_0.pdf
- לומס י. 1980. אקלים יער. **ליערן**, 30(4-3), 35-33.
- ליטמנוביץ ז, פרדקין א, חתמה ת וכצנלסון מ. 2005. הקמת יער של אלוני התבור בזריעה ישירה. **יער**, 7, 38-35.
- ליפשיץ נ וביגר ג'. 2000. נלבישך שלמת ירק. **הייעור בארץ ישראל: מאה שנים ראשונות 1850-1950**. הוצאת קרן קיימת לישראל ואריאל.
- משה א ובונה ע. 2015. שימוש במיכלי מתכת לאגירת מים להשקיית עזר בנטיעה לחידוש יער בגלבע. **יער**, 14, 57-56.
- משרד החוץ. 2013. <https://mfa.gov.il/MFA/AboutIsrael/Maps/Pages/Israel-Size-and-Dimension.aspx>
- ספיר ג ושרמייסטר ר. 1988. **יער שוויץ בטבריה: דו"ח סיכום על שימור קרקע, פיתוח האתר ונטיעות**. דו"ח פנימי. קק"ל.
- עצמון נ, בן משה ע, פרדקין א, חתמה ת, כצנלסון מ וליטמנוביץ ז. 2003. אמצעים לשיפור ביסוסן של נטיעות באזורים מעוטי משקעים: 1. בחינת מספר ההשקיות הנוחץ ושיטת החיפוי. **יער**, 3, 23-19.
- קגן ס וצירקסקי פ. 2015. **צמחי נוי צופנים לדבורים**. מנהל המחקר החקלאי – מרכז וולקני. המועצה לייצור דבש, קק"ל.
- קק"ל. 2000. **סקר נקי בצורת במרחב צפון 1998-1999**. מחלקת יער, מרחב צפון קק"ל. דו"ח פנימי.
- Atzmon N. 2008. Conservation and rehabilitation of dry-land ecosystems: Afforestation and reforestation. *Thematic Discussion: Drought and Desertification*. UN Commission on Sustainable Development (CSD – 16), May 5-16. New York, USA.
- Dawe MT. 1936. *Annual Report of the Department of Agriculture and Forests for the Year Ended 31st March, 1936*. Jerusalem, Palestine.
- Department of Agriculture and Forests. 1935. *Report of the Forestry Service of the Department of Agriculture and Forests for the Year Ending March 1935*. Jerusalem, Palestine.
- Duncan DA and Clawson WJ. 1980. Livestock utilization of California's oak woodlands. In: Plumb TR (technical coordinator). *Proceedings of the Symposium on Ecology, Management, and Utilization of California Oaks*; 1979 June 26-28; Claremont, CA. General Technical Report PSW-44. Berkeley, CA: Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture; 306-312.
- El-Eini RIM. 1999. British forestry policy in Mandate Palestine, 1929-1948: Aims and realities. *Middle Eastern Studies*, 35(3), 72-155.
- Eisikowitch D, Ben Dov Y, Dag A, and Samocha Y. 2004. *Examination of Trees as Nectariferous Plants in Israel*.

- Silvopastoral Systems*, Etienne M (Ed). Paris (France: INRA. p. 23-36.
- Silanicove N and Gutman M. 1992. Interrelationship between lack of shading shelter and poultry litter supplementation: Food intake, live weight, water metabolism and embryo lost in beef cows grazing dry Mediterranean pasture. *Animal Production*, 55, 371-376.
- Sneh A, Bartov Y, and Rosensaft M. 1998. *Geological Map of Israel 1:200,000 Sheet 1 (North)*. Jerusalem: Geological Survey of Israel.
- Solomon RM and King JG. 1989. *An Evaluation of Watershed Management for Flood Prevention: The Tiberias Slopes Above Tiberias, Israel*. Report for the Jewish National Fund, USDA Forest Service, Washington D.C.
- Weinstein A. 1993. Provenance trials of *Casuarina cunninghamiana*, *Casuarina glauca*, and *Allocasuarina verticillata* in Israel. *Australian Forestry*, 56(1), 34-37.
- Weitz J. 1974. *Forests and Afforestation in Israel*. Jerusalem: Massada Press.
- Whisenant SG. 1995. *Landscape Dynamics and Arid Land Restoration*. In: Roundy BA et al. Proceedings: Wildland Shrub and Arid Land Restoration Symposium. 19-21 Oct. Las Vegas, NV. General Technical Report. INT-GTR-315. USDA Forest Service, Intermountain Research Station, Ogden, Utah. pp. 26-34.
- Zohary M. 1962. *Plant life in Palestine: Israel and Jordan*. Ronald Press.
- Martinez de Azagra A, Mongil J, and Rojo L. 2004. Oasisification: A forest solution to many problems of desertification. *Investigation Agraria: Sistemas y Recursos Forestales*, 13(3), 437-442.
- Millennium Ecosystem Assessment (MEA). 2005. Chapter 22: Dryland Systems. *Ecosystems and Human Well-being: Current State and Trends, Volume 1*. Hassan R, Scholes R, and Ash N (Eds). Washington, DC: World Resources Institute, Island Press. pp. 625-662.
- National Academy of Sciences (NAS). 1980. *Firewood Crops: Shrub and Tree Species for Energy Production*. Washington D.C.: National Academy of Sciences.
- Naveh Z. 1975. Degradation and rehabilitation of Mediterranean landscapes. *Landscape Planning*, 2(2), 133-146.
- Orni E and Efrat E. 1980. *Geography of Israel*, 4th ed. Jerusalem: Israel Universities Press.
- Portnov BA and Safriel UN. 2004. Combating desertification in the Negev: Dryland agriculture vs. dryland urbanization. *Journal of Arid Environments*, 56, 659-680.
- Purdue University. 2007 (latest update). Center for New Crops & Plant Products. [web document] <http://newcrop.hort.purdue.edu/newcrop>. Viewed 20 June 2008.
- Shachak M, Sachs M, and Moshe I. 1998. Ecosystem management of desertified shrublands in Israel. *Ecosystems*, 1, 475-483.
- Sibbald AR. 1996. Silvopastoral systems on temperate sown pastures: A personal perspective. In: *Western European*



יער שווייץ 1994
צילום: ישראל סיני, ארכיון הצילומים של קק"ל

ההיסטוריה של גידול זיתים בישראל

ארנון דג^{1*} | עוז ברזני¹ | זהר עמר²

1 המכון למדעי הצמח, מנהל המחקר החקלאי – מרכז וולקני
2 המחלקה ללימודי ארץ ישראל וארכאולוגיה, אוניברסיטת בר אילן
* arnondag@agri.gov.il

תקציר

הזית הוא עץ בעל חשיבות תרבותית, היסטורית, דתית וסביבתית רבה לארץ ישראל. גם לארץ ישראל עצמה חשיבות רבה בהקשר זה, בהיותה, על פי מחקרים שונים, בלב האזור שהזית בוית לראשונה לפני 5,000–8,000 שנה. אי לכך, גם המסורת העתיקה בעולם של גידול זית וגם הזנים העתיקים ביותר נמצאים כאן. כיום נותרו שרידים אחרונים של אוכלוסיות זיתי בר ששימשו לביות הזית, ויש חשיבות רבה לאפיין ולשמרן. נוסף על החשיבות בהקשר של האזור שהזית בוית בו, בית הבד העתיק בעולם נמצא בחפירות בכפר סמיר, ושרידי בתי בד עתיקים מתקופות ומטיפוסים שונים פזורים בכל רחבי הארץ. במהלך הדורות שימשו הזיתים למאכל ולהפקת שמן, וכך גם כיום. שמן הזית אופיין במהלך הדורות ברמות איכות שונות, ושימש למאכל ולמאור וכן בהקשר הפולחני ולשימושיו. ריבוי הזיתים נעשה במשך שנים על ידי הרכבת זנים מצטיינים על גרופיות וזריעים, ובעשורים האחרונים גם בשיטות השרשה מתקדמות. על אף החשיבות הרבה של הזית למורשת ולתרבות המקומית, מעט מאוד נעשה לאפיין ולשימור של עצי הזית העתיקים והמטען הגנטי שלהם, שהוא תוצר של בירור והשבחה שנמשכו אלפי שנים. היות שכך, ישנה חשיבות רבה לשימור השרידים האחרונים של אוכלוסיות זיתי בר, ששימשו לביות הזית. יש צורך בתוכנית ברמה הלאומית שתאפשר מיפוי, אפיין ושימור של הזיתים העתיקים וזיתי הבר ובניית חלקות אוסף לשימור חומר גנטי ייחודי זה.

מילות מפתח

ביות, הרכבה, זיתי בר, שימור, שמן זית

זיתי בר

זיתי הבר, (*Olea europaea* L. subsp. *europaea* var. *sylvestris*) (Lehr (Mill)), האב הקדמון של הזית התרבותי, מאופיינים במבנה שיחי, בעלים מעט קטנים, בפרי קטן ובתכולת שמן נמוכה (פחות מ-5% בהשוואה ללמעלה מ-15% תכולת שמן בזיתים התרבותיים). לכן, ניתן לשער שהביות של הזית החל בריבוי וגטטיבי של עצים מצטיינים – בעלי פרי גדול, מספר רב של פירות ותכולת שמן גבוהה. בד בבד עם הריבוי הווגטטיבי, המשיכה ברירה של פרטים מצטיינים שמוצאם מזרעים, וכך התקבלו הזנים המשמשים בתרבות (Zohary and Spiegel-Roy, 1975).

זיתי הבר, המזוהים בחפירות בעיקר לפי הגלעינים הקטנים, שימשו את האדם עוד לפני ביות הזית: השרידים העתיקים בעולם של זיתים נמצאו בחפירות באזור גשר בנות יעקב ותוארכו ל-790 אלף שנים לפני זמננו. בחפירות נמצאו שרידי עץ ששימש כנראה לשרפה (Goren-Inbar et al., 2004). ממצאים של גלעיני זיתי בר אותרו בחפירות ארכאולוגיות, כמו במערה כלקוליתית בשוהם (Lipshitz et al., 1996) ובחפירות בחוף בכפר סמיר (Kislev, 1995). ממצאים מכפר סמיר הוזכרו קודם לכן כעצי זית מתורבתים. באתר נמצאו מגוון גדול של גלעינים בגדלים שונים, ולכן אנו משערים שזוהי תחילת תרבות ('ביות') הזית. מקובל להניח שאזור התפוצה של אוכלוסיות זיתי הבר מטיפוס var. *sylvestris* באגן הים התיכון כולל את הגליל והכרמל, אך קשה לקבוע אם אוכלוסיות של זית בטבע אכן מייצגות את זן הבר, פליטי תרבות של זנים מקומיים או תוצרי הכלאה בין שניהם. הבעיה נעוצה, בין השאר, בעובדה שבבתי גידול שיש בהם משטר רעייה אינטנסיבי, הזיתים שומרים על מופע יובנלי ואינם מגיעים לפריחה, ולכן אינם נושאים פירות, שהם אחד הסמנים העיקריים להבחנה בין זיתי בר לזיתי תרבות

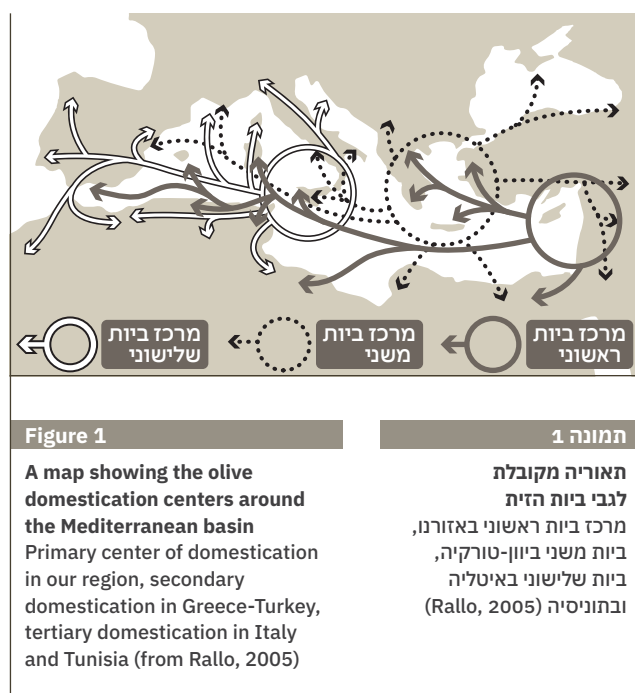
הזית (*Olea europaea* L.) הוא אחד מהעצים הקשורים ביותר לתרבות, להיסטוריה ולנוף בארץ ישראל. לצד הגפן, הזית הוא הגידול הרב-שנתי המשמעותי ביותר בארץ ובאגן הים התיכון באלפי השנים האחרונות. לא בכדי סמלה של המדינה הוא מנורה ולצידה שני ענפי זית. במקורות היהודיים – התנ"ך וספרות חז"ל – הזית מופיע אין ספור פעמים (פליקס, 1966; 1994; Goor). העץ מותאם היטב לאקלים הים תיכוני – חורף רטוב וקריר וקיץ יבש וחם.

ביות הזית

באוכלוסיות של זיתי בר (*Olea europaea* subsp. *europaea* var. *europaea*) המצויות סביב אגן הים התיכון גדלו בעבר עצי האם שביות הזית החל מהם (Besnard et al., 2013). קיימים חילוקי דעות בין החוקרים לגבי מועד ביות הזית והיכן התהליך החל. מקובל כי הביות החל באזור הסהר הפורה לפני כ-6,000 שנה (Kaniewski et al., 2012; Zohary et al., 2012), וממצאים ארכאולוגיים ופלאונולוגיים מחזקים את ההנחה שתחילת גידול הזיתים בעולם התרחשה כאן, בישראל (Zohary and Spiegel-Roy, 1975; Galili et al., 1997; Langgut et al., 2019).

דוגמאות רבות של גלעיני זיתים מפוחמים נאספו מחפירות ארכאולוגיות מכל רחבי הארץ לשם קביעת הכרונולוגיה באתרים. גלעינים אלה תוארכו באמצעות פחמן 14 החל ב-5,000 לפנה"ס ועד ימינו. הממצאים מעידים על התקופה הארוכה שנעשה בה שימוש בזיתים על ידי תושבי הארץ (יעל ארליך, מידע אישי). בדיקת שברי כדים מחפירות בציפורי הצביעה על אחסון שמן זית עוד לפני 8,000 שנה (Namdar et al., 2015), ושברי גלעיני זית (שקושרו להפקת שמן) מחפירות בכפר סמיר תוארכו כבני 6,500–7,000 שנה (Galili et al., 1997).

Lipshitz ושות' (1991) שסקרו שרידי זיתים מחפירות ארכאולוגיות מכל רחבי הארץ, הסיקו שביות הזית התרחש לא לפני תקופת הברונזה הקדומה (לפני כ-5,500 שנה). לכן נשאלת השאלה, אם הזיתים ששימשו להפקת שמן בציפורי ובכפר סמיר היו זיתים שנאספו מעצי בר או זיתים מעצים שעברו סלקציה על ידי המקומיים וגודלו על ידם. Namdar ושות' (2015) טוענים שבתקופה הכלקוליתית (לפני כ-6,500 שנה), כבר היו מטעי זית בהיקף משמעותי בארץ ישראל. טענתם עולה בקנה אחד עם ממצאים של גרגרי אבקה של זית בשכבות שונות בחפירות בים המלח, הכינרת וימת החולה, המעידים שלפני 6,500 שנה לא רק שהתחיל גידול הזיתים באזור, אלא אף הגיע להיקף נרחב בעת זו (Langgut et al., 2019). תוצאות מחקר זה מעידות לכאורה על תהליך ביות מהיר יחסית, או מוקדם יחסית לזה שנחשב תחילה על ידי Lipshitz ושות' (1991). בעזרת ממצאים פלאונולוגיים נמצא כי לאחר ביות ראשוני של הזית באזורנו, החלו ביות וגידול זיתים באיטליה (לפני כ-3,400 שנה), בטורקיה (לפני כ-3,200 שנה) ובחצי האי האיברי (לפני כ-3,000 שנה, ושם מרוכז כיום כ-40% מהיצור העולמי) (Langgut et al., 2019). נראה לכן כי אין ספק שלאזורנו בכלל ולישראל בפרט, מקום משמעותי בתחילת תרבות גידול הזית בעולם (תמונה 1).



שימושים: בעולם העתיק שימש הזית למאכל, לבישול, למאור ולפולחן, והיה מרכיב בסיסי בתעשיית הבשמים ובשימושים רפואיים (Kaniewaki et al., 2012; Namdar et al., 2018). הזית נזכר ברשימת שבעת המינים לא כעץ פרי, אלא בשל תוצרו העיקרי "זית שמן" (דברים ח, 8). למעשה בתקופת המקרא הוא היה המקור היחידי להפקת שמן, וסתם "שמן" הוא שמן זית. שמן הזית שימש מרכיב בסיסי בתפריט המזון וגם לתאורה, לבשמים ולרפואה (ישעיה א, 6). הזית גדל בכל אזורי הארץ: "זיתים יקוּ לך בְּכָל גְבוּלְךָ" (דברים כח, 40). בשל חשיבותו של הזית בחקלאות ובכלכלת הארץ מינה דוד המלך ממנים מיוחדים על הזיתים ועל אחסנת השמן: "עַל-הַזֵּיתִים וְהַשְּׂקִים אֲשֶׁר יִשְׁפֹּל בְּעַל חֵן הַגִּדְרֵי וְעַל-אֲצֵרוֹת הַשֶּׁמֶן יוֹעֵשׂ" (דברי הימים א כז, 28). בתקופת המלוכה תוצרת השמן יוצאה לחו"ל: "וְשֶׁמֶן לְמִצְרַיִם יוֹגֵל" (הושע יב, 2) וכן לממלכת צור (מלכים א ה, 25). על היותה של ארץ ישראל מעצמת שמן מעידים ממצאים ארכאולוגיים ובהם אלפי בתי בד שפזורים בכל רחבי הארץ. גם ספרות חז"ל עשירה בתיאור גידול הזית בארץ ישראל, שיטות הפקת השמן ושימושיו המגוונים (פליקס, 1994). במיוחד נפוץ הזית בגליל בגבול נחלת אשר. הפסוק "וְטָבַל בְּשֶׁמֶן רִגְלוֹ" (דברים לג, 24) נדרש על גוש חלב, שסיפקה שמן בכמויות גדולות לסוחרים בעיר החוף הסורית לטקיה (בבלי, מנחות פה, ע"ב). מימי הביניים ישנן מאות עדויות היסטוריות בספרות גאוגרפית, חלק מהן של עולי הרגל, על המשך גידול הזית והתרחבותו על רקע ירידת ענף גידול הגפן ליין. כיבושי האסלאם פתחו שווקים חדשים ליצוא שמן זית וסבון, ובהם תימן ופרס (עמר, 2000). בתקופה העות'מאנית, במאות ה-17 וה-18, סירר בארץ הנרי מונדל (1697), האב מאריטי (1767), ריכרד פוקוק (1743) ועוד רבים, והם סיפרו על הזיתים שבארץ, שהם הטובים ביותר במזרח הקרוב. כמו כן, הם מסרו פרטים על תעשיית הסבון משמן זית המפותחת ביו. ראסל (1883) כתב "ברמלה גדלים זיתים גדולים כאגוזים בצרפת, אולם העצים הולכים ומתנוונים מזקנה ומהזנחה. בכפרים נראים סימני עוני

(תמונה 2). לאחרונה, בעזרת שימוש בסמנים מולקולריים, נמצאו עצים בודדים שזוהו כזיתי בר באזור אדמית ובאזור נחל אורן בכרמל, ונבדלו מזני תרבות מקומיים ומאוכלוסיות פרא ("פליטי תרבות"), כך שייטכן שהם מייצגים את זן הבר *Barazani et al., 2016* var. *sylvestris*).

נוסף על כך, איתרנו לאחרונה אוכלוסייה גדולה של מאות עצים על רכס הכורכר בעתלית. לפי המבנה הישירי של הצמחים, גודל הפרי ותכולת השמן הנמוכה בפרי שלהם, מסתמן שמדובר בזיתי בר, אם כי עדיין יש לוודא זאת באמצעות בדיקות נוספות (סמנים גנטיים ומורפולוגיים). חשוב לציין שבאזור יש לחצי פיתוח כבדים, ועל כן ישנה חשיבות גדולה לתוכנית לאפיון ולשימור של העצים אלה, בטרם יאבד המגוון הגנטי לעד.

תארוך זיתים עתיקים: אחת השאלות שנשאלות לעיתים קרובות היא מה גילם של הזיתים העתיקים? ליבת הגזע של עצי זית הולכת ונרקבת עם השנים, כך שהגזע העתיק חסר ואינו מאפשר בדיקה, לא באמצעות ספירה של טבעות שנתיים (דנדרוכרונולוגיה) ולא באמצעות פחמן 14 (בדיקה המבוצעת בדרך כלל על העצה העתיקה בעץ, הנמצאת בליבת הגזע). אי לכך, מעטים המקרים שהצלחו לתארך בהם זיתים עתיקים חיים בעזרת פחמן 14 לגיל העולה על 300 שנה (Ehrlich et al., 2017). נוסף על כך, קביעה דנדרוכרונולוגית בזית אינה אפשרית מכיוון שהטבעות אינן נוצרות בכל שנה, ולעיתים אזורים מסוימים בהיקף הגזע גדלים בעוד אחרים מפסיקים לגדול (ארליך, 2020). כדוגמה חריגה לכלל זה נציין את עצי הזית העתיקים בחצר כנסיית גת שמנים (תמונה 3), שעל פי המסורת מיוחסים לזמנו של ישו, לפני כאלפיים שנה, אך בתארוך בעזרת פחמן 14 ובשיטות דנדרוכרונולוגיות נמצא כי הם בני כ-800 שנים, כלומר מהמאה ה-12 לספירה (Bernabei, 2015).



Figure 3

Ancient olive tree in the garden of the Church of Gethsemane

תמונה 3

אחד הזיתים העתיקים בחצר כנסיית גת שמנים



Figure 2

Wild olive trees that preserve their juvenile appearance over time in an area with significant grazing pressure (Adamit Park) Photo: Oz Brazani

תמונה 2

זיתי בר בשטח שיש בו לחץ רעייה משמעותי, השומרים על המופע היובנלי לאורך זמן (פארק אדמית) צילום: עוז ברזני

הפרי בתהליך הכיבוש, שכן המרקם הרך בפרי בשל מקשה לשמור על שלמות הזיתים בתהליך הכבישה. פעולת הכבישה כוללת שני שלבים עיקריים: (א) שטיפת הפרי והוצאת הפולפונים כדי להקטין את מידת המרירות; (ב) תסיסה לקטית (בתמיסת מלח) שמביאה לירידת ה-pH וכך מאפשרת את שימור הפרי תקופה ארוכה. במשנה מוזכרות מספר דרכים להכנת זיתים למאכל: מליחה, כבישה, ייבוש, שליפה ובישול (תבק-קניאל ושות', 2009). בישראל כיום נהוגות שתי שיטות כיבוש עיקריות: כבישה ביתית (בעיקר של הזן 'סורי'), ובה מבקעים את הפרי, שוטפים ומעמידים לתסיסה, וכבישה ספרדית שמשמשת בעיקר לזיתים בשימורים. בתחילת התהליך הפרי מטופל בסודה קאוסטית, שחודרת דרך הקליפה ומאפשרת שחרור של הפולפונים בעלי הטעם המר ונטרולם. לאחר מכן, הפרי נשטף ומועבר לתסיסה, למיון ולאריזה. הגפת, תוצר הלואוי של תהליך הפקת השמן, שימשה בעיקר חומר דלק, וכיום משמשים בה כתוסף למזון לבעלי חיים וכחומר גלם לקומפוסט. ה'עקר', הפסולת הנוזלית של בתי הבד, מביאה לעיתים לנזקים סביבתיים משמעותיים אם אינה מטופלת כראוי. מאידך גיסא, בעזרת פיזור מבוקר שלה במטעים ניתן להעלות את פוריות הקרקע ולספק לעץ את דרישות ההזנה שלו באשלגן ובזרחן (Zipori et al., 2018).

וצער בגלל השלטון הרע, וברכת אלוהים, הזית, חדלה להיות אושר". תומפסון (1857) מוסר כי בזמנו הכניסו לשכם את המכונות האירופיות הראשונות לעצירת שמן זית. הוא מדבר על הצורך בדילול המטעים בסביבת רמלה ועל בתי חרושת לסבון משמן זית ביפו, ברמלה, בלוד, בשכם ובירושלים ועל יצוא סבון זה למצריים ולאסיה הקטנה ממרכזי גידול הזיתים בלוד, ברמלה ובעזה (גור ושות', 1960).

המקורות מימי הביניים (החל מהמאה העשירית ואילך) מעידים על ייצור סבון מוצק איכותי על בסיס שמן זית באזור ארץ ישראל. בין מרכזי התעשייה העיקריים שתוצריהם נשלחו לכל המזרח הקרוב ואף לאירופה היו רמלה, ירושלים ושכם (עמר, 2000). נתונים כמותיים קיימים רק מתקופת המנדט: היקף יצוא הסבון בשנים 1926–1931 נע בין 3,900–5,900 טונות לשנה. את הסבון היו מכינים בתחילה על ידי בישול שמן זית עם סיד וחומרים אלקליים שהופקו מצמחי מליחה, ומאוחר יותר עם סודה קאוסטית וחומרי ריח (מרגולין, 1935; עמר, 1996).

מלבד השימוש לשמן, עצי הזית משמשים גם מקור לפרי כבוש למאכל. זני המאכל הם בדרך כלל בעלי פרי גדול יחסית. הפרי נמסק ירוק, לפני הבשלה (באזורנו בסביבות ספטמבר–אוקטובר) (תמונה 4). הקטיפ בשלב זה נועד לשמירה על המרקם הנוקשה של



Figure 5

Straw basket (above), crushing basin (below). The oldest olive mill in the world, found at the Kfar Samir excavation (Galili et al., 1997)

תמונה 5

מקלעת קש (למעלה), אגן כתישה (למטה) חפירות כפר סמיר (Galili et al., 1997)



Figure 4

Manual harvest of table olives in Beit Hashita, 1940
Photo: Avraham Malavski, KKL-JNF Photo Archive

תמונה 4

מסיק זיתים למאכל, בית השיטה, 1940
צילם: אברהם מלבסקי, ארכיון הצילומים של קק"ל

מהפאזה הנוזלית. שיטה זו הצריכה כוח אדם רב, יעילותה הייתה מוגבלת, והיעדר האפשרות לנקות כיאות את המתקנים הביא לקבלת שמן באיכות נמוכה. לכן, בעשורים האחרונים הוחלפו כל בתי הבד המסורתיים בבתי בד מודרניים, ובהם נעשה רצף הפעולות – שטיפה, ריסוק, ערבול, סחיטה והפרדה – בצורה ממוכנת מלאה במתקנים סגורים מפלדת אל-חלד למניעת חמצון השמן. המתקנים קלים יחסית לניקוי, ומאפשרים קבלת שמן באיכות גבוהה.

איכות שמן הזית

כבר במקורות הבחינו בין רמות איכות שונות של שמן זית. הדרישות בתורה להדלקת המנורה היו שעל השמן להיות באיכות מעולה: "שֶׁמֶן זֵיתָן כְּתִית לְמִאֹר" (ויקרא כד, 2). המשנה במסכת מנחות (ח, ד) מציינת שלוש דרגות של שמן זית, הנבדלות ביניהן באיכות הפרי הנקטף, באופן המסיק, וכן במשך הזמן שעובר עד לעצירת הזיתים ובשיטת פריכתם וסחיטתם. השמן המשובח ביותר הופק מזיתים שנבררו היטב בידיים ואחר כך הועבר לעצירה ללא שיהוי: "וְאִשִּׁית שְׁמֵנִים יִמְשְׁחוּ" (עמוס ו, 6). הזיתים נכתו באבנים והונחו בסלים, והשמן זב דרכם ללא כל כבישה נוספת. לצורך המנחות ניתן להביא גם שמן שנכבש באבנים גדולות (סוג שני) או בקורת בית הבד (סוג שלישי). בתקופת המנדט הבדילו בין שמן זית למאכל לשמן זית חמוץ, והחמוץ שימש כנראה למאור ולתעשיית הסבון. כבר אז השתמשו בתכולת חומצות השומן החופשיות כמדד איכות עיקרי, ו'שמן כתית' הייתה אז דרגת האיכות הגבוהה, עם תכולת חומצות שומן חופשיות הנמוכה מ-1% (גור ושות', 1960). כיום יש סדרה של מדדי איכות ששמן הזית נדרש לעמוד בהם. המדדים מאפשרים לבחון את האותנטיות שלו

הפקת השמן: המתקן העתיק בעולם להפקת שמן זית התגלה בכפר סמיר ('חוף דדו' בחיפה). באתר מהתקופה הכלקוליתית הקדומה (6,500 שנה לפני זמננו) התגלה אגן אבן ולידו שבירי אלפי גלעיני זיתים ומקלעת קש סמוך להם (תמונה 5). האגן שימש כנראה לכתישת הזיתים, ומקלעת הקש (עקל) לאגירת הפירות הפרוכים ובהמשך לאגירת הגפת בזמן הסחיטה (Galili et al., 1997). סקירה רחבה על נושא בתי הבד ודרך פעולתם במהלך ההיסטוריה בישראל ניתן למצוא בספרם של Frankel ושות' (1994).

שיטות הפקת השמן השתכללו מאוד במהלך השנים. באופן עקרוני, השלבים הבסיסיים הנדרשים בהפקת שמן זית הם: א. גריסה (פריכה או ריסוק, crushing) – גריסת ציפת הפרי עם הגלעינים לקבלת רסק פרי (paste); ב. ערבול (malaxing) – מטרתו לאחד את טיפות השמן הקטנות בחלוליות התאים (vacuoles) לכדי טיפות גדולות יותר, שניתן להפרידן מהעיסה בהמשך; ג. סחיטה (pressing) – הפרדת הפאזה היבשה (גפת) מהנוזלית; ד. הפרדה (separating) – הפרדת השמן מהפסולת הנוזלית (עקר).

שיטת הפקת השמן הקדומה הייתה באמצעות פריכת הזיתים בספולוי אבן שחצבו בסלע: "וְשֶׁמֶן מִחֶלְמִישׁ צֹר" (דברים לב, 13). במאות השנים האחרונות נעשה התהליך באמצעות שתי אבנים גדולות שנקראות ים ומֶמֶל. התחתונה משמשת אגן ריסוק והעליונה היא אבן גלילית שנועה באמצעות ציר בכוח בהמה ופורכת את הזיתים (תמונה 6).

הזיתים הכתושים הועברו לסלים עשויים סיבי צמחים הקרויים עקלים. על הזיתים הופעל לחץ על ידי מכבש (תמונה 6 שמאל) או על ידי קורה ארוכה שנקראה 'בד' (ומכאן השם בית בד) ועליה משקולות, וכך נסחט מוהל הפרי. הנוזל שנאסף הועמד למשך מספר ימים עד שהשמן נפרד



Figure 6

Left: Olive press for crushing olives in baskets, Photo: Rachel Alon, 2004, KKL-JNF Photo Archive. Center: Donkey turning the crushing stone in an ancient olive press, the Shemen Manufacturing Plant, Haifa, 1937, Photo: Zoltan Kluger, reproduction, National Archives. Right: Olive press, Kseime, 1960, Eastern Sinai, Photo: Efraim Orny, KKL-JNF Photo Archive

תמונה 6

מימין: מתקן לכתישת זיתים, קוסימה, 1960 מזרח סיני, צילום: אפרים אורני, ארכיון הצילומים של קק"ל; במרכז: חמור מסובב את הממל בבית בד עתיק, בית חרושת שמן, חיפה, 1937. צילום: זולטן קלוגר, רפרודוקציה, ארכיון המדינה; משמאל: מתקן לסחיטת שמן מעקלים, צילום: רחל אלון, 2004, ארכיון הצילומים של קק"ל

בהשקייית שלחין (בטפטוף) המגדלים מספקים במהלך הקיץ יחד עם ההשקיה גם את הדשן, כך שבמהלך עונת הגידול וצבירת השמן ישנה זמינות גבוהה של מים וחומרי הזנה. העצים מגיבים בהתאם, ומעלים את היבולים הממוצעים ליחידת שטח עד פי ארבעה ממטעי הבעל (Lavee, 2011). לדוגמה, היבול לעץ זית מזן ברנע בוגר בגידול אינטנסיבי עשוי להגיע עד ל-125 ק"ג פרי ול-27 ק"ג שמן. עם זאת, בשנה העוקבת עלול יבול העצים האלה להיות נמוך בהרבה, בשל הסירוגיות המאפיינת את הזית (Bustan et al., 2011). בעוד שמטעי הבעל נמסקים על פי רוב ידנית, המטעים האינטנסיביים נמסקים בעזרת מנערת גזע, דבר המביא לחיסכון ניכר בידיים עובדות. לפני כעשרים שנה החלו לגדל בארץ זיתים בשיטת גידול חדשה הנקראת 'מטע סופר אינטנסיבי'. במטעים אלה צפיפות העצים גבוהה ועומדת על כ-1.5–2 X 4 מטר בין עץ לעץ. המטעים נמסקים על ידי בוצרת (דוגמת הבוצרות המשמשות לבציר כרם יין) שהן בעלות הספקים גבוהים ודרישה מינימלית לכוח אדם. שיטת גידול זו מצליחה בעיקר בדרום רמת הגולן, שם היא תופסת את חלק הארי של מטעי הזית.

שינויים בהיקפי השטחים מתקופת המנדט ועד ימינו

תקופת המנדט הבריטי הייתה תקופת זוהר לענף הזיתים בישראל. שטחי המטעים השתרעו על פני למעלה מחצי מיליון דונם. מטעים גאופוליטיים וכלכליים ממשלת המנדט הייתה מעוניינת בפיתוח גידול הזיתים, והערבים מצאו בו ענף שרווחי בצידו. היקף ייצור שמן הזית עמד בשנים אלה על 500–10,000 טונות שמן זית בשנה (פערם גדולים בין שנה לשנה בשל הסירוגיות). כמות לא מבוטלת של שמן זית יוצאה מישראל המנדטורית בשנים אלה. נראה שהנטיעות הראשונות של זיתים במגזר היהודי התבצעו ב-1904, ובוצעו על ידי קק"ל במסגרת מפעל "תרומת עצי זית". לרשות הקרן הועמדו אדמות חולדה שהוקדשו לנטיעת כרמי זיתים, כ-12,000 עצים, לזכר הרצל.

ואת איכותו. כלומר, שהשמן הוא אכן שמן זית ומקורו לא מצמח אחר, ושאיותו טובה. בהיותו יקר יחסית לשמנים צמחיים אחרים, יש מוטיבציה גבוהה לזייפנים למהול שמן זית בשמנים אחרים. מוגדרות כמה רמות איכות של שמן זית: 'שמן זית כתית מעולה', 'שמן זית כתית', 'שמן זית רגיל' ו'שמן זית למאור'. הקריטריון העיקרי המשמש להבחנה בין רמות האיכות השונות הוא תכולת חומצות השומן החופשיות. שמן זית 'כתית מעולה' (דרגת האיכות הגבוהה ביותר והנפוצה ביותר במדף הישראלי), צריך להכיל פחות מ-0.8% חומצות שומן חופשיות. ככל שערך זה גבוה יותר, כך השמן מחומצן יותר ואיכותי פחות. לפני כשנה אומצה בישראל התקינה האירופית, ומעתה דירוג איכות השמן נעשה גם לפי מדדים אורגנולפטיים (מדדי טעם וריח) שנקבעים על פי הערכה חושית. ההערכה נעשית על ידי פאנל טועמים מוסמך. כך, שמן זית כתית מעולה צריך להיות בעל פירותיות מורגשת וללא פגמים בטעם ובריח.

שיטות לגידול זיתים

במשך אלפי שנים הייתה נהוגה בארץ שיטת גידול זיתים בבעל (ללא השקיה). שמן זית שהופק מאזורים שהושקו (בית שלחים או שדה שלחין) או זובלו (בית זבלים) נחשב לירוד באיכותו (משנה, מנחות ח, ג). נראה שהניחו שתוספת מים או זבל מדללת את ריכוז החומרים בצמח, ופוגעת בטעם הפירות ובתכונות הריפוי שלהם. המרווחים שהיו נהוגים במטעי הבעל עומדים על כ-10 X 10 מטר בין העצים, וזאת כדי שלכל עץ יהיה אוגר מים מספיק בקרקע שיאפשר תפקוד במהלך עונת הקיץ היבשה. פיזור חומרי דשן, כימיים או אורגניים, נעשה במטעים הללו בתחילת החורף, כדי שהחומרים יוסעו עם מי הגשמים לאזור בית השורשים. בשנות ה-80 החלו לגדל זיתי שמן בארץ בהשקיה ('שלחין'). מעבר זה אפשר ציפוף העצים למרווחים של 4 X 6 עד 7 X 7 מטר בין עץ לעץ (תמונה 7).



Figure 7

Right: Modern intensively cultivated olive orchard near Kfar Menahem. Left: Traditional olive orchard in the Galilee



תמונה 7

מימין: מטע זיתים מודרני אינטנסיבי באזור כפר מנחם משמאל: מטע זיתי בעל בגליל

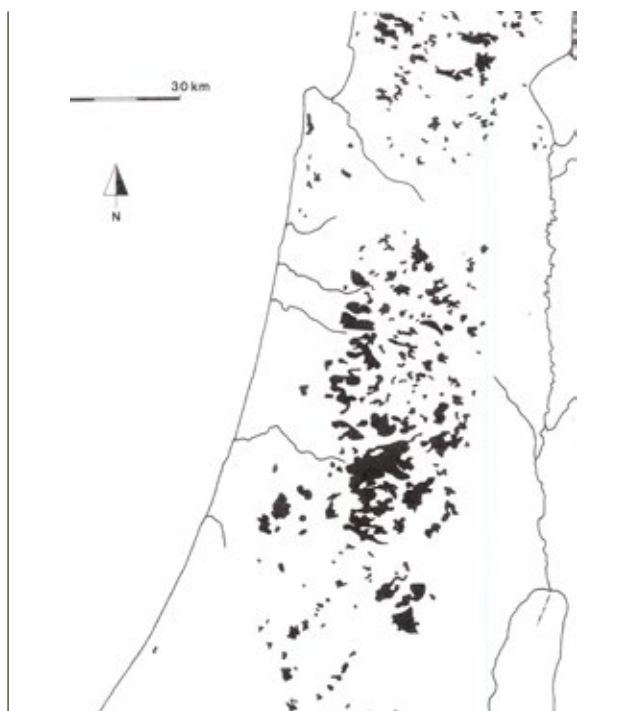
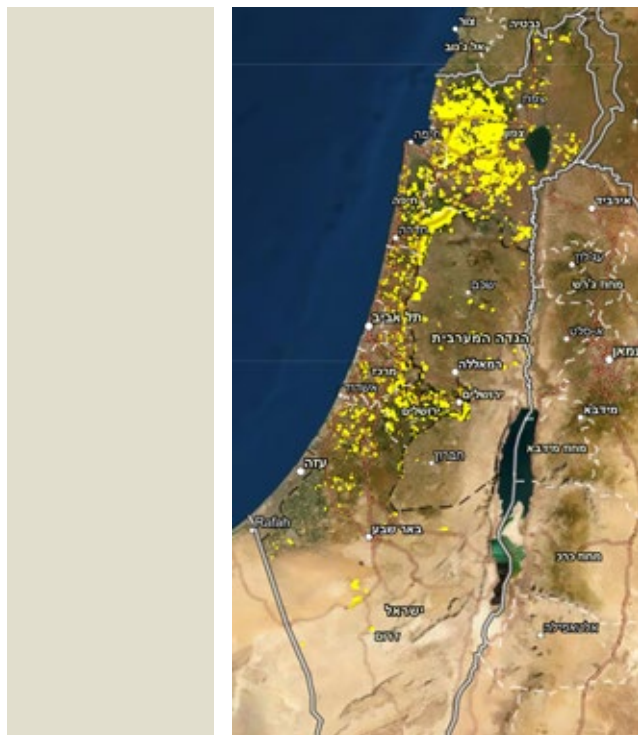


Figure 9

Maps of olive orchards in Israel at the time of the British mandate (below) today (above)
The updated orchard map was prepared by Omer Ben-Asher, Director of GIS, Israel Ministry of Agriculture and Rural Development. The map below is from Gur (1948).

תמונה 9

מפת מטעי הזיתים בישראל בתקופת המנדט (למטה) וכיום (למעלה)
עדכון מפת המטעים כיום נעשה על ידי עומר בן אשר, ראש תחום מ"ג וגאוגרפיה משרד החקלאות ופיתוח הכפר, המפה התחתונה לקוחה מספרו של גור (1948).

מעט לאחר מכן, ב-1907, רכשה קק"ל שטח נוסף באזור שכיום נמצא בו יער בן שמן, ונטעה בו זיתים. המהנדס נחום וילבוש הקים שם את בית החרושת 'עתידי', והחל לייצר שמן זית מיבול הזיתים באזור. בית החרושת ומרבית עצי הזית לא שרדו זמן רב, אך השם 'בן שמן' נשאר (שקולניק, 2015). בשנת 1948, לאחר מלחמת השחרור, נמצאו בגבולות הארץ כ-150,000 דונם זיתים (מתוכם 140,000 בבעל), מהם 70,000 דונם היו מטעים נטושים שהועברו לידי האפוטרופוס על הרכוש הנטוש. 70,000 דונם נשארו בבעלות כפריים ערביים. במגזר היהודי היו אז רק כ-7,000 דונם זיתים. בשנים הראשונות שלאחר קום המדינה חלה ירידת מה בהיקף שטחי הזית. היקף שטחי המטעים בשנת 1958 עמד על 127,000 דונם, והיקף ייצור השמן בשנים הראשונות לקום המדינה (1948-1958) עמד על 250-4,000 טונות בשנה וכן גודלו כ-2,000-4,000 טונות פרי לכבישה (גור ושות', 1960). לצורך השוואה, כיום הרכב מטעי הזית עומד על 71,000 דונם מטעי זית לשמן בשלחין (מרביתם במגזר היהודי השיתופי) (תמונה 8), ו-261,000 דונם מטעי זית לשמן בבעל (מרביתם במגזר הערבי) (סך הכול כ-330,000 דונם, יותר מכל גידול מטע אחר בישראל); יבולי השמן עומדים על כ-15,000 טונות בשנה בממוצע, והצריכה המקומית העומדת על כ-20,000 טונות, המושלמת ביבוא. שטח זיתי המאכל עומד כיום על כ-22,000 דונם, עם יבול שנתי של כ-15,000 טונות פרי למאכל בשנה וכ-2,000-5,000 טונות יבוא פרי משלים בשנה (אהוד חנוך, ממ"ר זית משרד החקלאות, מידע אישי).

אזורי הגידול והיקף השטחים

זיתים גדלו בחקלאות בעל בארץ בעיקר באזורי הגבעות וההרים הנמוכים באזורי הגליל, השומרון, והרי ושפלת יהודה. בדרומה של הארץ, באזורים של ממוצע גשמים שנתי של מתחת ל-300 מ"מ, לא נמצאו כמעט זיתים (תמונה 9). יוצאים מהכלל היו עצי זית שגודלו בנגב



Figure 8

Modern intensively cultivated olive orchard in the Judean Lowlands
Encouraging wild cover plants between the rows significantly reduces soil erosion and improves soil fertility.

תמונה 8

מטע זיתים אינטנסיבי מודרני בשפלה
עידוד צמחיית הבר בין השורות חשוב להקטנת סחיפת הקרקע ולישיפור פוריותה.

'ג'אלוטי', 'אמהאני', 'קודסי', 'חאלאבי'. חלק מהם היו נפוצים בכל הארץ, בעוד רבים מהם היו מוכרים רק בחלקי ארץ מסוימים. לדבריו, הסורי היה הזן הנפוץ ביותר (גור, 1948). אישוש לכך מצאנו לאחרונה בסקר רחב שנבחנו בו בעזרת סמנים מולקולריים 280 עצים עתיקים ב-30 מטעים בכל רחבי ישראל והרשות הפלסטינית. מהסקר עלה כי הטיפוס הסורי שויך ל-90% מהעצים שנבדקו (Barazani et al., 2014). יחד עם הזן סורי, הזן נבאלי תפס מקום שני מבחינת היקפים במטעים המסורתיים (זינגר, 1985). נראה שריבוי השמות נובע בין השאר משימוש במינוח מקומי שהבחין בין עצים שהראו מופעים שונים בתנאי גידול מקומיים, גם אם היו בעלי רקע גנטי זהה. בכל מקרה, מרבית הזנים המקומיים שהיו כאן לפני 80 שנה נעלמו, או שהם עדיין קיימים וזהותם אבדה. בתקופת המנדט גילה נסוחי טאהר, מומחה מטעים ממשרד החקלאות של ממשלת המנדט, טיפוס שונה של נבאלי במטעי הזית באזור בית נבאללה שנקרא 'נבאלי מוחסן'. לטיפוס זה צימח נמרץ, כניסה מוקדמת לניבה ופרי גדול יחסית. זן זה הובא לארץ על ידי א' זינגר אחרי מלחמת ששת הימים. מכיוון שקל יחסית להשרישו בהשוואה לזנים המקומיים האחרים, הוא הפך במהרה לזן דומיננטי במשתלות קק"ל ומשם הופץ במסגרת נטיעותיהם לכל רחבי הארץ. זן חשוב נוסף הוא ה'מנזנילו' שיובא לארץ בשנת 1925 מארה"ב (גור, 1948). זן זה הוא המוביל בעולם בתעשיית הכבישה וכך גם בארץ. מעת שיובא נעשה הזן העיקרי בתעשייה, בעיקר למפעלים הכובשים את הפרי בכבישה הספרדית (תמונה 10).

גידול המנזנילו למאכל נכנס למשבר בעשור האחרון בשל העלויות הגבוהות הכרוכות במסיק הידני שלו. כיום נכנס אט אט הזן 'אוכלבלקה' כזן תחליפי למאכל, המותאם למסיק ממוכן (Zipori et al., 2014). זנים נוספים שהוכנסו לארץ ותפסו מקום מרכזי הם 'קורוניקי' היווני ו'ארבקנה' הספרדי, שני זנים עיקריים במטעים הצפופים המיועדים למסיק בבוצרת. 'פיקואל' הספרדי, 'פישולין' הצרפתי, ו'קורטינה' האיטלקי הם הזנים העיקריים המקובלים במטעי השלחין האינטנסיביים.

בתקופה הביזנטית, בבוסתנים שמוקמו בוואדיות עם מערכות עתיקות לתפיסת מים (Ashkenazi et al., 2018). כמו כן, היה מעט גידול של זיתים לאורך מישור החוף, וזאת בשל הלחות הגבוהה המביאה לנגיעות במחלת עין הטווס (הנגרמת על ידי הפטרייה *Venturia oleaginea*) שהזן ה'סורי' רגיש אליה מאוד, ובשל הנגיעות הרבה בזבוב הזית (*Bactrocera oleae*) המאפיינת אזורים אלה גם כיום. גידול הזית בלתי אפשרי בהרים גבוהים החשופים לאירועי שלג משמעותיים, מאחר שהזיתים מתקשים להתמודד איתם. כיום חקלאות השלחין הרחיבה את שטחי הגידול של זיתים עד לנגב.

זני זיתים הגדלים בארץ

המקורות הקדומים כמעט שאינם מציינים את שמותיהם של זני הזית. שמות הפירות אופיינו בהתאם לתכונות שלהם ולמוצאם: "כל זית שיש לו שם, כזית (מבית) הנוטפה... במה דברים אמורים? בשמו ובמעשיו ובמקומו. בשמו שהיה שפכוני או בישני..." (משנה, פאה ז, א). האחרון מתייחס כנראה לזית בית שאן. גודל הזית הבינוני נקרא 'אגורי' (משנה, כלים יז, ח), 'סמרוסי' או 'אברוטי' (בבלי, ברכות לט, עא). זית בשם 'אברוטי' היה ידוע באזור ירושלים בימי הביניים. קיימת גם הבחנה בין "זית שמן" ל"זית כבש" (משנה, תרומות ב, ו), שהיו דלים בכמות השמן ושימשו בעיקר לאכילה. במחקר הבוטנו-ארכאולוגי נבדקו אלפי חרצני זיתים ופירות שלמים מאתרים אחדים מהאלף הראשון לספירה, ושלושה זני זיתים המוכרים כיום במשק המסורתי הוגדרו בו: 'סורי', 'נאבלי' ו'מליסי'. במצדה נמצאה נוכחות גם של 'תופאחי' ו'שאמי' (תבק-קניאל ושות', 2009; Cohen and Cvikel, 2019). עם קום המדינה פרסם אסף גור חוברת ובה תיאר את זני הזית הגדלים בישראל. מבין הזנים המקומיים הוא מנה את הבאים: 'סורי', 'חולי', 'נאבאלי', 'מאליסי', 'בארי', 'חווארי', 'ביאדי', 'דאקארי', 'סמארי', 'חדארי', 'דומי', 'דיבי', 'סאכאני', 'נוגארי', 'שאמי', 'מור', 'פילפלי', 'באלאדי',



Figure 10

Manually harvested 'Manzanilla' table olives, Kibbutz Revivim



תמונה 10

זית מנזנילו לאחר מסיק ידני, קיבוץ רביבים

עוד מין של צמח הקשור בתודעה לישראל יותר מהזית, ולמרות זאת, לצערנו, אין ברמה הלאומית שום תוכנית לאפיין ולשמר את המאגר הגנטי שנברר כאן במשך אלפי שנים ושהולך ונעלם במהירות. לדעתנו פעולות השימור צריכות לכלול את המרכיבים הבאים:

1 | איתור עצי זית עתיקים מאוד, אפיונם, ושימורם כעצי מורשת.

ברחבי הארץ פזורים עצי זית עתיקים מאוד, המורשת החיה העתיקה ביותר בישראל. לדוגמה: הזית העתיק סמוך למנזר בית ג'ימאל (תמונה 11). מסורת המנזר טוענת שהעץ בן 2,000 שנה וכי רבי גמליאל ישב לצילו.

כדוגמה נוספת נציין את העץ העתיק שבנחל זיתן, סמוך לשבטה. עץ זה, המניב פירות עד היום, הוא שריד עתיק לחקלאות ביזנטית שהתבססה על מערכת תפיסת מים (טפר ובר-עוז, 2019). גילו של העץ הוערך בזמנו בכ-1,700 שנה (רותם, 1971). בדיקות גנטיות שערכנו לאחרונה הראו שהוא משתייך לגנוטיפ ייחודי שלא נמצא קודם לכן בשטחי ישראל. עץ זה לא זכה לכל טיפול במשך השנים והלך והתנוון. ביחד עם קבוצתו של פרופ' גיא בר-עוז ומגדלי זיתים מרמת נגב, התגייסנו ושיקמנו את העץ: נגזמו ענפים יבשים ונגועים במזיקי שלד, נפח הנוף צומצם, הוסרו סורי גזע, שוקמה מערכת תפיסת המים במקום, סולקו שיחים שגדלו בקרבת מקום והתחרו על המים, וניתן דשן בשחרור איטי. התוצאה לא איחרה לבוא, ויחד עם גשמי החורף חזר העץ לשגשג בבית גידול ייחודי זה.



Figure 11

Head of the Beit Jimal Monastery at the side of an ancient olive tree trunk

תמונה 11

גזעו של עץ הזית העתיק ולידו אב המנזר של בית ג'ימאל

הזן העיקרי כיום במטעי השלחין הוא הזן 'ברנע', שהוא זן פורה, בעל אחוזי שמן גבוהים ומבנה זקוף המותאם למנערת גזע. זן זה התגלה על ידי פרופ' שמעון לביא בתחנת מחקר של הבריתים באזור ניצנה, והפך להיות המוביל בענף עם המעבר לגידול זיתי שמן בהשקיה (Lavee, 2011). יצרנותו הגבוהה של הברנע מתבטאת גם ברמת הפוטוסינתזה הגבוהה שלו ביחס לזן המסורתי הסורי, אך הסתבר שהוא רגיש יותר מהסורי ליובש (Tugendhaft, 2016). במרכז וולקני מתקיימת אחת מתוכניות השבחת הזית הוותיקות בעולם. פרט לזן ברנע, סיפקה תוכנית זו למגדלים את הזן 'מעלות', העמיד למחלת עין הטווס, את הזן 'אסקל' בעל אחוזי השמן הגבוהים, ולאחרונה את הזן 'לביא' המתאים למטעים האינטנסיביים (Lavee et al., 2014).

ריבוי זיתים

כדי לשמור על תכונות הזן יש הכרח בריבוי וגטטיבי, בהשרשה או בהרכבה. ידוע כי הטיפוס הסורי שהיו כאמור נפוץ בישראל, הוא קשה השרשה. למעשה, רק בשנות ה-70 של המאה הקודמת למדו כיצד להשריש זן זה בעזרת ערפול והורמוני השרשה (ראובן בירגר, מידע אישי). מאז ניטעים מרבית זני הזית "על שורשיהם", מה שהופך את הזית לאחד מגידולי המטע הבודדים כיום שעציו אינם מורכבים. לעומת זאת, בעבר שיטות הריבוי שהיו זמינות למגדלים היו העתקה של גרופיות או הרכבה.

במקורות מתקופת המשנה והתלמוד נזכר בעיקר ריבוי באמצעות הגרופיות, כלומר ייחור הבוקע מבסיס הגזע או השורש שנהגו להסיר ולהשריש במקום אחר (תוספתא, כלים, בבא בתרא ב, ב; משנה, בבא בתרא ה, ג). אומנם בחיבורי החקלאות הרומיים נזכר תהליך ההרכבות בזיתים, אך חקלאים יהודים נמנעו מכך בשל איסור כלאיים, ולכן קבע רבי לוי, חכם ודרשן ארץ ישראלי שחי במאה השלישית: "זיתים אין בהן הרכבה" (ירושלמי, כלאים א, ז, כז, עב). עם זאת, בבדיקה של אוכלוסיות זיתים עתיקים בשטחי ישראל והרשות הפלסטינית, שהושאו בה בעזרת סמנים מולקולריים נוף העץ וסורי הגזע (המייצגים את הפרופיל הגנטי של מערכת השורשים), מצאנו כי אצל 82.7% מהעצים לא הייתה זהות גנטית בין נוף העץ לשורשיו (Barazani et al., 2014). כלומר, שיטת הריבוי שהייתה נהוגה באזורנו בעבר הייתה הרכבה. על בסיס המגוון הגנטי הרחב ומדדים גנטיים שונים שמצאנו בין הכנות הסקנו גם שמקורן של חלק ניכר מהכנות היה בזריעים (Barazani et al., 2014). כלומר, עצים צעירים של עצי זית שהונבטו במכוון או שהתבססו סמוך למטעים, שימשו כנה ועליה הורכב ענף מהזן הרצוי. אכן, קיימות עדויות שלצורך ייצור שתילים הייתה העדפה לאיסוף זרעים של זיתי בר, שכן הם נבטו בקלות יחסית (גור ושות', 1960). מקור נוסף לכנות היו הגרופיות. נהגו להסיר גרופיות עם גרזן ולטמון אותה בקרקע. לאחר שהתבססה היה נהוג להרכיב עליה את הזן המבוקש.

שימור המאגר הגנטי של עצי הזית בישראל

מאמר זה הציג את החשיבות הרבה של ישראל כאזור שביות הזית החל בו, ואת משמעותו התרבותית וההיסטורית של הזית למדינה. אין

- רמת הנדיב. 2020. **אוסף זיתים ברמת הנדיב ועצי אם**.
<https://bit.ly/33G5GHP>
- שקולניק י. 2015. **יער בן שמן**. יחידת הפרסומים, אגף קשרי ציבור, קרן קימת לישראל.
- תבק-קניאל י, כסלו מ ושמחוני א. 2009. שחזור מעדני זיתים מהתקופה הרומית: השלכות פרשניות על דברי חז"ל. **קתדרה**, 130, 17-30.
- Ashkenazi E, Chen Y, and Avni Y. 2018. Olive tree survival and adaptation to the harsh growing conditions in the arid desert environment of the Negev Highlands, Southern Israel. *Israel Journal of Plant Sciences*, 65(3-4), 147-152.
- Barazani O, Westberg E, Hanin N, Dag A, Kerem Z, Tugendhaft Y, Hmidat M, Hijawi T, and Kadereit JW. 2014. A comparative analysis of genetic variation in rootstocks and scions of old olive trees – A window into the history of olive cultivation practices and past genetic variation. *BMC Plant Biology*, 14(1), 146.
- Barazani O, Keren-Keiserman A, Westberg E, Hanin N, Dag A, Ben-Ari G, Fragman-Sapir O, Tugendhaft Y, Kere, Z, and Kadereit JW. 2016. Genetic variation of naturally growing olive trees in Israel: From abandoned groves to feral and wild? *BMC Plant Biology*, 16(1), 261.
- Bernabei M. 2015. The age of the olive trees in the Garden of Gethsemane. *Journal of Archaeological Science*, 53, 43-48.
- Besnard G, Khadari B, Navascués M, Fernández-Mazuecos M, El Bakkali A, Arrigo N, Baali-Cherif D, Brunini-Bronzini de Caraffa V, Santoni S, Vargas P, and Savolainen V. 2013. The complex history of the olive tree: From Late Quaternary diversification of Mediterranean lineages to primary domestication in the northern Levant. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 280(1756), 20122833.
- Bustan A, Avni A, Lavee S, Zipori I, Yeselson Y, Schaffer AA, Riov J, and Dag A. 2011. Role of carbohydrate reserves in yield production of intensively cultivated oil olive (*Olea europaea* L.) trees. *Tree Physiology*, 31(5), 519-530.
- Cohen M and Cvikel D. 2019. Ma'agan Mikhael B, Israel: A preliminary report of a Late Byzantine–Early Islamic period shipwreck. *The International Journal of Nautical Archaeology*, 48.1, 189-207.
- Ehrlich Y, Regev L, Kerem Z, and Boaretto E. 2017. Radiocarbon dating of an olive tree cross-section: New insights on growth patterns and implications for age estimation of olive trees. *Frontiers in Plant Science*, 8, 1918.
- Frankel R, Avitsur S, and Ayalon GC. 1994. *History and Technology of Olive Oil in the Holy Land*. Olearius Editions and Eretz Israel Museum, Tel Aviv.
- Galili E, Stanley DJ, Sharvit J, and Weinstein-Evron M. 1997. Evidence for earliest olive-oil production in submerged settlements off the Carmel coast, Israel. *Journal of Archaeological Science*, 24(12), 1141-1150.
- Goor A. 1966. The place of the olive in the Holy Land and its history through the ages. *Economic Botany*, 20, 223-243.
- Goren-Inbar N, Alperson N, Kislev ME, Simchoni O, Melamed Y, Ben-Nun A, and Werker E. 2004. Evidence of hominin control of fire at Gesher Benot Yaaqov, Israel. *Science*, 304(5671), 725-727.

- 2 | **אפיון ושימור של חומר גנטי ממטעי זיתים עתיקים ברחבי הארץ**. זיתים רבים בשטח ישראל נטועים במטעים מסורתיים, ורבים מהם שננטשו פזורים בשטחי בור. מאגר גנטי משמעותי זה של זיתים שנבררו בישראל במשך אלפי שנים אובד במהירות בגלל חשיפה לשרפות, עיור והתנוונות של העצים המזדקנים. לכן, יש צורך בפעולות של דגימה, אפיון ושימור מקיפים של עצי זית אלה. בפארק רמת הנדיב הוקמה חלקת אוסף כזו לפני כשש שנים, ומידע על עצי האם העתיקים של העצים בחלקה ניתן למצוא באתר החלקה (רמת הנדיב, 2020). עם זאת, באוסף מיוצגים כעת רק מספר מצומצם של עצי זית עתיקים. מהאמור לעיל עולה החשיבות הרבה של הרחבת האוסף.
- 3 | **איתור ושימור של אוכלוסיות זיתי בר**. עד כה נדגמו ואופיינו מספר מועט של אוכלוסיות זית הגדלות בטבע. רק שתיים מתוכן, באדמית ובנחל אורן, מסתמנות כאוכלוסיות של זיתי בר. אנחנו משערים שישנן מספר אוכלוסיות נוספות באזור הכרמל ומורדותיו, באזור רכס הכורכר שבעתלית ובמספר אתרים בגליל. יש לאשש הנחה זו באמצעים מולקולריים ומורפולוגיים, למפות אותן וליישם עבורן תוכנית שימור כערך טבע ומורשת.
- 4 | **טיפול בעצים בגנים לאומיים ובשמורות טבע**. בחלק ניכר מהאתרים שמנהלת רשות הטבע והגנים, ההתייחסות לעצי הזית היא כאל עצי יער, ולכן הם אינם מקבלים כל טיפול (ראו דוגמה למעלה של הזית העתיק בנחל זיתן בשמורת מצוק הצינים). כדי שעצי זית ישרדו לאורך זמן, כעץ פרי שעבר ביות, יש צורך בגיזום, בניכוש שיחים ומטפסים מסביבתם, וכן בדישון ובהשקיה במקרים שהעצים סובלים מעקה.

מקורות

- ארליך י. 2020. **השימוש בעץ זית ובגלעיני זיתים בדנדוכרונולוגיה**, פליאו-אקלים וארכיאולוגיה (עבודת גמר לתואר דוקטור). רחובות: מכון ויצמן למדע.
- גור א. 1948. **זני הזית בארץ-ישראל**. ספריית השדה: תל אביב.
- גור א, שפיגל פ וגרטש ח. 1960. **הזית**. משרד החקלאות: תל אביב.
- זינגר א. 1985. **גידול הזית**. משרד החקלאות, שירות ההדרכה והמקצוע, המחלקה למטעים.
- טפרי ובר-עוז ג. 2019. הר חוטב, נחל זיתן. **חדשות ארכיאולוגיות חפירות וסקרים בישראל**, 131.
- מרגולין י. 1935. **הזית**. חוברת לעבודה ולקריאה בטבע המולדת ובחקלאות. הוצאת אמנות: תל אביב.
- עמר ז. 1996. **מוצרי מזון ותעשייה מהצומח בארץ ישראל בימי הביניים**. הוצאת אריאל: ירושלים.
- עמר ז. 2000. **גידולי ארץ ישראל בימי הביניים: תיאור ותמורות**. יד יצחק בן צבי: ירושלים.
- פליקס י. 1994. **עצי-פרי למיניהם: צמחי התנ"ך וחז"ל**. הוצאת מס: ירושלים.
- רוחם ר. 1971. **הזית בנחל זיתן**. טבע וארץ, י"ג, 234.

- Zipori, Northern Israel. *Israel Journal of Plant Sciences*, 62(1-2), 65-74.
- Namdar D, Amrani A, Ben-Ami D, Hagbi M, Szanton N, Tchekhanovets Y, Uziel J, Dag A, Rosen B, and Gadot Y. 2018. The social and economic complexity of ancient Jerusalem as seen through choices in lighting oils. *Archaeometry*, 60(3), 571-593.
- Rallo L. 2005. *Variedades de olivo en España*. Junta de Andalucía: Madrid
- Tugendhaft Y, Eppel A, Kerem Z, Barazani O, Ben-Gal A, Kadereit JW, and Dag A. 2016. Drought tolerance of three olive cultivars alternatively selected for rain fed or intensive cultivation. *Scientia Horticulturae*, 199, 158-162.
- Zipori I, Dag A, Tugendhaft Y, and Birger R. 2014. Mechanical harvesting of table olives: Harvest efficiency and fruit quality. *HortScience*, 49(1), 55-58.
- Zipori I, Dag A, Laor Y, Levy G J, Eizenberg H, Yermiyahu U, Medina S, Saadi I, Krasnovski A, and Raviv M. 2018. Potential nutritional value of olive-mill wastewater applied to irrigated olive (*Olea europaea* L.) orchard in a semi-arid environment over 5 years. *Scientia Horticulturae*, 241, 218-224.
- Zohary D, Hopf M, and Weiss E. 2012. *Domestication of Plants in the Old World: The Origin and Spread of Domesticated Plants in Southwest Asia, Europe, and the Mediterranean Basin*. Oxford University Press.
- Zohary D and Spiegel-Roy P. 1975. Beginnings of fruit growing in the Old World. *Science*, 187(4174), 319-327.
- Kaniewski D, Van Campo E, Boiy T, Terral JF, Khadari B, and Besnard G. 2012. Primary domestication and early uses of the emblematic olive tree: Palaeobotanical, historical and molecular evidence from the Middle East. *Biological Reviews*, 87(4), 885-899.
- Kislev ME. 1995. Wild olive stones at submerged chalcolithic Kfar Samir, Haifa, Israel. *Journal of the Israel Prehistoric Society*, 26, 134-195.
- Langgut D, Cheddadi R, Carrión JS, Cavanagh M, Colombaroli D, Eastwood WJ, Greenberg R, Litt T, Mercuri AM, Miebach A, and Roberts CN. 2019. The origin and spread of olive cultivation in the Mediterranean Basin: The fossil pollen evidence. *The Holocene*, 29(5), 902-922.
- Lavee S. 2011. The revolutionary impact of introducing irrigation-intensification to the olive oil industry. *Acta Horticulturae*, 888, 21-30.
- Lavee S, Avidan B, and Ben-Ari G. 2014. Trends in breeding new olive varieties in Israel for quality and economic management. *Agricultural Sciences*, 5, 701-709.
- Lipshitz N, Gophna R, Hartman M, and Giger G. 1991. The beginning of olive (*Olea europaea*) cultivation in the old world: A reassessment. *Journal of Archaeological Science*, 18, 441-453.
- Lipshitz N, Gophna R, Bonani G, and Feldstein A. 1996. Wild olive (*Olea europaea*) stones from a Chalcolithic cave at Shoham, Israel and their implications. *Tel Aviv*, 23(2), 135-142.
- Namdar D, Amrani A, Getzov N, and Milevski I. 2015. Olive oil storage during the fifth and sixth millennia BC at Ein



מסיק זיתים בתל חדיד, סוכות, 2013
צילום: אבי חיון, ארכיון קק"ל

נפילת ענפים קיצית

אביגיל הלר^{1*} | שי כץ² | דרור ניסן³ | יוסי ריוב⁴

- 1 ראשת תחום גנים בוטנים וחקלאות יישובית, אגף יער ואילנות, משרד החקלאות ופיתוח הכפר
 - 2 אגרונום, יועץ פרטי
 - 3 הנדסאי נוף, יועץ פרטי
 - 4 המכון למדעי הצמח וגנטיקה בחקלאות, הפקולטה לחקלאות, מזון וסביבה
- ע"ש רוברט ה. סמית, האוניברסיטה העברית בירושלים, רחובות
 avigailheller1@gmail.com *

תקציר

נפילת ענפים קיצית היא תופעה של שבר ונפילת ענפים בעונות החמות בתנאי מזג אוויר שליו, בדרך כלל בשעות אחר הצהריים. לעיתים נפילה זו מתרחשת בעצים שניתן לראות בהם פגמים, ולעיתים בעצים ללא פגמים נראים לעין. בגלל היעדר סקרים ובעיקר מחקרים מסודרים, מאפייני התופעה והגורמים לה רחוקים מלהיות ברורים, ולעיתים ישנם דיווחים מנוגדים ודעות שונות בנושאים אלה. בארץ כמעט לא עסקו בתופעה זו, ויש מעט מידע מקומי בנושא. לפיכך, מטרת המאמר הן להגביר את המודעות לתופעה ולהמליץ על פעולות מניעה אפשריות. במאמר מוצגות הגישות השונות לגבי המאפיינים והגורמים של התופעה וההצעות לטיפול בה, שפורסמו בספרות המדעית ועל ידי גופים מקצועיים בארצות שונות. כמו כן, מוצגות המלצותינו לפעולות הנדרשות כדי להקטין ככל האפשר את הסיכונים הנובעים מהתופעה בתנאי הארץ, וכן רשימה של סוגים ומינים של עצים שהתופעה דווחה בהם.

מילות מפתח

גורמי התופעה, מאפייני התופעה, סיכונים בעצים, צעדי מניעה, רגישות מינים, שכיחות התופעה, תנאי אקלים

מבוא

מאפייני התופעה

להלן מאפייני התופעה כפי שדווחו בספרות (Harris, 1983; Harris et al., 2004):

- מדובר בדרך כלל בענפי שלד בקוטר של עד מטר אחד ולעיתים גם בגזעים עד לקוטר של 1.3 מטר.
- ענפים אופקיים רגישים לתופעה יותר מאשר ענפים יחסית. בדרך כלל השבר קורה בענפים שקצותיהם מגיעים לשולי הנוף או מעבר להם.
- השבר קורה לרוב במרחק מסוים (1-4 מטר) מנקודת החיבור של הענפים לגזע, ורק לעיתים רחוקות בנקודת החיבור לגזע.
- בדרך כלל לא נראים פגמים בענפים הנשברים.
- השבר בדרך כלל חלק יחסית, אולם לעיתים נראים בו זיזים רבים (דמויי מברשת) או ריקבון.
- שבירת הענפים מלווה לעיתים ברעש חזק.

Costello (2005) ליקט תגובות של אנשי מקצוע המונגדות במידה מסוימת למאפיינים שפורטו לעיל:

- התופעה מתרחשת בענפים דקים יחסית (אך לפחות מעל לקוטר של 10 ס"מ) או עבים.
- רגישים לתופעה זו גם ענפים אופקיים וגם ענפים אלכסוניים.
- השבר מתרחש בנקודת החיבור או לאורך הענף.
- משקל הענף אינו גורם מכריע לגבי התרחשות השבר.
- לעיתים השבר אינו מיידי אלא מדובר בתהליך הנמשך זמן רב יחסית.
- נוכחות ריקבון אינה סותרת את ההגדרה של נפילת ענפים קיצית.

מניסיונו, מאפייני נפילת ענפים קיצית בארץ תואמים יותר לתיאור שנתנו Harris (1983) ו-Harris-I (2004). כמו כן, התופעה מתרחשת לעיתים קרובות גם בענפים קשתיים.

עצים שהתופעה אובחנה בהם

Harris (1983) ו-Harris-I (2004) מציינים מספר מאפיינים לגבי העצים שהתופעה תוארה בהם:

- הכשל מתרחש בעצים נשירים וירוקי עד, רחבי עלים ומחטניים (טבלה 1).
- התופעה קורית בעצים הנמצאים בשטחים טבעיים ובעצים נטועים, באתרים מושקים ולא מושקים.
- רגישים לתופעה בעיקר עצים מבוגרים מאוד ועצים הנמצאים בשלבי הזדקנות מתקדמים.
- עצים שהתופעה אובחנה בהם רגישים יחסית לשבר חוזר.

גורמים אפשריים לתופעה

בשל היעדר מחקרים מדעיים בנושא זה, כל הנאמר הוא בגדר השערות בלבד. לעיתים אף מצוינות השערות מנוגדות. למשל, רבים מציינים שפוטנציאל המים בעצה הוא גורם משמעותי לנפילת ענפים קיצית, אולם כפי שיתואר להלן, לעיתים מדובר על פוטנציאל שלילי ולעיתים

כאשר אילנאי או יערן מבצע הערכה של גורמי סיכון (hazard factors) בעצים, הוא מנסה לרוב לאתר בעץ פגמים המעידים על כשל אפשרי. בין המדדים שמנסים לאתר נכללים פגמים מבניים בשלד העץ, נטייה של העץ, התרוממות או שקיעה של השורשים, זוויות חיבור חדות בין הענפים, קליפה כלואה, חללים, כיבים, סדקים, סימני ריקבון, נוכחות פגעים ומזיקים, התנוונות ענפים, פגיעה בשורשים ועוד. בדרך כלל הכשלים בעצים ובענפים מופיעים כאשר לפגם בעץ נוסף עומס רוח, עומס סטטי של שלג או קרח, משקל יתר של הענף עצמו או עומס פרי בעונות מסוימות (QTRA, 2014). עם זאת, בעולם מוכרת התופעה של נפילת ענפים בעונות החמות בתנאי מזג אויר שליו, והיא אובחנה גם בארץ במינים שונים של עצים. לעיתים נפילה זו מתרחשת בעצים שיש בהם פגמים מובחנים, כדוגמת מספר ענפים היוצאים בזוויות חדות מאותה נקודת חיבור כמו בשלטית מקומטת (*Peltophorum dubium*), עומס פרי כמו בקורימביה טורלי (*Corymbia torelliana*) ובשלטית מקומטת, או עודף רטיבות בקרקע כמו למשל בינבוט לבן (*Prosopis alba*) בתנאי השקיה. לעיתים מתרחשת נפילת ענפים פתאומית בחודשי הקיץ, בדרך כלל ללא פגמים נראים לעין, והיא מסווגת כסוג נפרד של כשל.

תופעה זו של נפילת ענפים קיצית (summer branch drop), שלעיתים מכונה נפילת ענפים פתאומית (sudden branch drop), מוכרת לאנשי המקצוע בתחום של גידול עצים מזה שנים רבות. דיווח ראשון על התופעה פורסם רשמית בשנות ה-80 של המאה ה-19 (Kellogg, 1882). בדרך כלל התופעה מיוחסת לשבר של ענפים בשעות אחר הצהריים בימים חמים ושלווים בעונת הקיץ (Harris et al., 2004; Harris, 1983). התופעה אובחנה בארצות רבות, ובהן אוסטרליה, דרום אפריקה, קנדה וארה"ב. באנגליה דווח על נפילת ענפים קיצית שמתרחשת במזג אויר שליו לאחר גשם כבד שירד בתום תקופת יובש ממושכת. אירועים של נפילת ענפים בעצי יער ונוי, שניתן לסווגם כנפילת ענפים קיצית, מוכרים גם בארץ. בשלושה מהאירועים הללו, שהתרחשו בירדן ההררי ב-2001, בפארק הירדן ב-2010 ובאקשן פארק בחבל לכיש ב-2019, נגרמו אבדות בנפש. נוסף על כך, ידועים בארץ מקרים לא מעטים של פציעות שניתן לייחס אותן לתופעה זו.

מאחר שהאירועים של נפילת ענפים קיצית שהתרחשו ללא אבחון מוקדם של גורמי סיכון, גרמו מספר פעמים לפגיעות בנפש וברכוש גם בארץ, החלטנו לסקור את הידע הקיים בעולם על תופעה זו ועל הגורמים לה לשם הגברת המודעת לתופעה והמלצה על פעולות מניעה אפשריות. בגלל היעדר סקרים ובעיקר מחקרים מסודרים בעולם ובארץ, מאפייני התופעה והגורמים לה רחוקים מלהיות ברורים, ולעיתים ישנם דיווחים מנוגדים ודעות שונות בנושא. להלן מתוארים מאפיינים וגורמים של התופעה וכן הצעות לטיפול בה, שהוצגו במאמרים ובדיווחים שפורסמו בארצות שונות, תוך הצגת ההתייחסויות השונות אליהם.

ענפים קיצית. עם זאת, מספרן של הפגיעות בנפש בעקבות כשל בעצים בכלל ונפילת ענפים קיצית בפרט, נמוך מאוד בארץ ובעולם, ואינו בר השוואה למספרים הגדולים יחסית של פגיעות בנפש מגורמי סיכון אחרים, כמו תאונות דרכים ותאונות עבודה.

כיצד יש לפעול כדי להקטין את הסיכון מנפילת ענפים קיצית?

Harris (1983) ממליץ לבצע מספר פעולות להקטנת הסיכון מנפילת ענפים קיצית.

- ליידע משתמשים באתר לגבי פוטנציאל הסכנה מהכשל הזה, למשל באמצעות הצבת שלטי אזהרה, כפי שנעשה בזמנו ב-Kew Gardens בלונדון או לגדר עצים שיש להם פוטנציאל לכשל ולמנוע גישה לאזור הסכנה. חשוב לעשות זאת מתקופת האביב המאוחר ועד לתחילת הסתיו.
- באזורים קולטי קהל אין לנטוע מינים המועדים לנפילת ענפים קיצית.
- בעצים בוגרים יש לקצר ולהקטין את המשקל של ענפים ארוכים אופקיים ולאורך את צמרות העצים כדי למנוע הצטברות לחות בחופה.
- יש לשמר את העצים חיוניים ובריאים, וכמובן שיש לנטר פגמים נראים בעצים רגישים, לקצר ענפים גדולים שהחיוניות שלהם נמוכה או שמאובחנים בהם ריקבון או חללים, ולכרות את העץ כולו אם הוא אינו חיוני או שמבחינים בפגם שיש בו סיכון ליציבות העץ.

ב-QRTA (2014) מוצגת גישה שונה להפחתת סיכונים במקרים שקיים חשש לנפילת ענפים קיצית. מניעת התופעה על ידי גיזום של מינים מועדים לכשל אינה ישימה ואינה פרופורציונית ביחס למידת הסיכון, בייחוד בחורשות וביערות שנטועים בהם מאות אלפי עצים וששוהים בהם מעט אנשים בתדירות נמוכה. גישה שכזו תדרוש התערבות בקנה מידה נרחב, מכיוון שלמעשה אין כיום דרך מקובלת לזהות את העץ האינדיווידואלי שיש בו סיכון לכשל. מאידך גיסא, כאשר בעץ ישנו שיעור חוזר ונשנה גבוה במיוחד של נפילת ענפים קיצית, הגיוני לנסות ולהפחית את הסיכון לכשל Ball (2019) תומך בגישה זו, וטוען שלהוציא מקרים שיש לעץ היסטוריה של נפילת ענפים קיצית, הסיכון קביל ואין צורך לבצע כל פעולה כדי להקטין אותו גם בעונה הרגישה. גם הוא גורס, שאם לאחד מהעצים הנבחרים ישנה היסטוריה של נפילת ענפים קיצית, אזי יש לנהל את הסיכון ולהביא אותו לרמה קבילה.

המלצותינו המתייחסות לתנאי הארץ

מרבית המלצות למניעה ולהפחתה של התופעה בתנאי הארץ דומות להמלצות הרגילות לאיתור פגמים ולטיפול בעצים במטרה למנוע כשלים (הלר ושות', 2011; הלר ושות', 2019; הלר ושות', 2020). עם זאת, נפילת ענפים קיצית יכולה להתרחש במינים מועדים ללא אבחנה בפגמים, בעיקר בענפים ארוכים (החורגים לעיתים מן הנוף) וקשתיים, שקוטרם עולה על 10 ס"מ, ולכן יש לתת דגש לאיתור ענפים בעלי מאפיינים אלה במינים המועדים. מכיוון שבנפילת ענפים קיצית השבר עשוי להתרחש לעיתים קרובות במרחק מסוים מזווית החיבור,

על פוטנציאל חיובי. קיימת גם אפשרות שבמינים שונים של עצים קיימים מנגנונים שונים. להלן מוצגות ההשערות המקובלות הנוגעות לגורמים אפשריים לתופעה (Harris 1983; Harris et al., 2004; Tadewaldt, 2015):

- הימצאות של סדקים פנימיים, שנגרמים על ידי פצעי גיזום, ושל פצעים שנגרמו משבר, המגבירים את הרגישות לכשל. עם זאת, לעיתים קרובות השבר מתרחש ללא נוכחות פגמים כלשהם בעצה.
- פוטנציאל מים שלילי בעצה – במזג אוויר חם ויבש בקיץ צפוי שקליטת המים תהיה נמוכה מהדיפת, כך שבעצה יתהווה פוטנציאל מים שלילי גבוה. לכאורה, מצב זה יכול להקטין את הרגישות לכשל בשל הירידה במשקל הענף. עם זאת, ישנם דיווחים שפוטנציאל מים שלילי בעצה גרם להתכווצות גזעים וענפים ולהתרוממות ענפים. לעיתים אף אובחנו בעצים מחטניים סדקים בגזע בתנאים אלה. ההשערה שפוטנציאל מים שלילי הוא גורם לתופעה נתמכת בתצפיות, היות שנמצא שלעיתים קרובות נוצר שבר יבש.
- Mattheck ושות' (2015) מציינים, שבעצים רחבי עלים אין חשש לשבר כאשר קיימת בהם עצת מתח המפעילה על הענף כוח משיכה כלפי מעלה, המאזן בתנאים נורמליים את משקלו. במזג אוויר חם בקיץ חל רפיון של עצת המתח בשל פוטנציאל מים שלילי, וגוברת האפשרות לשבר בשל משקל הענף. השבר הזה מופיע בתחילה כשבר רוחבי, שיכול להגיע עד לכמחצית מקוטר הענף, במרחק מסוים מנקודת החיבור לגזע, ולאחריו שבר אורכי ארוך מאוד.
- פוטנציאל מים חיובי בעצה – בסיס להשערה זו הם הדיווחים, שלעיתים השבר מלווה בזליגה של מוהל או שהכשל מתרחש לעיתים לאחר גשם כבד בעונת הקיץ. ההנחה היא שבשל מזג האוויר השליו, כלומר היעדר רוח, הלחות בחופת העץ עולה, ובעקבות זאת קטן הדיפת בעוד קליטת המים על ידי השורשים נמשכת כסדרה. מצב זה גורם לעלייה במשקל הענפים ולהתהוות סדקים המעודדים את הכשל. בהשערה זו תומכים מומחי עצים רבים.
- מעורבות גורמים ביוטיים – ישנם ממצאים, שחידדקים מסוימים החיים בעצה (אנדופיטים) גורמים לייצור גזים באמצעות התהליכים המטבוליים שלהם, וכך נוצר לחץ גבוה בעצה. זיהומים חידדקיים כאלה מוכרים בעצים שנשירת ענפים קיצית אובחנה בהם. יש המציינים שקיימת מעורבות של פטריות מסוימות בתופעה. הן מתיישבות בסדקים קטנים בקליפת הענפים וגורמות לריקבון (Mattheck et al., 2015).
- ייצור מוגבר של אתילן – מעורבות אפשרית של אתילן בתופעה קשורה להתהוות פוטנציאל מים שלילי בעצה. עקת שונות, ובכללן עקת יובש, גורמות לייצור מוגבר של אתילן. האתילן מפעיל אנזימים הגורמים לפירוק למלת הביניים ודופן התא, וכך נחלש הקשר בין התאים וגוברת הרגישות לכשל. פעילות זו של אתילן הומחשה בעבודות רבות שעסקו בנשירה של איברים שונים.

עד כמה התופעה נפוצה?

בספרות נטען כי הסיכון מנפילת ענפים קיצית נמוך ביחס לסיכונים מכשלים אחרים המתרחשים בעצים (QTRA, 2014; Ball, 2019). בארץ אירעו מספר מקרים של פגיעות בנפש עקב מה שנראה כנפילת

סוגים ומינים שדווחו במאמרו של Ball (2019)	סוגים ומינים שדווחו במאמרו של Costello (2015)	סוגים ומינים שדווחו בקליפורניה Harris (1983)	סוגים ומינים שדווחו ברשימה Rushforth (1989)	סוגים ומינים שדווחו במאמרו של Rushforth (1989)		
Common Israeli tree genera and species	Tree genera and species of trees reported in Ball (2019)	Tree genera and species reported in Costello (2015)	Tree genera and species reported in California Harris (1983)	Tree genera and species reported in the UK Rushforth (1989)		
לא	+	+			<i>Acer saccharinum</i>	אדר מכסיף
במידת מה	+	+		+	<i>Ulmus procera</i>	אולמוס גבוה
כן	+	+	+		<i>Pinus</i> spp.	מיני אורן
כן	+	+	+		<i>Ailanthus altissima</i>	אילנתה בלוטית
כן	+	+	+		<i>Eucalyptus</i> spp.	מיני איקליפטוס
כן			+		<i>Eucalyptus globulus</i>	איקליפטוס מסמרי
כן	+	+	+	+	<i>Quercus</i> spp.	מיני אלון
לא			+		<i>Quercus lobate</i>	אלון אונתי
במידת מה			+		<i>Erythrina caffra</i>	אלמוגן אפריקני
כן	+	+	+		<i>Cedrus</i> spp.	מיני ארז
		+			<i>Fagus</i> spp.	מיני אשור
לא	+			+	<i>Fagus sylvatica</i>	אשור היערות
במידת מה		+			<i>Grevillea</i> spp.	מיני גרווילאה
כן			+		<i>Grevillea robusta</i>	גרווילאה חסונה
כן	+	+	+		<i>Platanus</i> spp.	מיני דולב
כן		+	+		<i>Olea europaea</i>	זית אירופי
במידת מה	+	+			<i>Liquidambar styraciflua</i>	ליקווידמבר לבני
כן	+	+	+		<i>Fraxinus</i> spp.	מיני מילה
לא				+	<i>Fraxinus excelsior</i>	
כן		+	+		<i>Styphnolobium japonicum</i>	סטיפנוולוביום יפני (סופורה יפנית)
במידת מה	+	+	+		<i>Sequoiadendron giganteum</i>	סקוויין ענק
כן	+	+		+	<i>Salix</i> spp.	מיני ערבה
		+			<i>Aesculus</i> spp.	מיני ערמונית
במידת מה	+			+	<i>Aesculus hippocastanum</i>	ערמונית הסוסים
במידת מה	+	+		+	<i>Castanea sativa</i>	ערמון תרבותי
כן	+				<i>Ficus</i> spp.	מיני פיקוס
כן		+	+		<i>Ficus microcarpa</i>	פיקוס השדרות
כן	+	+		+	<i>Populus</i> spp.	מיני צפצפה
כן	+				<i>Corymbia</i> spp.	מיני קורימביה

Table 1

Genera and species in which summer branch drop was reported in other countries

+ indicates tree species in which branch drop was reported.

טבלה 1

סוגים ומינים שדווחו בהם נפילת ענפים קיצית בארצות אחרות
סימן + מציינן מיני עצים שהתופעה דווחה בהם.

ללא סימנים של פגמים. מינים אלה כוללים את איקליפטוס המקור (*Eucalyptus camaldulensis*), איקליפטוס מסמרי (*Eucalyptus gomphocephala*), קורימביה (איקליפטוס) לימוני (*Corymbia citriodora*), פיקוס חלוד (*Ficus rubiginosa*), פיקוס מעוקם (*Ficus obliqua*), פיקוס גדול-פירות (*Ficus macrophylla*) גרווילאה חסונה (*Grevillea robusta*) ומכנף נאה (*Tipuana tipu*). מינים נוספים הם אורן ירושלים (*Pinus halepensis*), שענפיו הנופלים נשארים לרוב

הסוקר צריך לבחון גם ענפים שזווית החיבור שלהם רחבה, שבדרך כלל אינה גורמת לכשל רגיל.

יש לקיים סקרי הערכת סיכונים בעצים באזורים קולטי קהל או לאורך דרכים ושבילים שעוברים בהם אנשים, באתרים שיש בהם מספר גדול של עצים מבוגרים ומזדקנים מהסוגים ומהמינים שעל פי ניסיונו הם מינים מועדים לנפילת ענפים קיצית. יש לתת דגש לעצים שהתופעה התרחשה בהם או בעצים סמוכים להם מאותו מין

גזוזם הקצרה – גזוזם חלק משמעותי מהענף (מחצית או יותר). ההקצרה גורמת לצימוח ולפריצה של ענפים מעיניים רדומות וכן לדיכוי התעבות הענף. גזוזי הקצרה מקובל לבצע בעצים צעירים כדי לדכא ענפים זמניים עד להסרתם בטכניקת דילול. בעצים בוגרים גזוזם הקצרה אינו מומלץ כשיטת גזוז, ונחשב כ"גרדום". הוא מבוצע במקרים חריגים בלבד. בדרך כלל בעקבות גזוזם הקצרה בעצים בוגרים ישנה פריצה של מספר ענפים מנקודת הגזוז, שחיבורם לענף המקורי רופף. עם צמיחתם של ענפי המשנה ייתכן כשל בגלל החיבור הרופף ובגלל שבסיסיהם עלולים להפעיל לחץ האחד על השני.

גרדום – גזוזם של ענפי שלד שקוטרם מעל 5 ס"מ. גזוזם זה אינו מומלץ לביצוע, משום שבעקבותיו יצמחו ענפים שעשויים להיות גורם סיכון עקב חיבורם החלש (גדלים בשולי פצע). גרדום של גזע ראשי ללא השארת ענפי שלד מוגדר ככריתה ונאסר לביצוע.

כשל – שבר של גזע, ענפים או עץ שלם או אובדן של תמיכה מכנית של מערכת השורשים.

למלת ביניים (middle lamella) – שכבה בין-תאית המורכבת מפקטין, המדביקה יחד את הדפנות הראשוניים של התאים הסמוכים.

סיכון קביל / נסבל (acceptable / tolerable risk) – רמת סיכון נמוכה יחסית, כלומר נזק צפוי לעיתים רחוקות מאוד, ולא נדרש טיפול למניעתו.

עצת מתח (tension wood) – אחת משני הסוגים של עצת התגובה, שתפקידה להזקיף ענפים או גזעים שהוטו ממצבם הזקוף. עצת מתח מופיעה במיני עצים מכוסי זרע בחלק העליון של ענף או גזע נטוי, והמבנה האנטומי שלה מאפשר להפעיל עליהם כוח משיכה כלפי מעלה.

פגם (defect) – מצב בלתי תקין בעץ, שעלול לגרום לכשל ולהוות גורם לסיכון. לדוגמה, סדק, חיבור ענפים לא תקין, ריקבון.

צֶמֶג (גומי/מסטיק) (latex) – חומר המופרש מגזעים ומענפים של עצים רחבי עלים (מכוסי זרע), בדרך כלל בתגובה לפציעה או לפגיעה אחרת, ותפקידו הגנתי. מהצמג של עצים מסוימים מפקים גומי.

קליפה כלואה (included bark) – פגיעה בקליפה בעקבות זווית חיבור חדה בין ענף לגזע או בין שני ענפים, שאינה מאפשרת חיבור רציף של הקליפה וצינורות ההובלה ביניהם. זאת, מכיוון שהקליפה נמצאת בלחץ בנקודת החיבור ונכלאת בתוכו. במקום שהחיבור בין שני ענפים אינו רציף, עלולים להיווצר סדק ובהמשך כשל בנקודת החיבור.

שרף (resin) – חומר נוזלי המופרש מגזעים ומענפים של עצי מחט (חשופי זרע), בדרך כלל בתגובה לפציעה או לפגיעה אחרת, ותפקידו הגנתי.

תלויים על גבי העץ, וכן סוגים ומינים שמפורטים בטבלה 1 הקיימים בארץ, אם כי לגביהם עדיין אין לנו ניסיון דומה, למשל מיני מילה או מיני אלון. מתצפיות בארץ מסתבר, שאורן ירושלים מאופיין גם בכך שלעיתים בימים חמים גזע העץ מתבקע או מקבל פיתול לכל אורכו, ללא כל סימן מוקדם, ובבדיקה שנעשית לאחר מכן לא ניתן לראות כשל מכני או ריקבון. להלן מתוארות פעולות המניעה המומלצות על ידינו:

1 | יש לבצע גזוזי מניעה, בהתאם לכללי גזוזם רגילים, עם העדפה לגזוזי הסחה ולא לגזוזי הקצרה.

2 | יש להקפיד שלא להשאיר בגזוזם קצוות ענפים עם משקל יתר, ולהקפיד על כך אף יותר במינים מועדים ובתדירות גבוהה יותר. יש לקצר ענפים ארוכים בגזוזי הסחה, בייחוד כאלה שחורגים מנוף העץ וענפים קשתיים. אם אין אפשרות לבצע גזוזי הסחה, יש לבצע גזוזי הקצרה. גזוזי הקצרה ידרשו בקרה והיערכות לגזוזים חוזרים בתדירות גבוהה. אם מאתרים פגמים נוספים, כגון ענפים בעלי זווית חדה, ניתן לבצע קשירות או כבילות לענפים במטרה למנוע שבר ונפילה שלהם.

במינים מועדים, למשל בעצי פיקוס מעוקם ופיקוס חלוד, יש להפחית את משקל הענפים אחת למספר שנים, גם בענפים שלא נראה בהם עודף משקל.

3 | יש לאתר זליגה של צֶמֶג או שרף והופעת כתמים על הגזע והענפים.

4 | בימים חמים ויבשים מאוד מוצע להגביל את הפעילות באתרים קולטי קהל (כמו שנעשה בתנאי מזג אוויר סוערים).

5 | אם מזהים גורמי סיכון שעלולים לגרום לכשלים מסיבות אחרות, כגון ריקבון או זוויות חיבור חדות, יש לטפל גם בהם כדי להפחית סיכונים. יש לתת תשומת לב גם לבדיקה של אזור "צוואר השורש", בדגש על התרוממות או שקיעה של קרקע סמוך לשורשים במטרה לאתר כשלים נוספים.

תיעוד עתידי – כדי שנוכל ללמוד יותר על התופעה, מוצע שבעצים שמתרחשת בהם נפילת ענפים קיצית יתועדו תנאי מזג האוויר המדויקים בעת הכשל (טמפרטורה, רוח ולחות אוויר), שעת הנפילה, מיקום הענף בצמרת העץ, ומאפייני הענף שנפל (מה היו אורכו וקוטרו? האם צמח מעבר לשוליים של צמרת העץ? האם כיוון הצמיחה שלו היה אופקי, אלכסוני או אנכי? האם צמיחתו הייתה קשיתית? האם היה מאופיין במשקל יתר לאורך הענף או בקצהו? האם הובחנו בו פגמים?). איסוף המידע חשוב מאוד לשם חידוד שכיחות התופעה ומאפייניה במינים שונים בתנאי הסביבה המקומיים. חשוב גם לעקוב באופן קפדני אחרי מינים המוכרים מן הספרות שדווח בהם על התופעה, גם אם עד כה אין לנו בארץ ניסיון דומה עם מינים אלה.

הסבר מושגים המצויים במאמר:

גזוזם הסחה – גזוזם של ענף הנעשה בנקודת ההסתעפות של שני ענפים או יותר, שמטרתו לכוון את צמיחת הענף לאזור רצוי. גזוזם זה מביא לעיתים גם להקצרה של הענף.

מקורות

- CA, USA. <http://www.tree-care.info/mhattachments/pdf/ea3TFpX8mm.pdf>
- Harris RW, Clark JR, and Matheny NP. 2004. *Arboriculture: Integrated Management of Landscape Trees, Shrubs, and Vines*, 4th ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Harris RW. 1983. Summer branch drop. *Journal of Arboriculture*, 9, 112-113.
- Mattheck C, Bethge K, and Weber K. 2015. *The Body Language of Trees: Encyclopedia of Visual Tree Assessment*. D-76021 Karlsruhe, Germany: Forschungszentrum Karlsruhe GmbH.
- QTRA (Tree Safety Management System). 2014. Summer branch drop. *Newsletter*, 16. Quantified Tree Risk Assessment (QTRA), Cheshire, UK. www.qtra.info
- Rushforth KD. 1989. Summer branch drop. *Arboriculture Research Note*. D O E Arboriculture Advisory and Information Service, UK. <https://www.trees.org.uk/Trees.org.uk/files/08/088789e7-c393-4661-9f2c-5b40d5eb7f6f.pdf>
- Tadewaldt L. 2015. Beware of sudden branch drop. *Urban Forest Pro*. Portland, OR.
- הלר א, גלון י, אלמליח ד, הל-אורי י וגבריאלי ח. 2011. כיצד מעריכים סיכונים בעצים. **יער**, 12, 46-65.
- הלר א, ברקאי א, אללוס א, גבריאלי ח, גולדברג י, טל א, כץ ש, מנירום א, נזריאן א, ניסן ד, סופר ש ופינס נ. 2019. **משאב העצים העירוני – המלצות אגף יער ואילנות לניהול, מעקב וטיפול**. עריכה מקצועית בורגר ח ולוריה ארבילי נ.
- הלר א, אללוס א, אלמליח ד, בורגר ח, ביבי נ, ברקאי א, גבריאלי ח, גרינברג נ, וולשטיין א, כץ ש, לביא א, לוריה ארבילי נ, מאירוביץ א, מויאל ע, מיכאלי ר, מנדל צ, ניסן ד, עזרא ד וריוב י. 2020. **דיווח בעת אירועי כשל בעצים**. דפון בהוצאת אגף יער ואילנות, משרד החקלאות ופיתוח הכפר.
- Ball D. 2019. *Summer branch drop (SBD) note*. Valid, Tree Risk-Benefit Assessment & Management, UK.
- Costello LR. 2005. *Sudden Branch Drop: A Case for Closer Inspection*. University of California Cooperative Extension,



איקליפטוס המקור שאחד מענפיו נשבר, סמוך לקיבוץ הגושרים, 2011
צילום: אביגיל הלר

פטריות הבר בישראל – לאן?

דליה לוינסון

מכון שמיר למחקר, קצרין, רמת הגולן
dailal@gri.org.il

לפטריות הבר נודעת חשיבות רבה כבעלות תפקיד משמעותי במערכות אקולוגיות שונות ובהן גם מערכות אקולוגיות של יערות, וכן כמקור בלתי נדלה לתועלתו של האדם. תרומתן רבה למחזור החומרים האורגניים בטבע ובעיקר למחזור הפחמן התורם לפוריות הקרקע ולבריאות הצמחים. כמו כן, הן תורמות לממשק היער, לתיירות היער ולמלקטי פטריות. לכן, יש חשיבות רבה לשמר את אוכלוסיות הבר השונות ביער ובחורש בישראל. הצמא לידע ולהכונה בקרב ציבור חובבי הפטריות רק הולך וגובר מדי חורף. העניין הרב בתחום בא לידי ביטוי בקבוצות ברשתות החברתיות שבשנים האחרונות גדלות לאין שיעור, וזאת לפי הנתונים ודבריו של יניב סגל, מלקט ותיק שהתמקצע בנושא פטריות הבר, ומנהל את קבוצת הפטריות הישראלית בפייסבוק. מאמר זה בא להאיר את חשיבות שימורן של פטריות הבר כאוצר לאומי.

ארץ ישראל התברכה במגוון מיני פטריות הודות לחבלים האקלימיים השונים המתקיימים בה, ולמרות שאחד מהם הוא האקלים הצחיח למחצה. לא מעט מדברים על ההתחממות הגלובלית, המשנה סדרי בראשית. שינוי האקלים עשוי להשפיע לא רק על סדר פריחת הצמחים והאילנות, אלא גם על סדר הופעת הפטריות ועל מגוון המינים הנצפים. מדענים ברחבי העולם מדווחים על שינוי אקלים. בארץ פורסמו התנודות האקלימיות לאורך חמישים שנה (יוסף ושות', 2020) והן מעלות גם את שאלת גורלן של פטריות הבר.

בשנים האחרונות, המאופיינות בתנודות אקלימיות גדולות, ראינו מגמות שינוי שונות. למשל, פטריות מאחרות או מקדימות את עונתן ואף מופיעות פעמיים באותה שנה. דוגמאות לכך הן הפטרייה

לפטריות הבר נודעת חשיבות רבה כבעלות תפקיד משמעותי במערכות אקולוגיות שונות ובהן גם מערכות אקולוגיות של יערות, וכן כמקור בלתי נדלה לתועלתו של האדם. תרומתן רבה למחזור החומרים האורגניים בטבע ובעיקר למחזור הפחמן התורם לפוריות הקרקע ולבריאות הצמחים. כמו כן, הן תורמות לממשק היער, לתיירות היער ולמלקטי פטריות. לכן, יש חשיבות רבה לשמר את אוכלוסיות הבר השונות ביער ובחורש בישראל. הצמא לידע ולהכונה בקרב ציבור חובבי הפטריות רק הולך וגובר מדי חורף. העניין הרב בתחום בא לידי ביטוי בקבוצות ברשתות החברתיות שבשנים האחרונות גדלות לאין שיעור, וזאת לפי הנתונים ודבריו של יניב סגל, מלקט ותיק שהתמקצע בנושא פטריות הבר, ומנהל את קבוצת הפטריות הישראלית בפייסבוק. מאמר זה בא להאיר את חשיבות שימורן של פטריות הבר כאוצר לאומי.

ארץ ישראל התברכה במגוון מיני פטריות הודות לחבלים האקלימיים השונים המתקיימים בה, ולמרות שאחד מהם הוא האקלים הצחיח למחצה. לא מעט מדברים על ההתחממות הגלובלית, המשנה סדרי בראשית. שינוי האקלים עשוי להשפיע לא רק על סדר פריחת הצמחים והאילנות, אלא גם על סדר הופעת הפטריות ועל מגוון המינים הנצפים. מדענים ברחבי העולם מדווחים על שינוי אקלים. בארץ פורסמו התנודות האקלימיות לאורך חמישים שנה (יוסף ושות', 2020) והן מעלות גם את שאלת גורלן של פטריות הבר.

בשנים האחרונות, המאופיינות בתנודות אקלימיות גדולות, ראינו מגמות שינוי שונות. למשל, פטריות מאחרות או מקדימות את עונתן ואף מופיעות פעמיים באותה שנה. דוגמאות לכך הן הפטרייה

הממוקד של שתילים ונטיעתם בחורש. פעולה כזאת יכולה להשפיע על אוכלוסיות הבר של הפטריות ועל עושר המינים וכמובן לתרום לבריאות היער. פעילות מתרחבת של ניטור וסקרי שטח, שיתוף הציבור באיסוף מידע מהשטח, חינוך של הציבור לתרבות ליקוט נאותה, ולבסוף יצירה של רשימה אדומה לפטריות בסכנת הכחדה שתתווסף לרשימה הקיימת של המאגר העולמי, תתרום לשמירה על הנכס הלאומי שלנו – פטריות הבר של ארץ ישראל.

מקורות

- יוסף י', בהר"ד ע, אוזן ל, כרמונה י', חלפון נ, פורשפן א, לוי י' וסתיו נ. 2020. **שינוי האקלים בישראל – מגמות עבר ומגמות חזויות במשטר הטמפרטורות והמשקעים**. דו"ח מחקר -4000-0804-2019-0000075. משרד התחבורה והשירותים המטאורולוגיים.
- לוינסון ד. 2016. פטריות טועות ביער? האם בעקבות שינוי האקלים? **יער**, 16, 46-50.
- Adrio J and Demain A. 2003. Fungal biotechnology. *International Microbiology*, 6, 191-199.
- Ainsworth AM, Canterio C, Dahlbrg A, Douglas B, Furci G, Minter D, Mueller GM, Scheidegger C, Senn Irlet BJ, Wilkins T, and Williams E. 2018. *State of the World's Fungi 2018*. Chapter 10: Conservation of fungi. Royal Botanic Gardens, Kew. pp. 70-77.
- Girma W and Tasisa T. 2018. Application of mushroom as food and medicine. *Advances in Biotechnology and Microbiology*, 11(4), 97-101.
- Hayman DS. 1983. The physiology of vesicular-arbuscular endomycorrhizal symbiosis. *Canadian Journal of Botany*, 61(3), 944-963.
- Kurokuchi H, Zhang S, Takeuchi Y, Tan E, Asakawa S, and Lian C. 2017. Local-level genetic diversity and structure of matsutake mushroom (*Tricholoma matsutake*) populations in Nagano Prefecture, Japan, revealed by 15 microsatellite markers. *Journal of Fungi*, 3(2), 23.
- Moore D, Nauta MM, Evans SE, and Rotheroe M. 2001. *Fungal Conservation: Issues and Solutions*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Pilz D and Molina R (Eds). 1996. *Managing Forest Ecosystems to Conserve Fungus Diversity and Sustain Wild Mushroom Harvests*. General Technical Report PNW-GTR-371. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station.
- Radomir M, Adzemovic M, and Marjanović Ž. 2018. Conservation and trade of wild edible mushrooms of Serbia - History, state of the art and perspectives. *Nature Conservation*, 25, 31-53.
- Zarafi AB and Dauda WP. 2019. Exploring the importance of fungi in agricultural biotechnology. *International Journal of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine*, 7(1), 1-12.

ממיג"ל ומקק"ל, וחובבי פטריות העוסקים במחקר אזרחי – לחשב מסלול מחדש בנושא עתידן של פטריות הבר ולהביא דברים אלה לציבור הרחב.

התפטיר שהפטריות מתרבות ממנו הוא רשת ענקית של קורים שהפטריות פורסות מתחת לקרקע, וכך הן מתקיימות ומתקשרות ביניהן. על פי החוקר Hayman (1983), הסרה של ס"מ אחד בלבד של פני הקרקע ביער פוגעת בתפטיר החבוי מתחת לפני הקרקע. יתרה מזאת, הידוק פני הקרקע על ידי בני אדם בכבישת רגלינו במכוניות ובמכונות אף הוא גורם לפגיעה בתפטיר, מקור חיי הפטרייה.

פטריות הבר הן ללא ספק ערך טבע חשוב בתרומתן לסביבה, לבריאות היער ולמחזור חומרים אורגניים בטבע, וכן הן מקור בלתי נדלה לחומרי מרפא, בעלות ערך קולינרי למאכל, ומשמשות בחקלאות, בביוטכנולוגיה ועוד (Girma and Demain, 2003; Zarafi and Dauda, 2019; Tasisa, 2018). אי לכך, מדינות רבות נותנות משקל נכבד לנושא, ומשקיעות מאמצים רבים במחקר לשימור פטריות הבר כאוצרות טבע.

בישראל הועתק אל מכון שמיר למחקר שנמצא ברמת הגולן, אוסף בתרבות של מינים שונים של פטריות בר שנאספו מתחילת שנות ה-90 על ידי פרופ' ואסר וצוותו מהמכון לאבולוציה באוניברסיטת חיפה. כוונתנו להגדיל אוסף זה ולהעשירו ככל האפשר במיני בר נוספים של ארצנו כדי להביאו לרמה של בנק לפטריות הבר, שימשמש בעתיד אוסף לאומי שיהיה פתוח לחוקרים רבים ולציבור הרחב.

במדינות רבות בעולם ובכנסים בנושא של פטריות מקדישים כיום מקום נכבד למחקר בנושא שימור פטריות הבר (Ainsworth et al., 2018). למשל, בסרביה יש העוסקים במצב העדין בין סחר בפטריות ושמירת טבע (Radomir et al., 2018). מדינות רבות מקדישות משאבים ללימוד הסוגיה הזו, וכבר הוצגו רשימות של מינים אנדמיים בארצות שונות ונוצר ספר אדום עולמי למינים בסימן הכחדה. אף אנו מצויים להצלה של משאב אדיר זה. צו השעה הוא ללמוד את נושא הפטריות לעומק גם בישראל.

יש להשקיע מאמצים בהנחלת תרבות הליקוט ובניהול היער בהתחשב בשימור פטריות כפי שמציעים החוקרים Pilz and Molina (1996) ו-Moore ושות' (2001). יש ליזום מחקר, ללמוד ולחקור שאלות, כדוגמת מה המגוון והתפוצה של הפטריות בישראל? האם לליקוט יש השפעה על אוכלוסיות הפטריות? היש התדלדלות בעושר המינים שהיו? האם ישנם מינים בסכנת הכחדה? האם קיימים מינים שנעלמו מנוף הארץ? מה השפעת שינוי האקלים על אוכלוסיות הפטריות מבחינת כמות ומגוון? כיצד מושפעים התפטירים בקרקע?

כדי לענות על השאלות הללו עלינו להשקיע במחקר מתמשך שכבר התחלנו בו. אנו נערכים אפוא לאיסוף מידע, לעריכת סקרי שטח מקיפים, לאיסוף נתוני תצפיות במהלך 15 השנים הבאות לפחות: נתונים על מגוון הפטריות הנפוצות בארץ על פי בתי הגידול השונים וכמויות בשטח מסוים שהליקוט מותר בו לעומת שטח שישמש מדגם ביקורת. בעזרת המידע נוכל להשוות בין שנים גשומות וגשומות פחות, ולבסוף נסיק מסקנות. כיום אין מספיק שיתוף פעולה של הארגונים הירוקים בנושא, אף על פי שיש להם תפקיד חשוב בשימור פטריות היער ובגיוון. עד עכשיו רק קק"ל נרתמו למשימה, וכך נעשו ניסויים בשיתוף עם קבוצת המחקר בפטריות במיג"ל בשיטת האילוח

אחלמית ערומה
צילום: אפרים לוינסון



מלקטים פטריות ביער
צילום: אלון זקס

שיח ציפורים: מדוע חייבים שיחים ביער?

עוזי דגן

החוג לביולוגיה אבולוציונית וסביבתית, אוניברסיטת חיפה
uzidagan@gmail.com

ולכן לדעתי יש להימנע מכריתתה או מדילולה. זאת ועוד, יש לבצע נטיעה מכוונת של שיחים ועצים מקומיים תחת חופות היער כדי לפתח את שכבת הצומח החשובה הזו. אין סימוכין אקדמיים להמלצה זו, אולם המחקרים שמראים את השפעתו של תת-היער ביערות אורן על ציפורים, מחזקים אותה.

במחקר במסגרת עבודת דוקטורט שנערכה באוניברסיטת חיפה ובמימון קק"ל, בחנו השפעה של צמחיית תת-יער על מבנה חברת הציפורים ועל התנהגותן. מצאנו כי לצמחיית תת-היער הכוללת שיחים, בני שיח ועצים מקומיים, השפעה מהותית על מבנה חברת הציפורים ועל התנהגותן. במהלך המחקר אספנו תצפיות של למעלה מ-1,400 ציפורים ביערות האורן באזור הכרמל ורמת מנשה. מצאנו כי נוכחות שיחים, ובייחוד אשחר ארץ-ישראלי (*Rhamnus lycioides*), מעלה את מגוון הציפורים ביער האורן (Dagan and Izhaki, 2019a). האשחר הוא מין שיח קוצני נפוץ, בעל מבנה עצי היכול לבסס עצמו תחת אורנים נטועים (Moreno-Gutiérrez et al., 2015). שיח זה מניב פירות אכילים במהלך הסתיו ומושך מיני ציפורים אוכלות פרי, כמו למשל סבכי שחור-ראש (*Sylvia melanocephala*) וסבכי שחור-כיפה (*Sylvia atricapilla*). נוסף על כך, התגלה כי למינים רבים של ציפורי שיר התנהגות שונה כאשר צמחיית תת-היער ענפה. למשל, הן מגלות חברתיות רבה יותר ועמידות רבה יותר מול טורפים בתת-יער סבוך (Dagan and Izhaki, 2019b). כמו כן, המחקר מראה שישנה גם פעילות של טורפי ביצים בחלקות יער שקיים בהן תת-יער, דבר המרמז על פעילות טורפים עשירה יותר בתת-יער עשיר וסבוך (Dagan and Izhaki, 2019c).

קק"ל עוסקת בייעור ארצנו על פי תורת היער. תורה זו הפנתה את הזרקור לחשיבותו האקולוגית של היער הנטוע בדרך של חיבור היער למערכת האקולוגית הטבעית והפיכתו ליער בר-קיימא אשר נטמע בתוך המערכת האקולוגית הסובבת אותו וכן מספק לאדם שירותי מערכת אקולוגית (אסם ושות', 2014). תפיסת היער כבר-קיימא מאפשרת קיום צמחייה טבעית של מינים מקומיים בחלקות היער. בעקבות יישום תפיסה זו חלק מיערות האורן הפכו להיות עשירים בצמחיית תת-יער, שגדלה בתהליך טבעי תחת חופות העצים. מדובר במיני צומח מקומיים, שזרעיהם נפוצים באופן טבעי ומתפתחים תחת חופת עצי היער בתהליכי סוקסציה. תהליך זה מתאפשר לרוב ביערות ותיקים שדוללו לאורך השנים באופן טבעי או יערי. תהליך הצימוח של תת-היער לאורך שנים יוצר תחת חופות העצים הנטועים צמחיית חורש טבעי המעורבת במינים הנטועים.

שכבת תת-היער מורכבת ממיני עצים, שיחים, מטפסים, עשבונים וחד-שנתיים שיוצרים בית גידול חיוני לחיות בר. תת-היער מספק מזון, מסתור, אתרי קינון ואתרי לינה, ומאפשר למגוון בעלי חיים לחיות בתוכו. עבודות יערניות של קק"ל מתרחשות ביער הנטוע במטרה לדלל, למנוע שרפה ולשמור על נגישותו למטיילים. פעולות הדילול ביערות האורן כוללות בין השאר גם דילול צמחיית תת-יער. הפעולות מתבצעות על ידי כרייתה וגזום של עצים ושל צמחיית תת-היער וכן בעזרת בקר אשר רועה ביער הנטוע וניזון מצומח תת-היער.

צמחיית תת-היער היא נדבך חשוב ביותר של המערכת האקולוגית בתוך היער הנטוע (Gil-Tena et al., 2007; Sweeney et al., 2011).

Mediterranean context: Implications for forest ecosystem management. *Forest Ecology and Management*, 242, 470-476.

Gregory RD, Noble D, Field R, Marchant J, Raven M, and Gibbons DW. 2003. Using birds as indicators of biodiversity. *Methods*, 12-13, 11-24.

Mikusinski G, Gromadzki M, and Chylarecki P. 2001. Woodpeckers as indicators of bird. *Conservation Biology*, 15(1), 208-217.

Moreno-Gutiérrez C, Battipaglia G, Cherubini P, Delgado Huertas A, and Querejeta JI. 2015. Pine afforestation decreases the long-term performance of understorey shrubs in a semi-arid Mediterranean ecosystem: A stable isotope approach. *Functional Ecology*, 29(1), 15-25.

Sweeney O, Wilson M, and Irwin S. 2011. Woodlands and plantation for breeding birds of native nests in Ireland. *Irish Birds*, 9, 181-196.

הממצאים מאזור הכרמל ורמת מנשה לא תואמים בהכרח ממצאים מיערות אחרים, כדוגמת יער להבים. עם זאת, סביר שנוכחות השיחים המקומיים כתת-יער ביער נטוע בכל אזור אקלים תשפיע לחיוב על ציפורי סבך במגוון היבטים, כולל מסתור, מזון ואתרי קינון.

ייתכן כי כעת יקומו האמונים על מניעת שרפות, ויטענו כי צמחיית תת-יער מלבה שרפות ולכן יש לדלל אותה או לא לאפשר את התבססותה. אני טוען כי היתרונות למערכת האקולוגית חשובים יותר. ברוב שטחי היער לא כדאי להיאבק בשרפות כלל, אלא רק במקומות שקיימת בהם סכנה ממשית לחיי אדם. התוצאה הישירה של דילול או של כריתת תת-היער היא ירידה במגוון המינים של הציפורים.

מגוון הציפורים ביערות קק"ל אינו עומד אך ורק בפני עצמו. הרכב חברת הציפורים הוא מדד מקובל לבחינת עושר מינים כללי (Canterbury et al., 2000; Mikusinski et al., 2001; Gregory et al., 2003). על קק"ל לשאוף ליער עשיר במיני חיות בר, שיוטמע היטב כחלק מהמארג האקולוגי. יער מגוון יספק שירותי מערכת אקולוגית רבים יותר וימשוך מבקרים רבים יותר.

קק"ל עושה רבות לטיפול ביער הנטוע כיער בר-קיימא. עידוד התבססות הצומח ונטיעת תת-יער ושיחים, בדגש על גיוון של מינים מקומיים, הוא תוספת חשובה לפעולות יערניות אשר יבטיחו את קיימות היער שנים רבות.

מקורות

אסם י, ברנד ד, טאובר י, פרבולצקי א וצורף ח. 2014. **תורת ניהול היער בישראל**, מהדורה ראשונה. קרן קימת לישראל, ירושלים.

Canterbury G, Martin T, and Petit D. 2000. Bird communities and habitat as ecological indicators of forest condition in regional monitoring. *Conservation Biology*, 14, 544-558.

Dagan U and Izhaki I. 2019a. Understorey vegetation in planted pine forests governs bird community composition and diversity in the eastern Mediterranean region. *Forest Ecosystem*, 6, 29. doi.org/10.1186/s40663-019-0186-y.

Dagan U and Izhaki I. 2019b. The effect of pine forest structure on bird-mobbing behavior: From individual response to community composition. *Forests*, 10(9), 762. doi.org/10.3390/f10090762.

Dagan U and Izhaki I. 2019c. Vegetation structure governs nest predation in three types of conifer forest habitats. *European Journal of Forest Research*. doi.org/10.1007/s10342-020-01279-3.

Gil-Tena A, Saura S, and Brotons L. 2007. Effects of forest composition and structure on bird species richness in a



סבכי שחור-ראש
צילום: עוזי דגן

יער מאכל קורן

יובל לייבוץ

העמותה ליערות מאכל בגליל
leibo.yuval@gmail.com

ועד השקיעה. המקום פתוח למתנדבים מכל הגילים והרקעים. כולם עובדים כתף אל כף וטוריה. אנחנו רואים את שיתוף הפעולה בין הארגונים ממשיך להתפתח בהתאם לאתגרים הניצבים מולנו: ראשית עלינו לדבוק בפיתוח קהילה חזקה וחסונה כדי שהיא תוכל לשאת את המשך טיפוחו של היער המתבגר. נטענו ביער עשרות מינים שונים של עצים – פוליקולטורה ברמת המינים וברמת הזנים. ראשית, התחלנו משלד היער, עצי בר כמו דולב, אלון, אלה, כליל, מילה, אדר סורי ועוד רבים. על מיני הבר הוספנו עצים תומכים הקיימים בבית הגידול של הנחל, כמו צפצפה, תות, ער אציל, תאנה ועוד. נוסף על כך נטענו עצי פרי למאכל: חלק מהם מן המסורת החקלאית, כמו זית, תאנה, רימון ושקד, וחלק מיני תרבות נשירים – ורדניים, אגוזיים כגון מלך ופקאן, ואף סאב-טרופיים כגון הדורים, גויאבה ושסק. בפעילות היער שותפים תושבים מקומיים מאזור עמק החולה. נאמני היער הם במגוון גילים ובמרקם רב-דורי, שכולל את כל קצות ההתיישבות: הקיבוצים, המושבים וקריית שמונה. בחזונו היער הוא מקום לחיבור ישיר עם הטבע – מקום שכולם יכולים ליהנות מתנובת היער בביקורם בו, מקום שניתן להגיע אליו ולרכוש ידע בנושאי חקלאות ויערנות המשתלבות יחד לעולם ידע משותף. הוא גם מקום לקבלת השראה לגופים ולארגונים נוספים לעשייה סביבתית כדי ליצור ולנטוע יערות נוספים בתמיכת הקהילה. אנו מודים על ההזדמנות לפעול יחד. עזרתה של קק"ל למימוש היער הקהילתי לא תסולא בפז.

יער מאכל 'קורן' ממוקם בגליל המזרחי, צמוד לקיבוץ הגושרים. הוא משתרע על פני 25 דונם ומהווה את רצועת הניקוז של מעיין קורן. נביעתו ממשיכה בנחל קורן הזורם דרומה אל תוך קיבוץ הגושרים. ממערב הוא נושק לתל חסס, יער קק"ל המשתרע על פני 70 דונם נוספים. בתל חסס קיימות עתיקות מתקופות פרה-היסטוריות המעידות על התיישבות קדומה באזור. מבחינה טופוגרפית מדובר באחת הנקודות הגבוהות ביותר בעמק החולה. למעשה, במקום שמתקיימות כיום הנטיעות להקמת יער המאכל זרם לפני כ-20,000 שנה נחל שרוחבו היה מעל 50 מטר. גם כעת ניתן למצוא חלוקי נחל בשטח, מה שמעיד על קיומו של הנחל בעבר. למרגלותיו של תל חסס זרם נהר הדן הקדום הישר לתוך ימת החולה. מעיין קורן היה נביעה תת-ימית נוספת שהייתה חלק ממערכת הנביעות שנקראו דן, וכולן נבלעו על ידי הנחל. מייד בתחילת דרכנו בעמותה ליערות מאכל בגליל הבנו שמבחינה אקולוגית-תכנונית עלינו להסתכל על רצועת ניקוז הנחל, כלומר על יער המאכל והנחל, כעל מכלול שלם, המתחיל בתל חסס וכולל בתוכו את חלקי הנוף השונים. מכאן התבקש החיבור עם קק"ל כצעד ראשוני לביסוס הפעולות שלנו בשטח. כבר חמש שנים שהעמותה ליערות מאכל צועדת בשיתוף פעולה הדוק עם המנהלים והיערנים של קק"ל במרחב הגליל המזרחי. אנו עובדים מול מחלקת יער וקהילה, וחווים חיבור אנושי ראוי והרגשה של שותפות תחת אותו חזון: ייעור ופיתוח קהילה חזקה סביב היער. כיום אנו נהנים מקהילה עשירה של מתנדבים נאמני היער שמשתתפים בתחזוקת היער ובטיפוחו. כל יום שני וחמישי עובדים בשטח, מהבוקר

פעילות שומרי הגן ביערות

ערן בר און

eranb18@gmail.com

- האם הסתובבתם ביער וראיתם חבורת יצורים יחפים, מכוסים בוך, רטובים מגשם, עם ניצוץ בעיניים וחום בלב? אולי שמעתם אותם קוראים קריאות משונות או ראיתם אותם מתגנבים עם חיצים וקשתות, או פשוט יושבים במעגל ומכילים כלי עבודה מעץ או מאבן? שוזרים חבלים וקולעים מקלעות מעלים שונים? אם כן, לא חוויתם קפיצה לאחר בזמן, וזו אינה סצנה מסרט על תרבויות עתיקות. פגשתם קבוצה אחת מני רבות של שומרי הגן.

תוך כדי ריצות, ליקוטים, הכנת מזון, משחקים, התגנבויות, הכנת כלים, הקשבה לקולות היער ולשפת הציפורים ובחינת העקבות והסימנים, מתבססת ההכרה שאפשר לחיות טוב ולהסתפק במועט, ומה שיש ראוי להערכה עצומה. ההבנה הזו אין משמעותה להפוך לאיש מערות או לנזיר, אלא פשוט לחיות בתחושת ביטחון וידיעה מה באמת צריך בן אדם, ושלאפשר לבחור מה לצרוך ומה לא. כשיש תחושת ביטחון אפשר להתחשב בסביבה, כשיש בחירה יש חופש.

אנו מציעים להביא את פעילות שומרי הגן לבית הספר. במקום להושיב את הילדים בכיתות שעות רבות עדיף ללמוד ביער, בתנועה, עם כל החושים, כאשר כל עלה הוא מורה לחשבון, לבוטניקה, לציור, להקשבה ולאיתואיצייה, וכל עקבה וקווצת פרווה הן חגיגה. הצורך ב'בתי ספר יער' מתחיל להתעורר, ובשנת הלימודים הקרובה מתוכננים להיפתח מספר בתי ספר / כיתות יער. במקביל נפתח מסלול הכשרה חדש למורי יער בשיתוף עם מכללת אורנים – תואר ראשון בחינוך ותעודת הוראה – מסלול שאת השנה הראשונה בו לומדים ביער.

'שומרי הגן' הוא ארגון שעוסק בחינוך ובהדרכה של מבוגרים וילדים בדרך ייחודית על בסיס ידע ומיומנויות חיים של תרבויות ציידים ולקטים. אנחנו יוצאים החוצה עם ילדים ובני נוער במהלך השנה בכל מזג אוויר, וחווים את הסביבה הטבעית כפי שהיא. זו אינה "הישרדות" אלא להיפך – לומדים לחיות בסביבה הטבעית: להאט את הקצב, להקשיב ולהרגיש את החיבור לאדמה, לחיות, לצמחים.

חלק גדול מהקבוצות פועלות ביערות קק"ל, שיתוף פעולה שנמשך מאז שנת 2000. מהותה של השותפות היא קירוב הקהילה ליער: חיבור בין האדם ליער ופעילות של האדם ביער, בניגוד לשמורת טבע שבה האדם הוא רק צופה.

במהלך הפעילות אנו גם תומכים ביער:

- סיורי אש בכרמל בתקופת ההצתות, והדרכות בנושא אש לאחר השרפה הגדולה

אתר האינטרנט של שומרי הגן
<http://www.shomreihagan.org/>

בית ספר יער במועצה האזורית מרום הגליל

יחיאל גילה

צוות ניהול בית הספר
yegilo@gmail.com

כיצד מאורגנת כיתה ביער? לכל קבוצה נדרשים שלושה מרחבים בעלי תפקיד שונה.

מרחב צל – מרחב שמאפשר לקבוצה ללמוד, לאכול ולבצע פעילויות נייחות יחסית תחת עץ רחב צמרת, רשתות צל או שילוב בין השניים. **מרחב לתנועה ולאש** – מרחב נקי מצמחייה, המשמש למיקום הקבוע והבטוח של המדורה, ומרחב פתוח לתנועה ולמשימות הדורשות שטח רחב.

מחסה חורף – מאפשר קיום הפעילות במרחב היער גם בעת גשם שוטף או קור קיצוני. המחסה כולל אפשרות לחימום, לאחסון, לבישול ולתאורה בימים מעוננים. מחסה החורף יכול להיות אוהל גדול, כיפה גאודזית (דום), יורט וכדומה. בשני החורפים האחרונים, למרות היותם גשומים מאוד, פרק הזמן שהילדים שהו במחסות החורף היה מצומצם מאוד.

מרחב נוסף שאיננו מתייחסים אליו כנפרד הוא **מרחב המטבח**. זהו שטח מצומצם יחסית המשמש לאחסון הכלים, לשטיפתם, למכלי המים ועוד. שטח זה צריך להיות סמוך יחסית לאש ומוצל. שלושת המרחבים צריכים להיות צמודים או סמוכים מאוד זה לזה כדי לצמצם את ההפרעה למרחב הטבעי ולאפשר זרימה טבעית בין מרחב למשנהו.

בעת תכנון המרחב הקבוצתי והשביליים אליו וממנו חשוב להביא בחשבון את פריטי הנוף והטבע המצויים במקום. עד כה הצלחנו לפתוח מרחבי למידה לשלוש קבוצות ללא כריתת עצים בתוך חורש טבעי

ביום חורפי בהיר, בטמפרטורה של 8 מעלות, התלמידים מפוזרים במרחב הכיתתי ביער, עוסקים בהכנת ארוחת הצהריים. זו משבצת יום-יומית במסגרת יום הלימודים שלהם, והם עוסקים בעבודה – "פעלנות", כפי שמכנים זאת בבית היער. איסוף וניסור של ענפים יבשים, הבאת מים בג'ריקנים מברז סמוך והכנת ארוחת צהריים מבושלת.

בית היער הוא מסגרת חינוכית ראשונה מסוגה בישראל המבוססת על חינוך יער. הילדים שוהים כל זמנם בטבע, ללא מבנים וקירות. זהו בית ספר צומח, שנוסד ב-2018, ובשנה הבאה ילמדו בו 60 ילדים בשלוש כיתות א'-ג'. הילדים בבית היער שוהים כל יום מ-8 עד 14, חמישה ימים בשבוע, בכל ימות השנה, בחורש אלונים טבעי המשמש להם כיתת לימוד וצמוד למבנה המועצה האזורית מרום הגליל.

מהם היתרונות שמקנה השהות ביער לילדים? ילדים לומדים דרך התנסות רב-חושית, דבר המתאפשר בשהות באזור טבעי. כל שעלינו לעשות הוא לתווך להם את אין-ספור הזדמנויות הלמידה שהטבע מעניק. כמו כן, הטבע הוא מודל ליחסים, הוא מעניק לנו השראה היות שהוא מכיל צורות שונות של חי צומח ודומם. כאשר הילדים רואים וחשים זאת, באופן מודע ובאופן בלתי מודע, הם רוכשים מודל התנהגותי של הכלה וסובלנות. איכויות נוספות שהמפגש עם הטבע מעניק לילדים הן ענווה, תחושת שייכות, פליאה, תחושת מסוגלות, חוסן נפשי, גמישות קוגניטיבית ורגשית ועוד.



פעילות תלמידים בבית ספר יער,
מועצה אזורית מרום הגליל

צפוף וסבוך. אבנים גדולות ומדרגות סלע הושארו במקומן, ונעשה בהן שימוש בזמן הפעילות. תכנון המרחב המוקצה לבית הספר מתבסס על תכנון במעגלים: מעגל קרוב, מעגל ביניים ומעגל חיצוני, המאופיינים במידת הפרה שונה של השטח.

שהייה של קבוצות ילדים באופן יום-יומי במרבית ימי השנה באותו מרחב פיזי יוצרת אתגר מבחינת המדריך האקולוגי של המסגרת החינוכית. לפי תפיסת העולם שלנו יש ליצור מסגרת בת-קיימא לחינוך, ולכן אנו מקדישים מחשבה רבה למציאת האיזון שבין צמצום ההפרה הנגרמת על ידינו בשטח לבין יצירת מרחב לימודים בטוח ומיטבי. אנו נמצאים בתהליך למידה קבוע, ומקווים שנוכל לאמוד את השפעות הפעילות לטווח הארוך על המרחב הטבעי.

בית היער **איננו** בית ספר להישרדות ואינו נוקט בשיטות של הצבת תנאים פיזיים קשים לילדים במתכוון. עם זאת, הניסיון מלמד שאין צורך בציד ובאמצעים רבים לשהייה וללימוד בכיתה בתוך מרחב טבעי. ציוד מיותר פוגם באופן משמעותי בחוויית השהייה בטבע, והוא מלווה במשאבי שטח ובצורכי אחסון, טיפול, אחזקה ורכישה גדולים. בבית היער איננו משתמשים בציד חד-פעמי, אנו עושים שימוש חוזר בחומרים כמו דפי טיטה, בדים וכן הלאה. שאריות המזון נזרקות לקומפוסטר, וכל חומרי הניקוי אקולוגיים. כמו כן, נעשה שימוש באנרגיה מתחדשת באמצעות פאנלים סולריים. גם השימוש במים עונה על עקרונות הקיימות. כל יום הילדים ממלאים ג'ריקנים מברז המרוחק מהמרחב הלימודי, וסוחבים אותם על הגב במנשא ייעודי אל מכל מים מרכזי במטבח שבמרחב הלימודי, שם מתבצע השימוש היום-יומי במים. שאריות מים מהמכל מתנקזות לאיסוף, ומשמשות להשקיה מבוקרת. השירותים הם שירותי שטח. פיתחנו פדגוגיה שלמה סביב נושא ההליכה לשירותים, פדגוגיה וגם ציד המאפשרים מהלך שיהיה גם הגייני לילדים וגם בר-קיימא מבחינה סביבתית. בשנת תשפ"א נצרף שירותי קומפוסט למרחב שירותי השטח, כך שכל ילד יוכל לבחור את החלופה המתאימה לו.

ההסכמה הראשונה שלנו בכניסתנו אל היער היא שאנו "אורחים בסלון", ובהפנמתה אנו חשים ענווה וכבוד כלפי עולם הטבע ותחילתה של אפשרות ליצירת מערכת יחסים עימו. אנו אומרים שהיציאה החוצה היא כדי להיכנס פנימה, מאחר שהטבע מעיר אותנו מאשליית הביטחון ומהניכור של החברה המודרנית וההיפר-טכנולוגית המערבית. היציאה אל זרועותיו הפתוחות של הטבע מוציאה אותנו מן המוכר והרגיל אל מרחבים חדשים של התנסות והתפתחות.

אנו מקיימים שיתופי פעולה עם גופים באקדמיה, עם מוסדות חינוך ועם משרדי ממשלה שונים. שמחנו לארח את אנשי מרחב צפון של קק"ל בבית ספרנו בינואר 2020. אנו מקווים שכבר בשנת תשפ"א שיתוף פעולה עם ארגון שחי ונושם את הטבע כמו קק"ל, יישא פרי.

אלוני התבור בנחל מיצר, שבדרום רמת הגולן

עידן קופלר

מכון שמיר
idankopler@gmail.com

העצים שהתייבשו הם בין הכבירים ביותר. רוב שטחו של אגן הניקוז נמצא בשטח שמורת הטבע נחל מיצר, ועצים רבים גדלים ברמות הסובבות, מחוץ לשטח השמורה. במרכז של רמת דבוסיה, בחלקו המזרחי של אגן הניקוז, וסמוך לשטחי פלחה וגידולי שדה, גדלים שניים מן האלונים המרשימים ביותר – "צפירה 1" (שני משמאל) ו"צפירה 2" (הימני המרוחק) בתמונה 1.

באגן ניקוז נחל מיצר שבדרום רמת הגולן, גדלים עצים גדולים ומרשימים – אלוני התבור (*Quercus ithaburensis*). זוהי אחת משלוש האוכלוסיות העיקריות של אלוני התבור ברמת הגולן, והיא הדרומית מביניהן. בבית גידול זה, על פי מיקומו הטופוגרפי וקרבתו לבקע הירדן, אלון התבור נמצא בגבול תפוצתו הגאוגרפי, ועל כן בית הגידול מוגדר כבית גידול גבולי. בשנים האחרונות, ולמעשה מזה עשור וחצי, אנו עדים להתייבשות של אלוני התבור במרחב זה. רבים מן



Figure 1

Two *Quercus ithaburensis* individuals: "Zfira 1" (second on the left) and "Zfira 2" (first on the right at a distance), in close proximity to agricultural areas on Ramat Davusia, Nahal Metsar drainage basin
Photo: Idan Kopler, 2020

תמונה 1

אלוני התבור "צפירה 1" (שני משמאל) ו"צפירה 2" (ימני מרוחק) סמוך לשטחים חקלאיים שברמת דבוסיה, באגן ניקוז נחל מיצר
צילום: עידן קופלר, 2020



"צפירה 2"

אלון התבור גבוה במיוחד. היקף בגובה 130 ס"מ – 4.12 מ', קוטר – 161.4 ס"מ וגובהו – 13.8 מ'. קוטר הצמרת – 14.84 מ'. ניתן לראות בפרט זה התייבשויות לאחר של ענפונים וכן כתמי התייבשות של עלווה.

"צפירה 1"

הגדול מבין השניים. היקפו בגובה 130 ס"מ – 4.92 מ', מציב אותו, על פי רישומי עמותת אלוני ישראל, כאלון התבור בעל ההיקף השלישי באורכו בישראל. קוטרו – 184.7 ס"מ וגובהו – 9.7 מ'. קוטר הצמרת – 13.17 מ'.

Figure 3

Quercus ithaburensis "Zfira 2"
on Ramat Davusia,
Nahal Metsar drainage basin
Photo: Idan Kopler, 2020

תמונה 3

אלון התבור "צפירה 2"
שברמת דבוסייה,
באגן ניקוז נחל מיצר
צילום: עידן קופלר, 2020

Figure 2

Quercus ithaburensis "Zfira 1"
on Ramat Davusia,
Nahal Metsar drainage basin
Photo: Idan Kopler, 2020

תמונה 2

אלון התבור "צפירה 1"
שברמת דבוסייה,
באגן ניקוז נחל מיצר
צילום: עידן קופלר, 2020

אז והיום הגלבוע – "העמק הנעלם"

עמרי בונה



תמונה של מורדות הגלבוע ("העמק הנעלם") שצילם יהודה הנגבי בשנת 1964. בחלקת היער הנראית בתצלום ניטעו עצי אורן ירושלים בשנת 1960. במסגרת הכנת השטח בוצע סיקול ידני של האבנים, והן שימשו לבניית סוללות אבן נמוכות לאורך קווי הגובה.



אותו שטח צולם בעזרת רחפן על ידי עובד קק"ל כמאל עליאן. בתמונה נראה היער הבוגר המכסה כיום את מדרונות הגלבוע. מסוללות האבן נותרו שרידים בלבד.

Summer branch drop

Avigail Heller¹, Shay Katz², Dror Nissan³, and Joseph Rivov⁴

Summer branch drop is defined as the breaking and falling of tree branches during calm weather in warm seasons, commonly in the afternoon hours. This type of failure sometimes occurs in trees that exhibit visible defects, but can also occur in trees with no visible defects. Due to the lack of surveys, and of well-organized research in particular, the characteristics of this failure and the factors causing it are still far from being understood, and sometimes there are even conflicting reports and varying views on these issues. The phenomenon has almost not been studied in Israel, and there is very little information about it locally. Therefore, the objectives of this paper are to raise awareness of summer branch drop and to recommend possible preventive measures to reduce its risks. This paper presents the various approaches that deal with the characteristics and underlying causes of summer branch drop that were published in the scientific literature and in reports by various professional arboricultural associations worldwide. We also recommend preventive measures required to minimize, as much as possible, the risks posed by this phenomenon under local conditions in Israel, as well as a list of tree genera and species in which it has been documented.

- 1 Head of Botanical Gardens and Urban Agriculture, Forest and Tree department, Ministry of Agriculture and Rural Development, Israel
- 2 Agronomist, Private Consultant
- 3 Practical Landscape Engineer, Private Consultant
- 4 The Plant Science and Genetics Institute, the Robert H. Smith Faculty of Agriculture, Food and Environment, the Hebrew University of Jerusalem, Rehovot, Israel

ח' בחשוון תשפ"א | 26 באוקטובר 2020

כתב מינוי

לד"ר יגיל אסם

כמדען מלווה ומנחה מקצועי
של מערך הייעור בקק"ל

ד"ר יגיל אסם מלווה למעלה מעשור את אגף הייעור בפיתוח תורת ניהול היער ובהטמעתה. הוא עושה זאת במסירות רבה, במקצועיות ומקדיש לכך זמן ניכר.

לליווי המדעי של ד"ר יגיל אסם תרומה ניכרת להתקדמות הידע היערי-אקולוגי ולפיתוח מדיניות לניהול בר-קיימא של היערות בישראל. תחומי העיסוק העיקריים של יגיל כמדען מלווה ומנחה מקצועי הם:

1. ליווי צוות ההיגוי ליישום ולהטמעה של תורת ניהול היער בישראל.
2. ייעוץ אקדמי והשתתפות בצוותי כתיבה של מסמכי מדיניות.
3. ליווי וייעוץ בבנייה וביישום מערך ניטור וסקר מצב היער החדש.
4. גיבוש מדיניות והנחיות למניעת שרפות יער.
5. מעקב אחר פעולות ממשק היער בתחומים השונים והמלצות לשיפורן.
6. סיוע במידע ובהנחיה בשאלות ממשק שונות.

מינוי זה מהווה ביטוי לצורך המקצועי בליווי מדעי צמוד בניהול היער וכן הכרה בתרומתו המיוחדת של יגיל למערך הייעור בכללותו.



גלעד אוסטרובסקי
מנהל אגף הייעור

A molecular analysis of root samples from representative trees in the terra-rossa plot demonstrated the establishment of mycorrhizal interactions with *S. collinitus* in the inoculated trees. Moreover, a spontaneous formation of mycorrhizal bonds with *S. collinitus* was also observed in the control (non-inoculated) trees.

Finally, recent molecular analysis of tree-roots from both plots demonstrated the establishment of spontaneous mycorrhizal interactions with native mushrooms characteristic of the pine-tree rhizosphere.

Future studies which will be based on our current findings and the tools which were developed in the this project will focus on the inoculation and planting practices needed for optimal growth and survival of young trees in dry climatic regimes and poor soils.

A historical survey of afforestation activities in Northern Israel's semi-arid zones



Paul Ginsberg¹ and Nir Atzmon²

Most afforestation operations in Israel are carried out over a wide range of geo-botanical habitats and in diverse and extreme climatic conditions, in rainfall areas of 100-900 mm per year. The majority of forestlands in northern Israel managed by the Keren Kayemeth LeIsrael-Jewish National Fund (KKL-JNF) are characterized by natural woodlands of oaks, pistacia, carobs and other species as well as planted forests consisting mainly of various species of pines and cypresses growing on sites in the Mediterranean climatic zone. In contrast, an eastern semi-arid pocket associated with the Syrian-African Rift Valley presents challenging environmental conditions for afforestation efforts as practiced by the British Mandatory Forest Department, the Israeli Governmental Forest Department, the KKL-JNF and private entrepreneurs over the past 80 years. The accumulated experiences of planting new forests in this semi-arid zone, combined with results from introduction plots and afforestation areas throughout Israel, led to the development of a unique set of silvicultural tools and tree species employed to guarantee successful afforestation plans. All of these new afforestations function as multipurpose forestry systems

offering a wide range of ecosystem services i.e. landscape, watershed, soil conservation, pasture, recreational and non-wood forest products (NWFP) and can provide a relevant model of sustainable forest management for semi-arid and arid zones worldwide.

The history of olive cultivation in Israel



Arnon Dag¹, Oz Brazani¹, and Zohar Amar²

The olive tree is of cultural, historical, environmental and religious significance for the people of Israel. Archeological and palynological evidence suggests that olives were first domesticated in this region 5,000-8,000 years ago. Hence, Israel has the longest tradition of olive cultivation as well as the oldest cultivars, which probably still exist in this region. Today, the last relicts of the wild olive populations survive in the region, and it is very important to characterize and preserve them. Moreover, the oldest olive press in the world was discovered in the Kfar Samir excavations and remains of ancient olive presses of various types and from different periods can be found throughout the country. Olives were first utilized by gathering fruits from the wild variety *Olea europaea* subsp. *europaea* var. *sylvestris*. They have been utilized by humans for millennia, mainly as an edible fruit (salted or pickled) and as a source of edible oil, which was used for cooking, as well as for soap production, lighting, and ritual ceremonies. Throughout the generations, olives were propagated by grafting superior desired clones (scions) on rootstocks, mainly saplings. In recent decades, olives are propagated mainly by scion rooting. Despite the importance of olives in local heritage, very little has been done to characterize and preserve populations of local ancient cultivars (landraces) and their wild relatives both of which are presumed to have genetic diversity that could be of great importance in a breeding program. Hence, there is a clear need for a national conservation program that would identify, characterize, and preserve local germplasm.

1 Forest Management Services, Kibbutz Sasa, Israel

2 CamAgra; Greenforest Consultancy; and New Grow Plant, Cambodia

1 Institute of Plant Sciences, Agricultural Research Organization (ARO) - Volcani Center, Israel

2 Department of Land of Israel Studies and Archaeology, Bar Ilan University, Israel

Our observations show that the use of thermal imaging allows estimation of transpiration-induced changes in leaf temperature across species, and estimation of T_r in a natural setting. We found that conifers were significantly cooler than broadleaves, and that $\Delta T_{\text{leaf-air}}$ depends on transpiration rate and is species-specific.

Vegetative propagation and establishment of summer and autumn-flowering *Eucalyptus* plots, to support apiculture

Avi Eliyahu¹, Arnon Dag², Zvi Duman¹, Sara Sherf¹, Sela Yechezkel¹, Muhamad Abu-Abied¹, Roy Weinstein³, and Einat Sadot¹

The arid summer and autumn in Israel pose an annual challenge of declining natural food sources for local apiaries. *Eucalyptus* trees are planted in Israel for honeybee pasture, some of which bloom in the summer and autumn. However, high variability in blooming traits has been documented. Since most of the *Eucalyptus* trees in Israel are propagated from seeds, we assume that this variability is affected, at least in part, by genetic heterogeneity. To achieve uniformity, we selected trees that were attractive to honeybees and showed outstanding blooming in the desired seasons, and propagated them from cuttings. These included individuals from the following species that grow in Kfar Pines (Israel): *Eucalyptus camaldulensis*, *E. x trautii*, *E. brachyphylla*, and *E. leucoxylon leucoxylon*. An evaluation of their attractiveness to bees confirmed that the first three were excellent, and they were therefore propagated from cuttings. The last species, despite its high nectar production, did not attract bees. Based on nectar measurements, we estimate that clonal plantations of *E. x trautii* or *E. brachyphylla* could yield 327 and 526 kg of honey per 0.1 ha, respectively. To assess uniform blooming and the high predicted yield in clonally propagated trees, a clonal plantation was established at the Volcani Center (in Rishon LeZion), in addition to 10 smaller plantations across Israel – from the Arava Valley, through the western Negev,

Hebron Mountains, central Israel, the northern valleys and the Golan Heights.

Developing methodologies for enriching forests with mycorrhizal edible-mushrooms and the analysis of its effect on the growth rate of three pine tree species

Nirit Ezov¹, Shay Levy^{1,2}, Aviv Aizenband³, Eylon Kalev³, Idan Pereman¹, Dan Levanon¹, and Ofer Danai¹

In recent years, the abundance of edible mushrooms in the KKL-JNF forests is decreasing, along with an increase in the number of edible mushroom foragers and aficionados. The major reasons behind the mushroom decline are generally assumed to be climate changes and excessive foraging.

A number of methods were developed for inoculating tree seedlings with different mycorrhizal mushrooms. This symbiotic interaction contributes to the survival of the young trees, while at the same time enriching the forest with highly desirable mushrooms. The main goals of the current study were the establishment of practices for optimal inoculation of forest trees seedlings with edible mycorrhizal mushrooms, while developing suitable agro-technical procedures to facilitate the survival of newly planted trees and promote mushroom fructification.

The mushrooms and trees serving as models for this project were: (1) *Suillus collinitus* – ectomycorrhizal with endemic and acclimatized pine trees – that primarily forms mycorrhizal bonds with *Pinus halepensis*, and can also form mycorrhizal bonds with *P. brutia*, *P. pinea*, and *P. canarensis*; (2) *Lactarius deliciosus*, which establishes mycorrhizal interactions with coniferous trees and notably with pine trees such as *P. halepensis*, *P. brutia*, and *P. pinea*. In the current study, tree seedlings were inoculated with the two mushrooms species in order to determine their effect on subsequent seedling development and survival.

We found that inoculation of *P. halepensis*, *P. brutia* and *P. pinea* with *S. collinitus* elevated seedling growth rate in the greenhouse, with the highest contribution found in the development of *P. halepensis* (180%). Inoculation with *L. deliciosus* led to similar (albeit more moderate) results.

1 The Institute of Plant Sciences, Agricultural Research Organization (ARO) - Volcani Center, Rishon LeZion, Israel

2 Gilat Research Center, the Institute of Plant Sciences, Agricultural Research Organization (ARO) - Volcani Center, Gilat, Israel

3 The School of Plant Sciences and Food Security, The George S. Wise Faculty of Life Sciences, Tel Aviv University, Tel Aviv, Israel

1 MIGAL – Galilee Research Institute, The Department of Nutrition and Natural Products, Kiryat-Shmona, Israel

2 The Department of Biotechnology Tel-Hai College, Israel

3 KKL-JNF, Israel

English Abstracts

Containing the spread of the invasive plant *Acacia saligna* in the Judean Mountains National Park



Oded Cohen¹, Idan Kopler¹, Yahel Porat², Shani Gleitman², Menachem Fried³, Ilan Shifman³, Ana Trakhtenbrot⁴, and Dror Pevzner⁵

Extensive knowledge has accumulated on the subject of invasive plant species in Israel in recent years; however, management experience in treating current invasions is scarce, and in many cases has only had partial success. We believe that the absence of a structured plan for decision-making and implementation is one of the main weaknesses that prevents a more efficient and successful treatment of invasive plant species. This paper reviews the project established to contain the spread of *Acacia saligna* in the Judean Mountains National Park and, for the first time, presents a plan for long-term active management to treat invasive plants on a large regional scale. In the current project, the main objective is to protect local natural resources, landscape and heritage from invasion and domination by the invasive plant *A. saligna*. In order to bridge knowledge gaps in the lead-up to active management, the region was mapped to characterize the distribution and density of *A. saligna*. At the same time, a pilot study was conducted to determine the cost and efficacy of different management options and field conditions for implementation. The basis for implementation was that the action plan be practical and feasible. Implementation began in January 2018 and consisted of two stages: cutting down mature trees and treating the stumps in the first year, followed by regular treatment of regenerating shoots, rootstocks and seedlings. The project was monitored and results demonstrated the significant effectiveness of cutting down trees and treating the stumps, for killing the mature trees and regenerating vegetation in the treated plots. To examine the effectiveness of the project in containing the invasive species, monitoring

was conducted on isolated groups of trees in the area that served as an untreated control. Preliminary results demonstrated that in the absence of treatment, *A. saligna* continued to spread, probably due to pine thinning treatment. Regeneration measurements in treated plots compared to control plots indicated that the project was highly effective in containing the spread of the invasive species – the main objective of this project. Collaboration between the bodies that set policy and those that manage open landscapes proved to be a catalyst for achieving the target. The project has demonstrated that an action plan based on ecological knowledge and professional understanding, forms the basis for success in the battle against invasive plants.

Warm maquis, cool forest: Use of thermal imaging to estimate water use in maquis and forest trees



Omri Lapidot¹, Timea Ignat², Ronit Rud², Ido Rog¹, Victor Alchanatis², and Tamir Klein¹

Among forest types, the Mediterranean maquis is particularly subjected to fluctuations in water availability. Therefore, monitoring the water use patterns of its major tree species is essential for quantifying local and regional water balance. However, traditional measurement methods of tree water use are difficult and labor-intensive at high spatial scales, which could make indirect methods more effective. Transpiration from the leaf surface involves evaporative cooling; therefore, temperature differences between the leaf and its surrounding environment ($\Delta T_{\text{leaf-air}}$) can serve as a reliable proxy for tree water use.

In this study we measured transpiration rate (Tr) both directly, with a gas exchange system, and with infra-red (IR) thermography, to study the relationship between $\Delta T_{\text{leaf-air}}$ and Tr . Controlled experiments were conducted together with measurements in the forest, on five dominant Mediterranean tree species with different leaf shapes (conifers: *Pinus halepensis*; *Cupressus sempervirens*; broadleaf: simple: *Quercus calliprinos*; *Ceratonia siliqua*; compound: *Pistacia lentiscus*). In addition, we computed the leaf energy balance in order to estimate Tr from the thermal images, compared to the direct measurement.

1 Invasive Plant Laboratory, Shamir Research Institute, University of Haifa, Katzrin, Israel
2 Ecology Department, Forestry division, KKL-JNF, Israel
3 Nature and Parks Authority, Israel
4 Division of Biodiversity and Open Areas, Ministry of Environmental Protection, Israel
5 Ministry of Environmental Protection, Israel

1 Department of Plant & Environmental Sciences, Weizmann Institute of Science, Rehovot, Israel
2 Agricultural Engineering, Agricultural Research Organization (ARO) - Volcani Center, Beit Dagan, Israel

TABLE OF CONTENTS

On the opening page	3
Avraham Duvdevani	
Editorial	5
Gilad Ostrovsky	
Original Articles	
Containing the spread of the invasive plant <i>Acacia saligna</i> in the Judean Mountains National Park	6
Oded Cohen, Idan Kopler, Yahel Porat, Shani Gleitman, Menachem Fried, Ilan Shifman, Ana Trakhtenbrot, and Dror Pevzner	
Warm maquis, cool forest: Use of thermal imaging to estimate water use in maquis and forest trees	20
Omri Lapidot, Timea Ignat, Ronit Rud, Ido Rog, Victor Alchanatis, and Tamir Klein	
Vegetative propagation and establishment of summer and autumn-flowering <i>Eucalyptus</i> plots to support apiculture	28
Avi Eliyahu, Arnon Dag, Zvi Duman, Sara Sherf, Sela Yecheskel, Muhamad Abu-Abied, Roy Weinstein, and Einat Sadot	
Developing methodologies for enriching forests with mycorrhizal edible-mushrooms and the analysis of its effect on the growth rate of three pine tree species	38
Nirit Ezov, Shay Levy, Aviv Aizenband, Eylon Kalev, Idan Pereman, Dan Levanon, and Ofer Danai	
Reviews	
A historical survey of afforestation activities in northern Israel's semi-arid zones	48
Paul Ginsberg and Nir Atzmon	
The history of olive cultivation in Israel	62
Arnon Dag, Oz Brazani, and Zohar Amar	
Summer branch drop	74
Avigail Heller, Shay Katz, Dror Nissan, and Joseph Riov	
Opinions	
Wild mushrooms in Israel – A perspective	81
Dalia Lewinsohn	
Bird talk: Why do we need shrubs in the forest?	84
Uzi Dagan	
From the Field	
Koren Food Forest	86
Yuval Leibovich	
Shomrei HaGan activity in the forest	87
Eran Bar-on	
The Forest School in the Merom HaGalil regional council	88
Yechiel Gilo	
Know Your Trees	
Tabor oaks in Nahal Metsar in the Southern Golan Heights	90
Idan Kopler	
Then and Now	92
The Gilboa – the “Hidden Valley”	
Omri Bonne	
English Abstracts	I



FOREST

Journal of Forests
and Open Lands
Management

Issue No 19 | December 2020

Editor:

Dr. Anat Madmony

Editorial Board:

Erez Barkae
Prof' Meni Ben-Hur
Dr. Omri Bonne
Dr. Rakefet David-Schwartz
Dr. Daniel E. Orenstein
Avigail Heller
Asaf Karavani
Dr. Idan Kopler
Dr. Doron Markel
Prof' Zvi Mendel
Adi Noy Ivanir
Dr. Yagil Osem
Dr. Gilad Ostrovsky
Uri Ramon
Prof' Joseph Riov
Dr. Efrat Sheffer
Dr. Orit Skutelsky
Dr. Michael Sprintsin
Prof' Dan Yakir

Hebrew Text Editing:
Inbar Kimchi-Angert

English Text Editing:
Dr. Esther Lachman

Design and Graphics:
GD Valeria Gorin

Address:
"Yaar"
KKL-JNF
yaar.magazine@kkl.org.il

Publisher:
Keren Kayemeth LeIsrael
Jewish National Fund
Land Development Authority
Chief Scientist
Publications Unit, Public Affairs

© Copyright

Forest Journal online access:
www.kkl.org.il/forest-online-journal
KKL-JNF website:
www.kkl.org.il

For more information:
1-800-350-550

FOREST

Journal of Forests
and Open Lands
Management

Issue No 19 | December 2020