



כתב-עת
לניהול יערות
ושטחים פתוחים

יער

גיליון 26 | יוני 2024 | תמוז תשפ"ד





תוכן עניינים

	שיחה עם	3	בפתח הגיליון יפעת עובדיה-לוסקי
56	ממחקר לממשק – שיחה עם משה שחק גלעד אוסטרובסקי	4	משולחנו של מנהל אגף הייעור גלעד אוסטרובסקי
	קצרים		מאמרים
64	תוכנית "אתגר האקלים" של קק"ל: כיצד ניתן לייעל את השימוש במי השקיה בנטיעת יערות חדשים ולשפר את הישרדות השתילים מורן בוגנים גולד, אסף קרואני	5	ממרוקו לישראל – טטרקליניס מפריק משנה מקום משנה מזל עודד כהן, אפרת שפר, אביב גיא, גיל ובר, ניצן בר-שמואל, תמיר אביעוז, יגיל אסם
	יער של ספרים		אוכלוסיית עצי שקד בשטחי הבור ושיקומם – גן לאומי ציפורי כדוגמה איתי גוירצמן, מיכאל מניס, אסלן חורש, שאול בן יהודה, רונזה אמרה, עומר גולן, צביקה מנדל
67	עצי איקליפטוס ועצי קורימביה בגן הנוי איקליפטוס, קורימביה ואנגופורה בישראל אביב אייזנבנד	19	מאמרי סקירה
	אז והיום		הזדקנות עצים אביגיל הלה, נעמה לוריה ארבילי, יוסי ריוב
70	שיקום נחל צידה גיל סיאקי	29	מן השטח
73	קיבוץ בארי ונחל שוקדה גיל סיאקי		שירותי המערכת האקולוגית של הצומח המעוצה בגדות הנחל והאמצעים להרחבתם אביב אבישר, דנה גינסר, לירון ישראלי, אורי רמון, אורה משה
	עצים ששווה להכיר	40	קביעת גבולו הדרומי-מערבי של הנגב גדעון ביגר
74	גופנן דביק בגן לאומי תל אשקלון חגי יבלוביץ'	47	מאמר דעה
III	תקצירים באנגלית		שיקום תשתיות הקהל במרחב הלחימה של רצועת עזה – האם אנחנו מתקדמים מהר מדי? זהר צפון



יער

כתב-עת
לניהול יערות
ושטחים פתוחים

גיליון 26 | יוני 2024 | תמוז תשפ"ד

עורכת:

ד"ר ענת מדמוני

ועדת העורכים:

ד"ר גלעד אוסטרובסקי

ד"ר ענת מדמוני

ד"ר שני רוהטין-בליץ

חברי המערכת:

ד"ר גלעד אוסטרובסקי

ד"ר דניאל אורנשטיין

אביב איזנבנד

ד"ר יגיל אסם

ד"ר ניב דה מלאך

ד"ר רקפת דוד-שוורץ

אביגיל הלר

פרופ' דן יקיר

ד"ר עודד כהן

פרופ' צביקה מנדל

ד"ר דורון מרקל

עדי נוי איזניר

ד"ר הילה סגרה

ד"ר מיכאל ספרינצין

ד"ר אורית סקוטלסקי

יהל פורת

ד"ר יקיר פרייזלר

ד"ר עידן קופלר

ד"ר תמיר קליין

אסף קרואני

ד"ר שני רוהטין-בליץ

אורי רמון

פרופ' אפרת שפר

עריכת לשון ותוכן:

ענבר קמחי-אנגרט

תרגום לאנגלית:

ד"ר אסתר לחמן

עיצוב גרפי:

אורית ישעיהו

כתובת המערכת:

"יער"

קרן קימת לישראל

Yaar.magazine@kkl.org.il

הוצאה לאור:

קרן קימת לישראל

מנהל פיתוח הקרקע

אגף הייעור

היחידה לפרסומים, קשרי ציבור

© כל הזכויות שמורות

ISSN

2957-7403 (בדפוס)

2957-739X (באינטרנט)

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

תמונת כריכה:

קיבוץ בארי, אניה לינאי

התמונה צוירה כחלק מפרויקט "זיכרון עוטף". זהו מיזם איור של המחלקה לתקשורת חזותית בבצלאל - אקדמיה לאמנות ועיצוב ירושלים, המבקש להנציח את יופיו של חבל הארץ עוטף עזה כפי שהיה לפני האסון בשבת, שבעה באוקטובר 2023, במטרה לגייס תרומות למען ההתושבים והתושבות שנפגעו.

את הפרויקט יזם עמית טריינין, ראש מסלול איור במחלקה לתקשורת חזותית בבצלאל, ומשתתפים בו מרצות ומרצים, בוגרים ובוגרות, וסטודנטיות וסטודנטים בשנה ד' מהמחלקה, בשיתוף פעולה עם חברת Wix שהצטרפה ליוזמה.



בפתח הגליון

יש חשיבות רבה להמשך המחקרים והפעילות במקביל למלאכת השיקום. הם יהוו כלים עבורנו ויסייעו בידינו במלאכת השיקום. לכן, כתב העת שלנו, 'ער – כתב עת לניהול יערות' ושתחים פתוחים, במה מקצועית אקדמית בנושא היערות, מתפרסם בימים אלה בדגש על המרחבים שנפגעו במלחמה.

גיליון 26 ממקד זרקור על הנגב המערבי במטרה לתת במה לעשיית קק"ל ולמחקרים באזור זה. בגיליון זה, בין היתר, תמצאו מאמר בנושא גבולו הדרומי-מערבי של הנגב, העוסק גם בהיסטוריה של הייעור בנגב המערבי. מאמר נוסף עוסק בעצים בגדות נחלים – תצורת צומח המאפיינת את הנגב בכלל ואת הנגב המערבי בפרט. לצידם מופיעים מאמרים מחקריים וידיעות במגוון נושאים.

בתקווה לימים שקטים ושלווים יותר לכל עם ישראל.

יפעת עובדיה-לוסקי
יושבת ראש קרן קימת לישראל

מדינת ישראל נמצאת בימי מלחמה. ראינו במהלך החודשים האחרונים את רוח ההתנדבות ואהבת הארץ הנתועה בלב רבים. החברה הישראלית כולה התייצבה למען היישובים שניזקו, חיילים התגייסו בצו 8 להגן על הארץ, וערך הרעות נישא. קרן קימת לישראל התייצבה גם היא וסייעה רבות לציבור המפונים וליישובים שחוו את הטרגדיה הנוראית.

אתגר גדול העומד לפתחנו כיום הוא שיקום היערות והשתחים הפתוחים לאחר המלחמה. הנזקים המשניים של המלחמה רבים, ופעולות התקומה והשיקום של חבלי הארץ המדהימים בדרומה ובצפונה של הארץ יהיו מאתגרים מאוד: בחקלאות ישראלית, בפיתוח הקרקע, בשיקום היערות והשתחים הפתוחים ועוד.

זהו אתגר ציוני ראשון במעלה. בשנת 1945 במבצע של הסוכנות היהודית וקרן קימת לישראל עלו 11 יישובים לקרקע בנגב המערבי, והם מוכרים בשם י"א הנקודות. אותם יישובים גם נפגעו במלחמה האחרונה. קרן קימת לישראל הייתה שם בזמן העלייה לקרקע, ותהיה שם גם היום בבנייתו המחודשת של הנגב המערבי.

משולחנו של מנהל אגף הייעור

ארוך שנים, ועל חשיבות המחקר ארוך הטווח שאפשר לנסח את התאוריה של 'מקור - מבלע' כמנגנון שעומד בבסיס התהליכים במערכת היובשנית. מיעוט משקעים הוא המאפיין הבולט של סביבות צחיחות, אולם קיימים הבדלים בולטים בתשתית הסלע והקרע בין האזורים השונים, כך שתהליכי הסחיפה וההצטברות יהיו מעט שונים בשטח עם מחשופי סלע ומדרון אבני לעומת שטח המורכב מקרקעות לס. ניכרת גם השפעתו של דפוס הגשמים, ובייחוד של סופות חזקות בראשית העונה הגשומה, על הדינמיקה ורציפות התהליכים. בחלק האחרון של השיחה מספר משה על היישום של התאוריה בידי האדם, ומספק גם הצצה לדיון המרתק בדבר השתתפותו של המדען בדיון הציבורי בשאלות שהתשובה להן מצויה מעבר למדע עצמו.

ועוד בהתייחס למצב, זהר צפון כותב על תהליך השיקום שממתין לנו עם שוך המלחמה. הוא מזכיר שהנגב המערבי מוכר לרבים כמרחב תיירותי מושך קהל, בייחוד בימי ראשית האביב. לדבריו, השיקום הנדרש צריך להתחיל בקהילות עצמן, וזהו תהליך חברתי-קהילתי ופיזי. הוא מדגיש שנוכח אי-ודאות עלינו לגבש אסטרטגיה ברורה יחד עם שותפים רבים בניהול המרחב ולהעדיף תהליכים ארוכי טווח על פני תוצרים ופרויקטים.

לאורך הגיליון משובצים ציורים יפהפיים שציירו אומנים שונים לאחר השבעה באוקטובר. הציורים מעמידים לפנינו את יופיו של הנוף שנלפת באימה מאז אותו יום נורא.

כולנו נושאים תקווה שבחורף הבא ישוב וילבלב האזור, תחושת הביטחון תתחזק, ונעסוק בשיקום היישובים והנוף.

שנדע ימים שקטים ובטוחים.



גלעד אוסטובסקי
היערן הראשי ומנהל אגף הייעור

גיליון זה יוצא לאור בחודש יוני 2024, כאשר המלחמה עדיין אחזת בארץ, וכל מעיינינו ותעצומות נפשנו נתונים למערכה המתמשכת ולמוראותיה. כולנו מייחלים לשחרורם של החטופים בעזה במהרה, בריאים ושלמים, ואנו מצפים לשובם של המפונים בצפון הארץ ובדרומה אל בתיהם ואל שגרת חייהם.

בימים שכאלה הרגשנו צורך להתייחס לאזור, שעניי כולנו נשואות אליו: הנגב המערבי - חבל ארץ משגשג ופורח בעל נוף ייחודי של מישורים רחבי ידיים, בתרונות הלס, גבעות מתונות, שטחי חקלאות נרחבים מאופק עד אופק, יערות, שמורות טבע ושפע אתרים ארכאולוגיים והיסטוריים - חבל ארץ שידע תנופת פיתוח ושגשוג בעשור האחרון, עם גידולם של היישובים למרות נוכחותה הקודרת והמאיימת של רצועת עזה שעומדת מנגד.

מאמרו של גדעון ביגר יוצר חיבור מעניין בין עיצוב הגבול הדרום-מערבי של ישראל, ראשיתה של ההתיישבות בשנות ה-40 ופעולות הייעור שהחלו עוד בתקופת המנדט. הייעור הביטחוני שנועד בעיקרו להסתרת נתיבי תנועה ויישובים, והחל כבר בשנותיה הראשונות של המדינה, נותן את אותותיו בנוף וממשיך להתבצע אף ביתר שאת. הימים הללו מזכירים לנו עד כמה הקשר בין גבולות, התיישבות וביטחון נוכח בנוף האזור. בכוחם של העצים להעניק חיים, שלווה ומרגוע, צל מיטיב, טיול ומשחק, עוגן חיבור לקרקע ובין אנשים ונקודת ציון בנוף.

השיחה 'ממחקר לממשק' עם פרופ' משה שחק מאפשרת לנו לחזור ולהכיר מקרוב את התאוריה של מערכות תומכות חיים בסביבה צחיחה בתנאי קיום קשים, והייתה מרתקת עבורי. משה מספר כיצד הסקרנות שלו הניעה אותו למחקר



ממרוקו לישראל – טטרקליניס מפריק משנה מקום משנה מזל

עודד כהן^{1*} | אפרת שפר² | אביב גיא¹ | גיל ובר¹ | ניצן בר-שמואל¹
תמיר אביעוז¹ | יגיל אסם³

- 1 המעבדה לצמחים פולשים, המכון לחקר הגולן, אוניברסיטת חיפה
 - 2 המכון למדעי הצמח וגנטיקה בחקלאות, הפקולטה לחקלאות, מזון וסביבה, האוניברסיטה העברית בירושלים
 - 3 המחלקה למשאבי טבע, מנהל המחקר החקלאי – מכון וולקני
- * odedic@gri.org.il

תקציר

צמחים מעוצים פולשים, שמתנחלים בבית הגידול בשלבי סוקצסיה מתקדמים (כמו יער) בעקת צל, מכונים פולשי-על. בשנים האחרונות גוברת ההתעניינות בפולשי-על, אך מרבית המידע מגיע מאזורים טרופיים וממוזגים, שנדרשת בהם התאמה לצל אך לא ליובש. ככל הידוע לנו, הפנוטיפ של פולשי-על במינים מעוצים לא היה מוכר עד כה באזורים יובשניים, שמדד הצחיחות בהם קטן מ-0.65.

טטרקליניס מפריק, שבאזור תפוצתו הטבעי במערב הים התיכון מוכר כמין בסכנת הכחדה, מתרבה ומשגשג בתחום תפוצתו החדש במזרח הים התיכון. תובנות והמלצות לממשק מוצעות בפרק הדיון.

טטרקליניס מפריק הוא עץ מחטני ממשפחת הברושיים, שניטע בהיקפים גדולים בישראל. מטרת המחקר הייתה להעמיק את הידע על מאפייני ההתפשטות של מין זה בישראל, ולבחון איך קורה שהמין, שנמצא בסכנת הכחדה בתחום תפוצתו הטבעי במערב הים התיכון, משגשג ומהווה מין פולש בתחום תפוצתו החדש במזרח הים התיכון. לצורך כך ביצענו סקר צפיפות זריעים ב-46 עומדי יער, שגילם מעל 30 שנה. הממצאים הראו שהתנחלות זריעים מחוץ לגבולות הנטיעה היא תופעה נפוצה יותר באזור האקלים הים תיכוני וכחות באזור האקלים הצחיח למחצה. צפיפות זריעים גבוהה התפתחה בצד הצפוני של העומדים, במפנה מדרון צפוני, על גבי מסלע רך, במדרונות מתונים עם רמת סלעיות או אבניות גבוהה ובהיעדר רעייה. שיעור הזריעים הגדולים ביחס לזריעים הקטנים בתצורות הנוף של יער, שיחייה ועשבונים היה 0.66, 0.74 ו-0.05 בהתאמה, עובדה המצביעה על סיכויי הישרדות גבוהים יותר בתצורות צומח גבוהות. התכונה המשותפת לכל אותן הנישות שהטטרקליניס נובט ומתפתח בהן, היא שהן מספקות "מקלט" מפני האקלים בקיץ הארוך והיבש. כלומר, לא זו בלבד שהטטרקליניס ידוע כעץ מותאם ליובש, ממצאי מחקר זה מראים שהוא אף מתחמק מיובש.

מילות מפתח

גיוס צאצאים, התנחלות, מעוצים, עקת צל, פולשי-על, צמחים פולשים

מבוא

עוצמת היובש כגורם מגביל נחלשת. לעומת זאת, התחרות עם הצמחייה המקומית, בעיקר על משאב האור, הופכת לגורם המהווה חסם לפלישות. עקות היובש והצל באזור האקלים הים תיכוני הן שני גורמים ידועים שמקשים על מינים פולשים לחדור לחברות צמחים מקומיות (Vilà et al., 2008; Yang et al., 2021). לכן, צמחים פולשים טיפוסיים, כמו אילנתה בלוטית (*Ailanthus altissima*), שיטה כחלחלה (*Acacia saligna*), צחר כחלחל (*Leuceana leucocephala*), קיקיון מצוי (*Ricinus communis*) וטבק השיח (*Nicotiana glauca*) ידועים כצמחים המנצלים הפרעות בבתי גידול כדי להתנחל בבתי הגידול היובשניים בשלבי סוקצסיה מוקדמים, כאשר התחרות על משאבי אור ומים נמוכה יחסית (Catford et al., 2012; Erskine-Ogden et al., 2016).

נתוני פוטנציאל הפלישה של הטטרקליניס אינם מרשימים
טטרקליניס מפריק (*Tetraclinis articulata*) הוא עץ המשתייך למשפחת הברושיים (Cupressaceae). הוא יחיד בסוגו, ומוצאו בדרום-מערב הים התיכון, בארצות צפון אפריקה ובחצי האי האיברי. כיוון שטטרקליניס הוא עץ מותאם ליובש, שמתפתח היטב גם בכמות משקעים ממוצעת של 300 מ"מ, הוא ניטע בכמות רבה באקלים הצחיח למחצה של ישראל – בעמק הירדן, במורדות הגליל המזרחי, בבקעת באר שבע ובנגב המערבי (מדמוני ושות', 2011). עומדי טטרקליניס ניטעו בכמות קטנה יחסית גם באזורים שונים באקלים הים תיכוני של הארץ, לדוגמה ברמת הנדיב, ביער ציפורי וביער קנדה. בתחום תפוצתו הטבעי המין נכלל ברשימת המינים האדומים, וישנם דיווחים שאוכלוסיות גדולות שלו הולכות ומצטמצמות עד כדי סכנת הכחדה בעקבות הפעילות האנושית, ובכלל זה רעייה, כריתה, שרפות והצחחה (Esteve Selman et al., 2017). הידע על פלישה של טטרקליניס בעולם מועט ביותר (רובו מדרום אפריקה), והערכת הפולשנות שלו נמוכה מאוד (Richardson and Rejmanek, 2011).

טטרקליניס הוא עץ שגדל ומתבגר לאט. בעוד ששיטה כחלחלה, לדוגמה, מגיעה לשיא גודלה בשנה הרביעית לאחר הנביטה (4–8 מטר), הטטרקליניס מגיע לגובה מטר אחד רק כעבור שמונה שנים. צחר כחלחל, מין פולש, טיפוסי, מתבגר ומייצר פירות במהלך השנה הראשונה ממועד הנביטה, ואילו הטטרקליניס מתבגר ומייצר פירות רק לאחר 12 שנים (קרוא, 2018). מבין התכונות הרלוונטיות לפוטנציאל הפלישה של צמחים פולשים בעולם, ובייחוד במחטניים, התכונות של קצב גידול מהיר והתבגרות מהירה בולטות במיוחד של קצב גידול מהיר והתבגרות מהירה בולטות במיוחד (Richardson and Rejmanek, 2011). לעומת זאת, העץ מייצר כמויות גדולות של זרעים קלי-משקל (משקל זרע כ-6 מ"ג, כמות של 240,000 זרעים לעץ בן 40) (קרוא, 2018), שמופצים בעזרת הרוח, תכונה משותפת למחטניים פולשים

חיזוי פלישות ביולוגיות הוא עניין מורכב

הפתגם "מניעה עדיפה על ריפוי" מתאים כשמדובר במינים פולשים (ראו מילון מונחים לצמחים פולשים בטבלה 1). ככל שהפלישה מצויה בשלב מתקדם יותר, עלות הנזקים גדלה, ההוצאות הכרוכות בצמצום הנזקים גדלות, ומנגד כדאיות הטיפוליים ויעילותם פוחתות. לעיתים כל שנותר הוא להכיל את המצב החדש ו"לשלם את המחיר". לכאורה, הנוסחה לצמצום הפלישה הבאה ידועה, אולם בפועל, פלישות ביולוגיות ממשיכות להתרחש. צמחים מיובאים ממלאים תפקיד חשוב לאדם, ומשמשים בחקלאות, בניו וביער. רוב הצמחים הזרים אינם פולשים, והקריאה לסגירת הגבולות הביוגאוגרפיים ליבוא אינה ריאליית לנוכח הכלכלה העולמית והגלובליזציה ובהתחשב בשינוי האקלים. שימוש בהערכות סיכון לפלישה (invasive risk assessment) כשלב מקדים ליבוא ולאקלום עשוי לצמצם את הסיכון הכרוך בפלישות ביולוגיות. הפרוטוקולים המשמשים להערכות סיכון מבוססים על מצרף של שאלות, שעל בסיס המענה להן ניתן להעריך את הסיכון לפלישה של הצמחים הזרים ואת ההשפעות שלהם על הסביבה החדשה (Pheloung et al., 1999). השאלות מבוססות, לרוב, על היכרותנו עם מינים פולשים "טיפוסיים", כגון: האם הצמח ידוע כפולש במדינות אחרות בעולם בעלות אקלים דומה? האם הוא מהיר צימוח? כיצד הוא מופרה ומתרבה? האם הוא מייצר כמויות גדולות של זרעים חיוניים? לנוכח המורכבות ביחסי הגומלין בין תכונות המינים הפולשים לתכונות בתי הגידול, פלישות ביולוגיות שונות זו מזו, וחרף הפרוטוקולים הקיימים, החיזוי נותר אתגר מורכב. זיהוי ואפיון של דפוסי הפלישה של צמחים זרים בסביבתם החדשה נחוץ כדי לשפר את הפרוטוקולים להערכת סיכון ולהפוך אותם למדויקים יותר, לשם היערכות לשמירה על משאבי הטבע והנוף בעולם משתנה.

מינים שאינם מקומיים מתקשים להתאקלם בחברות הצומח באזור היובשני של ישראל

האקלים בארץ ישראל על פי מיון קפן (Köppen) מתאפיין באקלים צחיח, באקלים צחיח למחצה ובאקלים ים תיכוני (פוצ'טר וסהרוני, 1998). מרבית שטחה של הארץ, על שלושת סוגי האקלים שבה, מסווג כאזור יובשני (dryland), כלומר אזור שמשטר המים בו גירעוני, ומדד הצחיחות המבטא את תרומת המשקעים השנתית ביחס לגירעון אידוי-דיות (P/PET) נע בין 0.05 ל-0.65 (Middelton, 1992). העונה היבשה בישראל נמשכת כשמונה חודשים, ומהווה מכשול להתנחלות בבתי הגידול הטבעיים באזורים היובשניים. צמחי התרבות, רובם ככולם, אינם מצליחים לגייס צאצאים באקלים זה ללא השקיה. עם העלייה במפל המשקעים

כמות רבה של פרטים צעירים. כמו כן, דווח שההתחדשות היא על פי רוב בקרבת עצי האם, ושלא נמצאו עצים בוגרים בכמות רבה במרחק מהם. ממצאי הסקר עלה שהמין התאזרח בסביבתו החדשה.

הפלישה של טטרקליניס מפריק באזורנו דווחה לראשונה בשנת 2018 (קרוא, 2018). בעבודה זו מופו מספר רב של זרעים בוגרים הגדלים במרחק מעצי האם בתוך שיחיה וחורש ים תיכוני מפותח ברמת הנדיב. מטרת המחקר הנוכחי הייתה להעמיק את הידע על מאפייני ההתפשטות של מין זה בישראל, לאכפין את התפשטות הטטרקליניס באקלים הצחיח למחצה ובאקלים הים תיכוני, ולהבין את הגורמים המכתיבים אותה.

שיטות

איסוף נתונים וארגון

המחקר התבסס על סקר שדה, שנערך בשנים 2017–2019 והתמקד בעומדים נטועים של טטרקליניס, שגילם מעל 30 שנה. הסקר כלל 46 אתרים באקלים ים תיכוני ובאקלים צחיח למחצה של ישראל (איור 1). אזור האקלים נקבע לפי שיטת קפן ולאחר עדכון והתאמה של פוצ'טר וסררוני (1998). בסיס הנתונים האקלימיים לקוח מנתוני השירות המטאורולוגי הישראלי (2021). העומדים סווגו לעומדים צעירים או ותיקים ביחס לערך החציוני (35 שנים) של כלל העומדים על בסיס נתוני קק"ל. צפיפות העצים נמדדה בשטח על ידי ספירת העצים הבוגרים (כולל עצים יבשים,

Richardson and Rejmanek, 2004). הצלחת הפלישה הביולוגית תלויה ביכולות של המינים הזרים להתגבר על סדרת מכשולים, ובהם שרידות, התפתחות, יכולת הפריה, ריבוי, הפצה ויכולת גיוס נבטים סמוך לצמחי האם ובמרחק מהם. לנוכח אתגרי הפלישה שהסביבה החדשה מציבה בפני צמחים זרים, תכונה אחת, כמו ייצור זרעים רב, לרוב אינה מספיקה כדי לקיים פלישה, ויש צורך במערכת של תכונות המהוות יחד את הפנוטיפ הפולש. מערכת התכונות האופיינית לפנוטיפ פולש של מחטניים כוללת קצב גידול מהיר, התבגרות מהירה וייצור רב של זרעים, כמו למשל במינים *Larix decidua*, *Cryptomeria japonica*, *Pinus strobus*, *Pinus contorta*, *Picea sitchensis* (Richardson and Rejmanek, 2011). המידע על טטרקליניס מפריק כמין פולש באזורים נוספים בעולם מועט ביותר. דווח שהמין התאזרח בדרום אפריקה (Rourke, 1991). Rejmanek ו-Richardson (2011) העריכו את סיכון הפלישה (risk assessment) של עצי מחט, ודיווחו על 36 מיני עצים פולשים. הם העניקו ציון נמוך (≤ 3.5) לטטרקליניס מפריק. לפי המדד שלהם, רק ארבעה מינים מחטניים שציון הפלישה שלהם קטן מ-1.5 ידועים כפולשים, ומלבדם רק תשעה מינים של עצי מחט, שציון הפלישה שלהם נמוך מ-5, ידועים כפולשים.

דיווחים ראשונים על התאזרחות ופלישה של טטרקליניס מפריק בישראל

בשנת 2011 פורסם סקר עומדים של טטרקליניס בישראל (מדמוני ושות', 2011). החוקרים דיווחו על התחדשות זרעים ב-14 מתוך 16 עומדים שנבדקו בסקר. בחלק מהם נמצאה

זר	מין הנמצא מחוץ לגבולות תפוצתו הטבעית, ושככל הידוע הגיע לאזור לאחר המהפכה החקלאית
מאזרח	מין זר המתרבה באופן עצמאי, ומצליח לגייס צאצאים בדרך כלל בקרבת עצי האם, ולעיתים רחוקות גם במרחק מהם
פולש	מין שהתאזרח, ומצליח לגייס צאצאים בכמות רבה ובמרחק מצמחי האם
פולש טיפוסי	מין פולש שאוהב תאורה מלאה, גדל ומתבגר מהר, מייצר כמויות גדולות של זרעים ומתנחל בשלבי סוקצסיה מוקדמים לאחר הפרעה
פולש-על	מין פולש הגדל בתאורה מלאה טוב יותר ממינים מקומיים, מותאם לצל, גדל ומתבגר לאט, מייצר כמויות גדולות של זרעים, מתנחל בבתי גידול בשלבי סוקצסיה מתקדמים
גיוס צאצאים	השלב המתייחס ליכולת של זרעים לנבוט, להתפתח דרך השלב היובנלי (הצעיר) ולהגיע לבגרות מינית
התבססות	גיוס צאצאים בתוך גבולות העומד
התנחלות	גיוס צאצאים בבתי גידול חדשים מחוץ לגבולות העומד

טבלה 1

מילון מונחים לצמחים פולשים בדגש על מינים מעוצים



איור 1

מאפייני שטח המחקר

(א) עומדי היער שנכללו בסקר על פי אזורי האקלים; (ב) זרעים של טטרקליניס מפריק ביער אורנים בפארק קנדה; (ג) התנחלות זרעים של טטרקליניס בעמק הירדן (אזור אקלים צחיח למחצה); (ד) התנחלות זרעים של טטרקליניס מפריק בצמחייה מפותחת ברמת הנדיב (אזור אקלים ים תיכוני). צילום: עודד כהן, 2018.

העומד (צפון, דרום, מזרח ומערב) נסקרו שתיים עד ארבע חלקות כתלות באורך הפאה בכל אחד מארבעת טווחי המרחק וברוחב של 25 מטר. בסך הכול נכללו בסקר 1,588 חלקות, מתוכן 395 בתוך גבולות העומדים ו-1,193 מחוצה להם. הזרעים בכל חלקה סווגו לשתי קבוצות: קטנים (גובה נמוך מ-50 ס"מ) וגדולים (גובה מעל 50 ס"מ). נציין שכמות הזרעים מעל גובה 150 ס"מ הייתה נמוכה מכדי שניתן יהיה להסיק לגביה מסקנות סטטיסטיות.

עבור כל חלקה נאספו גם נתונים סביבתיים: מפנה החלקה ביחס לעומד (צדדים של העומד: צפון, מזרח, דרום ומערב); מפנה המדרון – צפון, מזרח, דרום ומערב; שיפוע המדרון – נקבע בחלוקה אורדינלית למדרונות מתונים ותלולים;

שורפים או כרותים) בתוך מעגל ברדיוס 8 מטר (0.2 דונם) בכל אחת מארבע הפאות של העומד (צפון, דרום, מזרח ומערב). גובה העצים הנטועים נמדד בעזרת מד טווח לייזר (Vertex Laser Geo®, Hagolf®) עבור כל שלושה עצים המייצגים את גובה הנוף במעגל העצים. צפיפות העצים נקבעה לשתי רמות: צפיפות רבה או דלילה, על בסיס הערך החיצוני של כלל הנתונים (74.6 עצים לדונם). גובה העצים סווג אף הוא לשתי רמות: עצים גבוהים או נמוכים, על בסיס הערך החיצוני (10 מטר).

בכל אתר התבצע סקר זרעים בארבעה טווחי מרחק מגבולות העומד: 0-10 מטר בתוך העומד (מסומן כ: (-10-0), 0-10, 10-30 ו-30-60 מטר מחוץ לעומד. בכל אחת מפאות

מודלים נפרדים. המודל נעשה במבחן רב-גורמי (ANOVA) ברגרסיה לוגיסטית אורדינלית (OLR) כדי לנתח את הגורמים המסבירים לצפיפות הזריעים בחלקות. צפיפות הזריעים סווגה במדרג אורדינלי לקבוצות גודל (ללא זריעים, אחדות, עשרות, מאות ואלפי זריעים לדונם). סלקציית משתנים נעשתה בכלי AIC (Akaike Information Criterion) כדי לקבל מודל מיטבי. השוואת ממוצעים נעשתה בעזרת מבחנים א-פרמטריים Steel-Dwass או Wilcoxon ברמות מובהקות של 5%. ממוצעים ושגיאות תקן מוצגים בטקסט ובאיורים.

תוצאות

אפיון העומדים באקלים הים תיכוני ובאקלים הצחיח למחצה

העומדים הנטועים באזור הים תיכוני היו צעירים בשלוש שנים בממוצע מאלה שבאזור הצחיח למחצה, צפיפותם הייתה גבוהה במקצת, ואף על פי כן, הם היו גבוהים יותר, בלמעלה משלושה מטר. ההבדלים היו מובהקים (טבלה 2).

התבססות בתוך גבולות הנטיעה

התחדשויות זריעים בתוך גבולות הנטיעה נמצאו ב-33 מתוך 46 אתרים בסקר זה (72%). הגורמים היעריניים והסביבתיים שהשפיעו על צפיפות הזריעים מסוכמים בטבלה 3. צפיפות הזריעים באזור אקלים הים תיכוני הייתה 218.7 ± 35.2 , גבוהה פי חמישה בקירוב בהשוואה לאקלים הצחיח למחצה (39.4 ± 7.9 לדונם). אזור האקלים נמצא כגורם המובהק ביותר שהשפיע על צפיפות הזריעים. כצפוי נמצאו יותר זריעים קטנים מאשר זריעים גדולים. קבוצת גודל הזריעים קיימה אינטראקציה עם גורמים שונים, אך המגמה הזו נשמרה בכל המקרים. מעניין לציין שצפיפות הזריעים בחורשות צעירות הייתה גבוהה במובהק מאשר בחורשות ותיקות, אך נציין

המדרג האורדינלי – נקבע ביחס לערך החציוני של כלל הנתונים עבור כלל המדרגות (8°); סוג המסלע – נקבע בחלוקה גסה למסלע קשה ולמסלע רך על פי נתוני קק"ל (שימוש דומה בנתונים נעשה גם במחקרים קודמים, לדוגמה Helman et al., 2017); רמות סלעיות ואבניות – נקבעו אף הן לרמות נמוכות (פחות מ-33% כיסוי) וגבוהות (מעל 33% כיסוי). נציין שרמות כיסוי מעל 66% היו נדירות ביותר. המונח סלעיות במחקר זה מתייחס לכיסוי סלע היסוד שנחשף על פני השטח, ואילו במינוח אבניות השתמשנו לתאר את כיסוי הסלעים הקטנים והאבנים המכסים את פני השטח. איסוף הנתונים לגבי תצורות הצומח נעשה על פי העקרונות של שמש ושות' (2021). לטובת הניתוח הרב-גורמי וכדי שנוכל לייצג כל תצורה במספר רב של חלקות, איחדנו את תצורות הצומח המקובלות לשלוש רמות בלבד: עשבונים, שיחיים ויער. המונח עשבונים במחקר זה מתייחס לכל תצורות הנוף העשבוניות ובצירוף תת-תצורה של בתה בכיסוי נמוך (10% עד 30% מעוצים). במונח שיחיים כללנו את כל תצורות הבתה מעל 30% כיסוי מעוצים, ואת כל תצורות השיחיים והחורש עד גובה נוף של 8 מטר. המונח יער במחקר זה מתייחס לשתי התצורות – יער ויער גבוה (גובה מעל 6 מטר), לרוב אורנים, עם כיסוי של 50% חופה. נוכחות רעייה או היעדרה נקבעו על פי סימני שדה אופייניים – מתקנים, גללים, סימני כרסום על זריעים של טטרקליניס ועל הצומח הנלווה בחלקות.

ניתוח נתונים

אפיון העומדים באזור אקלים ים תיכוני ובאזור אקלים צחיח למחצה

ניתוח סטטיסטי נעשה בתוכנת JMP PRO 15. היה חשוב להבדיל בין התבססות זריעים בתוך החלקות להתנחלות זריעים מחוץ לחלקות, ולכן ניתחנו את שתי התופעות בשני

p-value	כללי		אקלים צחיח למחצה		אקלים ים תיכוני		תכונות
	ממוצע	חציון	ממוצע	חציון	ממוצע	חציון	
<0.0001	37.3±0.2	35	38±0.1	37	35.1±0.3	34	גיל העומד (שנים)
0.0207	77.6±1.4	74.6	76.2±1.7	69.7	82.1±2.5	79.6	מספר עצים לדונם
<0.0001	698±24.0	693	617±19.5	586	948.8±9.9	993	גובה עצים (ס"מ)

טבלה 2

השוואת מדדים יעריניים בין עומדי יער טטרקליניס באקלים הים תיכוני לאקלים הצחיח למחצה. הערכים מבטאים ממוצע לאזור האקלימי ושגיאות תקן. מובהקות סטטיסטית (p-value) נקבעה לפי מבחן t ברמת מובהקות של 5%.

משתנה	LogWorth	p-value	מדרג	טבלה 3
אקלים	50.164	<0.00001	M ^a S ^b	<p>הגורמים המסבירים את צפיפות הזרעים בתוך עומדי הנטיעות</p> <p>הניתוח מבוסס על מבחן רב-גורמי ANOVA במתכונת רגרסיה אורדינלית לוגיסטית (Ordinal Logistic Regression). המודל בחן את הגורמים המסבירים התבססות זרעים בתוך גבולות הנטיעה. המשתנים הם: אקלים (M) ים תיכוני, S צחיח למחצה, גודל זרעים (S) קטנים, L גדולים, סוג המסלע (S) רך, H קשה, צפיפות נטיעות (S) דליל, D צפוף, גיל (Y) צעיר, M בוגרים, שיפוע המדרון (M מתון, S תלול), רמת אבניות (L נמוך, H גבוה). LogWorth מציין ערך מוחלט עבור לוג המובהקות (p-value). ממוצעים ללא אות משותפת שונים במובהק. ns לא מובהק. במקרים שישנה אינטראקציה בין משתנים (*), ערך המובהקות בין הרמות השונות נקבע במבחן Steel-Dwass 0.05.</p>
גודל זרעים	32.514	<0.00001	S ^a L ^b	
סוג המסלע*צפיפות נטיעות	3.701	0.0002	S:S ^a D ^b ; H:S ^a D ^b	
גיל*גודל זרעים	2.485	0.00328	M:S ^a L ^b ; Y:S ^a L ^b	
צפיפות נטיעות*גודל זרעים	2.386	0.00411	D:S ^a L ^b ; S:S ^a L ^b	
גיל	2.329	0.00469	Y ^a M ^b	
שיפוע המדרון	1.933	0.01168	M ^a S ^b	
רמת אבניות*גודל זרעים	1.55	0.02816	S:S ^a L ^b ; H:S ^a L ^b	
צפיפות נטיעות	1.149	0.0709	S>D ns	
רמת אבניות	0.679	0.20923	H>L ns	
סוג המסלע	0.105	0.78538	S>H ns	

בהשוואה למדרונות תלולים (מתונים 139.5±21.9, תלולים 34.7±5.8). לסיכום, טטרקליניס מכריק מתחדש בין העצים בתוך עומדים נטועים. רמת ההתחדשות הייתה גבוהה יותר באקלים הים תיכוני מאשר באקלים צחיח למחצה, כמו גם על גבי מדרונות מתונים, בצפיפות נטיעה דלילה יחסית וברמת סלעיות גבוהה.

התנחלות מחוץ לגבולות הנטיעה

התנחלות זרעים מחוץ לגבולות הנטיעה נצפתה ב-27 מתוך 46 אתרים בסקר. צפיפות הזרעים הקטנים הייתה 16.8±3.9, גבוהה במובהק מצפיפות הזרעים הגדולים (7.1±2.1). בדומה להתחדשות בתוך גבולות הנטיעה, הגורם האקלימי נמצא כגורם המרכזי שהשפיע על התנחלות הזרעים גם מחוץ לחלקות (טבלה 4). צפיפות הזרעים באקלים הים תיכוני הייתה 32.27±7.4 זרעים לדונם, ואילו באקלים הצחיח למחצה 3.5±1 זרעים לדונם. צפיפות הזרעים פחתה באופן מובהק בהשפעת המרחק מגבולות הנטיעה. בעוד שבטווח מרחק של 30 מטר מגבולות הנטיעה נצפו מקרים של מאות זרעים לדונם, הצפיפות פחתה לעשרות ולכרטים בודדים מעבר לטווח זה (איור 2).

מספר גורמים השפיעו על צפיפות הזרעים עם המרחק מגבולות הנטיעה, והם המפנה של החלקה ביחס לעומד, המפנה של המדרון, האקלים, רמת הסלעיות, תצורת הנוף של הצומח וסוג המסלע. צפיפות זרעים גבוהה נמצאה בזיקה לאקלים ים תיכוני (איור 2), בחלקות הצמודות לפאה הצפופית של החורשה (איור 3א), על גבי מדרונות צפוניים (איור 3ב) ובתצורת נוף של יער (איור 3ג). הממצאים הראו

שעומדי הנטיעות באקלים הים תיכוני צעירים במובהק מאשר באקלים הצחיח למחצה (הנתונים אינם מוצגים). צפיפות הזרעים הייתה גבוהה תמיד במסלע רך בהשוואה למסלע קשה, אבל נמצאה אינטראקציה בין סוג המסלע לצפיפות הנטיעות. בעוד שעל גבי מסלע רך, לא נמצא הבדל מובהק בין שתי רמות הצפיפות של הנטיעות, על גבי מסלע קשה הצפיפות הייתה גבוהה במובהק בעומדי נטיעות דלילים בהשוואה לעומדי נטיעות צפופים. לבסוף נציין שצפיפות הזרעים הייתה גבוהה יותר במדרונות מתונים מאשר במדרונות תלולים, וכל שאר המשתנים לא השפיעו במובהק על צפיפות הזרעים בתוך החורשות.

גיל העומד הנטוע השפיע במובהק על צפיפות הזרעים, ונמצאה אינטראקציה בין הגיל לבין גודל הזרעים. צפיפות הזרעים הקטנים הייתה גבוהה בחלקות של עומדים צעירים בהשוואה לחלקות בעומדים ותיקים (עומדים צעירים 216.3±33.1 זרעים לדונם, עומדים ותיקים 138.8±48.1 זרעים לדונם). לעומת זאת, צפיפות הזרעים הגדולים בחורשות ותיקות הייתה גבוהה בהשוואה לחורשות צעירות, אם כי ההבדלים לא היו מובהקים (חורשות ותיקות 43.6±13.2 זרעים לדונם וחורשות צעירות 26.3±4.4 זרעים לדונם). צפיפות הנטיעה כשלעצמה לא השפיעה במובהק על צפיפות הזרעים אלא באינטראקציה עם סוג המסלע וגודל הזרעים. צפיפות הזרעים הייתה גבוהה יותר במסלע רך מאשר במסלע קשה, אך ההבדל היה מובהק בצפיפות נטיעה גבוהה (מסלע רך 34.1±5.3 זרעים לדונם, מסלע קשה 24.2±4 זרעים לדונם) ובקבוצת הזרעים הקטנים בלבד. צפיפות הזרעים הייתה גבוהה פי ארבעה במדרונות מתונים

משתנה	LogWorth	p-value	מדורג על פי רמת מובהקות
מרחק	32.322	<0.0001	0-10 ^a 10-30 ^b 30-60 ^c
אקלים	15.394	<0.0001	M ^a S ^b
גודל זריעים	7.206	<0.0001	S ^a L ^b
כיוון	7.106	<0.0001	N ^a E ^b S ^b W ^b
גובה עצים	6.405	<0.0001	T ^a S ^b
רמת אבניות	4.305	0.00005	H ^a L ^b
מרחק*כיוון	3.747	0.00018	0-10:N ^a S ^b E ^b W ^b ; 10-30:N ^a S ^b E ^b W ^b ; 30-60:N ^a E ^{ab} S ^b W ^b
מרחק*מפנה	3.546	0.00028	0-10:N ^a W ^b S ^b P ^c E ^c ;10-30:P ^a N ^a W ^a E ^a S ^a ;3 0-60:W ^a E ^a P ^a S ^b N ^{ab}
מרחק*אקלים	3.463	0.00034	0-10:M ^a S ^b ; 10-30:M ^a S ^b ; 30-60:M ^a S ^b
גיל*סלעיות	3.295	0.00051	Y:L ^a H ^b ; M:H ^a L ^b
גודל זריעים	3.267	0.00054	S:F ^a G ^b W ^b ; L:F ^a W ^b G ^b
גיל*גודל	2.327	0.00471	Y:S ^a L ^b ; M:S ^a L ^a
מרחק*סלעיות	2.291	0.00512	0-10:L ^a H ^b ; 10-30:H ^a L ^b ; 30-60:L ^a H ^a
סלעיות*אבניות	1.99	0.01022	L:H ^a L ^b ; H:L ^a H ^a
מרחק*תצורת צומח	1.939	0.01151	0-10:F ^a G ^b W ^b ; 10-30:F ^a G ^b W ^b ; 30-60:F ^a G ^b W ^b
סלעיות*רעייה	1.737	0.01831	L:N ^a Y ^a ; H:N ^a Y ^a
שיפוע*מסלע	1.703	0.0198	M:H ^a L ^b ; S:L ^a H ^b
תלילות*סימני רעייה	1.483	0.03286	N ^a Y ^b
גיל	1.432	0.03694	M ^a Y ^b
גיל*מסלע	1.383	0.04142	M:S ^a H ^b ;Y:H ^a S ^b
מפנה	1.365	0.04314	N ^a W ^b P ^c S ^d E ^d
מרחק*סוג מסלע	1.314	0.04854	0-10:S ^a H ^a ; 10-30:H ^a S ^b ; 30-60:H ^a S ^b
תלילות	1.135	0.07335	M>S ns
גובה*סלעיות	1.111	0.07752	S:L>S; T: L>H ns
תצורת צומח	0.755	0.17594	F>W>G ns
סוג מסלע	0.751	0.17743	S>H ns
אבניות	0.456	0.34982	H>L ns

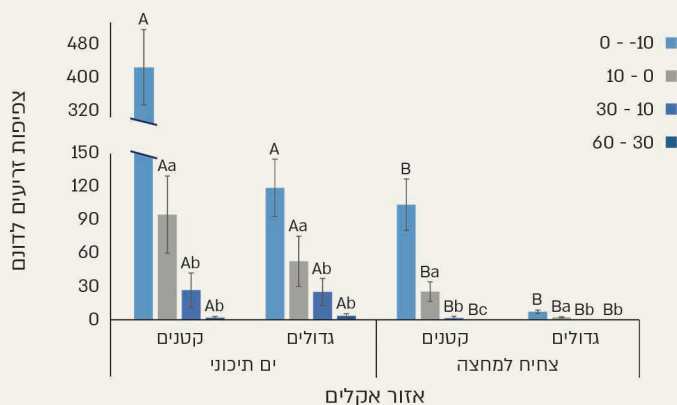
טבלה 4

הגורמים המסבירים התחדשות זריעים מחוץ לעומדי הנטיעות

הניתוח מבוסס על מבחן רב-גורמי ANOVA במתכונת רגרסיה אורדינלית לוגיסטית (Ordinal Logistic Regression). המודל בחן את התנחלות זריעים מחוץ לגבולות הנטיעה. מרחק לפי שלושה טווחים מגבולות החורשה (0-10, 10-30 ו-30-60 מטר), גובה עצים (S נמוך, T גבוה), סימני רעייה (N אין סימנים, Y יש סימנים), תצורת צומח (G עשבוניים, W שיחים, F יערות), משתנים נוספים מכורטים בטבלה 3. LogWorth מצייין ערך מוחלט עבור לוג המובהקות (p-value). ממוצעים ללא אות משותפת שונים במובהק. ns לא מובהק. במקרים שישנה אינטראקציה בין משתנים (*), ערך המובהקות בין הרמות השונות נקבע במבחן Steel-Dwass 0.05.

איור 2

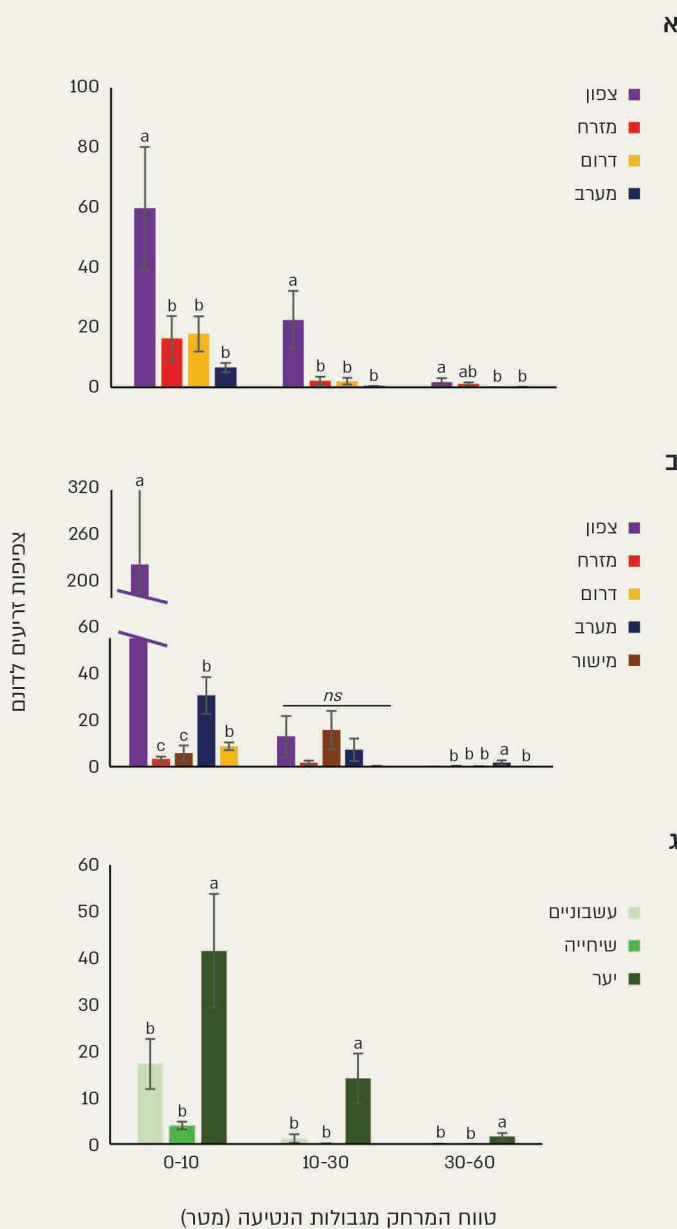
צפיפות זריעים בחלוקה לשתי קבוצות גודל (קטנים וגדולים) באקלים הים תיכוני ובאקלים הצחיח למחצה ובארבעה טווחי מרחק מגבולות הנטיעה (0-10) מטר בתוך גבולות הנטיעה, 10-0, 30-10 ו-60-30 מטר מחוץ לגבולות הנטיעה). ממוצעים ללא אות משותפת שונים במובהק (Steel-Dwass 0.05).



איור 3

צפיפות הזריעים בטווחי מרחק שונים מגבולות העומד ובהשפעת שנות

המדידות נערכו בטווחים של 0-10, 10-30 ו-60-30 מטר. (א) כיוון הפאה של החלקה ביחס לעומד; (ב) המפנה של המדרון; (ג) תצורת הנף של הצומח. ממוצעים ללא אות משותפת שונים במובהק (Steel-Dwass 0.05).



מסלע רך ורמת סלעיות גבוהה. התרומה של גיוון השטח לפוטנציאל גיוס הצאצאים עולה גם מתוך האינטראקציה שנמצאה בין רמת סלעיות גבוהה לרעייה. בהיעדר סימני רעייה, צפיפות הזרעיים הייתה 15.5 ± 3.4 לדונם, גבוהה במובהק מזו שבחלקות שנמצאו בהן סימני רעייה בשטח (3.9 ± 0.7) זרעיים לדונם), אולם השפעת הרעייה פחתה ברמת סלעיות גבוהה (נוכחות רעייה*רמת סלעיות גבוהה 5.4 ± 1.3 זרעיים לדונם, נוכחות רעייה*רמת סלעיות נמוכה 3.4 ± 0.8 זרעיים לדונם). גיל מבוגר של העומד השפיע באופן חיובי ובמובהק על צפיפות הזרעיים הגדולים, אבל לא על צפיפות הזרעיים הקטנים. צפיפות הזרעיים הגדולים בחורשות ותיקות הייתה גבוהה פי שישה מאשר בחורשות צעירות (איור 6). לסיכום, פוטנציאל גיוס צאצאים גבוה (הישרדות הנבטים והגעתם לבגרות) נמצא בתנאים של הצללת המכנה הצפוני של החורשות, במכנים צפוניים של המדרון, על גבי מדרונות מתונים, תחת צמחייה מפותחת, ובמקום פני שטח מגוון (סלעיות ואבניות). כצפוי, עומד מבוגר השפיע על ביסוס זרעיים גדולים, בייחוד על גבי מסלע רך וברמת סלעיות גבוהה.

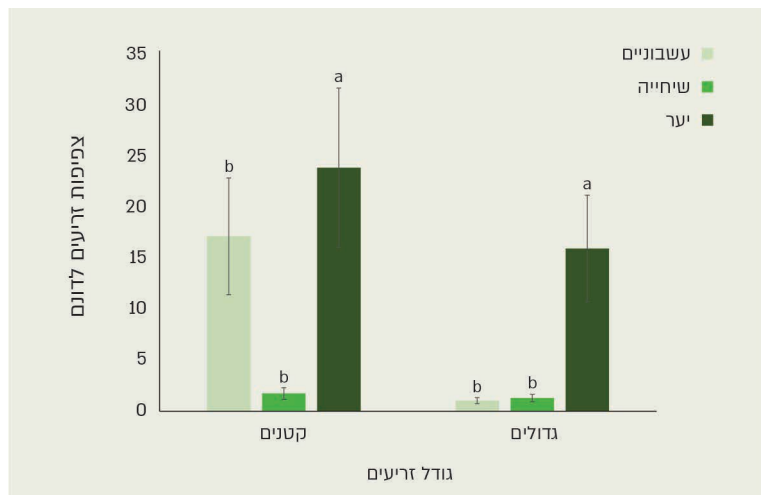
אינטראקציה של תצורת הנוף של הצומח וגודל הזרעיים: צפיפות הזרעיים הגדולים הייתה גבוהה יותר ביערות בהשוואה לתצורות הצומח הנמוכות יותר, ואילו צפיפות הזרעיים הקטנים הייתה גבוהה יותר בתצורת הצומח של מרעה עשבוני (איור 4). שיעור הזרעיים הגדולים ביחס לזרעיים הקטנים בתצורת הנוף של יער, שיחיה ועשבוניים היה 0.66 , 0.74 ו- 0.05 בהתאמה, עובדה המצביעה על סיכויי הישרדות גבוהים יותר בתצורת צומח גבוהות.

צפיפויות זרעיים גבוהות נמצאו בתנאי רב-גוניות של פני השטח (איור 5). הרב-גוניות באה לידי ביטוי באינטראקציה שבין רמת הסלעיות בהינתן רמות שונות של שיפוע ואבניות. צפיפות רבה יותר של זרעיים נמצאה בתנאים של רמת סלעיות גבוהה בהינתן שיפוע מדרון מתון ורמת אבניות נמוכה.

סוג המסלע ורמת הסלעיות נמצאו באינטראקציה עם גיל העומד (סוג המסלע*גיל, איור 6; רמת סלעיות*גיל, איור 6). נמצא, שצפיפויות זרעיים גדולות אפיינו חורשות ותיקות,

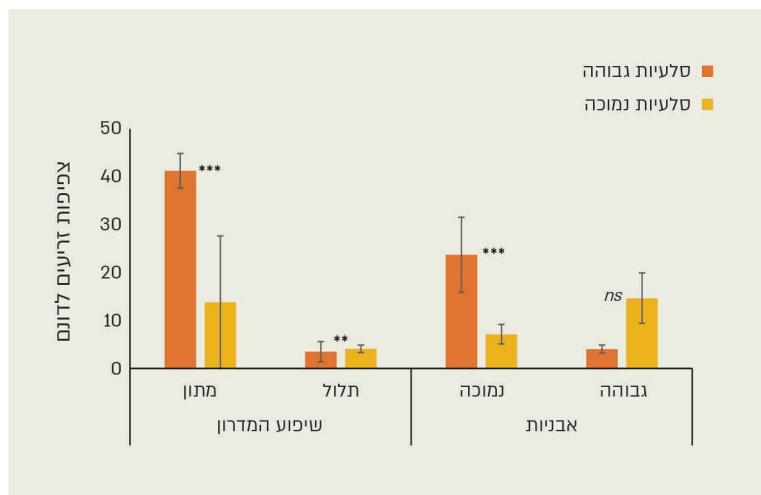
איור 4

צפיפות הזרעיים בחלוקה לגודל ולתצורת נוף
נבדקו שתי קבוצות גודל (קטנים וגדולים) ושלוש תצורות הנוף של הצומח (עשבוניים, שיחיה ויער). ממוצעים ללא אות משותפת שונים במובהק (Steel-Dwass 0.05).



איור 5

השוואת צפיפות הזרעיים בין רמת סלעיות גבוהה לנמוכה בהינתן רמות שיפוע ואבניות משתנים
נבדקו שתי רמות סלעיות (גבוהה ונמוכה) בשתי רמות של שיפועים (תלול ומתון) ובשתי רמות של אבניות (גבוהה ונמוכה). $p < 0.01 = **$, $p < 0.0001 = ***$, לא מובהק לפי מבחן Steel-Dwass 0.05.



דין

טטרקליניס מפריק – פולש-על באזורים יובשניים

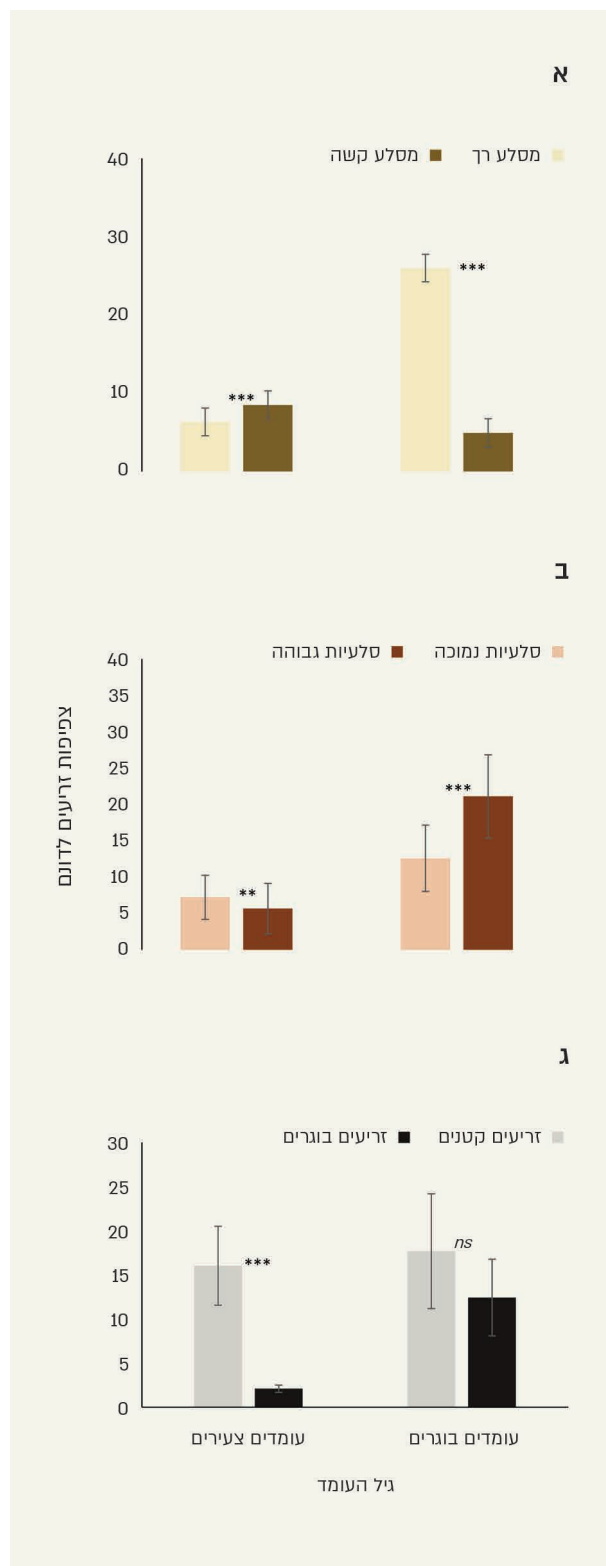
שיחים ועצים פולשים טיפוסיים ידועים כמהירי צימוח ואוהבי אור, והם מנצלים את ההפרעות בבתי הגידול כדי לחמוק מתחרות ולהתנחל בהם (Catford et al., 2012). שלא כמו המעוצים המקומיים, הפולשים מתקשים לגייס צאצאים בעקות יובש וצל. המחקר שלנו מציע שטטרקליניס מפריק, שמוצאו ממערב הים התיכון, חולק תכונות מתכנסות עם המעוצים המקומיים במזרח הים התיכון. כמו מעוצים ים תיכוניים המותאמים ליובש וגדלים לאט (Capitanio and Carcaillet, 2008; Lopez-Iglesias et al., 2014), טטרקליניס מפריק מצליח להתנחל בבתי גידול המצויים בשלבי סוקצסיה מתקדמים בעקת צל של צמחייה מפותחת. הממצאים שלנו תואמים דיווחים קודמים על התאמה של טטרקליניס מפריק לצל (Padilla et al., 2009).

מהי התכונה שמאפשרת למעוצים מסוימים התאמה לצל ומקילה על ההתנחלות בתנאי סוקצסיה מתקדמים? לאחרונה הוצע, שמינים אלה, הגדלים לאט, נהנים ממשק פחמן חסכוני יותר מזה של מעוצים פולשים טיפוסיים ושל מעוצים מקומיים. המונח פולשי-על (superinvaders) הוצע כדי להבדיל בין צמחים מעוצים פולשים המתנחלים בשלבי סוקצסיה מתקדמים, לצמחים מעוצים פולשים טיפוסיים המתנחלים בתנאי הפרעה. פולשי-על גדלים מהר יותר בהשוואה למינים מקומיים בתנאי אור, אבל עדיין מסוגלים לגדול במגוון תנאים של בתי גידול ובעקת צל (Friedley et al., 2023). בשנים האחרונות גוברת ההתעניינות בפולשי-על, אך מרבית המידע מגיע מאזורים טרופיים וממוזגים, שנדרשת בהם התאמה לצל אך לא ליובש. ככל הידוע לנו, הפנוטיפ של פולשי-על במינים מעוצים לא היה מוכר עד כה באזורים היובשניים.

מאפיין משותף בולט לפנוטיפ של פולשי-על הוא שמלבד ההתאמה לצל, המינים האלה מייצרים כמויות גדולות של זרעים ביחס למינים המקומיים. לדוגמה, אורן ירושלים מייצר בממוצע 17,000 זרעים לעץ בוגר (Nathan and Muller-Landau, 2000). הגידול בייצור הזרעים של טטרקליניס מפריק גדל עם גיל העץ באופן מעריכי, ועץ בן 35 (הגיל הממוצע של העצים במחקר זה) מייצר 120,000 זרעים לשנה (קרוא, 2018). לחץ ההפצה ידוע כגורם מרכזי בהצלחת פלישות ביולוגיות (Simberloff, 2009).

חכם בשמש

שיחים ועצים מקומיים באזורים היובשניים מתפתחים טוב יותר בנישות נביטה, שמספקות לצמחים הצעירים מחסה מפני היובש, ולעיתים גם הגנה מפני שרפות ורעייה. מפנים



איור 6

צפיפות הזרעים בחלוקה לעומדים צעירים ובוגרים ובהשפעות שונות

(א) סוג המסלע; (ב) רמת סלעיות; (ג) גודל הזרעים. $p < 0.0001 = ***$, $p < 0.01 = **$, ns לא מובהק לפי מבחן Steel-Dwass 0.05.

ההתנחלות, משום שעצים מפותחים של טטרקליניס פוריים יותר (קרוא, 2018), ופוטנציאל ההפצה של זרעים מופצי רוח גדל עם גובה העצים (Nathan et al., 2002). אחת השאלות שנתרו פתוחות בעקבות המחקר הנוכחי היא אם ניתן להסיק מסקנות באשר למעמד הדמוגרפי של המין טטרקליניס מפריק בתחום התפוצה הטבעי שלו במערב הים התיכון, בהתבסס על התפשטותו המהירה בתחום התפוצה החדש במזרח הים התיכון. כיצד ייתכן שמין הנחשב בסכנת הכחדה בבית גידולו המקורי, מצליח להשתלט ולשגשג בסביבה חדשה? היכולת הגבוהה של טטרקליניס מפריק לנבוט באקלים ים תיכוני, בניגוד למצב באקלים צחיח למחצה, כפי שהתגלה במחקר הנוכחי, מחזקת את החשש שהתחממות האקלים וההצחחה במערב הים התיכון יובילו לצמצום בשפע ובתפוצה של המין הזה באזור (Zamrani et al., 2023).

המלצות ליבוא ולאקלום של שיחים ועצים לנטיעות

נראה שהיכולת לחזות את הפלישה של הטטרקליניס בישראל היא בגדר הערכת בדיעבד. בהערכת פלישה קודמת של טטרקליניס מפריק בדרום אפריקה הוא סווג כפולש חלש (Richardson and Rejmanek, 2011); אוכלוסיות גדולות בתחום תפוצתו הטבעי נתונות לסכנת הכחדה בעקבות הפעילות האנושית; אין עליו מידע מבוסס כצמח פולש במקומות אחרים בעולם; הוא גדל לאט, ומתבגר לאט. אי לכך, המלצת המחקר הנוכחי ביבוא ובאקלום של שיחים ועצי נטיעות היא להביא בחשבון את הסיכון הקיים ביבוא מינים המתאפיינים בפנוטיפ פולשי-על, ובעיקר זה הכולל את מערכת התכונות הבאה: מתאימים ליובש, מתפתחים בטווח תאורה רחב (מותאמים לצל ובייחוד להצללה תחרותית), מייצרים כמויות גדולות של זרעים, מוצאם מאזור אקלימי דומה. להבדיל מפולשים טיפוסיים, פולשי-על מתנחלים ומתבססים בחברות צומח מפותחות (שיחיה, חורש, יער) ללא תלות בהפרעה, ולכן האיום שלהם על משאבי הטבע והנוף האופייניים גדול יותר. יתרה מכך, איתור הזרעים בצמחייה מפותחת מוגבל, והטיפול עלול להיות יקר בגלל תנאי הנגישות הקשים.

המלצות לממשק

טטרקליניס מפריק, שעד לא זמן היה מוכר כמין בסכנת הכחדה בתחום תפוצתו הטבעי במערב הים התיכון, מתרבה ומשגשג בתחום תפוצתו החדש במזרח הים התיכון. ממצאי המחקר מראים שעוצמת ההתפשטות נמוכה באקלים הצחיח למחצה, שם המין התאזרח; לעומת זאת, באקלים הים תיכוני המין מתנחל ומעמיד צאצאים פוריים בכמות רבה ובמרחק מעצי האם, ועל כן יכול להיחשב למין פולש. מיגור זרעים החורגים מגבולות הנטיעה חיוני לשמירה על בריאות היערות הנטועים ועל תצורות הצומח הטבעיות של

צפוניים (Osem et al., 2015; Osem and Moshe, 2021), מדרונות מתונים (Gómez-Aparicio et al., 2005), רמה גבוהה של סלעיות או אבניות (Janzen, 1971; Fowler, 1988; Smit et al., 2006; Henkin et al., 2011; Preisler et al., 2019), מסלע רך (Osem and Moshe, 2021) ומחסה תחת צמחייה מפותחת (Ziffer-Berger et al., 2017) ידועים כ"מקלטים אקלימיים" לגיוס צאצאים בחורש הים תיכוני. אף על פי שהטטרקליניס ידוע כעץ מותאם ליובש, ממצאי מחקר זה מראים שהוא גם מתחמק מיובש ומגייס צאצאים בנישות נביטה שמספקות לו מחסה והגנה. צפיפויות גבוהות של זרעים גדולים אכן נמצאו בזיקה למרכיבי הנוף הבאים: מפנה צפוני של העומדים, מפנים צפוניים של המדרונות, מדרונות מתונים, רמת סלעיות או אבניות גבוהה, היעדר סימנים לרעייה ותצורת נוף צומח של יער. נוסף על כך, הממצאים הראו שהיחס הגבוה ביותר בין הפרטים הבוגרים לפרטים הצעירים נמצא ביערות, גבוה במעט מאשר בשיחיה מפותחת, אך בסדר גודל יותר מאשר בתצורת נוף של עשבונים. המשמעות היא, שעל אף שיעור הנביטה הגבוה בתצורת נוף של עשבונים, שיעור הישרדות הנבטים נמוך יחסית לתצורות הצומח המפותחות. שיעור הנביטה הגבוה קשור כפי הנראה להיעדר חספוס של פני השטח, ולכן פוטנציאל ההפצה על ידי הרוח חזק יותר.

הגיל קובע

הזמן שעובר ממועד ההגעה של מינים זרים או לחלופין ממועד הנטיעה (residence time), ידוע כגורם מרכזי בהצלחת פלישות ביולוגיות (Pyšek et al., 2009). גיל העומד נמצא כגורם מובהק שמשפיע על התנחלות זרעים מחוץ לגבולות הנטיעה. יחסי הגומלין שבין המשתנה של גיל העומד, סוג המסלע, רמת הכיסוי של הסלעים וגודל הזרעים, מלמדים שתופעת הפלישה מתעצמת עם הזמן, ובייחוד על גבי מסלע רך וברמת סלעיות גבוהה.

דומה מושך דומה

מינים זרים מצליחים לפלוש טוב יותר באזורי אקלים הדומים לאלה שבתחום התפוצה הטבעי שלהם (תאוריית שימור הנישה), אבל מגמה זו חלשה יותר במקרים של נטיעות, ובייחוד אצל עומדים צעירים (Liu et al., 2020). הממצאים שלנו אכן מתאימים לתאוריית שימור הנישה. בתחום התפוצה הטבעי של הטטרקליניס משך העונה הלחה וכמות המשקעים הם הגורמים הראשונים המשפיעים על התפתחות העומדים (Zemrani et al., 2023). ממצאי המחקר הנוכחי מראים שעומדי היער הנטוע של טטרקליניס באקלים הים תיכוני היו מפותחים יותר מאשר באקלים הצחיח למחצה, והיקף ההתנחלות מחוץ לגבולות הנטיעה היה גבוה יותר בהיקף, בגודל ובכמות של הזרעים. ביצועי הגידול של העומד משפיעים באופן ישיר על פוטנציאל

והאקולוגית) של הטיפולים, ולא מן הנמנע, שבחלק מהמקרים יימצא שמשלם יותר לטפל במקור הזרעים מאשר בזרעים עצמם, קרי לדלל עומדים ואף להחליפם במיני יער אחרים. רעייה נמצאה כגורם מובהק שמצמצם את צפיפות הזרעים, והיא משמשת כלי ניהולי לדילול ביומסה ביערות. אף על פי שלא נמצאה אינטראקציה מובהקת של הרעייה עם האקלים, נציין שממדי ההתנחלות מחוץ לגבולות הנטיעה באקלים צחיח למחצה היו מעטים ביותר ובייחוד בתנאי רעייה. מומלץ לבחון את הרעייה ככלי ממשקי לדילול זרעים של טטרקליניס, בייחוד באקלים הצחיח למחצה.

הארץ. מיגור הזרעים צריך להיעשות קודם כול באקלים הים תיכוני, ולאחר מכן גם באקלים הצחיח למחצה. דגש מיוחד לטיפול בזרעים צריך להינתן בשטחים הסמוכים לצמחייה מקומית מפותחת ובקרבה לשטחים בנגישות קשה, כמו מצוקים, ערוצים ושדות מוקשים.

טטרקליניס מפריק גדל לאט ומתבגר לאט, ונראה שטיפול תדיר, אחת לעשר שנים עשוי לספק את ההגנה הנחוצה להגנת הצומח והיער מפני פלישה. מיגור זרעים כרוך בעלויות כספיות, ולא זו בלבד, אלא שריבוי הזרעים צפוי לגדול עם התבררות העומדים. לנוכח היקף הנטיעות הרחב של טטרקליניס מפריק באקלים הצחיח למחצה של ישראל, קק"ל תצטרך לבחון את היעילות והעלות (הכספית

מקורות

- Fridley JD, Bellingham PJ, Closset-Kopp D, Daehler CC, Dechoum MS, Martin PH, et al. 2023. A general hypothesis of forest invasions by woody plants based on whole-plant carbon economics. *Journal of Ecology*, 111(1), 4–22.
- Gómez-Aparicio L, Gómez JM, Zamora R, and Boettinger JL. 2005. Canopy vs. soil effects of shrubs facilitating tree seedlings in Mediterranean montane ecosystems. *Journal of Vegetation Science*, 16(2), 191–198.
- 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.
- Henkin Z, Ungar ED, and Dolev A. 2012. Foraging behaviour of beef cattle in the hilly terrain of a Mediterranean grassland. *The Rangeland Journal*, 34(2), 163–172.
- Janzen DH. 1971. Seed predation by animals. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 2(1), 465–492.
- Liu C, Wolter C, Xian W, and Jeschke JM. 2020. Most invasive species largely conserve their climatic niche. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(38), 23643–23651.
- Lopez-Iglesias B, Villar R, and Poorter L. 2014. Functional traits predict drought performance and distribution of Mediterranean woody species. *Acta Oecologica*, 56, 10–18.
- Middleton NJ and Thomas DS (Eds). 1992. *World Atlas of Desertification*. Luxembourg: Publication Office of the European Union.
- Nathan R and Muller-Landau HC. 2000. Spatial patterns of seed dispersal, their determinants and consequences for recruitment. *Trends in Ecology and Evolution*, 15(7), 278–285.
- Nathan R, Horn HS, Chave J, and Levin SA. 2002. Mechanistic models for tree seed dispersal by wind in dense forests and open landscapes. Third International Symposium–Workshop on Frugivores and Seed Dispersal, São Pedro (Brazil), August 2000 (pp. 69–82).
- <https://ims.gov.il/he/>. **אטלס האקלים**. 2021. השרות המטאורולוגי הישראלי. [ClimateAtlas](https://ims.gov.il/he/)
- מדמוני ע, איזנבנד א וריוב י. 2011. התפתחות טטרקליניס מפריק באזורים שונים בארץ. **יער**, 12, 37–45.
- פוצ'טר ע וסערני ה. 1998. בחינת מפת אזורי האקלים של ארץ-ישראל על פי מיון קפן. **מחקרים בביאוגרפיה של ארץ-ישראל**, ט"ו, 179–194.
- קרוז ח. 2018. התנחלות מין עץ גר – טטרקליניס מפריק, בחורש ים תיכוני בישראל (עבודת גמר לתואר שני). רחובות: האוניברסיטה העברית בירושלים.
- שמשי ב, רון מ, בן-נתן ד ופרלברג א. 2021. **מדריך למיפוי צומח בישראל: מהדורה מעודכנת ומאוחדת לצומח הים-תיכוני ולצומח המדבר**. מוזיאון הטבע ע"ש שטיינהרדט ומכון דש"א.
- Capitanio R and Carcaillet C. 2008. Post-fire Mediterranean vegetation dynamics and diversity: A discussion of succession models. *Forest Ecology and Management*, 255(3–4), 431–439.
- Catford JA, Daehler CC, Murphy HT, Sheppard AW, Hardesty BD, Westcott DA, et al. 2012. The intermediate disturbance hypothesis and plant invasions: Implications for species richness and management. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 14(3), 231–241.
- Erskine-Ogden J, Grotkopp E, and Rejmánek M. 2016. Mediterranean, invasive, woody species grow larger than their less-invasive counterparts under potential global environmental change. *American Journal of Botany*, 103(4), 613–624.
- Esteve Selma MA, Montoya P, Moya JM, Miñano J, Hernández I, Carrión JS, et al. 2017. *Tetraclinis articulata*: Biogeography, ecology, threat and conservation. Directorate General of Natural Environment. Project Life 13 NAT/ES/000436 (in Spanish, abstract in English) pp. 1–248.
- Fowler N. 1988. What is a safe site?: Neighbor, litter, germination date, and patch effects. *Ecology*, 69(4), 947–961.

- Richardson DM and Rejmánek M. 2011. Trees and shrubs as invasive alien species – A global review. *Diversity and Distributions*, 17(5), 788–809.
- Rourke JP. 1991. *Tetraclinis articulata*, a hitherto unrecorded naturalized alien conifer in South Africa. *Bothalia*, 31, 62–64.
- Simberloff D. 2009. The role of propagule pressure in biological invasions. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 40, 81–102.
- Smit C, Gusberti M, and Müller-Schärer H. 2006. Safe for saplings; safe for seeds? *Forest Ecology and Management*, 237(1–3), 471–477.
- Vilà M, Siamantziouras ASD, Brundu G, Camarda I, Lambdon P, Médail F, et al. 2008. Widespread resistance of Mediterranean island ecosystems to the establishment of three alien species. *Diversity and Distributions*, 14(5), 839–851.
- Yang X, Li L, Lv X, Luo W, Li D, Liang C, et al. 2021. Closed-canopy tropical forests of Hainan, (China) are resilient against invasive herbs and shrubs. *Forests*, 12(11), 1596.
- Zemrani M, Camarero JJ, Valeriano C, Rubio-Cuadrado A, Fulé PZ, Diaz-Delgado R, et al. 2023. Site-contingent responses to drought of core and relict *Tetraclinis articulata* populations from Morocco and Spain. *Dendrochronologia*, 80, 126103.
- Ziffer-Berger J, Weisberg PJ, Cablk ME, Moshe Y, and Osem Y. 2017. Shrubs facilitate pine colonization by controlling seed predation in dry Mediterranean dwarf shrublands. *Journal of Arid Environments*, 147, 34–39.
- Osem Y, Fogel T, Moshe Y, and Brant S. 2015. Managing cattle grazing and overstorey cover for the conversion of pine monocultures into mixed Mediterranean woodlands. *Applied Vegetation Science*, 18(2), 261–271.
- Osem Y and Moshe Y. 2021. From first generation of pine monocultures to mixed-forest ecosystems: Biotic and abiotic determinants of pine forests' dynamics in Mediterranean Israel. In: Ne'eman G, Osem Y (Eds). *Pines and Their Mixed Forest Ecosystems in the Mediterranean Basin*. Springer (Cham). pp. 679–699.
- Padilla FM, Miranda JDD, Ortega R, Hervás M, Sánchez J, and Pugnaire FI. 2011. Does shelter enhance early seedling survival in dry environments? A test with eight Mediterranean species. *Applied Vegetation Science*, 14(1), 31–39.
- Pheloung PC, Williams PA, and Halloy SR. 1999. A weed risk assessment model for use as a biosecurity tool evaluating plant introductions. *Journal of Environmental Management*, 57(4), 239–251.
- Preisler Y, Tatarinov F, Grünzweig JM, Bert D, Ogée J, Wingate L, et al. 2019. Mortality versus survival in drought-affected Aleppo pine forest depends on the extent of rock cover and soil stoniness. *Functional Ecology*, 33(5), 901–912.
- Pyšek P, Křivánek M, and Jarošík V. 2009. Planting intensity, residence time, and species traits determine invasion success of alien woody species. *Ecology*, 90(10), 2734–2744.
- Richardson DM and Rejmánek M. 2004. Conifers as invasive aliens: A global survey and predictive framework. *Diversity and Distributions*, 10(5–6), 321–331.



טטרקליניס מפריק ביער נווה אילן, וסביבו זרעים בוגרים פוריים, 2024
צילום: עודד כהן



בתרונות בארי, זיכרון עוטף
רותם ברקוביץ



אוכלוסיית עצי שקד בשטחי הבור ושיקומם – גן לאומי ציפורי כדוגמה

איתי גוירצמן¹ | מיכאל מניס¹ | אסלן חורש² | שאול בן יהודה³ | רונזה אמרה⁴
עומר גולן⁵ | צביקה מנדל^{6*}

- 1 מושב ציפורי
- 2 עמותת האילנאים
- 3 מרכז חקלאי העמק, מגדל העמק
- 4 המחלקה להנדסת הצומח, תחום משאבי הסביבה, שה"מ, משרד החקלאות ופיתוח הכפר
- 5 אגף הייעור, קק"ל
- 6 המכון להגנת הצומח, מנהל המחקר החקלאי-מכון וולקני
- * zmendel@volcani.agri.gov.il

תקציר

השנים האחרונות בחודשים אוקטובר ונובמבר פחתה באופן קיצוני, וטמפרטורת המינימום בשנה בחודשים הללו עלתה באופן ניכר. שינויים בחודשים הללו משקפים את התארכות הקיץ, ויש להם השפעה שלילית על העצים. סביר שבחלק מעצי השקד, בעיקר מבין הקשישים שבהם, מערכת השורשים נפגעה כבר באופן כה קשה, ואינה בת-שיקום. לעומתם, במצבם של העצים הבוגרים, שהאיום של גורמים ביוטיים עיקריים הוסר מהם, לפחות באופן זמני, ניכר שיפור מסוים. הממצאים עשויים להנחות מתווים דומים של ניסיונות לשיקום עצי שקד במקומות נוספים, שקיימות בהם תופעות כמו בציפורי.

מטרת המחקר היא להעריך את קבוצות הגורמים הפוגעים בבריאות עצי השקד בשטחי הבור סמוך ליישוב ציפורי, ולהציע דרכי פעולה לשיפור מצב העצים, שרבים מהם במצב חמור, ואחרים כבר התנוונו ומתו. העצים חולקו לשלוש קבוצות גיל – צעירים, בוגרים וקשישים. קביעת קבוצות הגיל הסתמכה על ההבדלים בקוטר הגזעים ובמצבם הפיזי. נמצאו הבדלים ברורים בבריאות המוערכת ובבריאות המחושבת בין קבוצות הגיל, שנקבעה על סמך מצב בריאות צוואר השורש, הימצאות גופי פרי של פטריות וריקבנות. מצב הבריאות היה חמור בעיקר בעצים הקשישים. מבין הגורמים הביוטיים, נראה שהפעילות המרבית היא של קפנודיס אפל. לא ניכרה פעילות של מיקרואורגניזמים פתוגניים. נרשמה פעילות מצטברת קשה של חיפושיות נוברות עץ בעצים הקשישים. בעת הסקר נמצא כי הפעילות העכשווית של הנוברים הייתה מעטה בכל קבוצות הגיל. בריאותם של עצים בוגרים שטופלו בשילוב של גיזום וריסוס השתפרה מעט. ציון בריאותם הממוצע של עצים קשישים שטופלו ושלא טופלו – הורע. סביר להניח שלשינוי האקלים יש השפעה על כך. למשל, כמות המשקעים הממוצעת בציפורי בארבע

מילות מפתח

בריאות עצים, נוברי עץ, קפנודיס, שטחים פתוחים, שינוי האקלים

רקע

המחשיבים את השקד כסוג *Prunus*, מתייחסים אליו כתת-סוג *Amygdalus*. מוצאו של השקד המצוי במזרח הים התיכון, והוא נפוץ מישראל וירדן ועד לדרום טורקיה, שם הוא גדל בר, ונחשב לתת-מין קטן-עלים של שקד מצוי (שקד קטן-עלים). אזור התפוצה הטבעי של השקד הוא, כנראה, מזרח הים התיכון ומערב אסיה. פרי השקד המצוי התרבותי אינו רעיל הודות למוטציה גנטית שכיחה שגורמת להיעדר גליקוזיד אמיגדלין, ופרטים המציגים מוטציה זו גדלו כבר על ידי החקלאים הקדומים (Ladizinsky, 1999). השקד נחשב לאחד מעצי הפרי התרבותיים המוקדמים ביותר (ליפשיץ וביגר, 1998), והוא תורבת במזרח הקרוב כבר בתקופת הברונזה הקדומה (3000–2000 לפני הספירה) (Zohary and Maria, 2000). עם זאת, ממצאים גנטיים מרמזים שטיפוח השקד שגלעיניו אינם מרים החל כבר לפני כ-12,000 שנה (Sanchez-Pérez et al., 2019). שקד מצוי בר מופיע בחבל הים תיכוני בעיקר כפליט תרבות באזורי טקסות נטושות, ולעיתים נדירות הוא מופיע כחלק מהחורש. הוא גדל בגליל, בכרמל, בשומרון וביהודה. גילם של עצי שקד מגיע לעשרות שנים. לעיתים עץ שקד שנראה כמת, יכול לבלב מחדש משורשיו הפריפריאליים (אורי פרגמן-ספיר, מידע אישי).

הדרישה לפרי העץ והעובדה שקל להעביר את הפרי תוך שמירה על חיוניותו, המריצו את התפשטות העץ (Rieger, 2006; Zohary et al., 2012). ההתחדשות הטבעית השכיחה מזרעים הגבירה את השונות הגנטית של השקד. לשקד שורשים עמוקים, והוא נחשב עמיד ליובש (Gerbi et al., 2021). עם זאת, לשינוי האקלים ולהתחממות המשמעותית בעשורים האחרונים יש ודאי השפעה שלילית על הישרדות העצים, בעיקר בשטחי בור שאינם מושקים. קשה להבחין כיום בארץ בין עצי שקד שזרעם מרוהם פליטי תרבות, לבין פרטים שהם בני-כלאיים של שקד הבר עם השקד התרבותי (דנין ופרגמן-ספיר, 2016).

האיומים הביוטיים על עצי השקד בשטחי הפתוחים

המזיקים הקשים המאיימים על הישרדות עצי השקד בשטחי הבר הם ברובם חיפושיות נברות עץ: שני מיני ברקניות (Buprestidae), קפנודיס אפל (*Capnodis tenebrionis*) וקפנודיס השקד (*C. carbonaria*), חיפושית הקליפה של השקד (*Scolytus amygdali*) ומינים שונים של יקרוניות (Cerambycidae), לרוב יקרונית השקד (*Cerambyx dux*) (Mendel et al. 1998; Ben-Yehuda et al., 2000). מיני חיפושיות אלה מעצימים את פעילותם על רקע הרעת משטר המים (Mendel et al., 1998). מיני הקפנודיס תועדו כאיום מרכזי של מטעי השקד

לעצי שקד מצוי (*Amygdalus communis*) יש חשיבות נופית רבה בשטחים הפתוחים. לדוגמה, פריחתם המרהיבה באזור ציפורי הופכת אותו לאטרקציה תיירותית, המושכת מטיילים רבים שעוברים בו בדרכם על שביל ישראל החוצה את המרחב, בסינגל האופניים שעובר דרך הבוסתנים העתיקים, או בשטח הגן הלאומי ציפורי. השקד הוא חלק בלתי נפרד מנופה של ציפורי, ונוף הבוסתנים אופייני לאזורים רבים בצפון הארץ ובאזור ירושלים. תרומתם של עצי השקד למערכת האקולוגית חשובה ביותר, כיוון שהם משמשים למרעה לדבורים, ענפיהם משמשים מחסה ובית לציפורים, ופירותיהם נאכלים על ידי בעלי חיים ובני אדם. בעצי השקד שוכנים גם מזיקי השקד במטעים (כמו צרעת השקד [*Eurytoma amygdali*]), אך גם אויבים טבעיים של המזיקים.

על רקע תצפיות שהעידו על התדרדרות במצב הבריאות של עצי שקד מצוי הגדלים בר בשטחי הבור במקומות שונים בארץ, התגבשה תוכנית מחקר שהתמקדה בעומדי השקד סביב היישוב ציפורי.

מטרות תוכנית המחקר היו: (א) להציג תמונת מצב של אוכלוסיית עצי השקד במקום; (ב) לברר את הגורמים הביוטיים המעורבים בהתנוונות העצים; (ג) לבחון אם מהלכים לשיקום והתערבות במערכת יסייעו להגדיל באופן משמעותי את סיכויי הישרדותם ושגשוגם של עצי השקד במרחב הנחקר.

היוזמה לפעילות הייתה של אנשי ציפורי מבין המחברים, וחברו אליהם אנשי הגנת הצומח המתמחים בעצי פרי נשירים משה"מ, מכון וולקני, המדור להגנת היער בקק"ל והשירותים להגנת הצומח. הכוונה הייתה שבסוף התהליך נוכל להציע שיטת ממשק שתאפשר לשקם את אוכלוסיית העצים האלה בשטחים הפתוחים, תוך הבחנה בין מצבי בריאות שונים והאמצעים הנדרשים להינקט בכל מצב. ראוי להדגיש שטרם בוצע מהלך דומה בארץ הבוחן באופן ממוקד את מצב אוכלוסיית עצי השקד בבתי גידול כאלה ואת הניסיון לשקמם.

היבט היסטורי

שקד מצוי (*Amygdalus communis*) מוכר גם בשמות המדעיים *Prunus amygdalus*, *Prunus dulcis* ו-*Amygdalus dulcis*. השקד משתייך לתת-משפחת Prunoideae במשפחת הוורדיים (Rosaceae). אלה

רבים. התצפיות שביצענו בשטח בתחילת המחקר העידו שרבים מהעצים הקשישים נפגעו ממספר מזיקים אלימים, ומעל ל-50% מכלל מהעצים הקשישים מתו לא מכבר.

שיטות

בחירת שטח המחקר

המחקר התבצע בשנים 2019–2022. כיוון שלא ברור מי הם המזיקים הפוגעים בפרטים הבוגרים והקשישים באוכלוסיית עצי השקד בציפורי, התבצע סיורי הכנה בשטח שהמחקר מיועד להתמקד בו כדי להעריך את קבוצות הגורמים שעלולים לפגוע בבריאות העצים, ולהציע דרכי פעולה. לדוגמה, בעצים הפגועים נמצאה פעילות חוזרת של חיפושיות מכמה משפחות של ברקניות, יקרוניות, חיפושיות קליפה וזבליות. הפרטים נלקחו להגדרה. בשלב זה הועלתה האפשרות שנוכחות הנזרים האלה היא סימן למצבם הקשה של העצים, ולא בהכרח הגורם הישיר או העיקרי שהביא להתדרדרות בבריאותם.

סדר הפעולות שהתבצעו

תחילה מופה השטח כדי לאפיין את מבנה הגילים של אוכלוסיית עצי השקד באזור. גודלו של השטח הוא כ-50 דונם, וגדלים בו כ-250 עצי שקד. כל עץ שנדגם סומן באמצעות ברקוד. פעולה זו אפשרה מעקב הדוק אחר נתוני המיפוי וקביעת הטיפולים, ובהמשך אחר נתוני בריאות העצים וניטור הפגעים במהלך המחקר. עם תחילת ניטור חיוניות העצים נקבע מדד הבריאות של העצים על פי מאפיינים שיפורטו בהמשך. במקביל התבצע זיהוי של הגורמים הפוגעים בעצים, ובכלל זה הגדרה טקסונומית של המינים המעורבים. בתום השנה הראשונה התבצעו טיפולים פיזיים הנדרשים לשיקום העצים, והתבצע שימוש בתכשירי הדברה במקרים שנדרשה התערבות דרסטית (כמפורט להלן). בהמשך התבצע מעקב אחר השינוי בבריאות העצים תוך השוואה בין עצים שטופלו ועצים ללא טיפול. המשתנים הקשורים להערכה חזותית נקבעו בהסכמה של לפחות ארבעה סוקרים מבין שותפי המחקר.

המשתנים

- גיל העץ – הערכה על פי קוטר הגזע והמבנה שלו. העצים חולקו לשלוש קבוצות גיל: צעירים, בוגרים וקשישים. השיוך של עץ מסוים לקבוצת הגיל, בעיקר בהבחנה בין העצים הבוגרים לקשישים, הסתמך לא רק על קוטר הגזע אלא גם על סימני בליה אופייניים (כמו רטידום רופף, גוון דהוי של צבע קשקשי הקליפה) ועל ניסיונם של אנשי ציפורי שהשתתפו במחקר.
- קוטר הגזע הראשי או העיקרי – מדידה (ס"מ) בגובה

בארץ כבר במחצית הראשונה של המאה ה-20 (Ladizinsky, 1999).

שלושה מיקרואורגניזמים עלולים לפגוע בבריאות עצי השקד. א. נמטודות עפצים, בעיקר המין *Meloidogyne javanica* (הולנד ושות', 2016); ב. גידולים הנוצרים על ידי החיידק *Agrobacterium tumefaciens*, המנצל פציעות, בעיקר במערכת השורשים ובצוואר השורש (מנוליס-ששון וצרוך, 2021); ג. חיידק הקסיללה (*Xylella fastidiosa*, שהתבסס בישראל בעשורים האחרונים (Zecharia et al., 2022).

המחלה almond leaf scorch הנגרמת על ידי הקסיללה זוהתה לראשונה בישראל ב-2016. מחלה זו מחלישה את העצים, ובעקבות זאת נגרמת נשירה מוקדמת וחזקה של העלווה. במטעי שקד מסחריים מוכרים מספר מיני פטריות פתוגניות הפוגעות בעלוות עצי השקד, בעיקר חילדון *Tranzschelia discolor* (שאבי ושטיינברג, 1998). עם זאת, המידע על אוכלוסיות מיקרואורגניזמים פתוגניים בעומדי השקד בשטחי הבור כמעט ואינו קיים, וככל הידוע לנו, מעורבותם כגורמי תמותה משמעותיים טרם נחקרה.

עצי שקד בשטחים הפתוחים סביב ציפורי

האזור המדובר שוכן בגליל התחתון המערבי, על הדרך בין עכו לטבריה, ומאופיין בגבעות סלעי גיר. ככל הנראה, אוכלוסיית עצי השקד במקום היא שריד למטעים של תושבי העיירה ספוריה שנכבשה במלחמת העצמאות. היישוב התפתח מאוד בסוף המאה ה-19, וכלל כ-5,000 תושבים (ויקיפדיה, 2023). כיום אוכלוסיית עצי השקד בשטחי הבור הסמוכים לציפורי מונה מאות פרטים. גילם של אחדים עולה על 70 שנה (מיכה נוי-מאיר, מידע אישי), אך רבים מהם צעירים יחסית, וזו תוצאה של התחדשות מזריעים. ככל הנראה, עצי השקד במרחב זה מייצגים 'זנים' (גנוטיפים) שונים, וייתכן שחלק מהם ייחודיים, ומקורם בהיסטוריה החקלאית של האזור.

בעשור האחרון בריאות של אוכלוסיית עצי השקד בשטחים הפתוחים סביב ציפורי מחמירה והולכת, בעיקר זו של פרטים קשישים. יש לשער שהתהליך החל בהיחלשות העצים בשל רצף של שנים שחונות. העצים החלשים צפויים להוות "טרף קל" לנוזרים. החלשת העץ מזמנת גם חרקים מזיקים נוספים, כמו מיני זבליות (Scarabaeidae), יקרוניות וחיפושיות קליפה, בעיקר חיפושית הקליפה של השקד. עצי השקד, בעיקר המבוגרים בהם, מתקשים להתמודד עם אוכלוסיות המזיקים ופגעים נוספים שהתפתחו בשטח, ודאי על רקע שינוי האקלים (Baspinar et al., 2017). היעדר טיפול עלול לאפשר את התנוונותם ומותם של עצי שקד

ושימשו לביקורת. בשל מגבלות תקציב לא נכללו עצים צעירים בממשק, מה גם שקבוצת גיל זו לא הייתה צפויה להיכגע על פי התצפיות הראשוניות שהתבצעו בשטח המחקר.

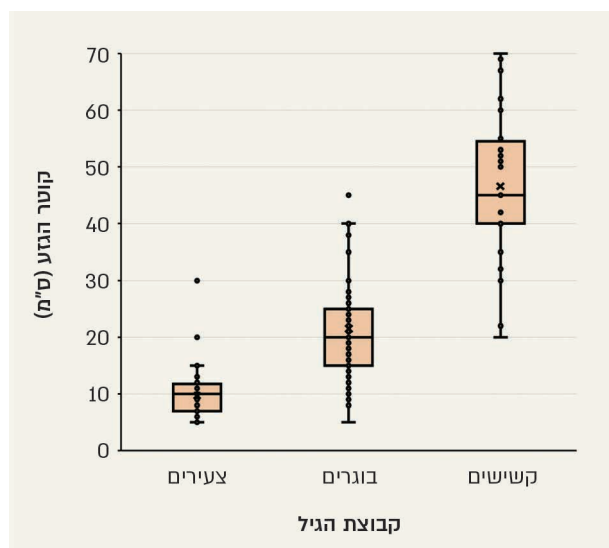
ניתוח סטטיסטי

התחשבנו בכך שהמשתנים נמדדים על סולם אורדינלי, ולכן הסיכום המתאים הוא על ידי חציון, והפיזור מבוטא על ידי אחוזון 25 ואחוזון 75. סיכום נתוני 2021 התבצע על פי שלוש קבוצות הגיל שנקבעו, והשוואה בין חציונים נעשתה על ידי מבחן Kruskal-Wallis. ערכי הדלתא של העצים עם נתונים גם עבור 2021 וגם עבור 2022 סוכמו לפי הממשק (טיפול מול ביקורת) וקבוצת הגיל. החציונים של ההבדלים ערכם לרוב קרוב לאפס. עבור הבריאות המחושבת בוצע ניתוח שונות המתחשב בממשק ובקבוצת הגיל של העץ שנקבעה לפי קוטר.

תוצאות

ממדי העצים

ההחלטה לקביעת קבוצות הגיל נסמכת על ההבדלים הברורים ($p < 0.0001$) בקוטר הגזע בין שלוש הקבוצות (איור 1). במדד גודל הכותרת של העצים נצפתה שונות רבה בתוך כל אחת מקבוצות הגיל, בעצים צעירים ובעצים



איור 1

השוואת קוטר הגזע של עצי השקד משלוש קבוצות הגיל בשטח המחקר בציפורי

מוצגים ממוצע, סטיית תקן וטווח. הנקודות מסמנות את הערכים המנותחים של כל העצים שנדגמו (39 קשישים, 122 בוגרים, 49 צעירים).

חזה.

- ג. בריאות כללית של העץ (הערכה בסולם של 1-5). =5 בריאות טובה, =4 סימני נזק קלים, =3 סימני נזק ברורים, אך לא רבים, הגזע נראה די בריא, =2 סימני נזק רבים, לעיתים הגזע פגוע במידת מה, =1 מצב בריאות גרוע ביותר והערכה שהעץ לא ישרוד זמן רב.
- ד. בריאות כללית – ממוצע של משתנים ה'–י"ג (להלן, הערכה על פי סולם של 1-5).
- ה. בריאות צוואר השורש – מידת השלמות והבריאות.
 - ו. שברים בענפים הראשיים, התייבשויות בענפים הראשיים וסדקים בגזע.
 - ז. ריקבנות והימצאות גופי פרי פטרייתיים – הימצאות על צוואר השורש ועד לגובה של מטר אחד של הגזע מעל פני הקרקע. =5 אין סימני פעילות, =4 סימנים קלים, =3 סימנים מעטים אך ברורים מאוד, =2 כמו 3 וכולל פגיעה משמעותית גם בצוואר השורש, =1 סימנים ברורים ורבים.
 - ח. התפתחות צימוח צעיר – נקבע בחודשים יוני-יולי. =5 צימוח רב, =4 צימוח חסר בחלק מהכותרת, =3 צימוח חלקי, =2 צימוח חדש די מועט, =1 אין סימנים ברורים לצימוח צעיר.
 - ט. בריאות העלווה – נקבעת בחודשי הקיץ. =5 מצב בריאות טובה צבע ירוק מלא, =1 מצב בריאות גרוע ביותר המתאפיין בהתייבשות או בעלווה מעטה צהובה, או בהיעדר עלווה בחלקים גדולים מכותרת העץ.
 - י. סימנים ברורים של פעילות ישנה מצטברת – חורי נבירה וגניחה של נוברי עץ, כמו יקרניות וקפנודיס. =5 אין סימני פעילות, =1 סימנים ברורים ורבים.
 - יא. גודל כותרת העץ. =5 כותרת גדולה בקוטר 3-5 מטר, =1 כותרת קטנה בקוטר 1-2 מטר.
 - יב. פעילות אקטיבית של נוברים. =5 אין סימני פעילות, =1 סימנים ברורים ורבים של נסורת טרייה.
 - יג. שכיחות הימצאות טחב וחזזיות. =5 אין סימני נוכחות, =1 נוכחות רבה.
 - טו. טיפול (דטרמיניסטי) – עצים ללא התערבות, עצים לאחר טיפול תומך שכלל גיזום של קטעים מתים ושימוש נקודתי בתכשיר הדברה פיתרואידי (טאלסטאר, Bifenthrin) בריכוז של 2%, כדי שייותר פעיל במשך מספר חודשים לפחות (מנדל וגולן, 2012).

ביצוע הממשק

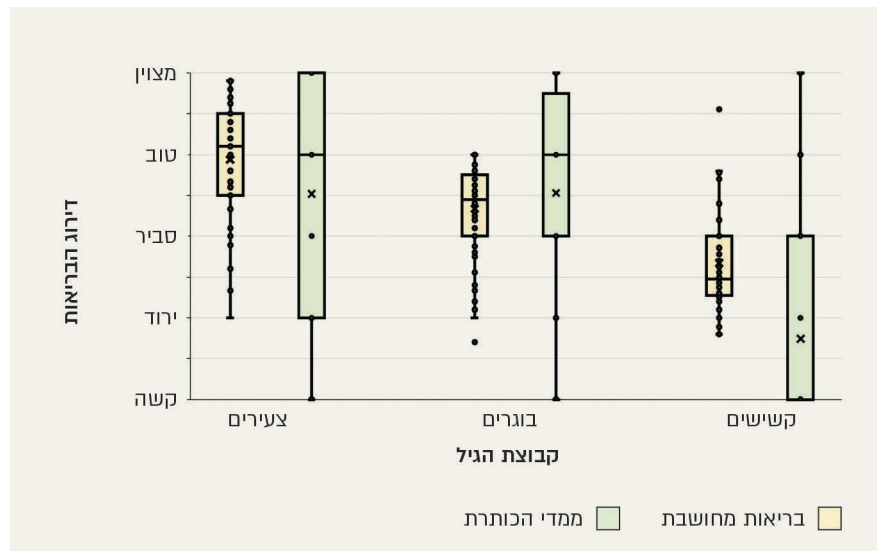
הממשק התבצע במהלך שנת 2022 ב-11 עצים, שבעה מתוכם עצים בוגרים, וארבעה עצים קשישים. מצבם הבריאותי של העצים שנבחרו היה בינוני, ונראה שיש סיכוי לשקמם. השינוי בבריאות העצים בין השנים 2021 ו-2022 נבחן על 23 עצים נוספים (חמישה עצים צעירים, תשעה בוגרים ותשעה קשישים) במצב דומה, שלא טוכל

השוואה של שלושה גורמי פגיעה בצוואר השורש ובגזע בין שלוש קבוצות גיל של עצי השקד – בריאות צוואר השורש, הימצאות גופי פרי של פטריות וריקבנות, הימצאות סדקים ושברים – הציעה מצבים שונים לכל משתנה (איור 4). הבריאות הכללית של צוואר השורש הייתה טובה מאד בעצים צעירים, שנבדלו באופן ברור מעצים בשתי קבוצות הגיל האחרות ($p < 0.0001$). ממוצע בריאות צוואר השורש של העצים הקשישים היה הנמוך ביותר, אך השונות בשתי קבוצות הגיל המבוגרות הייתה רבה. הימצאות גופי פרי של פטריות וריקבנות לא הייתה שכיחה באופן כללי בכל הקבוצות, אך הייתה רבה יותר ומובהקת בקבוצת העצים הקשישים ($p < 0.0001$). מובהקות דומה הייתה בין העצים הקשישים לשאר קבוצות הגיל בכל הקשור להימצאות רבה של סדקים ושברים. העצים בגיל הצעיר היו במצב הטוב ביותר. להפתעתנו, בהתפתחות חזזיות לא היה הבדל ניכר

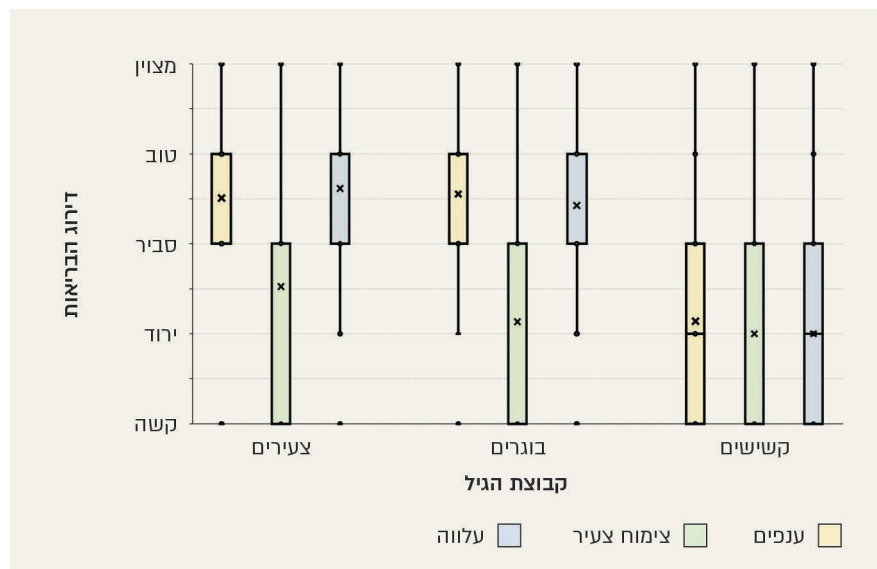
קשישים נצפו כותרות קטנות יותר (איור 2). לעומת זאת, לא נמצא הבדל מובהק בגובה העצים בין קבוצות הגיל השונות, אך נצפתה שונות גדולה בגובה העצים הצעירים (צעירים: 4.8 ± 1.3 מטר, בוגרים: 4.8 ± 0.5 מטר, קשישים: 4.6 ± 0.4 מטר)

בריאות העצים

נמצא הבדל ברור בבריאות המוערכת ובבריאות המחושבת בין קבוצות הגיל ($p < 0.0001$) של העצים, ועם זאת, השונות בכל קבוצות גיל גבוהה (איור 2). השוואה של בריאות הענפים הראשיים ובריאות העלווה העידה על מצב טוב של העצים בקבוצות הגיל צעירים ובוגרים, שנבדלו מאוד ($p < 0.0001$) מעצים קשישים שהתאפיינו במצב ירוד בשני המשתנים (איור 3). בכל הקשור להתפתחות עלווה חדשה הציונים היו נמוכים, ולא נבדלו באופן מובהק בין שלוש קבוצות הגיל ($p < 0.2303$) (איור 3).



איור 2
השוואת הבריאות הכללית המחושבת וגודל הכותרת בעצי שקד משלוש קבוצות הגיל לפרטים ראו איור 1.



איור 3
השוואה בין שלושה גורמי פגיעה בנוף עצי השקד בין שלוש קבוצות הגיל: בריאות ענפים, התפתחות צימוח חדש, ובריאות העלווה. לפרטים ראו איור 1.

ביטוי בסימנים רבים בעצים הקשישים וכחות בעצים הבוגרים, ובהיעדר סימנים כאלה בפרטים הצעירים. הפעילות העכשווית של הנוברים הייתה מעטה בכל שלוש קבוצות הגיל, עם הבדלים קלים (אך מובהקים $p < 0.0228$), והעצים הצעירים היו הבריאים ביותר.

השפעת הממשק על בריאות העצים

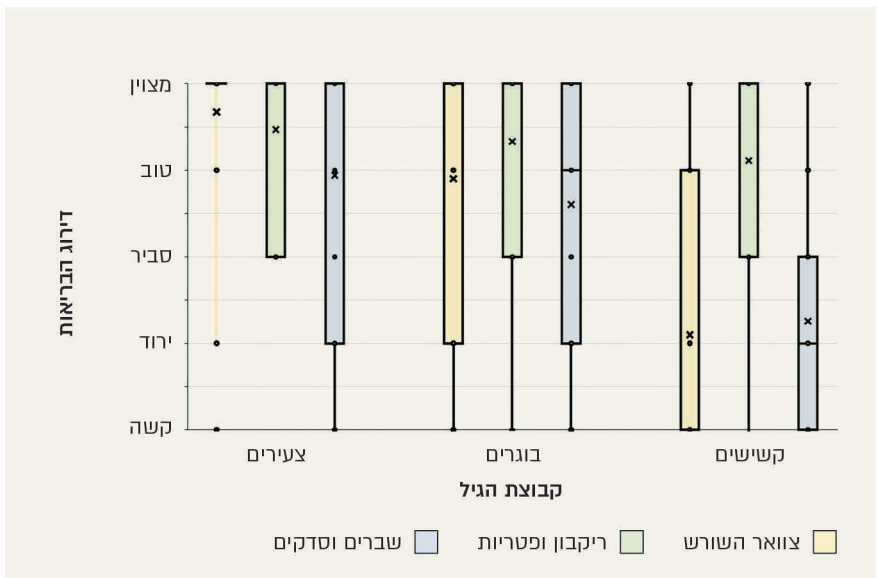
השפעת הממשק על בריאות העצים צוינה בטווח של 0-5 (= עץ במצב מצוין, 0 = עץ מת) ובוטאה כהבדל בבריאות המחושבת בין השנים 2021 ו-2022. עצים צעירים לא נכללו בטיפול, ודירוג הבריאות הממוצע שלהם השתנה מ- 3.85 ± 0.21 ל- 3.85 ± 0.49 . הדירוג של עצים בוגרים שטופלו בגיזום ובריסוס עלה מ- 3.83 ± 0.60 ל- 3.99 ± 0.65 .

בין קבוצות הגיל השונות, אם כי נוכחותן הייתה מעט רבה יותר (ומובהקת $p < 0.0465$) דווקא בעצים הבוגרים.

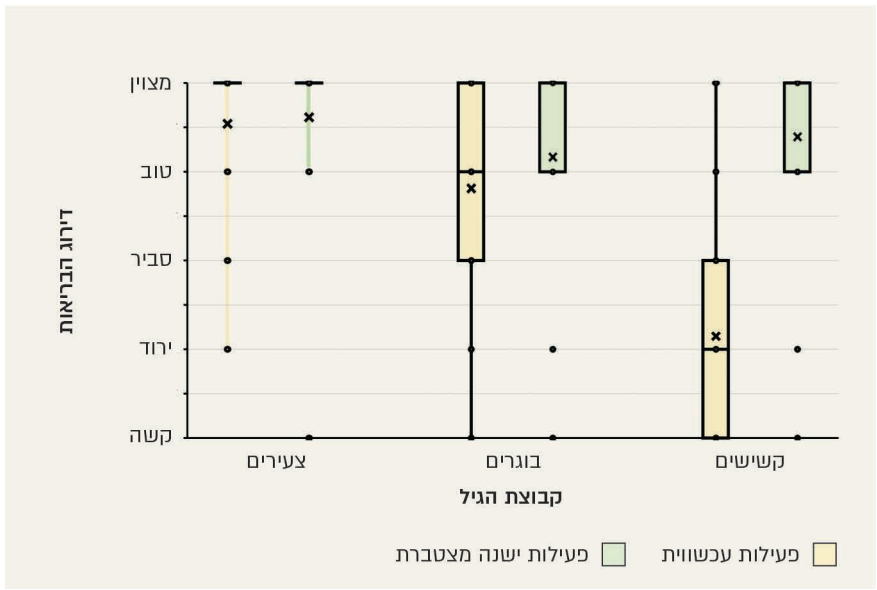
פעילות חרקים נזורים

איור 5 מציג את ההשוואה בין סימני פגיעה ישנים ופעילות עכשווית של חרקים נזורים. הפעילות המרבית היא של קפנודיס אפל ושל הזבלית נחושתנית הקוצים *Protactia cuprea* (Potosia), וייתכן שגם של הזבלית פרחית נעמי (*Oxythyrea noemi*). במידה פחותה יותר נרשמו גם סימני פגיעה ברורים ונסורת של יקרונית השקד, שהופיעו לעיתים בגזע עצמו במרחק מה מהקרקע וגם בענפים הראשיים העליונים. נצפו הבדלים ניכרים בעוצמת הפעילות הישנה המצטברת של חיפושיות נזורות ($p < 0.0001$) שבאה לידי

איור 4
השוואת שלושה גורמי פגיעה בצוואר השורש ובגזע בין שלוש קבוצות גיל של עצי השקד
 נבחנו בריאות צוואר השורש, הימצאות גופי פרי של פטריות וריקבנות ונוכחות סדקים ושברים. לפרטים, ראו איור 1.



איור 5
השוואה של פעילות ישנה ופעילות עכשווית של חיפושיות הנזורות בעץ
 לפרטים ראו איור 1.



(היעדר סימנים חיצוניים אופייניים). אין מידע על פעילות של נמטודות פתוגניות בשטחי הבור, וכך גם לגבי מחלות עלים פטרייתיות בישראל, והופעתו של חיידק הקסיללה נדירה אף על פי שהתבסס בארץ. עם זאת אין להוציא מכלל אפשרות עלייה בפעילות של פטריות פתוגניות הפוגעות בשלד העץ וגורמות למחלת המלל (branch dieback) המתעצמת בשל יובש (Agustí-Brisach et al., 2020; León et al., 2020).

גידול עצי שקד בבוסתנים ובשטחי בור מאתגר בשל תהליכי המדבור באזור אגן הים התיכון המתעצמים בשל שינוי אקלים (Baspinar et al. 2017). גלי חום, בצורות ואירועי משקעים כבדים נעשים תכופים וחמורים יותר עקב שינוי האקלים (IPCC, 2023). באזורי האקלים הים תיכוניים, שחלק חשוב מעצי השקד גדל בהם, ממוצע המשקעים השנתי נוטה לרדת, ובעקבותיו גם זמינות המים הדרושה להתפתחות העץ (Fraga et al., 2020). שינוי האקלים עלול להשפיע בדרגות שונות על עצי שקד, ולהשפיע על הצמיחה שלהם במספר דרכים, כגון שינויים פנולוגיים ופיזיולוגיים. לחלק מזני השקד הקיימים תפקיד חיוני בשימור המין בשל תכונות העמידות לבצורת ולחום (Freitas et al., 2023).

השינוי בתנאי האקלים מוצא את ביטויו גם באזור ציפורי. כמות המשקעים השנתית הממוצעת באזור ב-24 השנים האחרונות, בין השנים 1999–2023, הייתה 537.2 ± 25.4 מ"מ, ולא נבדלה באופן מובהק מזו של ארבע השנים האחרונות (2019–2023), שהממוצע בהן עמד על 561.9 ± 26.0 מ"מ. לעומת זאת, כשנבחנו רמת המשקעים בחודשים אוקטובר–נובמבר, הממוצע בין השנים 1999–2023 היה 20.8 ± 4.7 מ"מ, ואילו הממוצע בארבע השנים האחרונות ירד ל- 4.3 ± 0.8 מ"מ (על בסיס נתונים שהתקבלו מצבי סגל, המנהל תחנה למדידת משקעים, מידע אישי). שינוי נמדד גם בטמפרטורת המינימום בשנה בחודשים אוקטובר–נובמבר. הטמפרטורה הממוצעת המינימלית לשנים 2005–2023 באוקטובר ונובמבר הייתה 13.9 ± 0.4 ו- 9.4 ± 0.6 , בהתאמה. בהתייחסות לארבע השנים האחרונות בלבד, הטמפרטורה הממוצעת המינימלית באוקטובר ונובמבר בנווה יער עלתה ל- 16.0 ± 0.6 ול- 12.0 ± 1.4 , בהתאמה (ניתוח נתוני טמפרטורה בנווה יער). שינוי הטמפרטורה בחודשים האלה משקפים התארכות של הקיץ והשפעה שלילית על העצים.

סביר ששינוי הניווט שנצפו בעצים אופייניים כולם לכגיעה ישירה במערכת השורשים. עצי השקד הנמצאים בשטחי בור שאינם מושקים, כמו העצים בסובב ציפורי, נחשבים עמידים יחסית לתנאי יובש. גם שכיחות פעילות ישנה של הנזרים מעידה על סבילותם ועל יכולתם להתמודד עם התקופות הקשות שככל הנראה קשורות לאירועים

ואילו במצבם של עצים בוגרים ללא טיפול חלה ירידה מ- 3.78 ± 0.78 ל- 3.66 ± 0.61 . מצבם הבריאותי של עצים קשישים שלא טופלו הורע (מ- 2.54 ± 0.64 ל- 2.06 ± 0.63), אך מצבם של עצים קשישים שטופלו התדרדר (מ- 2.50 ± 0.58 ל- 1.75 ± 0.96).

ניתוח ההפרשים של ערכי הבריאות הממוצעת המחושבת בין השנים 2021 ל-2022 (מבחן t) מצביע על השפעה כללית מובהקת של הטיפול, אך רק בקבוצת העצים הבוגרים ($P < 0.0403$). עם זאת, הירידה בבריאות עצים מקבוצה זו שלא טופלו לא הייתה מובהקת ($P < 0.6413$). גם הירידה בבריאות העצים הקשישים, הן אלה שטופלו הן עצי הביקורת, על פי ניתוח הפרשי ערכי הבריאות, לא הייתה מובהקת ($P < 0.0792$ ו- $P < 0.0569$ בהתאמה), אך העידה על מגמה של ירידה בערכי הבריאות הממוצעת המחושבת גם בטיפול וגם בביקורת.

דין

תמונת המצב של חיוניות עצי השקד בסובב ציפורי מורכבת, והיא פועל יוצא של שורת גורמים שחלק מהם ניכרו בתוצאות מערכת הבדיקות שהתבצעה. בטווח הזמן המוגבל של המחקר הנוכחי לא ניתן להצביע על גורם ביוטי דומיננטי אחד שהיה עלול לגרום או להאיץ את התנוונותם. הדבר ניכר בכך שהממצאים מצביעים באופן ברור על כך שעצים קשישים רגישים יותר למכלול הפגעים, ועם זאת, תסמיני התנוונות שונים הופיעו בפרטים גם בשתי קבוצות הגיל האחרות.

תהליכי התנוונות של עצי שקד בשל גורמים ביוטיים כרוכים בפעילות של נזרי עץ, כגון, יקרונית השקד, קפנודיס אפל וקפנודיס השקד, חיפושית הקליפה של השקד ונוספים. עצי השקד בשטחי בור ובמטעי בעל צפויים להיות עמידים יותר מעצים במטע מסחרי מושקה (צבי מנדל ושאל בן יהודה, מידע אישי). בשטחים ללא השקיה תהליך ההתנוונות לרוב ממושך, ורק לעיתים העצים מתאוששים ממנו. התופעה מוכרת למדי, ותורמת לה העמידות היחסית של עצי השקד לתנאי עקה קשים ולנזרים, בעיקר בשל עלייה בריכוז תוצרים משניים המקנים הגנה, כדוגמת ציאנוגליקוזידים כנגד מזיקים כמו קפנודיס (Cánovas et al., 2002; Mendel et al., 2003). עם זאת, היחלשות העץ מאיצה פעילות של פגעים נוספים, כמו זבליות, שמגבירות את הפגיעה בעץ ואולי גם מעודדות פעילות של גורמים המאיצים את הריקבנות. בפועל, שורה של פגעים וגורמי ניוון והצטברותם ההדרגתית יגרמו לניווט עץ השקד ולמותו. נראה שהפעילות של מיקרואורגניזמים פתוגניים מעטה

המחקר, שמתקיימת בו פעילות של הגורמים הביזיטיים שעלולים להמשיך לתקוף את העצים ולאיים על בריאותם.

ממצאי המחקר עשויים להנחות מתווים דומים של ניסיונות לשיקום עצי השקד במקומות נוספים, שקיימות בהם תופעות בדומה לציפורי. מומלץ להתמקד בשיקום העצים ובעצירת פעילות נמרצת של המזיקים התוקפים את העצים הצעירים והבוגרים. העצים האלה יגיבו מהר יותר לפעולות השיקום ומרביתם עשוי להשתקם ולהינצל, בניגוד לעצים הקשישים. כמו כן, המגוון הגנטי של זני שקד המורכבים על כנות עמידות הוא גורם מכריע בהתמודדות עם ההתחממות העולמית והבצורת שיתעצמו בעקבות שינוי האקלים (Fernandes de Oliveira et al., 2023). על כן, יש מקום להביא בחשבון ששיקום בית הגידול עצמו יהיה כרוך גם בשינוי גנטי של אוכלוסיית עצי השקד בבתי גידול כדוגמת ציפורי.

תודות

לאילן נזריאן ולד"ר שחר סמרה על עזרתם בביצוע ובמהלך התצפיות. אנו מודים לד"ר סיגל בראון מיארה, לד"ר דוד עזרא ולד"ר אופיר בהר (המכון להגנת הצומח, מנהל המחקר החקלאי), ולד"ר יבגני קוזודוי (השירותים להגנת הצומח ולביקורת) על התובנות בעניין השכיחות של פתוגנים של השקד בשטחי הבור. המחקר התבצע במימון קרן מחקרי שה"מ. תודה גם לעופרה גוטליב ולמשה בן שחר (טושקו) מ'מרכז חקלאי העמק', שבחסותו נערך המחקר, על עזרתם הרבה. תודתנו שלוחה גם לשני המעריכים שהתייחסותם עזרה לשפר את המאמר.

אקלימיים (Cánovas et al., 2002). ברם, השינוי בתנאי האקלים הוא ככל הנראה הבסיס למשבר. לא מן הנמנע שעל רקע שינוי האקלים חלה גם עלייה בפעילותם של חלק מנוברי העץ, כגון מיני הקפנודיים.

ככל הנראה, בחלק מעצי השקד, בעיקר בקשישים שבהם, מערכת השורשים נפגעה כבר באופן כה קשה, שלא היה בר-שיקום. לעומתם, בעצים בוגרים, שהאיום של גורמים ביזיטיים עיקריים הוסר מהם או צומצם, לפחות באופן זמני, ניכר שיפור במצב העצים בעקבות הטיפול. כמו כן, ככל הנראה, עצים קשישים חלשים יותר ורגישים יותר להתקפות של מזיקי עץ ראשוניים ומשניים. גם בעבר דווחו מצבים שתנאי עקה קיצוניים השפיעו על בריאות העצים והביאו להחלשתם הזמנית או הקבועה. על רקע זה נרשמו התקפות מזיקי עץ ראשוניים ומשניים בעקבות שינויים משמעותיים בתנאי האקלים (יובש, מחסור במים ולחילופין גם עודפי מים).

כפועל יוצא מכך, ממצאי המחקר מצביעים על תרומתו של הממשק שננקט לשיפור חיוניות העצים הבוגרים. פעילויות שהתבצעו במהלכו כללו סניטציה, הרחקת ענפים רגילים וראשיים נגועים, שבורים ויבשים וריסוס גזע בתכשיר קוטל חרקים שאינו מתכלה. יישום פעילויות מסוג זה יחד עם טיפולי קרקע בחלקות מטעי גלעיניים הביא בעבר לשיקום מהיר של עצים פגועים ממזיקי עץ ומנוברי עץ. אף על פי שתהליכי שיקום בבוסתנים ובשטחי בור צפויים להיות ממושכים, לטיפול השיקום בעצים המבוגרים במטעי הגלעיניים הייתה השפעה מהירה, שהביאה לשיפור מצבם או לעצירה זמנית בהתדרדרות בריאותם (מנדל ואח', 1998). לכן, אנו סבורים שראוי לשקול לחזור על הפעילויות הללו כדי למנוע ירידה בחיוניות העצים במרחב שנבחן במהלך

מקורות

מנדל צ, עשאל פ, בן-יהודה ש וברנס ר. 1998. **פיתוח ממשק הדברה וקידום אמצעים למניעת נזקי חיפושיות הקפנודיים**. דווח מסכם לפרויקט לשנים 1996-8 מס' 131-0948-98, הוגש למועצת הפירות והמדען הראשי של משרד החקלאות.
מנוליס-ששון ש וצור ל. 2021. מחלות צמחים הנגרמות על ידי חיידקים בישראל. בתוך: אלעד י, דומברובסקי א, מנוליס-ששון ש ועזרא ד (עורכים). **תובנות חדשות במחלות צמחים**. הוצאת המחלקה לפתולוגיה של צמחים וחקר העשבים. <https://volcaniarchive.agri.gov.il/skn/tu/e51889>
שאבי ע ושטיינברג א. 1998. מחלות בעצי פרי נשירים (פרק 36). בתוך: רותם י, פלטי, רותם י, בן יפתי י (עורכים). **מחלות צמחים בישראל**. בית דגן: הוצאת מנהל המחקר החקלאי. עמ' 419-427.

דנין א ופרגמן-ספיר א. 2016. **צמחיית ישראל וסביבתה**, שקד. צמחיית ישראל ברשת. <https://flora.org.il/plants/systematics/amygdalus>. נצפה באוגוסט 2023.
הולנד ד, חטיב כ, בר יעקוב ע, בירגר ר ובראון-מיארהס. 2016. בחינת כנות עמידות לנמטודות בשני זני שקד. **עלון הנוטע**, 3, 23-27.
ויקיפדיה. 2023. ספוריה. [ספוריה](https://he.wikipedia.org/wiki/ספוריה). <https://he.wikipedia.org/wiki/ספוריה>
ליפשיץ נ וביגר ג. 1998. **עצי ארץ-ישראל: מאפייניהם, תולדותיהם ושימושם**. ירושלים: אריאל.
מנדל צ וגולן ע. 2012. **בחינת השימוש בעצי מלכות להדברת מיני חיפושיות הקליפה של האורן בישראל**. דוח לתוכנית מחקר 12-1693-131 (מספר במערכת קק"ל 2961).

- Ladizinsky GA. 1999. On the origin of almond, genetic resources and crop. *Evolution*, 46, 143–147.
- León M, Berbegal M, Rodríguez-Reina JM, Elena G, Abad-Campos P, Ramón-Albalat A, et al. 2020. Identification and characterization of *Diaporthe* spp. associated with twig cankers and shoot blight of almonds in Spain. *Agronomy*, 10, 1062.
- Mendel Z, Assael F, and Ben-Yehuda S. 2003. Host selection and root colonization by two stone-fruit tree borers (Coleoptera: Buprestidae) and their relation to level of cyanogenic compounds. *Annual Journal of Entomology*, 96, 127–134.
- Mendel Z, Ben-Yehuda S, Nestel D, and Marcus R. 1998. Distribution and extent of damage caused by *Scolytus* spp. (Coleoptera: Scolytidae) to pome- and stone-fruits orchards in Israel. *Insect Science and Its Application*, 17, 175–181.
- Rieger M. 2006. Almond – *Prunus dulcis*. In: *Introduction to Fruit Crops*. Boca Raton: CRC Press.
- Sánchez-Pérez R, Pavan S, Mazzeo R, Moldovan C, Aiese Cigliano R, Del Cueto J, et al. 2019. Mutation of a bHLH transcription factor allowed almond domestication. *Science*, 364(6445), 1095–1098.
- Zecharia N, Krasnov H, Vanunu M, Siri AC, Haberman A, Dror O, et al. 2022. *Xylella fastidiosa* outbreak in Israel: Population genetics, host range, and temporal and spatial distribution analysis. *Phytopathology*, 112(11), 2296–2309.
- Zohary D, Hopf M, and Weiss E. 2012. *Domestication of Plants in the Old World*. Oxford University Press, Oxford.
- Zohary D and Maria H. 2000. *Domestication of Plants in the Old World: The Origin and Spread of Cultivated Plants in West Asia, Europe, and the Nile Valley*. Oxford University Press.
- Agustí-Brisach C, Moldero D, Raya MDC, Lorite IJ, Orgaz F, and Trapero A. 2020. Water stress enhances the progression of branch dieback and almond decline under field conditions. *Plants*, 9, 1213.
- Baspinar H, Doll D, and Rijal J. 2017. Pest management in organic almond. In: Vincenzo V and Serge K (Eds). *Handbook of Pest Management in Organic Farming Boston*. MA: CABI. pp. 328–347.
- Ben-Yehuda S, Assael F, and Mendel Z. 2000. Improved chemical control of *Capnodis tenebrionis* L. and *C. carbonaria* Klug (Coleoptera: Buprestidae) in stone-fruit plantations in Israel. *Phytoparasitica* 28, 27–41.
- Cánovas JA, Dicenta F, Soler A, and Grané N. 2002. Susceptibility of almond seedling rootstocks to capnode. *Acta Horticultura*, 591, 57–61.
- Fernandes de Oliveira A, Mameli MG, De Pau L, and Satta D. 2023. Almond tree adaptation to water stress: Differences in physiological performance and yield responses among four cultivar grown in Mediterranean environment. *Plants*, 12, 1131.
- Fraga H, Moriondo M, Leolini L, and Santos JA. 2020. Mediterranean olive orchards under climate change: A review of future impacts and adaptation strategies. *Agronomy*, 11, 56.
- Freitas TR, Santos JA, Silva AP, and Fraga H. 2023. Reviewing the adverse climate change impacts and adaptation measures on almond trees (*Prunus dulcis*). *Agricultura*, 13(7), 1423.
- Gerbi H, Paudel I, Zisovich A, Sapir G, Ben-Dor S, and Klein T. 2021. Physiological drought resistance mechanisms in wild species vs. rootstocks of almond and plum Trees. *Trees*, 36, 669–683.
- IPCC. 2023. *Climate Change 2023. Synthesis Report*. A Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Lee H and Romero J (Core Writing Team and Eds). Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, Switzerland.



נוף שטח פתוח בציפורי שמשולבים בו עצי שקד



התנוונות טיפוסית של עץ שקד במרחב ציפורי



עם ישראל חי, זיכרון עוטף
יהב וינגרטן



הזדקנות עצים

אביגיל הלר^{1*} | נעמה לוריה ארבילי² | יוסי ריוב³

- 1 אגרונומית
- 2 הנדסאית נוף, יועצת פרטית
- 3 המכון למדעי הצמח וגנטיקה בחקלאות, הפקולטה לחקלאות, מזון וסביבה ע"ש רוברט ה. סמית, האוניברסיטה העברית בירושלים, רחובות
- * avigailheller1@gmail.com

תקציר

להיעלמותם (בייחוד באזורים עירוניים). מוצגים מנגנוני ההתמודדות של סוגים ומינים של עצים עם אריכות ימים וכן גורמים התורמים לאריכות חייהם של פרטים מסוימים. במאמר מפורטים כלים מעשיים לניהול משמר של עצים זקנים.

התקופה שעץ מוגדר בה כזקן נחלקת לשלוש תקופות משנה: זקנה צעירה – עץ ותיק, זקנה אמצעית – עץ קשיש, זקנה מופלגת – עץ עתיק. לעצים זקנים, המאריכים חיים הרבה מעבר לחייו של אדם, בשל גודלם, עוצמתם, הפרי והצל שהם נותנים, יש משמעות רוחנית ומעמד של קדושה ופולחן בדתות שונות ולעמים שונים. הם מביאים תועלת רבה מסוגים שונים – ערך סביבתי (כמו שימור המגוון הביולוגי), נופי, רגשי, היסטורי, כלכלי ועוד. בארץ, קיימת מודעות לשימור עצים זקנים, אך כמו במקומות רבים בעולם, מספרם הולך ופוחת. מאמר זה עוסק במעגל החיים של העצים ומציג את תהליך הזדקנותם וכן את הסיבות

מילות מפתח

עץ ותיק, עץ קשיש, עץ עתיק

חשיבותם של עצים זקנים

בני האדם מייחסים לא פעם משמעות רוחנית לעצים זקנים הגדלים בסביבתם. בשל עוצמתם, עמידותם וגילם הם קודשו במהלך ההיסטוריה על ידי עמים ודתות שונים, ונקשרו עם קברי קדושים, גיבורים וצדיקים. קיימים עצים שקדושתם חוצה תרבויות. בארץ מוכרים עצים שפוקדים אותם בני דתות שונות: יהודים, ערבים, דרוזים ונוצרים (דפני, 2010).

עצים בכל גיל מביאים תועלת רבה מסוגים שונים: קיבוע כחמן, פליטת חמצן לאטמוספירה, שיפור הבריאות הנפשית והגופנית של האדם ועוד. סוגי התועלת האלה כומתו בערכים כספיים, ונמצא כי שיעורם השנתי (פחות עלות הטיפול בעץ עקב נזק) עולה עם הגיל. McPherson ושות' (2006) העריכו כי סך התועלת השנתית המכומתת של עצים גדולים בשטחי ציבור היא 107–127 דולר, גדולה מזו של עצים בינוניים (31–40 דולר) או קטנים (50–62 דולר). ערך זה גדול פי 20 כאשר העץ גדל בתנאים איכותיים, בעיקר בקרקע משופרת המאופיינת בנפח רחב של בית השורשים ובמצע משופר מבחינת אוורור, שימור לחות וחומרי הזנה. לפי ברמן ושות' (2022) הערך הנוכחי הנקי של עץ רחוב (Net Present Value – NPV) בבית גידול איכותי עומד על כ-8,000 ש"ח, והתועלת מכסה את עלות ההשקעה תוך 13 שנים מיום נטיעת העץ (לפי מדד ROI – Return On Investment). ככל שממדי העץ גדולים יותר, כך גדלה תרומתו, ועל כן לעץ זקן בודד יש ערך רב.

בשנים האחרונות עלתה המודעות לתרומת העצים הזקנים למגוון הביולוגי, הבאה לידי ביטוי בעושר בתי גידול המצויים בצמרת העץ, בתוך הגזע ובחלקיו החיצוניים (חורים וחללים), בינות לענפים, בענפים שבורים, באזור השורשים ועוד. גם חלקי עץ שנראים פגועים, כמו פצעים או אזורי ריקבון, הם בתי גידול לאורגניזמים שונים, כגון פטריות (Dujesiefken et al., 2016). העצים מספקים מזון לאורגניזמים שונים, בסביבתם נוצרת שכבת רקבובית אורגנית ("הומוס"), והם אף משמשים נקודות ציון, למשל ללהקות ציפורים נודדות. Cannon ושות' (2022) מציינים כי חשיבותם של עצים זקנים תועדה באופן נרחב במיוחד עבור יצורים קטנים.

מרבית העצים המגיעים לזקנה מאופיינים בשונות גנטית גבוהה ביחס לבני מינם, מה שמאפשר להם התאמה ועמידות לעקות ביוטיות ואביוטיות, וכושר שרידות גבוה מזה של מרבית אוכלוסיית המין. כך הם יכולים להעמיד צאצאים בעלי יתרון וכושר שרידות למצב של תנאי סביבה קיצוניים. לפיכך, אובדנם עלול להפחית במידה רבה את פוטנציאל ההתפתחות של המין (Cannon et al., 2022).

עצים זקנים יכולים לייצר מספר רב של זרעים. לדוגמה: בעצי גינקו דו-אונתי (*Ginkgo biloba*) זקנים לא ניכרת ירידה מובהקת בכוריות הזכרית, ועצי זכר בני יותר מ-1,000 שנים עדיין מייצרים גרגרי אבקה חיוניים. יתרה מכך, הרבה עצי נקבה בני 1,000 שנה ויותר בסין מייצרים מדי שנה כמות גדולה של זרעים. לא נמצא הבדל מובהק בחיוניות הזרעים שנאספו מעצים ותיקים, קשישים או עתיקים. נוסף על כך, ממוצע שטח העלים (מדד פוטוסינתטי) נותר ללא שינוי ועמד על כ-24.5 סמ"ר, ותמונה דומה התקבלה במדדים פוטוסינתטיים נוספים (Li Wang et al., 2020). תופעה של ייצור זרעים בכמויות גבוהות מאפיינת גם עצי אורן ירושלים (*Pinus halepensis*) זקנים.

יש לציין כי עם ההזדקנות תיתכן פחיתה בסוגים שונים של תועלת, למשל הפחתה בפליטת חמצן, אם בגלל האטת תהליכים ואם בגלל פחיתה במסה הצמחית של הנוף.

עצים זקנים יוצרים תנאים שונים בסביבתם הקרובה

בסביבתם של עצים זקנים קיים בקרקע מארג של מיקרואורגניזמים שעשיר יותר מזה שנמצא בקרקע בסביבת עצים צעירים יותר. העץ הזקן משמר בית גידול של מינים רבים של צמחים ובעלי חיים ויוצר מיקרו-סביבה (microenvironment). לדוגמה, במערכות אקולוגיות מסוימות חללים מהווים מקום לקינון ומחסה ל-30% מבעלי החוליות (Lindenmayer et al., 2012). במקרים אחרים העץ מספק מזון, ויש לו תפקיד מכריע במשטר ההידרולוגי המקומי, למשל בהפחתת נגר. למרבה הצער, קיימת מגמת ירידה במספר העצים הזקנים הגדולים בעולם, והיא צפויה להימשך בשטחים פתוחים ובמרחבים מיושבים. לדוגמה, בין 1930 ל-1990 קטנה צפיפות העצים הגדולים בפארק הלאומי יוסמיטי שבקליפורניה ב-24% (Lindenmayer et al., 2012). אם מגמת התמותה תמשיך לעלות בעשורים הבאים, עצים בני אלפי שנים ייכחדו ברחבי העולם, וייעשו תופעה נדירה בנוף. שימור ושיקום של העצים האלה מפני הכחדה הוא מטרה דחופה לעתיד בר-קיימא.

הסיבות להיעלמות עצים זקנים

Cannon ושות' (2022) מציינים כי כאשר העץ גדל בממדיו, משאביו פוחתים, והקצאתם למשימות השונות קטנה. היחס בין רקמות שמבצעות פוטוסינתזה לרקמות שאינן מבצעות פוטוסינתזה קטן, ויש פחות עלים המייצרים סוכרים לצימוח ולתמיכה בשלד עץ גדול, לתהליך הנשימה ולתגובות מידור, שמצריכות אנרגיה מהעץ, בשל פציעות. מצד שני, גם העצים

הזקנים, שמשאביהם פחותים, נאלצים להתמודד עם שינוי האקלים ועם אירועי הקיצון שתדירותם עולה.

פעילות האדם משפיעה אף היא – שטחים פתוחים עוברים ביעור וכריתה, שרפות מכוונות, זיהום אוויר ורעיית יתר. עצים זקנים רבים המצויים בשטחים שיש בהם עומס רעייה גבוה, צפויים להיעלם בפרק זמן של 50–90 שנה, ואחרים תוך 100–180 שנה, כתלות במקום (Lindenmayer et al., 2012). גם בשטחי גינון מתבצעת כריתה בעקבות פיתוח ובנייה, מסיבות של בטיחות או בגלל בעיות נוספות (למשל פגות הפיקוס המהוות מטרד תברואתי ובטיחותי במרחב הציבורי).

1. צעיר – משלב הזרע עד לבגרות מינית.
2. בוגר – העץ מגיע לשיא ממדיו, הצימוח השנתי השוטף נוטה להיות בנפח וברוחב קבועים, שטח הטבעות השנתיות פוחת, ומספר רקמות ההובלה שאינן מתפקדות עולה.
3. זקן – התקופה נחלקת לשלוש תקופות משנה:
 - זקנה צעירה (Early Ancient) – עץ ותיק
 - זקנה אמצעית (Mid Ancient) – עץ קשיש
 - זקנה מופלגת (Late Ancient) – עץ עתיק
 נקרא לעיתים עץ מורשת או עץ תפארת.

נוסף על כך, לעיתים קיימת השפעה של פגם מבני, חשיפה לתנאי סביבה שאינם מיטביים או לגורמים שמעוררים תגובה בצמח (אירועי קיצון, פגיעה בשורשים, גיזום לא מבוקר ועוד), עקות מתמשכות והתקפת נגעים (Clark and Matheny, 1991). מדובר ברצף אירועים, שכל אחד כשלעצמו אינו גורם למוות, אך ישנה השפעה מצטברת בטווח המידי וגם בטווח הארוך, שמקטינה בכל שלב את חיוניות העץ ומגבירה את רגישותו לעקות (טבלה 1). התקדמות התהליך עלולה להביא את העץ ל"סחרור מוות", מצב שבו העץ אינו בר-שיקום ועלול למות.

- בשלוש התקופות האלה העץ עובר תהליכים שונים:
- א. עץ ותיק – העץ יכול להגיב בשתי צורות: התנוונות בחלקי העץ השונים או עמידות והסתגלות (חידוש הנוף, rejuvenescence). בהתנוונות חלה ירידה בצימוח השוטף בנפח וברוחב של הטבעות השנתיות, הפעילות הפטרייתית מתגברת, וקיימת נטייה מקומית לצמצום הצמרת. מאידך גיסא, הצימוח השוטף עשוי לגדול בגזע הראשי, המתבטא בהתפתחות רקמות קמביום (רקמה יוצרת) מתפקדות. תהליך זה יאפשר בהמשך התפתחות צינורות הובלה הקשורים למערכת שורשים עצמאית, כלומר יצירה של מעין גזעי משנה מסביב לליבה חלולה, שכל אחד מהם יתפקד באופן עצמאי. כמו כן, מתקיים איחוד של עמודות ריקבון היוצרות עמודות קמביאליות מתפקדות.
 - ב. עץ קשיש – העץ יכול לעבור תהליך של התנוונות או

נוסף על כך, לעיתים קיימת השפעה של פגם מבני, חשיפה לתנאי סביבה שאינם מיטביים או לגורמים שמעוררים תגובה בצמח (אירועי קיצון, פגיעה בשורשים, גיזום לא מבוקר ועוד), עקות מתמשכות והתקפת נגעים (Clark and Matheny, 1991). מדובר ברצף אירועים, שכל אחד כשלעצמו אינו גורם למוות, אך ישנה השפעה מצטברת בטווח המידי וגם בטווח הארוך, שמקטינה בכל שלב את חיוניות העץ ומגבירה את רגישותו לעקות (טבלה 1). התקדמות התהליך עלולה להביא את העץ ל"סחרור מוות", מצב שבו העץ אינו בר-שיקום ועלול למות.

שלבי החיים של עצים ותהליכי ההזדקנות בעצים

Dujesiefken ושות' (2016) מחלקים את מהלך חיי העצים לשלוש תקופות: צעיר (young), בוגר (mature) וזקן

פגם מבני	פגם בענף צמרת או בגזע, עקירה מהשורש, ריקבון, חיגור
התדרדרות קיצונית בתנאי הסביבה	הצפה, שרפה, ונדליזם, פיתוח תשתיות, יובש, טמפרטורות גבוהות או נמוכות (קרה), רוחות סוערות, חומרי הדברה/כימיקלים, זיהום אוויר, המלחה, השקיה עודפת בעונה לא מתאימה, פגיעה מכנית (כגון חיתוך שורשים)
בעיות כרוניות	עקות מתמשכות – יובש, רעילות קרקע (למשל מעודף דישון או מחסור), הידוק קרקע, זיהום אוויר, מרחב גידול מוגבל, גיזום לא מבוקר
התקפת נגעים	חרקים, פטריות, חיידקים, וירוסים, אורגניזמים דמויי מיקרופלזמה, צמחים טפילים
טיפולים לא מקצועיים	גיזום לא מקצועי שעלול ליצור נזק בלתי הפיך

טבלה 1

גורמים שעלולים לגרום לתמותת עצים בתנאי גינון מבוסס על Clark ו-Matheny (1991), כולל תוספות מהמחברים.

ארוכה, העץ שורד כל עוד הוא מצליח להצמיח איברים חדשים במיקום חדש ובמהירות גדולה יותר על גבי חלקים ישנים שנשברו או נפגעו. למשל, נמצא ששושן הצבעונים (*Liriodendron tulipifera*) רגיש יותר לאורגניזמים גורמי ריקבון כשקצב הצימוח שלו יורד, והריקבון מתפתח מהר יותר מרקמות חדשות (Cannon et al., 2022).

3. צמצום חלקים בעץ במקביל לחידוש הנוף על ידי

עידוד פעילות של מריסטמות – העץ מצמצם את הצמרת על ידי התנוונות ענפים בצמרת ונשירה שלהם מצד אחד, ומצד שני הגדלת הצימוח בחלקי התחתונים. באותו זמן חלה עלייה בפעילות של פטריות ואוכלוסיות נוספות המפרקות את העצה (saproxylic) בגזע הפנימי ובענפים גדולים, ואזורי ריקבון מתמזגים. מריסטמות (רקמות המכילות תאים שמתחלקים ומתמיינים) בשורשים ובנצר מתעוררות לפעילות, תהליך המביא להארכת החיים ולשכפול עצמי בעיקר בחלקים התחתונים של העץ. באמצעות יצירת שורשים אדוונטיביים, המסתעפים מאיברים אחרים, והתפתחות ענפים בתוך ענפים גדולים שנרקבו ובגזע החלול, מתרחש בעץ תהליך של חידוש נוף. הצימוח נעשה דרך המצע הפנימי הרקוב ומגיע עד הקרקע, ובאותו זמן נוצרות רקמות קמביום בתוך העצה הפעילה בגזע. התהליכים האלה מחברים בין הצמרת למערכת השורשים, מצב שיכול להביא ליציבות ולעצמאות מוחלטת של יחידות מתפקדות מצמח האם.

4. סבילות לגיל ומניעת הזדקנות בסוגים ובמינים

שונים – Cannon ושות' (2022) טוענים כי מניעת ההזדקנות כוללת שני היבטים: מצד אחד סבילות לגיל, ומצד שני התחמקות ממאפייני ההזדקנות, עיכוב שלהם ויכולת מתחדשת של רבייה או צימוח, המאפשרת כביכול לאתחל את השעון הביולוגי ולהתחמק מהזדקנות.

סבילות לגיל כוללת:

- א. סבילות לעקה, למשל אצל מיני עצי מחט, כמו אורן, אשוח וערער, המגיעים לגילים שמעל ל-2,000 שנה;
- ב. יכולת ריבוי אל-מיני, למשל אצל מיני אלון המתחדשים מסורים, ומיני איקליפטוס המתחדשים מענפים אפיקורמיים;
- ג. שבירות נמוכה של העץ, למשל אצל מיני ארז.

מניעת הזדקנות כוללת:

- א. צימוח מתמשך לגובה, כדוגמת הצימוח של סקוויה נאה (*Sequoia sempervirens*), ולרוחב הגזע, כדוגמת הצימוח של גינקו דו-אונתי. בשני המקרים המריסטמות

של המשך חידוש הנוף. כאשר חלים צמצום והתנוונות בממדי הצמרת החיה, מקצות הענפים החיצוניים והפנימיים לכיוון הגזע (dieback) גם עקב הצללה עצמית, נוספים להם: שבר ענפים וצימוח ענפים אפיקורמיים (ענפים ארוכים וזקופים הפורצים על פני פצעים ושברים, צומחים ומתעבים מהר, וחיבורם לגזע המרכזי רופף), ריקבון של עצת גלעין ויצירת חללים, ועלייה בהתיישבות של ציפורים, חרקים וחזזיות. הצימוח השוטף בנפח וברוחב של הטבעות השנתיות ממשיך לרדת, ורצף הטבעות בהיקף העץ אובד. לעומת זאת, כשתנאי הסביבה מיטביים, ישנה עלייה בצימוח חוזר של הצמרת והגזע, והצימוח השוטף ממשיך, כולל התפתחות של עמודות גזעים עצמאיים.

ג. עץ עתיק – בתקופה זו מתרחשים הזדקנות מאוחרת והמשך חידוש נוף או תמותה. בהזדקנות המאוחרת חלה ירידה בחיוניות וצימוח, ישנה עלייה בפעילות של פטריות ואוכלוסיות מפרקות וממחזרות ובריבון של שורשים. ההתעוררות בצמרת ובגזע ממשיכה כששורשים תנאים מועדפים.

מנגנוני התמודדות של עצים התורמים לאריכות ימים

קיימות מספר גישות המנסות להסביר מדוע מינים או סוגים מסוימים של עצים מגיעים לגיל מופלג בעוד אחרים הם קצרי חיים.

1. הקצאת משאבים ליצירת מערכת הגנה כימית ומבנית

חזקה – ההגנה מאופיינת כעמידות לאורגניזמים גורמי ריקבון, כגון בתגובת פציעה, ולתקיפת חרקים בשילוב עם חוזק מבני (Clark and Matheny, 1991). עצים מהירי צימוח, כמו מיני ערבה וצפצפה, מקצים כמות קטנה יחסית של משאבים להגנה (סוכרים, מים וכ"ו), וחיים בדרך כלל תקופה קצרה יותר מעצים בעלי צימוח איטי. לעומתם, עצים המקצים משאבים רבים יותר להגנה, כמו מיני עצי מחט ומיני אלון, ייתכן שיצמחו לאט יותר, אך יאריכו חיים גם כאשר שיעור הצימוח שלהם פוחת.

תמיכה לגישה זו, שלפיה קיים מתאם בין הקצאת משאבים ליצירת מערכת הגנה חזקה, מתקבלת מממצאיהם של Cannon ושות' (2022). בעצים רחבי עלים נמצא מתאם בין עמידות לריקבון והשקעת אנרגיה בעצה.

2. צימוח איברים במיקום חדש ומהיר יותר מצימוח

אברים על גבי חלקים ישנים שנפגעו – במינים יוצאי דופן, שהם מהירי צימוח המאופיינים בתוחלת חיים

Flanary and) יחסית ופעילות מוגברת של טלומראז (Kleteschaka, 2005).

6. שילוב של מאפיינים שונים

המין גינקו דו-אונתי מגיע לגיל של יותר מ-1,000 שנים. Li Wang ושות' (2020) מצאו כי במין זה נשמרו מאפיינים שונים, כמו פוריות, שיעורי נביטה, מדדים פוטוסינתטיים ומדדים הקשורים ליצירת אינטראקציה עם פתוגנים ולהגנה על עצים, בדומה לעצים צעירים, ומצד שני נרשמו עלייה בהורמון מוסת צמיחה ABA המופיע בצמחים בתנאי עקה, ותוספת צמיחה בבסיס העץ, שנבעה מהתעבות משנית – יצירת טבעות שנתיות, אם כי צרות יותר ככל שהעץ מזדקן. הממצא האחרון תואם את גישתם של Cannon ושות' (2022), ושמירת היכולת ליצירת אינטראקציה עם פתוגנים והגנה על עצים תואמת את גישתם של Matheny ו-Clark (1991).

גורמים המשפיעים על אריכות חיים של פרטים בסוג ובמין

Cannon ושות' (2022) מצאו בהדמיות מודלים שונים כי עצים שונים ביערות מגיעים לשיא (Climax) מוקדם יותר ולגיל מופלג יותר, ככל שהאוכלוסייה גדולה יותר וככל ששיעורי התמותה באוכלוסייה נמוכים יותר.

במודל הראשון שיא היער נמצא ביחס ליניארי ללוגריתם של גודל האוכלוסייה ולשיעור התמותה השנתית (איור 1). ניתן לראות שגיל העצים עולה באופן ליניארי עם העלייה בלוגריתם של גודל האוכלוסייה. לעומת זאת, גיל העצים מושפע באופן שלילי משיעור התמותה השנתית באוכלוסייה. כלומר, ככל ששיעור התמותה השנתית נמוך יותר, העצים מגיעים לגיל

חיוניות ויוצרות איברים חדשים (צימוח בחלקים מקומיים, יצירת מערכות הובלה);

ב. גמישות וגטטיבית – מריסטמות חיוניות בנוף ובשורשים (הרכבות על עצים צעירים, ענפים אפיקורמיים, שהם כאמור גם דוגמה ליכולת ריבוי אל-מיני);

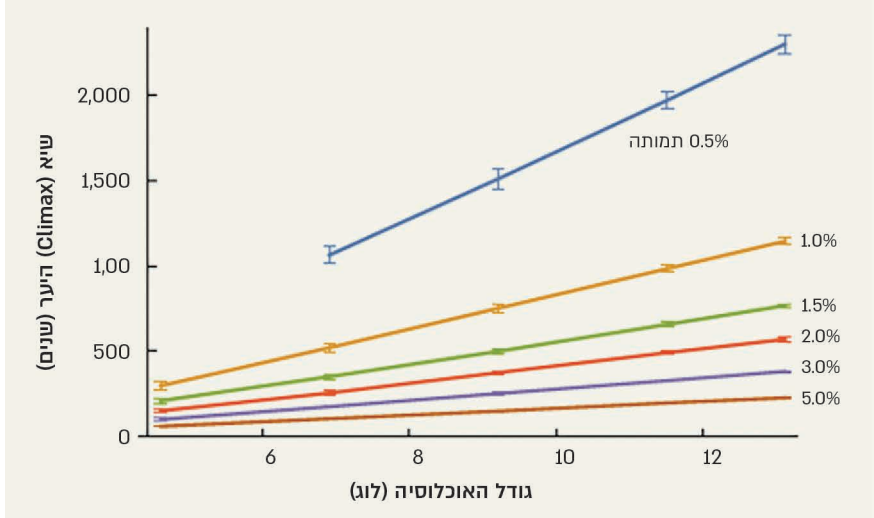
ג. יכולת צימוח מודולרית – יכולת צימוח מתחדש היא המנגנון היעיל ביותר למניעת הזדקנות. במינים מאריכי חיים מתקיים מנגנון זה, לרבות בסקוויה נאה, שמגיעה לגובהה המרבי בגיל מתקדם יחסית, ולרוב אינה מראה ירידה בחיוניות הצימוח. עם זאת, למנגנון זה יש מגבלות – עקת מים גדולה בעלה בשל לחץ הידראולי ומכני עשויה לבסוף להגביל את הצימוח לגובה וכן להאט את קצב הפוטוסינתזה. הצימוח לגובה מוגבל לגובה של 130 מטר, גם בקרקע שופעת לחות (Cannon et al., 2022).

5. פעילות מוגברת של הטלומר

הטלומר (telomere) שומר על כושר השכפול של ה-DNA בכרומוזומים. הטלומר נמצא בשני קצות הכרומוזומים, כך שלכל כרומוזום יש שני טלומרים. ללא נוכחות הטלומרים הכרומוזומים היו מתקצרים עם חלוקת התאים, מאבדים את כושר השכפול של ה-DNA ולכן גם מידע גנטי חיוני, מזדקנים ומתים. הטלומרים, המורכבים מנוקלאוטידים (חומצות גרעין המרכיבות את ה-DNA וה-RNA) ומחלבונים ספציפיים, מתקצרים במקום הכרומוזומים עצמם עם חלוקת התאים, כך שהחלק שהולך לאיבוד אינו חלק מהרצף הגנטי של התא, אלא חלק מהטלומרים שאין לו חשיבות מבחינה גנטית. כדי לשמור על פעילותם לאורך זמן, הטלומרים מוארכים על ידי האנזים טלומראז (telomerase). בצמחים מאריכי חיים, בעיקר באורנים, נמצאה מערכת פעילה של טלומרים, כלומר טלומרים ארוכים

איור 1
שיא גיל היער ביחס לגודל האוכלוסייה הנורמלית ולשיעור התמותה השנתית

מוצגות שש רמות שונות של שיעורי תמותה (0.5% בכחול, 1% בצהוב, 1.5% בירוק, 2% באדום, 3% בסגול ו-5% בחום). שיא היער מוגדר כנקודת הזמן שנוותר בה עץ עתיק אחד בחלקת היער שמקורה ביער חד-גילי, והיא מבטאת את גיל העצים.



טווח (למשל שימור הקיים על פני הזדמנויות תכנוניות להחלפת מינים, נטיעות עתודה) ועוד. כדי למנוע התנוונות של עצים יש לנהל את משק העצים במטרה ליצור יציבות עם מספר מזערי של הפרעות סביבתיות ושל תקיפות נגעים (Clark and Matheny, 1991).

באתרים עירוניים שדואגים בהם לגיטון חלים שינויים תכופים בתנאי הסביבה (בנייה, תדירות השקיה ועוד), דבר שמאלץ את העץ לשנות את דפוס הצימוח שלו כדי לבסס מחדש איזון פנימי בהתאמה לתנאי הסביבה המשתנים. יש להקפיד על תוכנית טיפול בהסתכלות ארוכת טווח (5-50 שנים ולא עונה בודדת) ועל יישום מגוון של כלים ופעולות למען הקצאת משאבים והשגת יציבות ואיזון. יש להעדיף תחזוקת מנע על פני תחזוקת שבר. ניתן להתערב ולהשתמש בעיקר בעיצוב מבנה יציב פיזיקלי ובפיתוח סביבה יציבה (Clark and Matheny, 1991) כולל טיפולי מניעה וטיפול בנגעים.

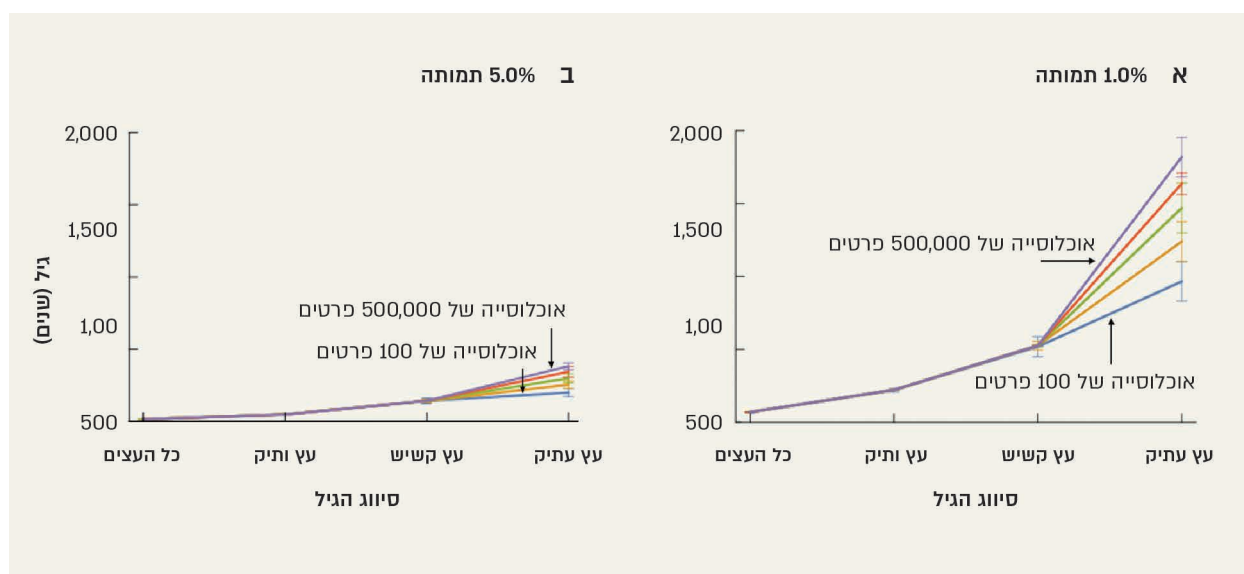
היכולת לתת טיפול מיטבי לעצים תלויה גם בחוסן שלהם, כלומר ביכולתם להגיב ולהסתגל לשינויים בתנאי הסביבה (צל/שמש, תחרות על משאבי מקום ואנרגיה, עבודות תשתית סמוכות). חוסן כולל חיוניות, זמינות משאבים והתאמות גנטיות. חשוב להכיר ולהביא בחשבון גם את אורך החיים הפוטנציאלי של המין, כי ניהול של עצים קצרי חיים יהיה שונה מזה של עצים מאריכי חיים.

מופג יותר. למשל, כשיעור התמותה באוכלוסייה עומד על 5%, שיא גיל העצים ביער נמוך מ-200 שנה, ואילו כשיעור התמותה באוכלוסייה עומד על 0.5%, שיא היער הוא מעל 2,000 שנה.

במודל נוסף נבחנה ההשפעה של גודל האוכלוסייה ושיעור התמותה השנתית על הגיל הממוצע של אוכלוסיות שונות של עצים זקנים (איור 2). נמצא שבשני שיעורי התמותה המוצגים, גודל האוכלוסייה השפיע באופן חיובי רק על הגיל הממוצע של אוכלוסיית העצים העתיקים. לעומת זאת, שיעור התמותה השפיע באופן שלילי על הגיל הממוצע של כל האוכלוסיות. למשל, בשיעור של 1% תמותה הגיל הממוצע של אוכלוסיית העצים העתיקים באוכלוסייה של 500,000 פרטים היה קרוב ל-2,000 שנה (איור 2א), בעוד שבשיעור של 5% תמותה הגיל הממוצע של האוכלוסייה הזו באותו גודל אוכלוסייה היה כ-400 שנה (איור 2ב).

מניעת התנוונות עצים

תחזוקת משק עצים בסביבה מיושבת מונעת ממערכת שיקולים מורכבת, ובהם הצביון והחזות של המקום, אילוצים וצרכים הקשורים לתכנון, בינוי ופיתוח, בטיחות ושלום הציבור, תקציב (עלות מול תועלת), תוכנית עירונית ארוכת



איור 2

גיל ממוצע של אוכלוסיות שונות של עצים זקנים (ותיקים, קשישים ועתיקים) ביחס לגודל האוכלוסייה ושיעור התמותה השנתית:
 א: 1% תמותה שנתית; ב: 5% תמותה שנתית.
 מוצגות חמש רמות שונות של גודל האוכלוסייה (100 פרטים בכחול, 1,000 בצהוב, 10,000 בירוק, 100,000 באדום ו-500,000 בסגול) בממוצע של 25 חזרות.

- הימנעות משימוש בחומר איטום לפצעים, ואיסור מילוי חללים בבטון, קידוח וניקוז של חללים וכיסי מים.

שימור והכשרת סביבה יציבה

בסביבה יציבה ההפרעות והשינויים במרחב הצימוח של העץ מזעריים. עם זאת, אפילו שינויים מינוריים בסביבת העץ עלולים לגרום השלכות שליליות משמעותיות. לדוגמה, השקיית עצים הגדלים באזור ללא גשמי קיץ, עלולה לגרום לריקבון שורשים או להתפתחות עצה רכה ושבירה.

שמירה על חיוניות העצים תפחית את סיכוייהם להיכנס למצב של סחרור מוות. ניתן להשיג זאת באמצעות מניעת עקות ראשוניות, כגון יובש, אזור לקוי בקרקע, מחסור בחומרי הזנה וגרימת נזקים כימיים ומכניים. הטיפול האלה חשובים במיוחד בעצים מהירי צימוח, שתוחלת חייהם תלויה בשמירה על שיעור הצימוח המהיר. לדוגמה: השקיה ודישון יכולים להפחית את רגישותו של עץ השֶׁדֶר (*Betula papyrifera*) לחדירת נוברים (Clark and Matheny, 1991).

ניהול משק עצים המצוי בתהליכי התנוונות

במרבית המקרים נבחין בהתדרדרות העץ בשלב מאוחר יחסית, כשהעץ כבר נמצא בסחרור מוות. אם העץ במצב בר-שיקום, יש לסייע לו לצאת מתנאי סחרור המוות ולבסס מחדש את האיזון בינו לסביבתו. במרבית המקרים הפתרון צריך להיות איטי, רגיש וארוך טווח. יש להביא בחשבון שגם במיני עצים הנחשבים חסונים, התגובה לשינויים איטית. בכל מקרה יש לבחון אם הטיפול יסייע לעץ או שמא הוא עלול לדרדר את מצבו.

יישום מעשי

- **היסטוריה** – בשלב ראשון יש לנסות לברר את ההיסטוריה באתר, למשל, אם בוצעו עבודות תשתית סמוך לעץ, אם נותקו מערכות השקיה, אם נחשף השטח לאחרונה לרוחות או לקרינה בעקבות נפילת עץ סמוך וכדומה. המידע עשוי לסייע בדינו לבחון עקות אפשריות שהעץ עבר או עובר.
- **קרקע** – מומלץ לבצע בדיקות קרקע ובדיקות עלים במטרה לקבל נתונים על מרקם הקרקע, תכולת המים, חוסרים במינרלים וגורמים מגבילים. בהתאם לתוצאות הבדיקות ניתן לקבל החלטה מושכלת באשר לטיפול הדרוש, כגון אזור קרקע, מתן חומרי הזנה או ביצוע שטיפה כנגד המלחה.
- יש לעבד את הקרקע בקלטור שטחי בלבד, ובכל מקרה יש לוודא טרם הביצוע כי לא מדובר בעצים ששורשיהם רגישים אף לעיבוד שטחי.

עיצוב וטיפוח של שלד עץ יציב מבחינה מבנית

יש לשקול גיזום מוקדם של הנוף ליצירת מבנה יציב ולמניעת כשלים, תוך שימוש בטכניקות גיזום נכונות ובמערכות תמיכה ותוך בקרה על יחס תקין של נוף ושורש.

העץ מגיב לגיזום בפריצת פקעים רדומים, בצימוח ענפים אפיקורמיים שעלול להצריך גיזום המשכי, וכן בהגלדה ובסגירת פצעי הגיזום – תהליכים הדורשים אנרגיה. עם זאת, בשל פעולת הגיזום פוחת נפח העלווה המבצעת פוטוסינתזה, ובהתאם פוחתת יכולת יצירת מאגרי האנרגיה, מה שמכניס את העץ לגירעון. נוסף על כך, רגישות העץ לחדירת נגעים וקרינה לחלקי עץ חשופים עולה. לעיתים מומלץ לשקול שימוש במערכות תמיכה כתחליף או כתוספת לגיזום.

גישתם של משמרי עצים עד העת האחרונה הייתה כי עצה מתה גורמת נזק לעץ ומהווה מדד להתנוונות ולסיכון. מקובל היה לבצע סניטציה, עם דגש על הסרת עצה מתה או נגועה וטיפול בחללים ובריבון. Dujesiefken ושות' (2016) מציעים לבחון מחדש גישה זו לאור הכרת הערך של עצה נרקבת ומתה, שלא בהכרח גורמת נזק, חללים וכיו"ב, כבתי גידול המסייעים לשימור המגוון הביולוגי. הם מעודדים ניסיון להבחין בין התדרדרות העץ לבין תהליך של חידוש נוף, ומעלים את המודעות לכך שצמצום טבעי של הצמרת אינו מעיד בהכרח על ירידה במצב הבריאותי. ייתכן שהצמצום הפיך, ולעיתים הוא קשור לתהליך של חידוש הנוף. גישה זו צריכה להיבחן בהיבט של בטיחות וניהול סיכונים. הם מדגישים כי חובה לוודא שהותרת עצה נרקבת ומתה או חללים לא תבוא על חשבון יציבות ובטיחות של העץ.

בכל מקרה יש לנקוט גישה של גיזום מצומצם והדרגתי ככל הניתן, תוך ניסיון להתחקות אחר תהליך הצמצום הטבעי של הצמרת באמצעות הסרת ענפים בעלי חיוניות נמוכה ועידוד הצימוח של הצמרת התחתונה.

עקרונות הטיפול המומלצים:

- גיזום של פחות מ-10% עלווה ונוף;
- גיזום בעונה ובמועד שהעץ מצוי בתנאים מיטביים מבחינת טמפרטורה ותכולת מים בקרקע. אין לגזום עץ המראה סימני עקה;
- חתכים בקוטר שאינו עולה על 20–50 מ"מ;
- התמקדות בצימוח היקפי;
- ביצוע באמצעות כלים ידניים, ולרוב מבמת הרמה, בהתאם לצרכים ולשיקולים מקצועיים;
- בקרה וטיפול חוזרים ככל הנדרש;
- העדפת מערכות תמיכה שאינן חודרניות, במקרה הצורך;

מביצוע עבודות בנייה ופיתוח בסביבת העץ, כגון שינוי מפלט הקרקע, שינוי בתנאי הניקוז, במשטר הרוחות ובחשיפה לשמש בשל הצללה על ידי מבנה חדש. להרחבה ניתן לעיין בהנחיות עבודה בקרבת עצים של אנף יער ואילנות באתר משרד החקלאות ופיתוח הכפר (בורגר ושות', 2015).

- **ניטור העץ** – יש לערוך ניטור תדיר במטרה לאתר מבעוד מועד סימני עקה והתנוונות והתדרדרות בתנאי הסביבה, כדוגמת פריצת ביוב ופריצת מערכת השקיה. בעצים ותיקים וגבוהים בעלי שורשים שטחיים, כגון מיני ברוש ואורן, ניתן לבדוק יציבות באמצעות מכשיר משיכה כדי למזער סיכון לסביבה. עצים ותיקים צריכים להיבדק לא רק בגזעים, אלא גם בזרועות הגבוהות באמצעות טומוגרף או רזיסטוגרף. בכל מקרה יש לערוך ניטור למלוא גובה העץ באמצעים מתאימים, ולא להסתפק בבחינה מהקרקע.
- **פיתוח תוכנית לניהול נגעים בהתאם למין** – ניתן לגבש תוכנית תחזוקה וטיפול על בסיס פילוח מיני העצים בתא השטח המנוהל. תוכנית זו תפרט את אופן הטיפול הדרוש, מועדי הטיפול, בקרה, ניטור ועוד.

ניהול עצים בעלי חללים כדוגמה לשימור עצים זקנים בתנאים עירוניים

Le Roux ושות' (2014) מציינים כי קיימת אי-ודאות לגבי עתיד בתי הגידול של עצים זקנים בשטחים עירוניים, ששוהים בהם בני אדם רבים. זהו מצב מאתגר, הדורש התייחסות ייחודית. לפיכך, הם השתמשו במחקרם במודל שנועד לחזות את עתידם של עצים מקומיים חלולים בשטחים עירוניים שנמצאים בתהליכי התרחבות בעיר קנברה ובאזור הסמוך לה באוסטרליה. כמו כן, נבחנו תרחישי ניהול שישמרו ככל הניתן את מספר העצים החלולים. בהדמיה שערכו נבדקו מינים שונים של עצי איקליפטוס בשמורות טבע ובשטחים ירוקים עירוניים. הם ניסו לחזות את מספר העצים בעלי החללים לשטח של 10 דונם במהלך 300 שנים בתנאי התחזוקה הקיימים. ממסקנותיהם עולה כי מספר העצים בעלי החללים ל-10 דונם בשטחים עירוניים צפוי לרדת ב-87% תוך 300 שנים, ממספר התחלתי של 5.74 עצים ל-10 דונם ל-0.76 עצים ל-10 דונם (איור 3). בתרחיש הגרוע ביותר כל העצים החלולים עשויים להיעלם מהנוף העירוני תוך 115 שנים, ואילו בתרחיש הטוב ביותר מספרם ימשיך וירד עם הזמן. לעומת זאת, צפיפות העצים בשמורות הטבע צפויה להישמר ולהיות בשיעור ממוצע של 13.4 עצים ל-10 דונם.

באיור 4 מוצגים שישה תרחישים לניהול לבחינת הגדלת מספר העצים בעלי חללים ל-10 דונם במהלך 300 שנים.

בכל מקרה מומלץ לטייב את הקרקע בדשן אורגני (הומוס או קומפוסט), לחפות את אזור השורשים מתחת להיטל הצמרת בחיפוי אורגני בעובי של 10 ס"מ לפחות, ולוודא שאזור השורשים יהיה מוגן מהפרעות.

יש להגן על העץ מפני הידוק קרקע. נוסף על החיפוי מומלץ להגביל כניסת כלי רכב ואף הולכי רגל לאזור השורשים שנמצא מתחת להיטל הצמרת. ניתן להתקין מדרך "מרחף" שיאפשר למבקרים להתקרב אל העץ מבלי לגרום להידוק.

באזורים מרוצפים מומלץ להסיר את הריצוף באופן ידני, לטייב את הקרקע ולהוסיף חיפוי אורגני. אם צוואר השורש מכוסה, יש להסיר את הכיסוי באופן ידני תוך בדיקה שלא קיימת צמיחת שורשים אל הקרקע שכיסתה את האזור, כדי למנוע ריקבון שורשים.

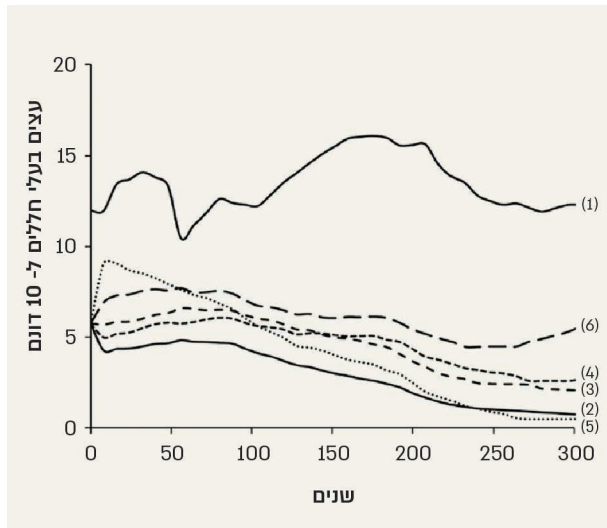
- **השקיה** – יש להשקות בהתאם לצורכי מין העץ, על פי מקדם פנמן-מונטיס, בהתאם לתנאי הסביבה הטבעיים של העץ (תנאי אקלים וקרקע) ומרווחי ההשקיה (להרחבה ראו: הלר 2008, 2009; הלר ושות', 2016). יש להקפיד להשלים את מנת המים שהעץ זקוק לה באופן שוטף ולהקפיד על כך בייחוד בתנאי מזג אוויר בלתי שגרתיים, כגון עצירת גשמים ימי שרב. מאידך גיסא, יש לנקוט זהירות במתן תוספת השקיה לעץ שקודם לכן הסתפק במי גשמים בלבד. יש להקפיד שסביבת העץ לא תוצף (למשל עקב פריצת מערכת השקיה או גשמים מרובים לאחר מספר שנות יובש), ובמקרה של הצפה יש לנסות לנקז את סביבת העץ או לאוורר את הקרקע, אף על פי שהפתרונות מורכבים ליישום. בעץ מושקה יש לוודא שמערכת ההשקיה תתפרס בהיקף היטל הצמרת ולא צמוד לאזור הגזע בלבד. בשטחים משופעים יש להביא בחשבון את הנגר.

- **שבר ענפים עקב השקיה** – לעיתים יש נטייה לשבר ענפים בעצים מושקים. הסיבה אינה ברורה, ואין סימוכין לכך שהדבר נגרם מיצירת עצה רכה יותר או מכך שההשקיה מעודדת צימוח של עלווה ופרי היוצר עומס משקל עצמי.

- **חומרי הזנה** – יש לספק חומרי הזנה באופן מבוקר על בסיס תוצאות בדיקות קרקע או בדיקות עלים. דישון יתר עלול לגרום לצימוח יתר בעץ זקן, בייחוד עץ המצוי בתנאי עקה, שייתכן שאין בו איזון פנימי.

- **מניעת תחרות עם צמחים נוספים** – יש להפחית הצללה, תחרות בין שורשים, עשבים שוטים וכיו"ב. יש לדאוג לסביבה שתאפשר התפתחות מיטבית של העץ במינימום תחרות על משאבים.

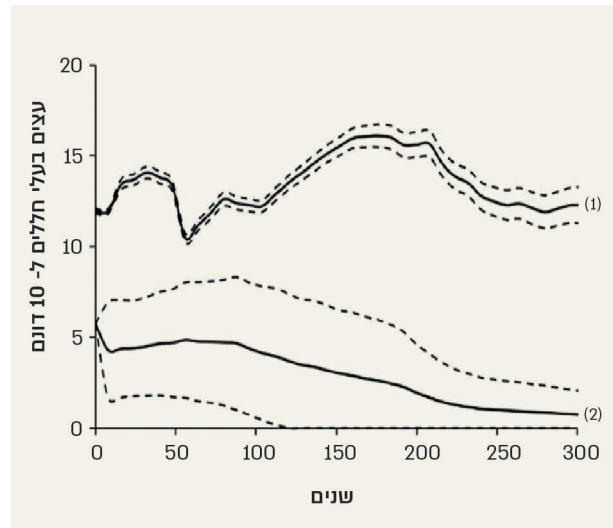
- **הגנה מפגיעות מכניות ושינויים סביבתיים בקרבת העץ** – יש להגן על העץ מפגיעות מכניות באמצעות גידור ואמצעי הגנה נוספים, או גיזום באזור שצפיפות לעבור בו משאיות. כמו כן, יש להימנע משינויים סביבתיים הנגרמים



איור 4

שיעור העצים בעלי חללים ל-10 דונם של נטיעות עירוניות הצפוי במהלך 300 שנים בעקבות טיפולים שונים.

1. תרחיש המתקיים בשמורות טבע בתנאי התחזוקה הנוכחיים (קבוצת ביקורת ללא מינפולציות); 2. תרחיש המתקיים בשטחים עירוניים בתנאי התחזוקה הנוכחיים (קבוצת ביקורת ללא מינפולציות); 3. תרחיש של טיפולים להארכת חיי העצים ל-500 שנים; 4. תרחיש של הגדלת כמות העצים עד 60 שתילים ל-10 דונם, באמצעות השלמת נטיעה כנדרש או התחדשות טבעית; 5. תרחיש של שימוש באמצעים מלאכותיים להגדלת מספר העצים בעלי חללים ב-62% מעל הממוצע בתרחיש 2; 6. תרחיש המתאר שילוב של הטיפולים להארכת חיי העצים ל-450 שנים, נטיעת 60 שתילים ל-10 דונם ושימוש באמצעים מלאכותיים להגדלת מספר העצים בעלי החללים בכ-30% מעל הממוצע בתרחיש 2. מתוך: Le Roux ושות', 2014.



איור 3

הדמיה שמנסה לחזות את המספר היחסי של עצי איקליפטוס בעלי חללים, שצפויים להיות בשטח של 10 דונם לאורך 300 שנים

ההדמיה מוצגת בשני תרחישים: בתנאי התחזוקה הנוכחיים בשמורות טבע (1) ובאזורים עירוניים (2). הקווים המקווקוים מציינים את הטווח ש-95% מהאוכלוסייה מצויה בו. מתוך: Le Roux ושות', 2014.

באיור מוצגים שוב, כקבוצות ביקורת, התרחישים בשמורות טבע ובאזורים העירוניים ללא התערבות המופיעים באיור 3, וכן תרחישים נוספים הכוללים התערבויות שונות.

תרחישים 3 ו-4 באיור 4 מתארים שיעור עלייה מתון במספר העצים בעלי חללים בטווח מאה השנים הראשונות ולאחר מכן חלה מגמת ירידה. תרחיש 5 מתאר עלייה בשנים הראשונות במספר העצים בעלי חללים מ-5.74 ל-9 עצים ל-10 דונם, ולאחר 300 שנים חלה מגמת ירידה ל-0.46 עצים ל-10 דונם. תרחיש 6 מתאר מגמה יציבה במספר העצים בעלי חללים למשך כל טווח השנים הנבדק. עם זאת, בתחילה עלה המספר ל-7 עצים ל-10 דונם, ולאחר מכן, בטווח שבין 200-250 שנים חלה מגמת ירידה ולאחר מכן שוב קיימת מגמת עלייה. מימוש הגדלת מספר העצים בעלי חללים מתאפשר באמצעות נטיעה נרחבת, כמו גם עידוד ההתחדשות הטבעית במקומות רלוונטיים, טיפוח תנאי סביבה מיטביים וכן הפחתת תמותת השתילים בבתי גידול עירוניים.

מאיור 4 עולה כי כל אחד משלושת הטיפולים בנפרד (3-5) לא תרם במידה רבה להעלאת מספר העצים נושאי החללים. עם זאת, גישת תחזוקה משולבת (6) של שלושה תרחישי ניהול בעת ובעונה אחת תגדיל את מספר העצים החלולים בטווח הארוך.

סיכום

ברחבי העולם ניכרת מגמת ירידה בכמות העצים הזקנים, בעיקר בשל פעילות האדם, הפוגעת בעץ עצמו או גורמת להתדרדרות בתנאי הסביבה. מגוון עקות יכול להוביל עצים ל"סחרור מוות", שקשה להם להשתקם ממנו. הירידה במספר העצים הזקנים מצמצמת את התועלת שכלל העצים מספקים.

חשוב לערוך ניטור ולקיים ניהול משמר עצים במטרה להבין מהם הגורמים להתנוונות ולתמותה של עצים זקנים, וכיצד למנוע אותן. ניהול משמר עצים יכול לסייע גם בהפחתה ואף במניעה של נזקים מגורמי מחלות ומזיקים, שחלק מהם מינים פולשים. כמו כן, קיימת חשיבות רבה לנטיעת עצים בקבוצות במטרה ליצור אוכלוסיות גדולות, שעשויים להתפתח בהן פרטים גדולים, המגיעים לגיל מופלג ומספקים שירותי מערכת אקולוגית שערכם הכלכלי גדול יותר (McPherson et al., 2006).

מספר סקרים על ידי משרד החקלאות ופיתוח הכפר חלקם בוצע בסיוע מתנדבים. המידע שנאסף הניב ספרים, חוברות ומפות טיולים.

על מקבלי ההחלטות והעוסקים בתחום שימור העצים בארץ, לגבש עמדה סדורה ולמצוא את עמק השווה בין ניהול שיאפשר שמירה על בטיחות ושלום הציבור מחד גיסא, בצד שימור עצים זקנים מאידך גיסא. המשימה להעלאת המודעות לנושא שימור העצים ולהנחלת תרבות לשמירת עצים היא בבחינת משימה לאומית רבת חשיבות.

פקודת היערות וצו היערות מאפשרים בקרה ומניעה של כריתת עצים בישראל. עם זאת, קיים קושי למנוע התנוונות עצים בשל התדרדרות טבעית, ובעיקר בשל ניהול לוקה בחסר והיעדר מדיניות מכוונת לשימור עצים. התוצאה היא אובדן עצים זקנים יקרי ערך, יחד עם בית הגידול שהם מקיימים. בארץ לא קיימים תקנים לטיפול בעצים כפי שיש באירופה וארה"ב, אך קיימות הנחיות והמלצות של משרד החקלאות ופיתוח הכפר לנושאים שונים, כמו גיזום או הערכת סיכונים (הלר, 2019). בישראל קיימת במידה מסוימת מודעות לחשיבותם של העצים הזקנים. נערכו

מקורות

- Cannon CH, Piovesan G, and Munn-Bosch S. 2022. Old and ancient trees are life history lottery winners and vital evolutionary resources for long-term adaptive capacity. *Nature Plants*, 8, 136–145.
- Clark JR and Matheny N. 1991. Management of mature trees. *HortScience*, 17(7), 173–184.
- Dujesiefken D, Fay N, De Groot JW, and De Berker N (Witkos-Cnack K and Tyszko-Chmielowiec P [Eds]). 2016. *Trees – a Lifespan Approach*. Roads for Nature. Cracow, Poland.
- Flanary BE and Kletetschaka G. 2005. Analysis of telomere length and telomerase activity in tree species of various life-span, and with age in bristlecone pine *Pinus longaeva*. *Biogerontology*, 6, 101–111.
- Le Roux DS, Ikin K, Lindenmayer DB, Adrian D, Manning AD, and Gibbons P. 2014. The future of large old trees in urban landscapes. *PLoS ONE*, 9(6), 1–11.
- Li Wang L, Cui J, Jin B, Zhao J, Xu H, Lu Z, et al. 2020. Multifeature analyses of vascular cambial cells reveal longevity mechanisms in old *Ginkgo biloba* trees. *PNAS*, 117(4), 2201–2210.
- McPherson EG, James R, Simpson JP, Gardner SL, Vargas KE, Maco SE, et al. 2006. *Costal Plain Community Tree Guide: Benefits, Cost and Strategic Planting*. United States Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest, Research Station, General Technical, Report PSW-GTR-201.
- בורגר ח, לוריא נ, גלון י ועמית ת. 2015. הנחיות לעבודה בקרבת עצים. פקיד היערות, משרד החקלאות ופיתוח הכפר. <https://www.gov.il/he/departments/policies/moag-pro-014>
- ברמן ז, אליה ע, לן ע, מזרחי ת, פרדמן א, ברקאי א וצוות עבודה מטעם ממשלת ישראל. 2022. קידום עצי רחוב בערי ישראל – הצללה וקירור של המרחב העירוני באמצעות עצי רחוב כהיערכות לשינויי האקלים. סיכום והמלצות בעקבות שולחן עגול ממשלתי בנושא ייעור עירוני. 50 עמודים. אתר משרד ראש הממשלה, נספח להחלטת ממשלה מס' 1022 מיום 23.12.2022. https://www.gov.il/he/departments/policies/dec1022_2022
- דפני א. 2010. עצים מקודשים בישראל. הוצאת קק"ל והקיבוץ המאוחד.
- הלר א. 2008. ישראל עוברת משחור לירוק – דרכים לחיסכון במים בגן הנוי, חלק א'. עולם הפרח, נובמבר, 58–61.
- הלר א. 2009. ישראל עוברת משחור לירוק – דרכים לחיסכון במים בגן הנוי, חלק ב'. עולם הפרח, פברואר-מרץ, 56–59.
- הלר א, שילה א, הורביץ ט, פרל מ, לוינגרט-אייצ'יי"י ע, בן-שחר י ושות'. 2016. שינוי שיטת החישוב בהשקיית גינות נוי – קביעת מנת השקיה על פי מקדמים אקלימיים בהתאם להתאדות מחושבת על פי פנמן-מונטסי ולא על פי התאדות מניגית. דפון בהוצאת שה"מ, משרד החקלאות ופיתוח הכפר.
- הלר א. 2019. ניהול סיכונים במשאב העצים העירוני. משרד החקלאות ופיתוח הכפר. <https://www.gov.il/he/departments/publications/reports/tree-risk-management>



אלון מצוי זקן בחורשת הארבעים שבכרמל, אוגוסט 2023
צילום: אביגיל הלר



קיבוץ בארי, דרום אדום, זיכרון עוטף
מישל קישקה



שירותי המערכת האקולוגית של הצומח המעוצה בגדות הנחל והאמצעים להרחבתם

אביב אבישר^{1,2*} | דנה גינור¹ | לירון ישראלי² | אורי רמון¹ | אורה משה³

- 1 מכון דש"א, מוזיאון הטבע ע"ש שטיינהרדט, אוניברסיטת תל אביב
 - 2 בית הספר לזואולוגיה, הפקולטה למדעי החיים, אוניברסיטת תל אביב
 - 3 התחנה לחקר הסחף, החטיבה לניהול משאבי סביבה, משרד החקלאות ופיתוח הכפר
- * Avivavis@mail.tau.ac.il

אנושיות (Zaimes, 2020). השפעות האדם על הצומח המעוצה בגדת הנחל והדרכים למיתונן יידונו בחלקו השני של המאמר, שיכלול גם עקרונות לשיקום רצועות הצומח המעוצה באופן שירחיב את שירותי המערכת האקולוגית שהן מספקות לאדם.

שירותי מערכת אקולוגית של צומח מעוצה בגדת הנחל

אחזקת קרקע

אחוז כיסוי הצומח הוא אחד האלמנטים החשובים בקביעת מידת סחיפת הקרקע (Rein et al., 2007). ההחזקה המכנית של מערכת השורשים והתמיכה בפאונת הקרקע משפרות את מבנה הקרקע ומצמצמות סחיפת קרקע גם בשכבות העליונות וגם בתת-הקרקע (Swanson et al., 1989). נוסף על כך, האנרגיה המכנית של טיפות הגשם נבלמת על ידי הצמחייה ומקטינה את הפגיעה בקרקע החשופה. כך שומרת הצמחייה על מבנה הקרקע ומונעת את סחיפתה (Eshel et al., 2015). כמו כן, כיוון שהצמחייה היא אלמנט מחוספס הלוכד עליו את טיפות הגשם, היא

מערכות אקולוגיות של נחלים מאופיינות בתהליכים ביוגאוכימיים מורכבים (Liu et al., 2017) ובמגוון ביולוגי עשיר וייחודי (Tonkin et al., 2017; Vidal-Abarca et al., 2020). נחלים באזורים ים תיכוניים מספקים שירותי מערכת אקולוגית חיוניים, כגון החזקת קרקע, סינון מזהמים, מיתון נגר, הגדלת יציבות הגדה, שמירה על הצורה והמבנה של הערוץ, יצירת מיקרו-אקלים קריר ושירותי תרבות שונים. שירותים אלה מגינים על הסביבה ותומכים באוכלוסייה המצטופכת (Urbanic et al., 2022), והם מגוונים במיוחד ברצועת הצומח בגדת הנחל ביחס לשטחה המצומצם (Gonzalez et al., 2017; Urbanic et al., 2022). נוסף על כך, רצועת הצומח מהווה בית גידול מורכב התומך במגוון הביולוגי, וציר פתוח רציף במרחב מפותח. החלק הראשון של המאמר עוסק בשירותי המערכת האקולוגית שרצועת הצומח בגדת הנחל מספקת, בדגש על צומח מעוצה (עצים, שיחים, בני-שיח וצמחים רב-שנתיים אחרים בעלי גבעול מעוצה). למרות חשיבותן, על המערכות האקולוגיות של נחלים בישראל פועלים לחצים אנושיים כבדים המשפיעים על תפקודן, ומשנים את הרכב הצומח הגדל בהן. המבנה הגאומטרי הצר ושטח הפנים הרחב שלהן הופכים את מערכות הנחלים לרגישות במיוחד להשפעות

משהה את הנגר ומעודדת את חלחולו. כך מצמצמת הצמחייה את כמות הנגר העילי הגורם לסחיפת קרקע, מאיטה את מהירות הזרימה של הנגר שנוצר, ומעודדת את שקיעת הקרקע שנסחפה (Rein, 2007).

סינון מזהמים

קרקע המוסעת מאזורים עירוניים, מתועשים או מסביבות חקלאיות, סופחת אליה מזהמים שונים, חומרי הדברה ודשנים, השוקעים בנחל ומזהמים אותו (Schwarzenbach et al., 2010). כימיקלים אלה משפיעים על הביוכימיה של גדות הנחל ועל המערכת האקוויטית כולה (Topaz et al., 2018). בהיותה חיץ פיזיקלי וביולוגי, רצועת הצומח משמשת מסנן טבעי הלוכד ומשקע קרקע וחומרי דשן והדברה הספוחים אליה. כושר הסינון של הקרקע תלוי בהרכב הצמחייה ברצועה, והוא יכול לנוע בין 34%-85% (Pan et al., 2018). לרצועת הצומח המעוצה יש כושר סינון גבוה של חומרי דשן והדברה בשיעורים שנעים בין 10%-100%. צפיפות הצמחייה משפיעה על יעילות הסינון אף יותר מרוחב הרצועה (Prosser et al., 2020). רצועות צומח מעוצה שנשר עצי מרובד עליהן הן גם סנן ביולוגי המורכב מחברות חיידקים המתמחות בפירוק חנקן (Parkyn, 2004). צמחים סופגים את חומרי ההזנה ומקבעים אותם ברקמותיהם, ועצים צעירים, שיחים ועשבים יעילים במיוחד בקליטה חומרי הזנה מהסביבה ובקיבועם בטרם הגיעם לאפיק (Lowrance, 1997). איכות הסינון מושפעת מהרכב הצומח (משה, 2019; Naiman and Decamps, 1997), ולרצועות צומח מעוצה יש יתרון בניקוי חומרי דשן מומסים כניטרט, אמוניה וזרחן. התרכובות הכימיות האלה מומסות במים, מחלחלות לעומק הקרקע, ונצרכות שם על ידי שורשי העומק של הצומח המעוצה (Fennessy and Cronk, 1997; Parkyn, 2004; Jiang et al., 2020).

מיתון נגר

מבנה רצועת הצומח והרכבה משפיעים על איכות שירותי הוויסות שהן מספקות (Dollinger et al., 2019). צומח מעוצה על שורשיו העבותים משפר את כושר החידור של המים לעומק קרקע, ובכך מפחית את כמות הנגר העילי (Basche and DeLonge, 2019). ככל שהצומח צפוף יותר, הוא מגדיל את החיכוך של המשטח עם הנגר הזורם, וכך מפחית את עוצמת הזרימה בערוץ (Cole et al., 2020).

הגדלת יציבות הגדה ושמירה על מבנה הערוץ

עצים ושיחים מאיטים את זרימת הנגר בערוץ, ומעודדים שקיעה של חלקיקי קרקע. כך הם משפרים תהליכים הידרו-גאומורפולוגיים שקובעים את המבנה והיציבות של הגדות, את העומק והרוחב של האפיק, את היווצרותם של נפתולים ושרטונות ואת רוחב השטח הרטוב באפיק ובגדות

יצירת מיקרו-אקלים ממוזג

חופת הצומח מפחיתה את קרינת השמש, כמות המשקעים ומהירות הרוח בקרבת הקרקע, ויוצרת תנאי חום ולחות מקומיים תחתיה. לצפיפות העצים ולסידור העלווה, כלומר לאופן שקרינת השמש עוברת דרך הצמרות, יש השפעה על המיקרו-אקלים בתוך היער (Moore et al., 2005), כך שבתוך היער נוצר מיקרו-אקלים קריר יותר המשפיע על טמפרטורת המים בנחל החוצה אותו (Rykken et al., 2007). הסביבה הקרה והלחה מאפשרות מפלט לצמחים ובעלי חיים, ומסייעות להם לשרוד תקופות בצורת (Naiman and Decamps, 1997).

נופש בחיק הטבע

רצועות צומח מעוצה מוצלות לצד הנחל מספקות שירותי תרבות שונים למבקרים, ובפרט שירותי טיילות ונופש. לתועלת הטמונה בנופש בחיק הטבע יש מקום מרכזי בתורת ניהול היער החדשה של קק"ל (אסם ושות', 2014). על פי מודל שפותח להערכת הערכיות של שטחים פתוחים בישראל לנופש (אמדור ושות', 2017), צמחייה היוצרת צל היא גורם משיכה עיקרי לנופשים בישראל. לכן, חורשים ויערות דורגו כשטחים בעלי ערכיות גבוהה לנופש. מקורות מים מהווים נקודות עניין בעלות השפעה רבה על ערכיות הנופש של שטח פתוח. השילוב בין מקורות מים וצומח גדות מצל נתפס על ידי המטייל הישראלי כשטח מועדף לנופש. מעיינות, נחלים, גשרים ואתרי צפרות צמודי מים מהווים מוקדי עניין שעשויים לעודד פעילות גופנית (פלאוט ושות', 2015). במחקר שנערך בספרד נמצא כי בהשוואה לשימושי קרקע אחרים, יערות בגדות הנחל סיפקו במידה הרבה ביותר שירותי ספורט, חינוך ופנאי באגן הנחל (Felipe-Lucia et al., 2014).

יצירת בתי גידול חדשים ותמיכה במגוון ביולוגי

חלקי הצומח המעוצה הטבולים במים (שורשים וענפים) מגדילים את המורכבות המבנית של האפיק, יוצרים בתי גידול מגוונים לאוכלוסיות האורגניזמים החיות בנחל, ומהווים מקלט לפרטים צעירים (Van Looy et al., 2017; de Sosa et al., 2018). צמחיית הגדות שומרת על לחות הקרקע ויוצרת מיקרו-אקלים למגוון צמחים, בעלי חיים ומיקרואורגניזמים. הנשר האורגני מהעצים המצטבר על הגדות והאפיק מהווה מקור מזון לאוכלוסיות של מפרקים ומיקרואורגניזמים שונים

(פרידמן ושות', 2022). בנחלי אכזב החוצים את העמקים יתפתחו עצי שיזף מצוי (*Ziziphus spina-christi*), אלה אטלנטית (*Pistacia atlantica*) ולפעמים גם אלון התבור (*Quercus ithaburensis*), בהתאמה לצומח סביב לנחל (שפירא ושות', 2019).

השפעות האדם על חברת הצומח בנחל

נוסף למשתני הסביבה הטבעיים, את צומח הנחל הים תיכוני בישראל מעצבים שני כוחות נוספים, חדשים יותר: (א) **שינוי האקלים**, המתבטא בתקופות יובש ממושכות ובאירועי גשם קיצוניים (גבעתי וטל, 2017; יוסף ושות', 2019; זיו ושות', 2021). באגן המזרחי של הים התיכון, המתחמם בקצב מהיר, הנחלים מאוימים במיוחד, ואחוז הכיסוי הצמחי בהם צפוי לרדת בשל תהליכי ההתייבשות (Pacheco, 2016); (ב) **גידול אוכלוסין מהיר**, המגדיל את הלחץ על הנחלים בשלל דרכים, ובין השאר גם מגדיל את הצורך להפנות את מרב השימוש בקרקע לטובת בינוי או חקלאות. שטחו של הנחל, שבאופן טבעי כולל נפתולים רחבים, פשטי הצפה המתמלאים בחורף ורצועות צומח עבותות – מוסדר ומוצר. פעמים רבות נפתולי הנחל מיושרים, והנחל מועמק והופך לתעלת ניקוז תלולה ועמוקה (אבישר ושות', 2022). התבססות טבעית של צומח בגדות נחלים מתאפשרת כאשר רצועת הנחל רחבה, וכשגדות הנחל מתונות ומשמרות משרע לחות רחב. בתום עבודות ההסדרה מתקבלת גדת נחל תלולה ויובשנית. הסדרה בדפוס זה מחייבת תחזוקה מתמדת ויקרה, הפוגעת בהתפתחות הצומח הטבעי ומעודדת התבססות של צומחים פולשים, כגון קיקיון מצוי (*Ricinus communis*) ופרקינסוניה שיכנית (*Parkinsonia aculeata*) (להב ורמון, 2005; רמון ושות', 2005; פרלברג ושות' 2010, 2012).

נוסף על כך, לאורך נחלי ישראל ניטעו לאורך השנים שדרות עצים שאינם מקומיים, לרוב מהסוג איקליפטוס, שזריעו יוצרים בחלק מהמקרים עומדים צפופים לאורך הגדה. תהליך הפירוק והמחזור של נשר האיקליפטוס, העשיר בליגיני ובשמנים אתרים, איטי במיוחד, וחברת המפרקים הטבעית המותאמת לפירוקו אינה נוכחת מחוץ לארץ מוצאו, אוסטרליה (אשכולי, 2008; אבישר ושות', 2023). משום שהחומר האורגני אינו מתפרק, הוא מצטבר מתחת לחופת העצים במים ומשפיע לרעה על ריכוז החמצן, על איכות המים ועל חברת חסרי החוליות (גזית, 2021). נוסף על כך, לשכבת הנשר האורגני המצטברת מתחת לאיקליפטוסים ולעצים נוספים יש אפקט אלולופתי, המונע נביטה אפקטיבית של תת-יער (Patnaik, 2000; Niakan et al., 2009), דבר המקטין עוד יותר את כמות השורשים האחוזים בקרקע, ומגדיל את סכנת הסחיפה של הקרקע וחשיפת השורשים (אורי מורן, מידע בע"פ). לסוג איקליפטוס יש השפעה

ולחסי חוליות רבים, כמו בריומאים, גדותאים או חיפושיות הניזונות מחלקי עץ של מינים רחבי עלים (Covich et al., 1999). מאחר שנחלים הם ישויות לינאריות ארוכות, הם מהווים מסדרון אקולוגי אורכי פתוח וארוך, ולכן, רצועות צומח מפותחות שהמגוון הביולוגי בהן גדול, מגדילות את הקישוריות המרחבית (Bentrop and Kellerman, 2004). לנוכחות עצים ברצועת הצומח יש השפעה גם על תפקוד המערכות האקולוגיות הסמוכות אליה (Naiman et al., 1997; Sabater et al., 2000), למשל, כשהם תומכים בחברות של טורפים המווסתים מזיקים באזורים חקלאיים (שוורץ ושות', 2018).

לסיכום, רצועות צומח לצד הנחל ככלל, ורצועות צומח מעוצה בפרט, הן ספקיות חשובות של שירותי מערכת אקולוגית החיוניים לאדם, בייחוד בישראל הצפופה והיובשנית. עם זאת, להרכב המינים ולמבנה הצומח המעוצה בגדת הנחל יש השפעה משמעותית על תפקודה של רצועת הצומח ועל יכולתה לספק את השירותים הנדרשים.

הרכב חברת הצומח בגדת הנחל בישראל והלחצים הפועלים עליה

חברת הצומח המעוצה הטבעית בגדת הנחל הים תיכוני בישראל

הרכב חברת הצומח המעוצה הטבעית בגדת הנחל באזור הים תיכוני של ישראל מושפע מאופי הנחל (איתן, עונת, אכזב, שיטפוני), מסוג הקרקע, מהאקלים וממשתנים אקולוגיים נוספים. למשל, בנחלי האיתן בגליל העליון ובחלקים מהגליל התחתון והמערבי המשופעים במשקעים, מתפתח יער גדות שופע של דולב מזרחי (*Platanus orientalis*), ערבה (*Salix sp.*) ומילה סורית (*Fraxinus syriaca*) (פרלברג ושות', 2018; שניצר ושות', 2022). באזורי קרקעות עמוקות בנחלי האיתן במישור החוף והעמקים יתפתחו בעיקר מיני ערבה ואשל (*Tamarix sp.*) (טלמון ושות', 2019). עם התמעטות המשקעים לאורך המפל צפון-דרום תשתנה גם חברת הצומח לטובת דומיננטיות של סבך שיחים וחישת קנים, בשליטה של קנה מצוי (*Phragmites australis*), עבקנה שכיח (*Arundo donax*) ופטל קדוש (*Rubus sanguineus*), ומיעוט עצים (אלון, 1990). בערוצי נחלי אכזב המהווים "בית גידול משופר" מבחינת זמינות המים, יתפתחו עצים ושיחים האופייניים למערכת האקולוגית העוטפת את הנחל, שאינם נמנים על חברת צומח הנחלים. למשל, בנחל אכזב החוצה חורש ים תיכוני יתפתחו בערוץ עצים כמו אלון מצוי (*Quercus calliprinos*) ואלה ארץ-ישראלית (*Pistacia palaestina*), ושיחים כמו אשחר ארץ-ישראלי (*Rhamnus lycioides*) וער אציל (*Laurus nobilis*)

- נוספת וייחודית לו. בשמן האתרי בודדו מעל ל-70 תרכובות כימיות, שרובן יציבות מאוד והידרופוביות (Boon and Johnstone, 1997; Lis-Balchin et al., 1998), כך שהחומר האורגני המצטבר מתחת לעץ יוצר שכבה אטימה ובלתי חדירה למים (אבישר ושות', 2023). בעקבות זאת, פחות מים מחלחים לתת-הקרקע, ויותר מים מוסעים בנגר עילי ומעצימים את סחיפת הקרקע אל הנחל.

כיצד ניתן לשקם את רצועת הצומח המעוצה בגדות הנחל?

- לסיכום, לרצועות צומח בכלל, ולרצועות צומח מעוצה בגדות הנחל מהווה מסננת פיזיקלית וכימית למזהמים ממקורות מתועשים, עירוניים וחקלאיים, מווסתת שיטפונות, משפרת את איכות המים בנחל, מגדילה את יציבות הגדה, ושומרת על מורפולוגיית הערוץ. רצועות צומח מעוצה גם ממתנות את טמפרטורת הסביבה, משפרות את החוסן האקלימי של סביבתן, מגדילות את המורכבות המבנית של בית הגידול, מחזקות את מארג המזון, ותומכות במגוון הביולוגי המקומי. רצועות מוצלות לאורך הנחלים מעניקות שירותי תרבות לאוכלוסייה המצטופפת, ומשפרות את חוסנה הפיזי והנפשי. עם זאת, רבות מרצועות הצומח לאורך הנחלים בישראל פגועות עקב נטיעת עצים זרים ופעילות האדם. כדי ליהנות מכל שירותי המערכת האקולוגית שרצועות צומח מעוצה בגדות הנחלים מציעות, עלינו לשקמן וליצור רצועות צומח רחבות וסבוכות, שיתבססו על מינים מקומיים המותאמים למשטר הזרימה בנחל. להלן מספר עקרונות לשיקום יעיל שיאפשר אספקה מיטבית של שירותי מערכת אקולוגית:
- יש להתאים את הרכב הצומח וצפיפותו למשטר הזרימה בנחל (איתן, אכזב, עונתי או שיטפוני) ולתנאי הסביבה שהוא נמצא בהם. נוכחותם הטבעית של עצים בנחל הולכת ופוחתת עם הירידה בכמות המשקעים ומוחלפת בחישות קנים, בשיחים ובבני-שיח, בהתאם לכמות המים הזמינים.
- סבך צומח או חישות קנים הם בלתי נגישים מבחינת המטיילים, ועל כן מהווים כלי יעיל לניהול קהל ולהרחקת ממפגשי ערוצים ומאזורי נחל רגישים.

הכרזת האו"ם על "עשור השיקום האקולוגי" (UNEP/FAO, 2020) הניעה מהלכים חשובים בקרב מקבלי ההחלטות בישראל, והיוותה זרז חשוב להטמעת נושא השיקום האקולוגי במדיניות, במחקר ובחלוקת המשאבים. הוקמו מרכזי ידע חדשים לתחומי הנחלים (אגמא) והשיקום האקולוגי (במזיאון הטבע ע"ש שטיינהרדט באוניברסיטת תל אביב), קרנות שונות מפנות תקציבים למחקר, לתכנון ולביצוע של פרויקטים לשיקום אקולוגי, וגם קק"ל משקיעה משאבים לא מבוטלים במחקר, בניטור ובבניית מדיניות בנושא בתי הגידול האקוטיים שלה בהובלת אגף המדען הראשי, אגף הייעור והמחוזות. אנחנו מקווים שהמאמר הנוכחי יסייע בבניית הידע הנדרש לשיקום אקולוגי יעיל ומותאם לבתי הגידול השונים, שיאפשר לזכות במרב שירותי המערכת האקולוגית שיש לרצועת הצומח המעוצה בגדות הנחל להציע.

- יש להבטיח שרצועת הצומח בגדת הנחל תהיה רחבה ככל הניתן. ככל שהרצועה רחבה יותר, כך ההגנה שהיא מספקת לאפיק הנחל ולאיכות המים הזורמים אליו מהסביבה טובה יותר.
- בשיקום רצועת הצומח בנחל יש להשתמש רק במינים מקומיים המוכרים מסביבת הנחל, ובעושר מינים גדול ורחב ככל הניתן, שיגדיל את סיכויי הקליטה של כמה שיותר מינים בנישה המתאימה להם.
- ככל שרצועת הצומח צפופה וסבוכה יותר, תפקודה כסנן מזהמים השומר על מורפולוגיית הערוץ משתפר, ולכן יש לתת עדיפות למגוון תצורות צומח, הכוללות עצים (בנחלי האיתן ובאזורים ברוכי משקעים), שיחים ובני-שיח מעוצים.

- Basche AD and DeLonge MS. 2019. Comparing infiltration rates in soils managed with conventional and alternative farming methods: A meta-analysis. *PLoS ONE*, 14(9), 1–22.
- Bentrop G and Kellerman T. 2004. Where should buffers go? Modeling riparian habitat connectivity in northeast Kansas. *Journal of Soil and Water Conservation*, 59(5), 209–215.
- Boon PI and Johnstone L. 1997. Organic matter decay in coastal wetlands: An inhibitory role for essential oil from *Melaleuca alternifolia* leaves? *Archiv für Hydrobiologie*, 138, 433–449.
- Burch GJ, Moore ID, and Burns J. 1989. Soil hydrophobic effects on infiltration and catchment runoff. *Hydrological Processes*, 3, 211–222.
- Cole LJ, Stockan J, and Helliwell R. 2020. Managing riparian buffer strips to optimise ecosystem services: A review. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 296, 106891.
- Cotrufo MF, Wallenstein MD, Boot CM, Deneff K, and Paul E. 2013. The Microbial Efficiency-Matrix Stabilization (MEMS) framework integrates plant litter decomposition with soil organic matter stabilization: Do labile plant inputs form stable soil organic matter? *Global Change Biology*, 19(4), 988–995.
- Covich AP, Palmer MA, and Crowl TA. 1999. The Role of species invertebrate freshwater ecosystems benthic zoobenthic species influence energy flows and nutrient cycling. *BioScience*, 49(2), 119–127.
- De Sosa LL, Glanville HC, Marshall MR, Abood SA, Williams AP, and Jones DL. 2018. Delineating and mapping riparian areas for ecosystem service assessment. *Ecohydrology*, 11(2), e1928.
- Dollinger J, Lin CH, and Udawatta RP. 2019. Influence of agroforestry plant species on the infiltration of S-Metolachlor in buffer soils. *Journal of Contaminant Hydrology*, 225, 103498.
- Eshel G, Egozi R, Goldwasser Y, Kashti Y, Fine P, Hayut E, et al. 2015. Benefits of growing potatoes under cover crops in a Mediterranean climate. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 211, 1–9.
- Felipe-Lucia MR, Comin FA, and Bennett EM. 2014. Interactions among ecosystem services across land uses in a floodplain agroecosystem. *Ecology and Society*, 19(1), 20.
- Fennessy MS and Cronk JK. 1997. The effectiveness and restoration potential of riparian ecotones for the management of nonpoint source pollution, particularly nitrate. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 27(4), 285–317.
- Hu B, Zhou M, Dannenmann M, Saiz G, Simon J, Bilela S et al. 2017. Comparison of nitrogen nutrition and soil carbon status of afforested stands established in degraded soil of the Loess Plateau, China. *Forest Ecology and Management*, 389, 46–58.
- Jiang F, Preisendanz HE, Veith TL, Cibin R, and Drohan PJ. 2020. Riparian buffer effectiveness as a function of buffer design and input loads. *Journal of Environmental Quality*, 49(6), 1599–1611.
- Liu Y, Dedieu K, Sánchez-Pérez J, Montuelle B, Buffan-Dubau E, Julien F, et al. 2017. Role of biodiversity in the biogeochemical processes at the water-sediment interface of macroporous river bed: An experimental approach. *Ecological Engineering*, 103(B), 385–393.
- Niakan M and Saberi K. 2009. Effects of Eucalyptus allelopathy on growth characters and antioxidant enzymes activity in phalaris weed. *Asian Journal of Plant Sciences*, 8, 440–446.
- González E, Felipe-Lucia MR, Bourgeois B, Boz B, Nilsson C, Palmer G et al. 2017. Integrative conservation of riparian zones. *Biological Conservation*, 211(B), 20–29.
- Lis-Balchin M, Buchbauer G, Ribisch K, and Wenger MT. 1998. Comparative antibacterial effects of novel *Pelargonium essential oils* and solvent extracts. *Letters in Applied Microbiology*, 27, 135–141.
- אבישר א, דיין, ת, ואהרונסון ג. 2023. השפעת ייעור באקליפטוסים על דיונות החוף במרכז ישראל, ושיטות להאצת תהליכי שיקום של המערכת הטבעית (עבודה לקבלת תואר דוקטור). תל אביב: אוניברסיטת תל אביב.
- אבישר א, קורן ל, ינאי ז ומרכוס ת. 2022. נחלים בעידן של אקלים משתנה – תמונת מצב, השפעות אקולוגיות והדרכים לפתרון. יחידת המחקר, מכון דש"א. מוזיאון הטבע ע"ש שטיינהרדט, אוניברסיטת תל אביב.
- אלון ע. 1990. **האנציקלופדיה של החי והצומח של ארץ-ישראל**, כרך מספר 1. הוצאת משרד הבטחון.
- אסם י, ברנד ד, טאובר י, פרבולוצקי א וצורף ח. 2013. תורת ניהול היער בישראל – מדיניות והנחיות לתכנון ולממשק היער. **אקולוגיה וסביבה**, 2(4), 131–129.
- אמדור ל, רמון א, שלם מ, מיטרי מ אופרת י. 2017. פיתוח שיטה לאומדן ערכיות שטחים פתוחים לנופש בחיק הטבע. **אקולוגיה וסביבה**, 8(3), 14–19.
- אשכולי ט. 2008. האם קטע מעלה הירקון "הנקי" עני במינים של חסרי חוליות גדולים? (עבודת גמר לתואר מוסמך). אוניברסיטת תל אביב.
- גבעתי ע וטל ע. 2017. המצב ההידרולוגי באגן הכינרת – מגמות נצפות וחזויות על בסיס מודלים הידרו-אקלימיים. **אקולוגיה וסביבה**, 8(4), 12–19.
- גית א. 2021. איקליפטוסים ובריכות חורף – הילכו השניים יחדיו גם מחוץ לאוסטרליה? **יער**, 20, 27–37.
- זיו ב, דרוז ר, סערני, ה, אטקין ע ושפר א. 2021. מגמות שנוי במשטר הגשם בישראל בשנים 1975–2020. מצגת שהוצגה בוועדת ההיגוי לכפויקט "נחלים בעידן שינוי אקלים". 9 בפברואר.
- זלמן ע, מנדלסון ע, שמש ב, רון מ, הר נ, פרלברג א, ושות'. 2019. גבעות אלונים – צפון הרי נצרת. סקר, ניתוח והערכה של טבע, נוף ומורשת האדם. מכון דש"א. מוזיאון הטבע ע"ש שטיינהרדט. אוניברסיטת תל אביב.
- יוסף י, בהר"ד ע, אוזן ל, אוסטינסקי-צדקי א, כרמונה י, חלפון נ ושות'. 2019. **שינוי האקלים בישראל – מגמות עבר ומגמות חזויות במשטר הטמפרטורה והמשקעים**. דו"ח מחקר מס' 0000075-2019-0804-4000. השירות המטאורולוגי הישראלי.
- להב ח ורמון א. 2005. נחל פולג וסביבתו. סקר, ניתוח והערכה של טבע, נוף ומורשת האדם. מכון דש"א. אוניברסיטת תל אביב.
- משה א, רטנר ט וודאי נ. 2019. בחינת היעילות של שילובים שונים של צמחייה לסינון נגר משדות חקלאיים, לשימור קרקע ולהגנה על איכות מי הנחל. חוברת נקודת ח"ן, האגודה הישראלית לאקולוגיה ולמדעי הסביבה. עמ' 54–44.
- פלאוט פ, מורן מ, מיטרי מ וגולן ל. 2015. יערות/פארקים/אתרי נופש ופעילויות קק"ל סביבות מקדמות בריאות. המרכז לחקר העיר והאזור, הפקולטה לארכיטקטורה ובינוי ערים. הטכניון – מכון טכנולוגי לישראל.
- פרידמן נ, רון מ, שמש ב, מנדלסון ע, רומם א, חמליני י ושות'. 2022. חבל אשר. סקר, ניתוח והערכה של טבע, נוף ומורשת האדם. מכון דש"א. מוזיאון הטבע ע"ש שטיינהרדט. אוניברסיטת תל אביב.
- פרלברג א, רון מ, שיצר ד, שוב א, לבינגר ז ורמון א. 2012. רגישות סביבתית לפעולות תחזוקה של הערוצים ברשות ניקוז נחלים ירדן דרומי. מכון דש"א. אוניברסיטת תל אביב.
- פרלברג א, הרשקוביץ י, ינאי ז, אורן א, ערד א ורמון א. 2012. רגישות סביבתית לפעולות תחזוקה של הערוצים ברשות ניקוז נחלים קישון שלב א'. מכון דש"א. אוניברסיטת תל אביב.
- פרלברג א, ערד א, מנדלסון ע, רון מ, אורן א ורמון א. 2018. סקר דישון דלתון. ניתוח והערכה של טבע, נוף ומורשת האדם. מכון דש"א. אוניברסיטת תל אביב.
- רמון א, זוסמן ה, רון מ ופרלמן י. 2004. נחל שקמה – אגן מרכזי. סקר, ניתוח והערכה של משאבי טבע, נוף ומורשת האדם. מכון דש"א. אוניברסיטת תל אביב.
- שוורץ א, כרמל י, טגלי מ, סגרה ה, ציציק ע ורנן א. 2018. שדות ושוליים חקלאיים: השפעות אקולוגיות והדדיות והשלכות כלכליות של חלופות ממשק. קרן המדען הראשי, משרד החקלאות.
- שינצר ע, פרלברג א, רומם א, מנדלסון ע, רון מ, שמש ב ושות'. 2022. סקר משגב. סקר, ניתוח והערכה של טבע, נוף ומורשת האדם. מכון דש"א. מוזיאון הטבע ע"ש שטיינהרדט. אוניברסיטת תל אביב.
- שפירא א, שמש ב, מנדלסון ע, גיל ה, כגן ג, פרלברג א ושות'. 2019. גבעות גומר. סקר, ניתוח והערכה של טבע, נוף ומורשת האדם. מכון דש"א. מוזיאון הטבע ע"ש שטיינהרדט. אוניברסיטת תל אביב.

- Rykken J, Chan S, and Moldenke AR. 2007. Headwater riparian microclimate patterns under alternative forest management treatments. *Forest Science*, 532, 270–280.
- Schwarzenbach R, Egli T, Hofstetter TB, Von Gunten U, and Wehrli B. 2010. Global water pollution and human health. *Annual Review of Environment and Resources*, 35, 109–136.
- Swanson SD, Kozłowski R, Hall D, and Lin J. 2017. Riparian proper functioning condition assessment to improve watershed management for water quality. *Journal of Soil and Water Conservation*, 72(2), 168–182.
- Tonkin J, Bogan M, Bonada N, Rios-Touma B, and Lytle D. 2017. Seasonality and predictability shape temporal species diversity. *Ecology*, 98(5), 1201–1216.
- Topaz T, Egozi R, Eshel G, and Chefetz B. 2018. Pesticide load dynamics during stormwater flow events in Mediterranean coastal streams: Alexander stream case study. *Science of the Total Environment*, 625, 168–177.
- Urbanič G, Politti E, Rodríguez-González PM, Payne R, Schook D, Alves M, et al. 2022 Riparian Zones – From policy neglected to policy integrated. *Frontiers in Environmental Science*, 10, 868527.
- Van Looy K, Tormos T, Souchon Y, and Gilvear D. 2017. Analyzing riparian zone ecosystem services bundles to instruct river management. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services and Management*, 13(1), 330–341.
- Vidal-Abarca MR, Gómez R, Sánchez-Montoya MM, Arce MI, Nicolás N, and Suárez ML. 2020. Defining dry rivers as the most extreme type of non-perennial fluvial ecosystems. *Sustainability*, 12(17), 7202.
- Zaimis GN. 2020. Mediterranean Riparian Areas – Climate change implications and recommendations. *Journal of Environmental Biology*, 41(5), 957–965.
- Sabater F, Butturini A, Martí E, Muñoz I, Romani A, Wray J, et al. 2000. Effects of riparian vegetation removal on nutrient retention in a Mediterranean stream. *Journal of the North American Benthological Society*, 194, 609–620.
- UNEP/FAO. 2020. The UN Decade on Ecosystem Restoration 2021–2030. UNEP/FAO Factsheet.
- Lowrance R, Altier LS, Newbold JD, Schnabel RR, Groffman PM, Denver JM, et al. 1997. Water quality functions of riparian forest buffers in Chesapeake Bay watersheds. *Environmental Management*, 21(5), 687–712.
- Moore RD, Spittlehouse DL, and Story AC. 2005. Riparian microclimate and stream temperature response to forest harvesting: A review. *JAWRA – Journal of the American Water Resources Association*, 41(4), 813–834.
- Naiman RJ and Decamps H. 1997. The ecology of interfaces: Riparian zones. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 28(1), 621–658.
- Naiman RJ, Fetherston KL, McKay S, and Chen J. 1997. Riparian forests. In: RJ Naiman RJ and Bilby RE (Eds). *River Ecology and Management: Lessons from the Pacific Coastal Region*. New York: Springer Verlag.
- Pacheco AJC and Marco C. 2016. Linking wood anatomy and xylogenesis allows pinpointing of climate and drought influences on growth of coexisting conifers in continental Mediterranean climate. *Tree Physiology*, 36(4), 502–512.
- Padhy B, Patnaik PK, and Tripathy AK. 2000. Allelopathic potential of Eucalyptus leaf litter leachates on germination and seedling growth of finger millet. *Allelopathy Journal*, 7(1), 69–78.
- Pan D, Gao X, Wang J, Yang M, Wu P, Huang J, et al. 2018. Vegetative filter strips – Effect of vegetation type and shape of strip on run-off and sediment trapping. *Land Degradation and Development*, 29(11), 3917–3927.
- Parkyn S. 2004. Review of riparian buffer zone effectiveness. Vol. 2005. Wellington, New Zealand: Ministry of Agriculture and Forestry.
- Prosser RS, Hoekstra PF, Gene S, Truman C, White M, and Hanson ML. 2020. A review of the effectiveness of vegetated buffers to mitigate pesticide and nutrient transport into surface waters from agricultural areas. *Journal of Environmental Management*, 261, 110210.
- Rein F, Los Huertos M, Holl K, and Langenheim J. 2007. Restoring native grasses as vegetative buffers in a coastal California agricultural landscape. *Madrone*, 54(3), 249–257.



נחל תנינים וגדה צמחית המורכבת משיחים ומחישת קנים, 2023
צילום: נדב שדה



יער גדות בנחל חרמון, 2021
צילום: אביב אבישר



נחל חילזון לאחר הסדרתו, 2024
(הנחל יבש רוב השנה)
צילום: רונה וינטר-לבנה



קביעת גבולו הדרומי-מערבי של הנגב

גדעון ביגר

החוג לגיאוגרפיה וסביבת האדם, אוניברסיטת תל אביב
bigergideon@gmail.com

תהליך קביעת הגבול המערבי של הנגב בקו המלאכותי העובר מחוף הים התיכון ועד למפרץ אילת, הוא תהליך ארוך שתחילתו בראשית שנות ה-40 של המאה ה-19, וקביעתו הסופית היא חלק מהסכם השלום בין ישראל למצרים, בשנות ה-80 של המאה ה-20.

שלב 1. מפת מוחמד עלי

משנת 1516 ועד לראשית המאה ה-19 היה השטח הכולל כיום את מדינת ישראל, מצרים ומרבית המזרח התיכון, חלק מהאימפריה העות'מאנית. אימפריה זו חולקה לפרובינציות, למחוזות ולנפות, וקווי הגבול ביניהם השתנו בהתאם לצורכי השלטון.

הנגב הוא האזור הדרומי של מדינת ישראל, הוא משתרע מעמק הערבה במזרח, ועד לגבול הבין-לאומי בין ישראל למצרים במערב. בעוד שבמזרח המעבר מהנגב לערבה הוא מעבר בין שני אזורים גאוגרפיים ברורים, הקו המערבי הוא תוצר של קביעת קו גבול, שאיננו מתחשב כלל במבנה הגאוגרפי של האזור. הקו המלאכותי הזה יוצר גם קו אתני. מצידו המזרחי, בתחום ישראל, יש התיישבות עברית הסמוכה לקו הגבול, ובצידו המערבי, המצרי, אין כל התיישבות קבע. הדבר אף ניכר בתצלומי לוויין המראים בבירור פני שטח שונים משני צידי קו הגבול, פני שטח שעוצבו על ידי האדם ואינם תוצאה של תהליכים גאוגרפיים וגאולוגיים (איורים 1 ו-2).



איור 2

תקריב של אזור הגבול בין ישראל למצרים

חלקות חקלאיות בישראל מול אזור חולי צחיח במצרים. מתוך Google Earth, מרץ 2024



איור 1

קו הגבול בין ישראל למצרים

בצד הישראלי – יישובים וקרקע מעובדת (בצפון נמצאים כרם שלום ויישובי האזור, ודרומה יותר נמצאים יישובי אזור ניצנה). בצד המצרי – מדבר חול. מתוך Google Earth, מרץ 2024.

הבריטי. לבסוף החליטה בריטניה לאמץ את קו הגבול משנת 1906 ולהפוך אותו לקו הגבול בין פלשתינה (א"י) לבין מצרים (איור 4) (ביגר, 1981).

בתקופת המנדט הנגב המערבי נכלל בתחומי ארץ ישראל. בשנת 1937 השטח בין באר שבע לחוף הים היה ריק

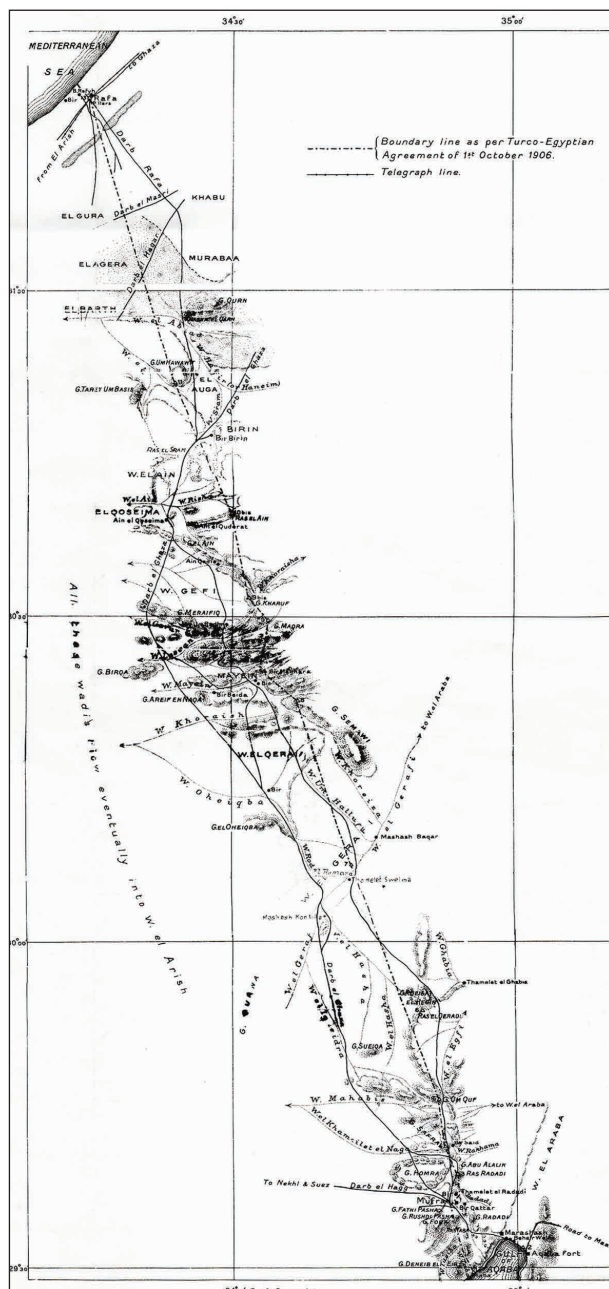
בשנת 1841, לאחר שמוחמד עלי, המושל מטעם השלטון העות'מאני במצרים, יצא למלחמה בשלטון המרכזי וכבש שטחים נרחבים בארץ ישראל ובסוריה, הסכים הסולטאן העות'מאני, עבדילמג'יט הראשון, לתת לו ולשושלתו את מצרים, שתישאר בחסות עליונה של האימפריה העות'מאנית. כדי לקבוע את גבול מצרים הוכנה מפה, שקבעה כי החלק הצפון-מערבי של חצי האי סיני יישאר בתחום מצרים, ושאר שטח חצי האי סיני יהיה בתחומי האימפריה. הקו שנקבע נמשך מראש מפרץ סואץ ועד לאזור חאן יונס של היום, כך שכל האזור הכולל את הנגב המערבי נשאר בתחומי האימפריה (ביגר, 1987).

שלב 2. קביעת קו רפיח טאבה – 1906

בשנת 1869 נפתחה תעלת סואץ לתנועת אוניות, וכך התקצרה הדרך בין אירופה למזרח הרחוק. התעלה הייתה חשובה בעיקר לקשר בין בריטניה למושבותיה באסיה: הודו, ציילון (סרי לנקה), בורמה (מיאנמר), סינגפור ועוד. כדי להבטיח את המעבר החופשי של אוניותיה השתלטה בריטניה בשנת 1882 על מצרים. הקונסול הבריטי במצרים (אוולין ברינג, לימים הלורד קרומר) שם לב שהקו שנקבע בהסכם משנת 1841 מגיע עד לתעלת סואץ, ובכך מאפשר לעות'מאנים לשלוח צבא ולחסום את התעלה. במשך שנים ניסה הקונסול לשכנע את ממשלת בריטניה, שתלחץ על האימפריה העות'מאנית כדי שזו תסכים להעביר את קו הגבול מזרחה. ואכן, בשנת 1906 דרשה בריטניה רשמית להסיט את הקו מזרחה, כך שיעבור בין רפיח לעקבה. לאחר דיונים ארוכים נאלצו העות'מאנים לקבל את הדרישה הבריטית, ובאוקטובר 1906 נקבע קו ישר (עם שתי סטיות בשל טעויות) העובר מרפיח ועד לטאבה שעל חוף ים סוף (איור 3). קו זה תחם את הגבול המזרחי של מצרים, ובשנייה קלים הוא מהווה את קו הגבול הנוכחי בין ישראל למצרים (ברור, 1988).

שלב 3. קו הגבול הדרום מערבי בין פלשתינה (א"י) לבין מצרים בתקופת המנדט הבריטי (1919–1947)

במהלך מלחמת העולם הראשונה לחמה בריטניה גם נגד האימפריה העות'מאנית. חיל המשלוח המצרי (צבא המורכב מחיילים בריטים, אוסטרים וניו זילנדים), בפיקודו של הגנרל אלנבי, שנע ממצרים צפונה לתוך שטחי האימפריה העות'מאנית, כבש את השטחים המהווים כיום את ארץ ישראל, עבר הירדן, סוריה ולבנון. במסגרת ועידת השלום שלאחר המלחמה, העניק חבר הלאומים לבריטניה מנדט לניהול Palestine – שנקראה מאז בעברית פלשתינה (א"י) – למען תושביה, בדגש על סיוע להקמת בית לאומי ליהודים בארץ ישראל. מכיוון שלמעשה בריטניה שלטה על מצרים ועל ארץ ישראל, היא התבקשה להחליט היכן יעבור קו הגבול ביניהן. לשם כך נערכו דיונים ארוכים במשרד החוץ



איור 3

מפת קו 1906 מרפיח לטאבה

מקור המפה בהתכתבות במהלך משא ומתן על קביעת גבול ישראל מצרים בשנים 1979–1982.

(א"י), והשנייה – מתן שטח שיוכל לקלוט עלייה יהודית גדולה לאחר מתן העצמאות. הוועדה פרסמה מפה של המלצותיה (ביגר, 2022).

בהצעת הוועדה המלכותית הבריטית, הנגב היה אמור להיות חלק מהמדינה הערבית, כיוון שלא היו בו יישובים עבריים. באותה העת היישוב העברי הדרומי ביותר היה באר טוביה, וכמו כן נשאר שרידים מעטים של ההתיישבות שלא צלחה ברוחמה.

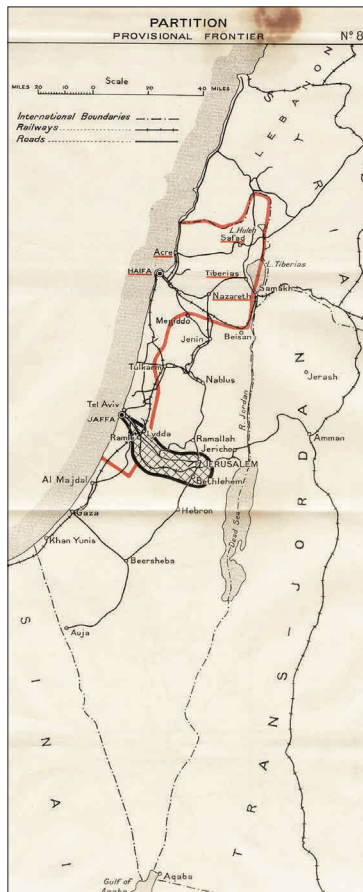
ממשלת בריטניה דחתה את המלצת הוועדה המלכותית. בתגובה לדו"ח שינתה התנועה הציונית את פעילותה. עד לאותה העת ההתיישבות העברית חיפשה מקומות להתיישבות, שהתאימו להתיישבות חקלאית – שטח אדמה פורה, מים, קשר להתיישבות עירונית ועוד. עתה הבינו אדריכלי המדינה שבדרך, שיש ליישב שטחים שהתנועה הציונית רצתה שיישאר בתחום המדינה היהודית, כדי שאם שוב יוחלט לחלק את הארץ בין היהודים לערבים, תהיה בהם התיישבות יהודית. התנועה הציונית החלה ליישב אזורים

מיישובים פרט לעונה אל חפיר (כיום ניצנה) בדרום וכן עסלוג (כיום משאבי שדה) וחלסה (הנטושה כיום).

שלב 4 – הוועדה המלכותית (ועדת פיל) 1937 וההתיישבות היהודית בנגב המערבי

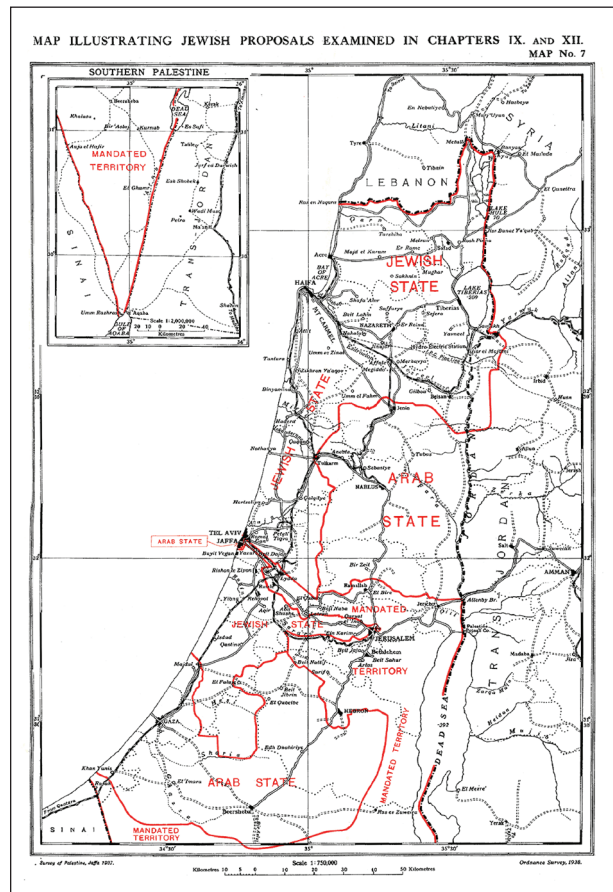
בשנת 1936 פרץ המרד הערבי (המכונה "מאורעות תרצ"ו–תרצ"ט) שכוון הן נגד היישוב היהודי בפלשתינה (א"י) הן כנגד שלטון המנדט הבריטי.

ממשלת בריטניה שלחה לארץ ישראל ועדת חקירה מלכותית בראשות הלורד פיל לבחון את הסיבות לאירוע ולהציע הצעות לעתיד. בדין וחשבון שפרסמה הוועדה בתאריך 7 ביולי 1937, היא המליצה לסיים את השלטון הבריטי בארץ, ולחלק את ארץ ישראל בין היהודים לערבים (איור 5). היא המליצה שהשטח של ירושלים ובית לחם והדרכים המובילות אליהן מחוץ הים, יישאר בידי בריטניה. עקרונות החלוקה התבססו על שני מרכיבים. האחד – התפרוסת היישובית של היהודים והערבים בפלשתינה



איור 5

המפה המקורית של דו"ח הוועדה המלכותית משנת 1937
המדינה היהודית אמורה להיות מערבית לקו האדום המופיע במפה, והשטח הערבי אמור להיות מסופח לעבר הירדן.



איור 4

החלוקה המנהלית של פלשתינה (א"י)
מפה של מחלקת המדידות של ממשלת המנדט, 1937. רוב החלק הדרומי מופיע במלבן הקטן בחלק העליון.

על תוכנית החלוקה, שלפיה יוקמו בארץ ישראל מדינה יהודית ומדינה ערבית. אזור ירושלים ובית לחם יישארו במעמד מיוחד. כל היישובים העבריים בנגב המערבי, להוציא את כפר דרום, יד מרדכי וניצנים, היו אמורים להיכלל בתחום המדינה היהודית (איור 8).

שלב 6. מלחמת העצמאות ותוצאותיה המרחביות לגבי הנגב המערבי

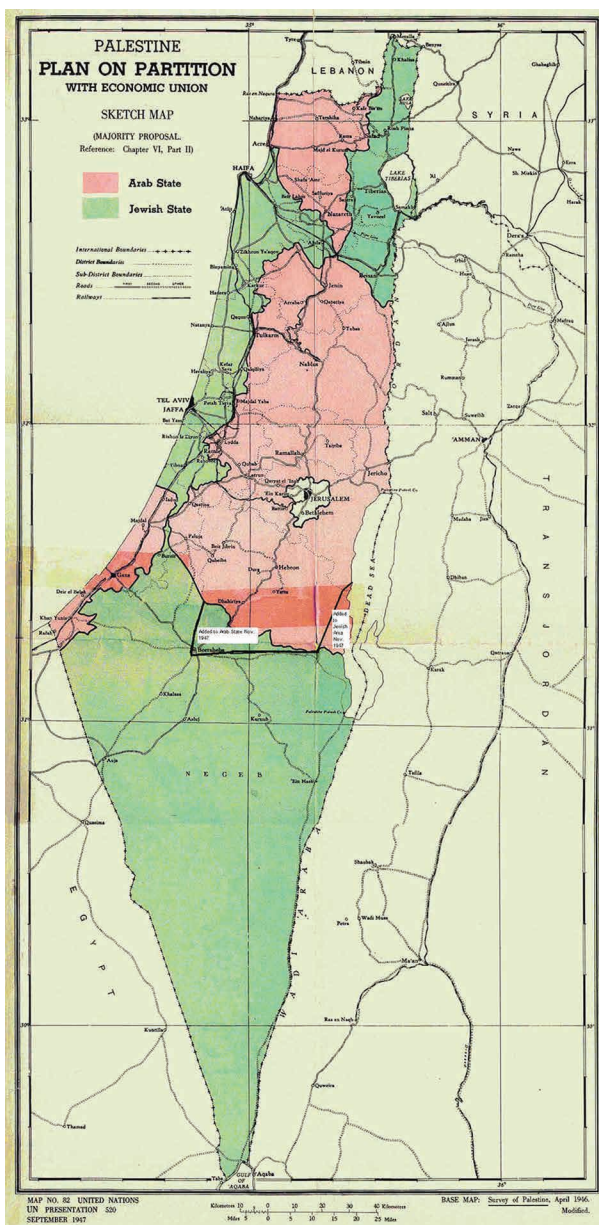
הסוכנות היהודית הסכימה לתוכנית החלוקה. ערביי ארץ ישראל לא הסכימו, ופתחו במלחמה כנגד היישוב

ריקים מיישוב יהודי. בתחילה באמצעות יישובי חומה ומגדל, ובהמשך, עד סוף תקופת השלטון הבריטי, בדרכים אחרות בתקופת חומה ומגדל התרחב תחום היישוב היהודי עד לנגבה (12 ביולי 1939). בשנת 1943 הוקמו שלוש נקודות יישוב (גבולות, רביבים ובית אשל) כמצפים במטרה לבחון את האפשרות להתיישבות בנגב. באוקטובר 1946 עלו 11 נקודות להתיישבות בנגב המערבי (אורים, בארי, גל און, חצרים, כפר דרום, משמר הנגב, נבטים, נירים, קדמה, שובל, תקומה) (איור 6).

שלב 5. החלטת החלוקה של האו"ם – 29 (כ"ט) בנובמבר 1947

בפברואר 1947 העבירה בריטניה את שאלת המשך ניהול פלשתינה (א"י) לידי ארגון האומות המאוחדות (האו"ם). הארגון שלח ועדת חקירה, ועדת אונסקו"פ (United Nations Special Committee On Palestine). הוועדה המליצה שוב לחלק את פלשתינה (א"י) בין מדינה יהודית למדינה ערבית, על פי אותם העקרונות של הוועדה המלכותית הבריטית. בהמלצת ועדת אונסקו"פ בולטת השפעת תהליך ההתיישבות היהודית במערב הנגב על החלטותיה. מאחר שלדעת הוועדה, היהודים הוכיחו כי הם מסוגלים להפריח את הנגב, היא המליצה להעניק את כל הנגב למדינה היהודית, אך לא את הגליל המערבי (איור 7) (בן דרום, 2019).

הצעת הוועדה הועברה לעצרת האו"ם. בלחץ בריטניה וארה"ב וכן על פי דרישת התנועה הציונית נערכו מספר שינויים במכה. ב-29 בנובמבר 1947 החליטה עצרת האו"ם



איור 7

מפת הצעת ועדת אונסקו"פ

מתוך ארכיון האומות המאוחדות, 31 באוגוסט 1947.



איור 6

11 נקודות ההתיישבות שהוקמו במוצאי יום כיפור אוקטובר 1946 בנגב המערבי

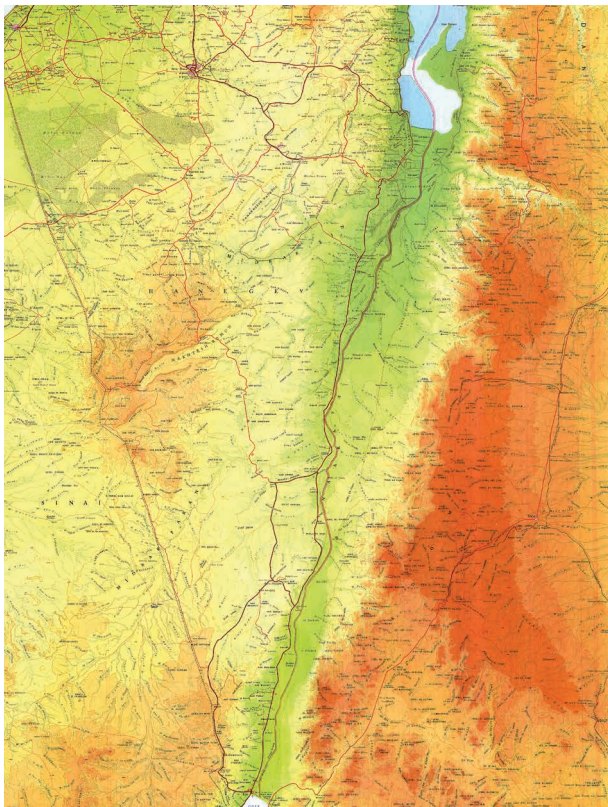
באדום נקודות ההתיישבות, המכונות י"א הנקודות. בשחור ערים באותה תקופה, באפור ערים עכשוויות. מקור: 11 הנקודות, ויקיפדיה.

שהיישובים הסמוכים לחוף (כפר דרום, יד מרדכי וניצנים) נכבשו. בהמשך הלחימה ולקראת סופה חזר צה"ל וכבש את ניצנים ויד מרדכי, ובמהלך איגוף השתלט על כל מרחב הנגב המערבי ואף חדר לחצי האי סיני. בלחץ בריטניה חזרו כוחות צה"ל מסיני והתייצבו לאורך קו הגבול המנדטורי בין מצרים וארץ ישראל.

שלב 7. הסכם שביתת הנשק 1949

עם הפסקת הקרבות, התכנסו מדינת ישראל ומדינות ערב לשיחות על שביתת נשק. ב-24 בפברואר 1949 נחתם הסכם שביתת הנשק בין מדינת ישראל למצרים, ונקבע בו כי כל צד יחזיק בשטחים שהיו בידו בעת הפסקת האש. ההסכם קבע כי קו שביתת נשק, שלא היה קו גבול מדיני, אלא הקו שהצדדים הסכימו שלא ינעו כוחות צבאיים מעבר לו, יהיה חופף לקו הגבול המנדטורי בין ארץ ישראל למצרים, וכן שמצרים תמשיך להחזיק ברצועת עזה. בעקבות זאת נקבע כי כל מערב הנגב, פרט לרצועת עזה, יישאר בתחום מדינת ישראל (איור 9) (ביגר, 2019).

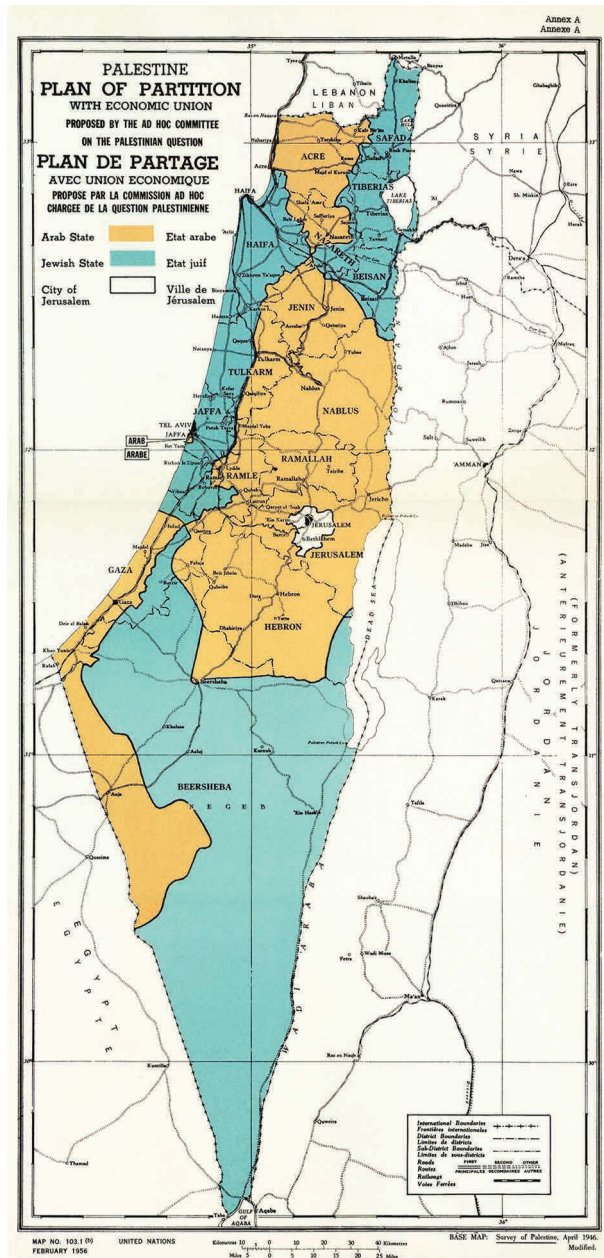
מדינת ישראל צירפה לשטחה את כל השטחים שהיו מיועדים למדינה הערבית שלא הוקמה, וכדי לקבע את



איור 9

מפת דרום מדינת ישראל בשנת 1961
מפת מחלקת המדידות של מדינת ישראל.

היהודי בארץ במטרה למנוע את ביצוע החלטת החלוקה והקמת מדינה יהודית. עם הכרזת העצמאות על ידי מדינת ישראל ב-14 במאי 1948 פלשו לשטח ארץ ישראל המנדטורית צבאות מדינות ערב, ובהן גם מצרים. הכוח הצבאי המצרי הצליח בשלב הראשון להשתלט על שפלת החוף הדרומית וכן על השטחים הערביים במערב הנגב, מעוג'ה אל חפיר ועד באר שבע. התקפותיו על היישובים העבריים במרחב, ובעיקר על נירים ונגבה, נכשלו, בעוד



איור 8

מפת תוכנית החלוקה של האו"ם, 29 בנובמבר 1947
השטח הכחול הוא המדינה היהודית, השטח הכתום בהיר הוא המדינה הערבית. מתוך ארכיון המפות של האו"ם.

השטחים ניטעו שתילים צעירים בני שנה-שנתיים, והיו גם שתילים בני חמש שנים (טבלה 1).

כלל השטח הניטוע בנגב היה כ-1,500 דונם, או כ-8% מכלל שטחי היער של קק"ל בעת ההיא, וניטעו בו כ-300,000 עצים, או כ-6% מכלל נטיעות קק"ל. בעיקר ניטעו עצי איקליפטוס ואשל. לשנת תש"ח תוכננו על ידי קק"ל נטיעות בהיקף נרחב בנגב, אולם מלחמת הקוממיות שיבשה את כל התוכניות, ורק בשבעה יישובים ניטעו עוד כ-75,000 שתילים. מרבית הנטיעות נפגעו במהלך מלחמת הקוממיות, ועם קום המדינה היה צורך לחדש את הנטיעות בנגב (ליפשיץ וביגר, 2000).

מחלקת הייעור של ממשלת המנדט ביצעה פעולות ייעור בנגב בעיקר במטרה לייצב את החוליות (דיונות) הנוודות לאורך מישור החוף הדרומי. כבר בשנת 1921 הוקמה תחנת ניסוי באזור עזה כדי ללמוד על מיני הצמחים המתאימים ביותר לנטיעה בחולות. 13 מיני צמחים נבחנו במחקר, ולאחר השוואות בין יעילות הזריעה הישירה בשטח לבין שתילת צמחים שנבטו קודם לכן במשתלות, נמצא כי המינים שהגיעו מן המשתלות הצליחו יותר. מבין הצומח העשבוני הצליחו ביותר ידיד החולות המצוי (*Ammophila arenaria*) ולענה חד-זרעית (*Artemisia monosperma*), ומבין הצומח המעוצה היו אלה אשל הפרקים (*Tamarix aphylla*) ומינים שונים של איקליפטוס ושיטה, בייחוד שיטה כחלחלה (*Acacia saligna*) ושיטה ארוכת עלים (*Acacia longifolia*). כמו כן התבררה מעל לכל ספק חשיבות סגירתם של שטחים מטופלים בפני רעייה.

היישוב	השטח בדונם	סך כל השתילים
דורות	60	12,000
ניר עם	144	16,800
גברעם	92	14,250
בארי	137	18,000
רוחמה	212	33,490
נירים	283	25,000
אורים	23	15,600
גבולות	189	55,560
בית אשל	153	32,530
רביבים	186	34,775

טבלה 1

נטיעות קק"ל בנגב 1943-1948

אחיזתה בנגב המערבי, הוקמו יישובים רבים, קיבוצים (נחל עוז, כפר עזה, כיסופים, עין השלשה, כרם שלום, עלומים, רעים, זיקים), מושבים וערים (שדרות) בכל המרחב, הן סביב רצועת עזה הן בחלקים אחרים של הנגב המערבי שהיו מתאימים להתיישבות, ובעיקר באזור כרם שלום וסביבתה וכן באזור ניצנה.

בעקבות האחיזה היהודית ביישובים בנגב המערבי בתקופת המנדט ומההשתלטות הצבאית של מדינת ישראל על אזור הנגב המערבי נקבע כי הנגב ישתרע מערבית עד קו הגבול שנקבע בתקופת שלטון המנדט הבריטי, להוציא את רצועת עזה, שמכאן ואילך איננה נכללת בתחומי הנגב.

כל השינויים שנעשו בקו זה, בעקבות מבצע סיני (1956), מלחמת ששת הימים (1967) וההתיישבות בחצי האי סיני וברצועת עזה, לא שינו למעשה את מיקום קו הגבול. תהליך השלום עם מצרים (1979-1982) החזיר את הקו למיקומו בתקופת השלטון הבריטי, וההתנתקות מרצועת עזה בשנת 2005 קיבעה למעשה את קו שביתת הנשק כקו התוחם את מרחבי הנגב ממערב ומדרום-מערב.

הייעור באזור הנגב המערבי

אחת מהפעולות החשובות לשינוי פניה השוממים של פלשתינה (א"י) היה המבצע לנטיעת עצים בכל מקום שהתאפשר הדבר. הן מחלקת הייעור של ממשלת המנדט, הן קק"ל, הן גורמים פרטיים (יק"א, פיק"א ואף הווקף הערבי) פעלו ככל שעלה בידם לנטיעת עצי יער במרחבים שונים. בעוד שממשלת המנדט נטעה עצים על שטחי מדינה, קק"ל נטעה עצים כדי לקבע אחיזה בקרקע שנקנתה, וכן כדי להעסיק מתיישבים חדשים בעבודות עד שהפעולות החקלאיות יניבו פירות. כך נעשה ברחבי הארץ, צמוד ליישובים עבריים שהוקמו על אדמות שנרכשו, וכך נעשה גם בנגב המערבי במטרה לקבוע את גבול הקרקע שברשותה ואת גבולה העתידי של המדינה שבדרך.

פעולות הייעור העברי בנגב החלו בשנת 1943, בדורות, שם ניטעו כ-37,000 עצים על שטח של כ-20 דונם. מאוחר יותר, עם הקמת המצפים שנועדו לבחון את אפשרות ההתיישבות העברית בנגב, החלה נטיעה ניסיונית ומצומצמת על שטחי קרקע שלא היו ראויים לעיבוד, בין השאר, כדי שהבעלות על הקרקע לא תישמט מידינו, כדין קרקע שאיננה מעובדת. הצלחת ניסיונות הנטיעה, כך קיוו, תביא בעקבותיה לנטיעת מאות ואולי אף אלפי דונם.

הנטיעות הבאות נעשו במצפה גבולות, בבית אשל וברוחמה, ועיקרן היו של עצי אשל ואיקליפטוס. ברוחמה ניטעו 5,440 עצים על 74 דונם, בבית אשל ניטעו 14,900 עצים על שטח של 78 דונם, ובגבולות ניטעו 14,800 עצים על שטח של 74 דונם. ארבע שנים לאחר מכן, עם התפשטות היישוב העברי באזור עם הקמת 11 הנקודות (במוצאי יום כיפור תש"ז), נערכו פעולות ייעור בעשרה מקומות נוספים בנגב. ברוב

באזורים בין באר שבע לביר עסלוג' (משאבי שדה) לאורך הדרך המובילה לסיני. הנטיעות תוכננו לאזור הק"מ ה-100 על הדרך, שם הייתה בעיה חמורה של כיסוי הכביש בחולות. על שטח של 1,000 דונם ניטעו כ-9,000 שתילים של שיטה כחלחלה והוצב שומר להגן על השטח מפני רעייה. בהמשך נשתלו בשטח ברוש אריזוני (*Cupressus arizonica*), מישי דרומי (*Celtis australis*), אילנתה בלוטית (*Ailanthus altissima*), אזדרכת מצויה (*Melia azedarach*) ועוד. בסתיו 1935 נוספו נטיעות של איקליפטוסים שונים, פרקינסוניה שיקנית (*Parkinsonia aculeate*) וכן שתילים ממשלת עזה ובהם 3,000 שתילי שיטה כחלחלה, 100 שתילי סיסם הודי (*Dalbergia sissoo*) ו-3,000 ייחורי אשל. רק האשל והשיטה נקלטו היטב. ממשלת המנדט הפקיעה שטח של 1,820 דונם באזור לצורכי נטיעות, אולם מלחמת העולם השנייה הפסיקה את פעולות הייעור שחודשו רק בקיץ 1946. פינוי השטח על ידי הבריטים ומלחמת העצמאות מנעו את המשכו של ניסוי מעניין זה, ששרידיו נראים באזור בארות משאבי שדה עד היום (ליפשיץ וביגר, 2000).



יער צעיר סמוך לבארי צילום: יעקב רוזנר, ארכיון הצילומים של קק"ל

כבר בשנת 1922 הוצאה פקודת "החולות הנעים" במטרה למסד את הקשר בין השלטונות לתושבים שהתגוררו באזורי החולות. אזור עזה, שם החולות התפרסו על שטחים גדולים, שימש יעד ראשון במעלה לייצוב החולות דרך נטיעות. האיום העיקרי היה על השטח החקלאי שכוסה בחלקו מדי שנה בחולות. רצועת החוף, מרפיח ועד יפו, הייתה מכוסה כולה בחולות שצורתן גבעות שנטו לכיוון צפון-מזרח. תנועת החולות הייתה איטית, בין 50 ס"מ ל-2 מטר בשנה, ולעיתים הגיעו החולות עד למרחק של 7 ק"מ מהים. במקרים רבים כיסו החולות אדמות פוריות, הכפרים ניזוקו, ומסילת הברזל למצרים כוסתה לא פעם.

לקיבוע החולות נבחר שטח של 6,000 דונם בין העיר עזה לחוף הים, שדרך שחצתה אותו לשני חלקים הייתה בלתי עבירה לחלוטין בזמן נדידת החולות. שני החלקים נסגרו לחלוטין, ובחוף הוקמה גדר לחולות החזית לאורך 1,700 מטרים. בשלוש עונות הנטיעות במהלך 1921-1923 נשתלו 440,000 צמחים באזור הסגור, ובהם אשל הפרקים, איקליפטוס המקור (*Eucalyptus camaldulensis*), קזוארינה אשונה (*Casuarina stricta*), אורן ירושלים (*Pinus halepensis*), אורן החוף (*Pinus pinaster*), פיקוס השקמה (*Ficus sycomorus*), צפצפה (*Populus*), שיטה ארוכת עלים, שיטה כחלחלה, רוביניה בת השיטה (*Robinia pseudoacacia*), גלדיציה תלת-קוצית (*Gleditsia triacanthos*) וערבה מחודדת (*Salix acmophylla*). אשל ניטע בחגורה רחבה צמוד לגדר החזית, איקליפטוס נשתל במרחק 100 מטר מהים. התוצאות הטובות ביותר התקבלו מנטיעות אשל הפרקים. גם האייקליפטוס התפתח יפה, וכמוהו הצפצפה, השיטה והשקמה. אורנים רבים מתו. ניסוי זריעה של עצים לא צלח. הצלחת הנטיעות הביאה להמשך הנטיעה גם בשנים שלאחר מכן. בשנות ה-30 הורחבה הנטיעה גם לאזור ג'בליה, מצפון-מזרח לעיר עזה. על שטח בן 230 דונם נשתלו 72,500 צמחים, בעיקר שיטה כחלחלה וכן שתילי איקליפטוס וסיסם הודי. עד שנת 1947 גדל שטח הנטיעות בחולות והגיע ל-2,600 דונם. על חלק מהשטח שיוצב נבנתה עזה החדשה – רובעי א-רימל (החולות) ודאראג', המשתרעים בין העיר העתיקה וחוף הים. בשנות ה-30 החלו יערני הממשל בניסיונות לנטוע עצים גם

מקורות

ביגר ג. 2019. קווי שביתת הנשק של מדינת ישראל, **עלי זית וחרב**, י"ח, 129-158. ביגר ג. 2022. **גבולות ארץ ישראל ומדינת ישראל**. תל אביב: הוצאת רסלינג. בן דרוור א. 2019. **הדרך לכ"ט בנובמבר – פרשת אונסקו"פ וראשית המעורבות של האו"ם בסכסוך הערבי-ישראלי**. ירושלים: יד יצחק בן צבי. ברור מ. 1988. **גבולות ארץ ישראל**. תל אביב: יבנה. ליפשיץ נ וביגר ג. 2000. **נלבישן שלמת ירק – הייעור בארץ ישראל, מאה השנים הראשונות 1850-1950**. ירושלים: קרן קימת לישראל, אריאל.

ביגר ג. 1987. המפה הפוליטית הראשונה של סיני. בתוך: גבירצמן ג, שמואלי א ודגני א (עורכים). **ספר סיני**. תל אביב: ארץ. עמ' 907-912. ביגר ג. 1981. קביעת הגבול הדרומי של ארץ ישראל לאחר מלחמת העולם הראשונה. **המזרח החדש**, 31 (4-1), 124-137. ביגר ג. 2001. **ארץ רבת גבולות – מאה השנים הראשונות של תיחום גבולותיה של ארץ ישראל 1840-1947**. המרכז למורשת בן-גוריון, קרית שדה בוקר והוצאת הספרים של אוניברסיטת בן-גוריון בנגב.

שיקום תשתיות הקהל במרחב הלחימה של רצועת עזה – האם אנחנו מתקדמים מהר מדי?

זהר צפון

אגף התכנון, קק"ל
ZoharZ@kkk.org.il

הרוסים בחלקם, הקהילות המגובשות והחזקות התפרקו והן מפוזרות במקומות שונים בארץ. חלק מחבריהן מחפשים מקומות מגורים חלופיים, חלק מתחילים לחזור. חברי קהילה, כולל חברים מובילים, נרצחו, וחלק מהם חטופים. יוזמות ותהליכים שקידמנו נעצרו, ולא ברור מה עתידן ואם תהיה להן המשכיות. ראשי הרשויות מתמודדים עם מציאות של משבר חברתי עמוק. המועצות מורכבות מ"ישובי רפאים", ותושביהן מפוזרים ברחבי הארץ, וחויים משבר כלכלי ואי-ודאות. חלק גדול מיערות הנגב המערבי הפכו למרחבי לחימה, וכעת הם שטחים צבאיים סגורים עם גישה מוגבלת לאנשי השטח שאמורים לנהל אותם.

בחודשים האחרונים מדברים על שיקום העוטף. כמעט לכל משרד ממשלתי יש תוכנית שיקום כלשהי, לעיתים יותר מאחת. במקביל קיימות התארגנויות של קבוצות אזרחיות, עמותות ואנשים פרטיים, והמשותף לכולם הוא הרצון לעשות "משהו", לשקם, להטביע חותם דרך עשייה. לכל אלה מצטרפות גם יוזמות הנצחה.

קק"ל היא הגוף המרכזי המנהל שטחים פתוחים במרחב זה. למעט שמורות טבע בודדות המנהלות על ידי רשות הטבע והגנים, רוב המרחב הפתוח מורכב מיערות ומשדות חקלאיים. שיקום היערות במרחב אינו רשות אלא חובתה של קק"ל מתוקף אחריותה כרשות היער בפועל של ישראל. עם זאת, המילה שיקום מורכבת וניתנת לפרשנות. אפשר לדבר על שיקום פיזי, שיקום נפשי, שיקום קהילתי ועוד.

מרחב הלחימה של מלחמת חרבות ברזל בחלקה הדרומי של הארץ, אזור הנגב המערבי וחלקו הדרומי של מישור החוף, התקבע בציבור בשנים האחרונות כמרחבי טיילות ותיירות. תהליך זה נבנה לאט במשך שנים, והוא תולדה של שיתוף פעולה ייחודי בין קק"ל כרשות היער בפועל, רשויות מקומיות תומכות בעלות מחויבות עמוקה למרחב הכפרי הפתוח וחזון תיירותי מוביל, וקהילות מקומיות חזקות ומגובשות המעודדות יזמות ונותנות מעטפת שירותים מלאה. דוגמה מייצגת לתהליך זה הוא פסטיבל דרום אדום, שנולד כיוזמה של אופיר ליבשטיין ז"ל, ראש המועצה האזורית שער הנגב שנרצח בשבעה באוקטובר, ושל אשתו ורד. הפסטיבל עיגן את פריחת הכלניות בחודשים ינואר-פברואר כמאפיין הבולט ביותר של המרחב. דוגמה נוספת היא פיתוח מערך שבילי האופניים ביערות בארי ושוקדה. קק"ל הקימה את תשתית הרכיבה הציבורית הפתוחה לכלל הציבור ללא עלות, קיבוץ בארי מפעיל את מרכז הרכיבה "לה מדווש" בכניסה לקיבוץ ומספק את כל השירותים לרוכבים, והמועצה נותנת את הגב המנהלי, תומכת בקיבוץ בקידום תוכניות למרכז התיירות החדש ועוד.

כחלק מתהליך זה השלים מרחב דרום של קק"ל ביולי 2023 הכנת תוכנית אב חדשה ליער בארי, וסימן שורה של פרויקטים שיעודם ביצוע תשתיות לטובת תיירות וטיילות במרחב לתכנון ולביצוע במסגרת תוכנית קליטת הקהל ארוכת הטווח 2030 של קק"ל. אירועי השבעה באוקטובר שינו את כל מה שידענו וחשבנו עד אז. היישובים במרחב

משקמים אותה, מתקנים את מה שצריך, במידת הצורך סוללים אותה מחדש וכן הלאה.

מעולם לא ניצבנו במצב כזה של חוסר ודאות, כאשר הלחימה, שהתחילה בשבעה באוקטובר ונמשכת חודשים ארוכים, מתרחשת בכל המרחב ולא ידוע מתי תסתיים. חלקים ממרחבי הלחימה אינם נגישים לנו, כך שאין ביכולתנו לדעת מה באמת קורה בשטח, מה נפגע ומה נשאר. נוסף על כך, יש לזכור שגם אילו היינו יודעים, הידיעה הייתה מוגבלת לרגע נתון בזמן, מאחר שהלחימה נמשכת, ומה שנכון היום יכול להיות לא נכון מחר.

הדבר הנכון לעשות הוא להבין שאנחנו נמצאים בתחילתו של תהליך ארוך ומורכב, ולא לחפש את פתרונות הקצה של שיקום החניון או הדרך. אנחנו לא יודעים איזה סוג טיילות יפתח בשטח לאחר סיום המלחמה (שאלה זו קשורה לשאלה הקודמת – מי תהיה הקהילה המשוקמת). כרגע צריך להתמקד ביצירת תהליכים נכונים בהובלה של אנשי מקצוע. הדבר הראשון שצריך לעשות, לדעתי, הוא סקר תשתיות קהל כדי להבין מה נפגע ומה לא, וגם זאת רק אחרי סיום הקרבות. יש צורך להגדיר את סדר הפעולות הנדרש, כדי שנהיה ערוכים להכנת תוכנית שיקום.

כדי שהפעולות האלה יקרו יש צורך לצאת באמירה ארגונית ברורה, המקדשת תהליכים על פני פעולות, ולהטמיע בכל תכנון עתידי כי איכות החיים במרחב הנגב המערבי תלויה לחלוטין באופן השיקום שלו.

האם ניתן לשקם תשתיות קהל ללא שיקום אנושי?

חלק גדול מכושר המשיכה של המרחב נבע מהתמיכה של הקהילות, קהילות שהשתמשו במרחב לפנאי, לנופש ולטיילות, ויצרו גרעין משתמשים קבוע שיצר תחושת ביטחון אצל המטייל המזדמן. הקהילות יצרו מערך משלים, כדוגמת מקומות לינה והסעדה, עגלות קפה, מדריכי טיולים ועוד. השיקום החברתי והכלכלי של הקהילות חייב להיות בראש סדר העדיפויות לפני כל יתר הפעולות. מעבר לחוב המוסרי שיש למדינה כלפי התושבים שפוננו, אם רוצים לקשור מחדש את המארג קהילה-רשות-קק"ל שנפרס, צריך להתחיל מאבן הבסיס שהיא **הקהילה**. צריך לזכור שפיתוח המרחב עבור הקהל קרה אחרי שבמרחב היו כבר יישובים חזקים וקהילות פעילות, וצריך לשתף את הקהילות בפעולות השיקום כדי לחזק את תחושת השייכות שלהן ואת ההרגשה שהתושבים אינם שקופים למערכת. על קק"ל להקים פלטפורמה מקצועית שתשלב בין הקהילות ואנשי המקצוע ותאפשר לגבש תוכנית ארוכת טווח שתביא בחשבון את משך הזמן הנדרש לקהילות להשתקם.

מה בעצם אנחנו משקמים?

קל מאוד ליפול למלכודת השיקום הפיזי. קק"ל משקמת תשתיות קהל בכל הארץ כחלק מתפקידיה וחובותיה. כאשר חניון נפגע (בשרפה, מוונדליזם או מטיל שנפל) אנחנו משקמים אותו. מחליפים את השולחנות, מתקנים שלטים, צובעים, מנקים מסדרים. הפעולות האלה מתבצעות בשוטף כחלק מתחזוקת היער. כאשר טנק הורס דרך, אנחנו



רכב קרבי משוריין בחורשת שמחוני, יער נחל חנון, סמוך לצומת שער הנגב, 2024
צילום: סוקרי מרחב דרום קק"ל

ממחקר לממשק – שיחה עם משה שחק

גלעד אוסטרובסקי

אגף הייעור, קק"ל
GiladO@kkl.org.il

עליו בהמשך. מאז אני עובד בשני התחומים במקביל: מצד אחד על התאוריה המדעית של מערכות צחיחות תומכות חיים, ומהצד השני על היישום המעשי לשיקום תפקודי של שטחים ממודברים עם קק"ל.

תוכל לספר איך התחלת את המחקר, ולאילו תובנות

הגעת?

כדי להבין מערכות אקולוגיות באזורים צחיחים יש להתבסס על שלוש מסגרות תאורטיות. התאוריה הראשונה נקראת **פעימה-עתודה**. ומתבססת על כך שבאזור צחיח לא יורד גשם ברציפות, אלא בפעימות. בהקשר זה יש לשאול כיצד פעימות הגשם הופכות לפעימות ולעתודות של לחות קרקע, ולאחר מכן כיצד פעימות לחות הקרקע הופכות לפעימות של ייצור ראשוני ושניוני. שאלה נוספת עוסקת בפעימות ובעתודות הקשורות למחזור היסודות, כלומר לתהליכי פירוק של נשר הצומח.

על סמך חקר אגני היקוות בנגב פיתחנו תאוריה נוספת שנקראת **מקור-מבלע**. מסגרת זו מתייחסת ליצירת כתמי קרקע מועשרים בלחות, הבולעים מי נגר. נמחיש זאת בדוגמה הבאה: אם הנגב היה כולו מישורי וכמות הגשם השנתית שיוורדת בו הייתה, נניח כמו בשדה בוקר, 90 מ"מ, הנגב היה מדבר שממה ללא צמחייה. צמחים לא היו יכולים לשרוד, כיוון שמי הגשם היו מתאדים מן הקרקע מייד לאחר חדירתם בגלל הקרינה החזקה. אבל המציאות שונה,

משה שחק נולד בישראל בשנת 1936 וגדל בתל אביב. בבית ספר התיכון למד בקיבוץ כפר מסריק, ולאחר מכן עבד שם כמורה וכמחנך. בשנת 1968 קיבל מלגה ללימודים בארה"ב ולמד שם לתואר שני. כשחזר לישראל בשנת 1969 עבר לגור במדרשת שדה בוקר, וחקר את האזור 40 שנה. הוא למד לדוקטורט באקולוגיה באוניברסיטה העברית בירושלים, ונשאר לחקור בנגב את הנושא המעניין אותו – כיצד מתקיימות מערכות תומכות בחיים בתנאים הקשים של המדבר. כיום הוא פרופ' אמריטוס באוניברסיטת בן-גוריון בנגב.

איך הגעת לחקור את הנושא "מערכות תומכות חיים במדבר"?

זה היה הנושא שעניין אותי! הרי החיים ביבשה החלו במערכות מימיות, ולאט לאט התנחלו האורגניזמים ביבשה והגיעו עד לחזית הקשה ביותר: מערכות מדבריות מוגבלות במים. תהיתי כיצד במערכות יובשניות בנגב מתקיימת מערכת אקולוגית תומכת חיים. כעבור זמן, כשגיליתי את חוקיות המבנה והתפקוד הקשורים למערכת תומכת חיים במדבר, הבנתי שהמחקר המדעי הבסיסי והבנת התהליכים המקיימים מערכת אקולוגית בתנאי מגבלת מים, יכולים לסייע לקק"ל בתכנון ובביצוע של התערבות ממשקית. יצרתי קשר עם נחצה"ד (ד"ר מנחם זקס) שהיה בשעתו ראש אגף ייעור, וביצענו יחד את פרויקט הסוואניזציה, שארחיב

הסתבר שבאירועי גשם המקור למי נגר הם קרומי הקרקע הביולוגיים שנוצרים על ידי הציאנובקטריות. כדי להתפשט ולגדול הן צריכות להדביק את חלקיקי הקרקע ולהפוך אותם לקרום קרקע. התברר שהמבלעים באזורי קרקעות לס הם כתמי שיחים שצוברים תחתיהם אבק. האבק תורם להיווצרות תלוליות קרקע מתחת לחופות השיחים, שחוסמות את זרימת הנגר העילי ולמעשה "בולעות" אותו. "מהנדסי סביבה" הוא מושג נוסף שטבענו, שהפך למושג מרכזי באקולוגיה המודרנית. מהנדס סביבה מוגדר כמין ביולוגי היוצר, משנה או הורס באופן משמעותי את בית הגידול שבו הוא נמצא, ובעשותו כך, משנה את תפוצתם של אורגניזמים אחרים. למעשה אפשר לומר שבשטחי הלס המערכת האקולוגית מתפקדת בזכות שני מהנדסי הסביבה שמניתי: הציאנובקטריות המהנדסות קרומי קרקע המשמשים כמקור לנגר, והשיחים המהנדסים תלוליות המשמשות מבלע. ישנו מהנדס סביבה נוסף, ואתייחס אליו בהמשך.

איך נוצרת תלולית כזו, ותוך כמה זמן היא נוצרת?

לוקח לתלולית עפר כ-300 שנה עד שהיא יכולה לתפקד כמבלע מפותח. יכול להיות שיגדל שיח חדש תוך תקופה קצרה, אבל הוא לא יתפקד כמבלע. כדי שהשיח יתפקד כמבלע צריכה להיווצר תחתיותלולית עפר. הנחנו שהתלולית מצטברת בעקבות שקיעת אבק המגיע בעזרת הרוח. ההנחה הראשונית הייתה שבשל מבנה השיח שקיעת אבק תחתיתו תהיה גדולה יותר מאשר על קרומי הקרקע, והתברר שההנחה שגויה. שקיעת האבק שווה בשיחים ובקרומים. מסתבר שתהליך יצירת תלולית העפר הוא כדלהלן: האבק שוקע על גבי הקרקע והשיחים בעיקר בקיץ, ויוצר שכבת אבק שעובייה כמילימטר. מדוע לוקח לאבק זמן רב עד שהוא מצטבר כערמה? הדבר תלוי בעוצמת הגשם הראשון. אם הגשם הראשון בחורף חלש, הציאנובקטריות בקרומי הקרקע גדלות ומדביקות את האבק, והוא נשאר במקומו. אבל אם הגשם הראשון יורד בקצב מהיר, האבק נע עם הנגר העילי מהקרומים לשיחים. מתחת לחופת השיחים מצטבר נשר עלים. הנשר מאט את זרימת הנגר, ומתחילה שקיעה של אבק, שעם השנים יוצרת את תלולית העפר. במקרה של קרקעות לס הקרומים הם המקור של הנגר, והשיחים הם המבלעים שמהנדסים את הקרקע מתחתיהם ליצירת תלוליות.

האם תוכל להסביר מהו פרויקט הסוואניזציה?

לכל התהליך של יצירת מקורות ומבלעים בצפון הנגב בקרקעות לס יש משמעות ממשקית. אין ספק שצפון הנגב עבר תהליכי מדבור, כלומר ירידה בכוריות ובמגוון הביולוגי, עקב כריתת הצומח המעוצה השיחני ורעייה בלתי מבוקרת. כדי לשקם את האזור קיימות שתי אפשרויות. הראשונה,

ובשדה בוקר מתקיימת מערכת אקולוגית עשירה. מתעוררת השאלה מה התהליך שהופך שממה למערכת אקולוגית עשירה. המחקרים הראו שהמים מתרכזים בכתמי קרקע מוגבלים בין הסלעים. כתמי הקרקע האלה בולעים את מי הנגר, נוסף על מי הגשמים, ושם מתפתחים חיים.

התאוריה השלישית נקראת **פעימה-עקה** (press-pulse), כלומר המערכת פועלת על פעימות מים בתקופה קצרה, וחשופה לעקה במשך תקופה ארוכה. שוב נשאלת השאלה – איך המים נשמרים? והתשובה נמצאת בתאוריות של **פעימה-עתודה ומקור-מבלע**.

לאחר שזיהינו את שלוש התאוריות, ערכנו מחקרים במשך כעשרים שנה ופרסמנו מאמרים רבים בכתבי עת אקדמיים. כעת ניתן לומר שהתאוריות מבוססות וניתן ליישמן ממשקית.

איך המערכת הזו פועלת בנגב?

במחקר ארוך טווח באגן ההיקוות ברכס חלוקים, שערכת עם פרופ' אהרון יאיר מהאוניברסיטה העברית בירושלים, מצאנו שלמבנה הגאומורפולוגי יש חשיבות ביצירת המקורות והמבלעים. כאשר יש מדרגת סלע, היא מהווה מקור לנגר, וכתם הקרקע שנמצא תחתיה מהווה מבלע למי הגשמים ולמי הנגר. יש לכך יתרון עצום, כי כך נוצרים במדבר כתמים מועשרים במים. ליחס בין גודל הסלע לכתם הקרקע יש חשיבות גדולה. בניגוד לדעה המקובלת, ברוב אירועי הגשם בנגב יורדת כמות גשם קטנה. לכן אם שטח הסלע, שהוא המקור לנגר, גדול, ולידו יש כתם קרקע קטן, מתקיימת מערכת של מקור-מבלע המנצלת כל כמות קטנה של גשם. גם שני מ"מ גשם יכולים להעשיר בלחות את כתם הקרקע. מצאנו שברוב אירועי הגשם בנגב, המים לא זורמים מהמדרון עד לאפיק, אלא מחלחים לכתמי הקרקע סמוך לסלעים. אם כך, כיצד גדלים צמחים באפיק? מצאנו שזה עובד על אותו עיקרון של סלע כמקור וקרקע באפיק כמבלע. מסתבר שמחשופי הסלע הגדולים במעלה הערוץ הם המקור למי הנגר באפיק, ולא המדרונות. מחשוף הסלע מאפשר את קיום המערכת האקולוגית העשירה באפיקים. בעקבות הממצאים האלה הגדרנו את החוקיות הכללית של יחסי מקור ומבלע בהר הנגב, הטוענת שיחס השטח בין סלע לקרקע הוא הגורם המרכזי לקיום מערכות אקולוגיות. ככל שיחס זה גדול יותר, כתם הקרקע מועשר במים רבים יותר, והפוריות שלו עולה.

בנגב המערבי רוב הקרקעות הן קרקעות לס. האם

התאוריות תקפות גם לקרקעות האלה?

כדי לענות על השאלה הזו היינו צריכים לברר מה המקור לנגר, ומהו המבלע בקרקעות לס. במחקרים בפארק סירת שקד מצאנו שעל קרקעות הלס מתפתחים קרומי קרקע ביולוגיים על ידי ציאנובקטריות (כחוליות), המפרישות רב-סוכרים, שמלכדים את גרגרי הקרקע לקרום. בניסויים בשטח

לתת לשיחים להתחדש באופן טבעי, ואז התחדשות השיחים שיתפקדו כמבלע היא תהליך ארוך של מאות שנים; השנייה, ליצור מבלעים כגון ה"שיחים" שיוצרת קק"ל, שהם גומות מוארכות הנבנות לאורך קווי גובה וקוצרות את הנגר מהשטחים הטבעיים. נחצ'ה ואני באנו עם הרעיון שאם אנחנו רוצים להילחם במדבור בנגב, אנחנו צריכים להקים מערכות המבוססות על מקור טבעי (קרומי קרקע) ומבלעים מעשה ידי אדם. הואיל ובני האדם מסוגלים, כמהנדסי סביבה, לבנות מבלעים גדולים וחזקים, אפשר לשקם מערכות אקולוגיות ממודברות במהירות וליצור מערכות אקולוגיות חדשניות ומתפקדות באזורים מוגבלי מים, הכוללות מגוון עצים, שיחים ועשבונים, בדומה לסוואנה. שיתוף פעולה לביצוע הפרויקט החל בסוף שנות ה-70.

רעיון הסוואניזציה התפשט מעבר לגבולות ישראל, והזמינו אותי לסיין, לצ'ילה ולמקומות נוספים כדי ללמוד את הרעיון לטעת עצים בשטחים ממדברים ליצירת מערכת אקולוגית דמוית סוואנה. גם בטבע ישנם מהנדסי סביבה היוצרים מבלעים על ידי גומות – הדורבנים.

מה מצאתם במחקר על הדורבנים כמהנדסי סביבה?

את תפקוד הדורבנים כמהנדסי סביבה חקרנו באגן ההיקוות ברכס חלוקים בהר הנגב. מדרונות האגן בנויים ממדרגות של מחשופי סלע יוצרי נגר ומכתמי קרקע בולעי הנגר שנמצאים מתחתיהם. לאורך המדרון רמת ההעשרה במים של כתמי הקרקע נקבעה על ידי היחס שבין שטח הסלע לשטח כתמי הקרקע, שגדלים בהם גאופיטים המשמשים מזון לדורבנים. כדי להיזון מגאופיטים על הדורבנים לחפור ולהוציא את הפקעת או הבצל מהקרקע. התוצאה ההנדסית היא יצירת גומות המתפקדות כמבלעים למים. בגומות אלה של חפירות הדורבנים "מתנחלים" צמחים שנהנים מרמת לחות קרקע גבוהה. לכן, חפירות הדורבנים הן איים של פוריות עם יצרנות ביולוגית גבוהה.

מבלי דעת, הנדוס מקור-מבלע של קק"ל הוא "הנדוס דורבני" של חפירת גומות המתפקדות כמבלעים לנגר. המבלעים משמשים לנטיעת עצים, ומגבירים את צמיחת השיחים והעשבונים. כיום אנו יודעים שגם היצורים בטבע וגם האדם יוצרים מערכות של מקור-מבלע כדי להעלות את הפוריות והמגוון של צמחים באזורים מוגבלי מים.

איך נוצרו כתמי הקרקע בהר הנגב?

זו שאלה חשובה, הואיל וכתמי הקרקע הם המבלעים למים המניעים את המערכת האקולוגית. בהר הנגב אין מספיק מים לגרום להתפוררות סלעים להיווצרות קרקע. מקור הקרקע הוא בשקיעת אבק והצטברותו לכתמי קרקע. בעקבות מחקרי רכס חלוקים הצלחנו לפענח את התהליכים יוצרי כתמי הקרקע. התהליך מזכיר את תהליך

האם להבנת המבנה והתפקוד של המערכות האקולוגיות

בנגב יש השלכות רחבות יותר?

כן! ברגע שאתה מבין כיצד מתפקדת המערכת האקולוגית, ועומדת לרשותך מסגרת עיונית המאחדת את המסגרות התאורטיות פעימה-עתודה, מקור-מבלע ופעימה-עקה, אפשר להציע דרכי ממשק המשתלבות עם החוקיות הטבעית של תפקוד המערכת האקולוגית. המסקנה העיקרית היא שכאשר המדע מפענח את תפקודי המערכת, ניתן לבצע שיקום תפקודי, כלומר להנדס את המערכת יחד עם מהנדסי הסביבה העיקריים – הציאנובוקטריות, השיחים והדורבנים. יעדי השיקום הם הפיכת מערכת ממדברת למערכת מתפקדת בעלת פוריות ומגוון גבוהים.

ומה קורה באזור בתנאים של שינוי האקלים?

שינוי האקלים מביא בעקבותיו תדירויות ועוצמות גדולות של בצורות בצירוף תדירות גבוהה יותר של גלי חום. אבל מדי פעם תישבר הבצורת, ויהיו גשמי ברכה שייצרו "עודפים" של מי גשמים. הפתרון הממשקי להתמודדות עם שינוי האקלים בהקשר הזה הוא הקמת מבלעים גדולים למי הנגר, שאפשר לאגור בהם עתודות מים בשנים גשומות, ובכך להבטיח את התקיימות המערכות האקולוגיות בעולם שנעשה יותר ויותר צחיח.

כיצד גיליתם את השפעת הבצורות על המערכת

האקולוגית?

כשהתחלנו את המחקר ירדו בפארק סיירת שקד כ-200



מראה כללי של תחנת המחקר בפארק סיירת שקד, אפריל 2023
באדיבות eLTER H2020, אגף הייעור, קק"ל



לקיחת דגימות קרקע ונשר כחלק ממחקר שמבוצע בתחנה במטרה להבין את תפקיד הנשר בהתפתחות המערכת האקולוגית,
אפריל 2023
באדיבות eLTER H2020, אגף הייעור, קק"ל

ליוויין שהראו שהמערכת הטבעית קרסה, אולם מערכת עם מבלעים של הסוואניזציה לא קרסה. כלומר, אם מתכננים להתמודד עם שינוי אקלים המלווה באינטנסיביות של בצורות, צריך להקים את מערכת המבלעים כנגד קריסת המערכת. קריסה של מערכת אקולוגית פירושה שחל בה שינוי דרסטי במבנה ובתפקוד. משק המים, מארג המזון, מערכת הסחף, המבנה הנוכחי ותפקודו – כולם משתנים.

איך הדבר מתבטא במערכת האקולוגית של הלס?

במקרה שלנו במערכת האקולוגית של הלס, קריסת המערכת השיחית גרמה לשינויים במערכת בשני מסלולים: מסלול המדבור של הפיכה למערכת קרומית עם פוריות ומגוון נמוכים במדרונות, שארחיב עליה בהמשך, או מסלול של הפיכת המערכת לעשבונית. כאשר המעבר הוא למערכת עשבונית, הייצור הראשוני והמגוון הביולוגי עדיין גבוהים. יתרון נוסף הוא שהעשבוניים עמידים יותר ליובש משיחים. החיסרון של השיחים הוא שהם רב-שנתיים, וכאשר יש קיץ ארוך ובצורת, הם זקוקים למבלע גדול מאוד של מים כדי לשרוד. לכן, מבחינת עצים ושיחים במדבר, כלומר צמחים מעוצים, יש חשיבות הישרדותית לשורשים עמוקים, של מטר אחד לפחות, שיגיעו לעתודות המים בקרקע.

התחדשות שיחים במדבר היא תהליך שעשוי לארוך עשרות ומאות שנים. צמח רב-שנתי מפיץ את הזרע שלו ונובט עם בוא הגשם. אולם אם לא יורדים מספיק גשמים שיוצרים עתודות מי קרקע, לאחר הנביטה הנבט לא יצליח לשרוד בקיץ הארוך, וימות בשל מחסור בעתודות מים. בניגוד לכך, העשבוניים, שהם חד-שנתיים, מתחדשים בקלות מעתודות הזרעים בעונת הגשמים. אם יורדים גשמים מועטים, הזרע החד-שנתי ינבוט, יגדל מעט ויגיע לפריחה ולעשיית זרעים, שיבטיחו את קיומו כעתודה לקראת עונת הגשמים הבאה. אם ירד גשם רב, העשבונני יגדל בהתאם ויפיק זרעים רבים. בשני המקרים של קיצוניות בכמויות הגשם יהיו זרעים שיופצו וימתו בעונת היובש בקרקע לעונת הגשמים הבאה. מי בכל זאת יכול לזרז את התחדשות השיחים במדבר? הדורבנים, כמהנדסי סביבה. אם דורבן חופר גומה, וזרע של שיח נופל לתוכה, יש לזרע עתודות של מים להתבססות. אולם בשל האופן האקראי שזרע מגיע בו לגומה של דורבן, תהליך ההתחדשות עשוי לקחת שנים רבות.

אמרת שיכולה להתרחש קריסה של המערכת האקולוגית השיחית, אולם בסופו של דבר העשבוניים יפצו את המערכת על ידי יצירת ביומסה גבוהה ומגוון ביולוגי, תוכל להסביר?

התמותה של השיחים והקריסה של מבלעי התולדות שהונדסו, גורמת בטווח קצר (של כשמונה שנים) להשתלטות קרומי קרקע ביולוגיים ובטווח ארוך יותר ליציאה מהקריסה

מ"מ גשם בשנה, כיום יורדים בו כ-150 מ"מ. יש ירידה גדולה בכמות המשקעים. נוסף על הירידה ארוכת הטווח בכמות המשקעים, החל משנת 2003 היה רצף של חמש שנות בצורת. בשנת 2008, לאחר שנות הבצורת, באתי לתחנת LTER סירת שקד וצפיתי באגן היקוות שלא ניטעו בו עצים, והמערכת האקולוגית השיחית תפקדה בהתאם לחוקים שצוינו לעיל. הבחנתי בתופעה של תמותה רבה של שיחים. במקום שיחים ירוקים שהיו מפוזרים בשטח שנים רבות, ראיתי כתמים לבנים. כל שיח מת השאיר חותם של גודלו בצורת כתם לבן. מסתבר שהכתמים הלבנים הם חלזונות שחיו על גבי השיחים שמתו. כאשר החלזונות מתים, קונכייתם הלבנה נופלת על הקרקע מתחת לחופת השיח. במשך השנים מצטברות הקונכיות לכתם המותאם לגודלו של השיח שחיו עליו. לכן, ברגע שהשיח מת ניתן לדעת בדיוק את מיקומו ואת גודל ההיטל שלו על הקרקע. צילמנו ממוטס את התופעה הרחבה של תמותת השיחים וחותרים הקונכיות, וניתחנו אותה. הניתוח הביא אותנו לתובנה שאפילו שיחי מדבר העמידים ליובש עשויים להיכחד, אם יתקיימו התחזיות של גידול בתדירות הבצורות בשל שינוי האקלים. מצאנו שכאשר יחול שינוי אקלים שיתבטא בעוצמת הבצורות, יש סיכוי לתמותה של שיחים.

האם אתם יכולים לחזות אילו שינויים יתרחשו במערכת האקולוגית עם שינוי האקלים?

שאלנו, מהם השינויים שיחולו במבנה ובתפקוד של אגני היקוות בנגב אם יתגשמו תחזיות שינוי האקלים בנושא הבצורות, וחקרנו את העניין במערכת האקולוגית באגן היקוות של סירת שקד. הנחנו שתמותת השיחים תביא להתפשטות קרומי קרקע הביולוגיים שייצרו יותר נגר במדרונות שיגיע לאפיקים, דבר שיביא בהכרח לשינוי ביחסי חלוקת מי הגשמים בין המדרון לאפיק, והשערותנו אומתה. בדקנו בסיוע הידרולוגים את זרימת המים באפיק, והעמדנו תחנה הידרולוגית לניטור זרימת המים באפיק במשך 15 שנה מתחילת המחקר. כאשר המערכת האקולוגית במדרון הייתה מערכת שיחית, לא נרשמה זרימה באפיק. אולם 15 שנים לאחר התמותה הנרחבת של השיחים החלה זרימת מים באפיק. מה השתנה? הבצורות גרמו לתמותת השיחים ולהרס התולדות שמתחתיהם, שהיוו מבלע לנגר. כאשר נהרסו המבלעים, החלה זרימה מהמדרון לערוץ לאחר אירועי גשם.

כשיש עקה בשטח טבעי, כלומר כשיש תדירות גבוהה של בצורות וגלי חום, המביאה לתמותת שיחים, כל האגן היקוות מתחיל להתנהג בצורה שונה מבחינת משק המים. שינוי במשק המים מביא בעקבותיו שינוי במבנה ובתפקוד של המערכת האקולוגית. השטח הפך ממערכת אקולוגית שיחית למערכת אקולוגית עשבונית, ובשלב הביניים השטח היה מכוסה בקרומי קרקע ביולוגיים. התהליך תועד בצילומי

מהמדרונות לאפיקים. התוצאה תהיה ירידה בפוריות ובמגוון הביולוגי של המדרונות, ועלייה שלהם באפיקים. לא ברור אם הפעילות הביולוגית באפיק תפצה על האובדן במדרון.

ב. המדרון ישתקם למערכת עשבונית בעזרת החומר האורגני והנשר. התוצאה תהיה החלפת חברת הצומח, שכנראה תביא לשיקום מלא של המערכת האקולוגית. מערכת הסוואניזציה יכולה אף היא לנוע בשני מסלולים:

א. תמותת העצים, הואיל והמבלעים מעשה ידי אדם אינם גדולים דיים להשאיר עתודות מים לתקופות בצורת ארוכה.

ב. התערבות ממשקית לקיימות המערכת על ידי הגדלת המבלעים להבטחת עתודות מי קרקע לתקופות ארוכות של יובש.

לנוכח המסקנות הללו, כיצד ניתן לחולל שיקום תפקודי של מערכות שייפגעו מבצורות חמורות בנגב?

לדעתי יש להבחין בין הר הנגב הסלעי לבין צפון הנגב עם קרקעות הלס. אם תהיה תמותת שיחים רחבה בהר הנגב, עקב בצורות, וכמות הגשמים הממוצעת תקטן בד בבד עם עלייה בעוצמות אירועי הגשם, תחול זרימת מי נגר גבוהה מהמדרונות לאפיקים. הדרך היחידה לשקם את הר הנגב לאחר קריסה של מערכות אקולוגיות היא להשלים עם הירידה בפוריות ובמגוון הביולוגי במדרונות ולהתרכז באפיקים. המשמעות השיקומית היא לבנות טרסות באפיקי הנחלים. הטרסות במשטר של זרימות מהמדרונות יהוו מבלע למי הנגר עם עתודות מים בקרקע, ויתרמו לפיתוח מערכות אקולוגיות עשירות שיפצו על הדרדרון של המערכות במדרונות. המערכות האקולוגיות הפוריות בטרסות ישמשו מקור מזון חלופי לבעלי חיים בטבע ולבעלי חיים מבויתים.

במערכות הלס קיימות שתי אפשרויות להתמודדות עם שינוי האקלים על ידי שיקום תפקודי. א. לבנות מבלעים גדולים יותר במדרונות. ב. לבנות טרסות באפיקים. שני הפתרונות פשוטים מאוד. כאן יש לברר מהי הדרך הטובה מבין השתיים. אם יוצרים מבלעים במדרונות, פחות מי נגר יגיעו לאפיקים, והטרסות עלולות לא לתפקד. בנושא זה חשוב לבצע מחקרים כדי לברר ברמת אגן ההיקוות מהי הדרך הנכונה לשיקום תפקודי בתנאי אקלים קיצוניים.

האם החוקיות של תגובת מערכות אקולוגיות כאשר האזור נעשה צחיח יותר תקפה גם באקלים ים תיכוני ובאקלים צחיח קיצוני ברמת משקעים נמוכה מאוד?

בישראל כל המערכות האקולוגיות מוגבלות מים. בעבר היו מחלקים את ישראל לפי חברות צומח: ים תיכוני, ערבה, מדבר צחיח; כלומר השתמשו בתצורת הצומח כאינדיקטור

על ידי צימוח של עשבוניים על המדרון. קריסת תולדות המבלע נובעת מתמותת השיח שהגן על התולדות מסחף על ידי חופתו. כאשר השיח מת, התולדות נהרסת מאנגריית הגשמים, והנגר העילי סוחף את הקרקע של התולדות לערוץ. בשלב הראשון יתפתח קרום קרקע ביולוגי במקום תולדות השיח. התוצאה תהיה דליפת נגר מהמדרון והתנקזות המים באפיק. אם המערכת תישאר בשלב זה, כאשר יתרחש שינוי אקלים תהיה ירידה בפוריות ובמגוון במדרון, שתפוצה על ידי עלייה בפוריות ובמגוון של האפיק. אולם יש אפשרות לתרחיש נוסף, והוא שהעשבוניים ידחקו את קרומי הקרקע ויפצו על קריסת המערכת השיחית.

מהו המנגנון המסביר את הופעת העשבוניים?

מתחת לשיחים הצטברו חומר אורגני ונשר רב שנשאר על גבי התולדות לאחר מות השיח. הגשם והנגר מפזרים את החומר האורגני בצורת פסים לרוחב המדרון. פסי החומר האורגני והנשר מכסים את קרומי הקרקע הביולוגיים. הציאנובקטריות, המרכיב הביולוגי המרכזי של קרומי הקרקע, זקוקות לאור לביצוע פוטוסינתזה כדי לשרוד, ולכן כיסוי קרומי הקרקע בחומר אורגני ובנשר גורם לתמותה שלהן. התוצאה היא שקרום הקרקע, שמונע התבססות עשבוניים, מתפורר ומאפשר התנחלות עשבוניים. זרעים של עשבוניים, שהגיעו מעשבוניים במערכת השיחית וגדלו על גבי התולדות, מופצים במדרון. הזרעים שנתקלים בפסי החומר האורגני השומר על רטיבות נובטים, גדלים ומייצרים זרעים, ונשר העלים שלהם מאפשר לעשבוניים להמשיך ולפורר את קרומי הקרקע, ולהפוך את המערכת הקרומית הממודברת למערכת עשבונית.

רק לאחר שגילינו את תהליך הפיכתה של מערכת קרומית לעשבונית, הבנו את החשיבות העצומה של החומר האורגני והנשר לשיקום מערכות אקולוגיות בנגב. כיום אנחנו מבינים שגם בשטחי הסוואניזציה של קק"ל יש להתחשב בחומר האורגני ובנשר בתהליכי השיקום. **ניח שבשל החורבן בעקבות המלחמה יתכנסו שטחי הנגב המערבי בקרומים. אם רוצים לשקם למערכות הכוללות עשבוניים, צריך להביא חומר אורגני לפזר על הקרומים, וממשק החומר האורגני יוביל להתחדשות העשבוניים.** עדיין לא חקרנו את המשמעות של החומר האורגני, שנוצר על ידי העצים, לשיקום שטחים ממודברים. לפי דעתי, זה נושא חשוב מאוד

מהן המסקנות?

שינוי אקלים דרסטי מבחינת עוצמה ורצף של בצורות יביא לתמותת מעוצים (שיחים ועצים). בעקבות תמותת המעוצים המערכת הטבעית עשויה לנוע במספר מסלולים:

א. המדרון ימודבר ויכוסה בקרומי קרקע ביולוגיים. במקרה זה כמויות עצומות של מי נגר וסחף קרקע יזרמו

אתה בוודאי זוכר, שהייתה ביקורת כנגד קק"ל על חלק מפעולות הייעור שעשתה בנגב. כיצד אתה, כאיש מדע, תופס את מקומך בוויכוח הציבורי, שבמהותו הוא מעבר למדע?

אני יכול לספר לך שתבעו את קק"ל בבג"ץ, בראשות הנשיאה חיות, על השיקום התפקודי בנגב. לדיון בנושא ביקשו ממני לכתוב חוות דעת. את חוות הדעת אני מרחיב כעת למאמר מדעי שעיקרו יחסי אדם-טבע במאה ה-21. במאמר אני מציין שיש להביא בחשבון ביחסי אדם-טבע שאנחנו נמצאים בתקופה שנקראת אנתרופוקן. בתקופה זו האדם מעורב ברוב המערכות האקולוגיות על פני כדור הארץ, בניגוד לתקופות קודמות, כאשר היה חלק מהמערכת האקולוגית עצמה.

מבחינה היסטורית לפני המהפכה החקלאית, לפני כ-15 אלף שנה, כל המערכות האקולוגיות התארגנו מעצמן ויצרו מערכת אקולוגית מתפקדת. בתקופה זו האדם היה כמו הציפור – מלקט מזון, וכמו האריה – צייד.

ברור לכולם שבהווה הביוספרה שונה. יש כיום מעט מאוד מערכות אקולוגיות שמתארגנות מעצמן, מערכות שנקראות "טבע". על רוב המערכות האקולוגיות האדם כופה את צורת ההתארגנות ואת התפקוד. במונחים מדעיים התופעה מוגדרת כארגון מוכתב (imposed organization).

בפרויקט הסוואניזציה בנגב, למשל, אנחנו בהתחלה כופים על המערכת האקולוגית את המבלעים מעשה ידי אדם. אולם בהמשך היא מתארגנת מעצמה על ידי השיחים העשבונים ובעלי החיים שמתנחלים בה. רוב המערכות האקולוגיות על פני כדור הארץ הן כיום מערכות שיש עליהן 'כפייה' מבנית ותפקודית של האדם. לפיכך, כיום מערכת אקולוגית טבעית כמעט ואינה קיימת. בשל ההיסטוריה הארוכה של השפעת האדם באזור ישראל – בני האדם כרתו, שרפו, ורעו – כל המערכות האקולוגיות בישראל הן תוצאה של ארגון עצמי וארגון מוכתב על ידי האדם.

כאשר רשות הטבע והגנים מאפשרת לחלק מהמערכות להתארגן בעצמן מחדש, היא יוצרת שמורות טבע. אבל גם כאן יש החלטה אנושית לכפות על הטבע להתארגן בעצמו, לאחר שהיה תחת כפיית אדם שנים רבות. יש מי שמכנה מערכות כאלה מערכות אקולוגיות חדשניות (novel ecosystems), כלומר מערכות שהתארגנו בעצמן לאחר התערבות האדם. אני חושב שהסוואניזציה בנגב היא דוגמה למערכת אקולוגית חדשנית כזו. האדם יכול להחליט לגבי צורת הארגון והתפקוד של המערכות האקולוגיות שבסביבתו. הוא יכול להחליט שהוא רוצה בסביבתו מערכות שמתארגנות מעצמן, אבל בכל מקרה הארגון לא יהיה מה שהיה פעם, כי האדם השפיע עליהן בעבר. למשל, במערכות של יער רחב עלים בארצות הברית, באו החלוצים, כרתו את היערות, והפכו אותם לשטחי מרעה. כשהתגלה המערב, נתנו לעצים לחזור ולגדול ולמערכת להתארגן בעצמה, אבל

למובילות המערכת האקולוגית למים. מאחר ששינוי האקלים פירושו שינוי במשטר אספקת המים למערכת האקולוגית, אפשר, להבנתנו, למיין את המערכות האקולוגיות לפי תלותן במקור המים. בהתאם לכך, חילקנו את ישראל לשלוש מערכות עיקריות:

א. **מערכות תלויות גשם**, שמתפקדות מגשם ישיר בלבד, ומובילות על ידי פעימות הגשם, כמו יער ביריה בצפון; ב. **מערכות תלויות נגר**, שמתפקדות על ידי פעימות גשם ונגר, ומובילות על ידי קשרי מקור ומבלע ביניהן, כמו פארק סירת שקד;

ג. **מערכות תלויות שיטפונות**, שמתפקדות על ידי פעימות של שיטפונות, ומובילות על ידי קשרי מקור ומבלע של גשם ונגר, כגון שיטים באפיק נחל גוונים במכתש רמון.

שינוי האקלים יכול לגרום לתזוזה מרחבית של המערכות הללו, בייחוד באזורי הגבול בין המערכות. למשל, בגלל עלייה בתדירות ובעוצמה של בצורות ישתנו חלק מהמערכות שהיו תלויות גשם למערכות תלויות נגר, ובמקרה זה יש לשנות את ממשק היערות בהתאם. אם מתכוננים להתמודדות עם שינוי האקלים, אנשי ממשק צריכים לשים לב לתזוזה המרחבית של מקור המים ככוח המניע והמגביל את המבנה והתפקוד של המערכת האקולוגית, הואיל ותחזית המודלים האקלימיים היא שכל האזורים מוגבלי המים ילכו וייעשו יבשים יותר. תהליך ההתמודדות עם שינוי האקלים בישראל דורש ראשית להגדיר את מיקומה של המערכת על מפל התלות בגשם, בנגר או בשיטפונות. אם המערכת תלויה גשם, יש להעריך אם כמות הגשם החזויה והתבנית שלה מספיקות כדי להחזיק אותה. אם כן, אין צורך לעשות שום דבר. לעומת זאת, אם היא עשויה לעבור ממערכת תלויה גשם למערכת תלויה נגר, צריך להתייחס אליה אחרת, כמערכת של מקור-מבלע. אם מערכת תלויה נגר עשויה להפוך למערכת תלויה שיטפונות, צריך לשנות את ההתייחסות ולעבור מממשק מדרוני לממשק אפיקי.

האם שינוי האקלים והתמעטות המשקעים יכולים לגרום

לכך שהסביבה לא תתמוך בהתפתחות עצים?

כן, אבל ניתן להתגבר על כך ממשקית על ידי הגדרת המערכת בהתאם לתלותה בזרימת המים. למשל, דרומית לשדה בוקר, שם יש מערכת תלויה נגר, גם אם נרצה לשתול עצים בתנאים של בצורות קשות, הם לא ישרדו במדרונות, אבל בהחלט ישרדו בערוץ עם ממשק טרסות. כדי לבצע את פעולות הממשק צריך לראות היכן נמצא האגן, איך הוא בנוי, ואת עוצמת המקור והמבלע. כיום קל מאוד לקבל את הנתונים על ידי צילום מרחפנים. החיבור בין הטכנולוגיה המודרנית ותורות מדעיות לגבי מבנה ותפקוד של אזורים מוגבלי מים, לבין הידע שצברנו, יכול לעזור לממשק מושכל, לפי דעתי, גם בחשיבה לטווח ארוך הנוגעת לטיפול במערכות אקולוגיות שחייבות להתמודד עם שינוי האקלים.

כלל האורגניזמים ותפקוד המערכת האקולוגית, התחזק והופץ המושג מגוון ביולוגי. לאקולוגים הייתה הצלחה גדולה בהטמעה של המושג הזה ושל הקשר החיובי וההכרחי בין המגוון הביולוגי לבין תפקודי המערכת האקולוגית. הם העלו את המודעות לכך שיש לשמור על המגוון הביולוגי על פני כדור הארץ כמרכיב מרכזי בשמירת טבע. לאחר מכן, אנשי מדעי כדור הארץ טבעו את המונח Geodiversity שמתייחס למגוון הגאולוגי, הגאומורפולוגי והפדולוגי. מצאנו שקיים קשר חזק בין Geodiversity והמגוון הביולוגי באגן ההיקוות של שדה בוקר. אולם בתקופת האנתרופוקן יש להתחשב גם במגוון האנושי (Humandiversity), המשפיע רבות על המבנה והתפקוד של מערכות אקולוגיות. אני כותב כעת מאמר המחבר בין שלושת סוגי המגוון.

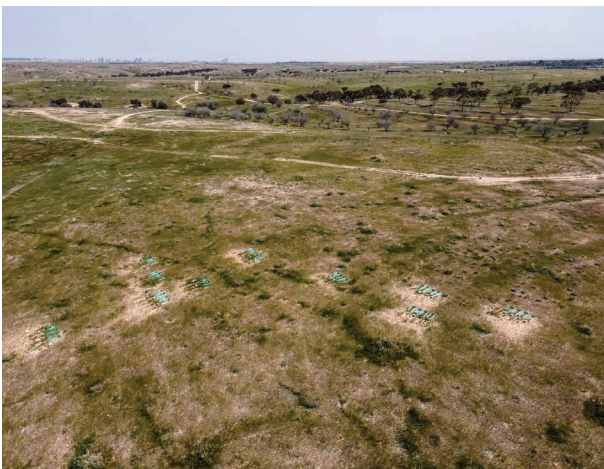
הטענה המרכזית במאמר היא שבתקופה שלנו צריך לבחון גם כיצד המגוון האנושי כלומר המגוון הכלכלי, החברתי והתרבותי, משפיע על תפקודי המערכת האקולוגית. לדוגמה, הקמה ותפעול של הסוואניזציה כמערכת האקולוגית בנגב בנויה על שלושת סוגי המגוון. היא מתייחסת למרכיב ה-Geodiversity, כלומר למבנה הגאומורפולוגי של אגן ההיקוות ולסוגי הקרקעות המצויים בו. כמו כן, היא מביאה בחשבון את המגוון הביולוגי שלו. המבנה והתפקוד של המערכת מנוהלים על ידי תפיסה חברתית מסוימת של לוחמה במדבור (Humandiversity), שבאה לידי ביטוי בפרייקט המכוון את המבנה והתפקוד של המערכת האקולוגית בהתאם להשקפת עולם זו. לסיכום, ההשקפה שלנו בנושא מערכות אקולוגיות באנתרופוקן חייבת להשתנות. עלינו לברר לגבי כל מערכת אקולוגית כיצד שלושת סוגי המגוון קובעים את המבנה והתפקוד שלה כמערכת תומכת חיים.

המערכת כבר השתנתה ולא חזרה להיות מה שהייתה. למעשה האדם מחליט אילו מערכות הוא רוצה שיהיו בסביבתו. האם אנחנו רוצים לתת לטבע להתארגן בעצמו? כן ולא, כי יש בעיה – הטבע לא "שומר" על הטבע, כי בטבע יש תחרות, והחזק מנצח. למעשה, הטבע אינו שומר על מגוון מינים. אז גם שומרי הטבע מתערבים בטבע לשמירה על המגוון הביולוגי. זו ההשקפה שלי, ולהבנתי תוך פרק זמן כולם יגיעו לתובנה הזו, כי זהו עולמנו כיום. אני בעד שיהיו מקומות שהמערכת תתארגן מעצמה, ונכנה אותם בשם "שמורות טבע". למשל, על פי מחקר שעשינו בחורש ים תיכוני, אם לא נטפל בו, הצמחייה המעוצה תקטין את מגוון המינים של תת-היער ותהיה מגוונת פחות.

באחד המחקרים כרתנו עצים ושיחים לאורך מפל הגשם, מעבדת ועד הר מירון. ראינו שכאשר כורתים את העצים, מגוון המינים העשבוניים גדל. יפה מאוד שאנשים התעוררו, שאכן צריך מערכות שמתארגנות מעצמן, או כפי שקוראים לכך כיום – שמירת טבע. אולם, לנוכח הממצאים המדעיים ותקופת האנתרופוקן צריך לאמץ פרדיגמה רחבה יותר על שימור ושיקום של מערכות אקולוגיות בשטחים הפתוחים.

מה שאתה מגדיר כטבע שמתארגן מעצמו, לא בהכרח זהה למושג של שמירת טבע, כי המטרה המרכזית בשמירת הטבע היא שמירת המגוון הביולוגי. האם בתקופת האנתרופוקן יש להרחיב את גישת שמירת המגוון הביולוגי?

שמירת טבע החלה בשמירה על בעלי חיים גדולים ועל נופים ייחודיים. אבל מערכת אקולוגית מורכבת ברובה מיצורים קטנים, והם אלה שמוציאים לפועל את רוב תפקודי המערכת האקולוגית. בעקבות מחקרים שהראו קשר בין



תאים אקולוגיים (בירוק) שנבנו כדי לבחון את השפעת הנשר וכתמי החלזונות על השתנות המערכת האקולוגית בעקבות מותם של שיחים. פארק סירת שקד, אפריל 2023. ימין - תקריב, שמאל - מבט מרחוק באדיבות eLTER H2020, אגף הייעור, קק"ל

תוכנית "אתגר האקלים" של קק"ל: כיצד ניתן לייעל את השימוש במי השקיה בנטיעת יערות חדשים ולשפר את הישרדות השתילים

מורן בוגנים גולד * | אסף קרואני

אגף אקלים וקיימות, קק"ל
MoranBu@kkl.org.il *

אלפי דונמים של יער כל שנה כדי לספק שטחים לפעילות פנאי ונפש לתושבי ישראל ולשמור על השטחים הפתוחים מפני פיתוח. נטיעת יער היא פעילות ממשק אינטנסיבית שאיננה נגמרת בהכנת השטח ובנטיעת השתילים. הישרדות השתילים בשנים הראשונות מצריכה טיפולים שונים, והתייעלות בתחום ההשקיה טומנת בחובה יתרונות רבים למניעת התייבשותם ולהאצת קצב התפתחותם.

חברת VIRIDIX שבבעלותה פטנט ייחודי למדידת פוטנציאל המים בקרקע, זכתה במקום הראשון, והיא תבצע פיילוט ממומן בצפון הארץ בהנחיית גורמי מקצוע ביחידות קק"ל השונות – אגף אקלים וקיימות, אגף המדען הראשי, אגף הייעור ומחלקת יער מרחב צפון. המדידה תבצע על ידי התקנת שני חיישנים בעומק שונה בקרקע. החיישן הקרוב לפני הקרקע (בעומק של כ-20 ס"מ מתחת לפני הקרקע) אחראי על פתיחת ההשקיה, והחיישן שנמצא בעומק הקרקע (מ-40 ס"מ ועד ל-1 מטר, כתלות במין העץ ובגילו) אחראי על סגירת ההשקיה. ניתן לחבר את המערכת לבקרי השקיה וליצור פלטפורמה להשקיה אוטונומית מבוססת חיישנים. תוכנית הפיילוט מתגבשת וצפויה להיות מאושרת בימים אלה. התוכנית תכלול אתר ניסוי ביער אמנון וביערות נוספים במרחב צפון, לתקופה של עד שנה וחצי. במסגרת הפיילוט תחבור החברה למתמודדת נוספת

תוכנית "אתגר האקלים" של קק"ל, בשיתוף מרכז החדשנות קק"ל-צמח-כינרת (KIC), היא תוכנית ייחודית לאיתור ולהטמעה של פתרונות טכנולוגיים, ועוסקת באתגרים מקצועיים מעולם האקלים שהארגון מתמודד עימם בשטח. התוכנית מנסה לתת להם מענה באמצעות חיבור ליזמים ולחברות הזנק בעלי פתרונות קיימים וחדשים, כחלק מתהליך מיקוד באתגרים והתנסות ב"חדשנות פתוחה" בקק"ל. במסגרת התוכנית ייבחרו בשנה הקרובה שלוש עד חמש חברות שיבצעו פיילוט ממומן בשטחי קק"ל.

מרכז החדשנות קק"ל-צמח-כינרת (KIC) הוא חברת-בת בבעלות חלקית של קק"ל. המרכז הוקם לפני כשלוש שנים, ומטרתו לפעול כמנוע צמיחה אזורי באזור הכינרת והעמקים, תוך מיקוד בתחומי האקלים ובדגש על חקלאות ומים. המרכז פועל לקידום ולהטמעה של חדשנות באמצעות תוכניות שונות. בימים אלה נשלמת בנייתו של "פארק חדשנות" בצומת צמח, שיאכלס את המרכז וצפוי למשוך אליו חברות נוספות.

המרכז פרסם קול קורא לתחרות אתגר האקלים הראשון של קק"ל. האתגר הראשון שנבחר עוסק באספקת מים לשתילים צעירים הניטעים ביערות בדגש על ייעול וחיסכון במים ושיפור הישרדות השתילים בשטח. קק"ל נוטעת

לצד קידום פעילות הליבה של ניהול היערות והשתחים הפתוחים ותמיכה בה. תוכנית "אתגר האקלים" של קק"ל מתווספת לפעילות חדשנות האקלים של קק"ל, הכוללת קידום מרכזי חדשנות ותוכניות האצה שונות לתמיכה ביזמות טכנולוגית, קולות קוראים למחקר בתחומי האקלים, הסביבה והייעור, פרס האקלים בשיתוף JNF קנדה, תמיכה ביזמות אקדמית בתחום ומיזמי פיילוט שונים.

חדשנות טכנולוגית היא כלי מרכזי ביכולת של ישראל לסייע במיתון שינוי האקלים, וקידום והטמעה שלה הם אמצעי מרכזי באסטרטגיית ההיערכות והחוסן האקלימי של קק"ל. פוטנציאל ההשפעה של ישראל על מיתון שינוי האקלים העולמי נעוץ בפיתוחים טכנולוגיים שסייעו במיתון ובהפחתה של פליטות. ישראל, כ"אומת החדשנות", יכולה לשמש כר פורה לפיתוח טכנולוגיות ופתרונות מסוגים שונים שיתרמו להתמודדות עם משבר האקלים ברמה המקומית וברמה העולמית.

בתחרות, חברת ברמד – פתרונות ניהול ובקרת מים, המפתחת פתרונות מתקדמים לבקרת זרימה. באמצעות שילוב הבקר שלה בניסוי יתקבלו התראות בזמן אמת ויכולת שליטה מרחוק על תוכנית ההשקיה. למערכת המשולבת יש פוטנציאל גדול להפוך לכלי מסייע ליערנים בקבלת החלטות מושכלות לגבי תדירות ההשקיה וכמותה בהתאם לפוטנציאל המים בעומק הקרקע בסביבת בית השורשים של השתיל, לסייע בחיסכון במים ולשפר את הישרדות השתילים.

יישום הטכנולוגיות האלה בקק"ל יכול לשמש כלי מרכזי בהיערכות היער והשתחים הפתוחים לשינוי האקלים, לסייע בשימוש מושכל יותר במשאבים ולהתייעל כלכלית. תוכנית זו היא תוכנית ראשונית במסגרת זרוע החדשנות באגף אקלים וקיימות, שהוקם בסוף 2023 בקק"ל במטרה להרחיב ולהעמיק את פעילות הארגון בתחום. האגף שם לו למטרה לפתח עולמות תוכן מקצועי חדשים עבור הארגון,



נטיעות ט"ו שבט בדרום, 2024. ההשקיה הנוכחית מתבצעת בעזרת טפטפות צילום: יואב לין, באדיבות ארכיון הצילומים של קק"ל



כיסופים, זיכרון עוטף
עמנואל זילברשניר



יער של ספרים

אביב אייזנבנד

אגף הייעור, קק"ל
Aviv@kkl.org.il

עצי איקליפטוס ועצי קורימביה בגן הנוי אביגיל הלר

איקליפטוס, קורימביה ואנגופורה בישראל סימה קגן

בתקופה האחרונה פורסמו שתי חוברות העוסקות בסוג איקליפטוס ובחשיבותו בייעור ובנוי בישראל. "עצי איקליפטוס ועצי קורימביה בגן הנוי" נכתבה על ידי אביגיל הלר ממשרד החקלאות ופיתוח הכפר (שני פרקים מתוכה כתבו צביקה מנדל ופבלו צ'רקסקי), ואילו "איקליפטוס, קורימביה ואנגופורה בישראל" נכתבה על ידי סימה קגן ממנהל המחקר החקלאי-מכון וולקני. בחוברת הראשונה מושם דגש על הטיפול בעצים מסוגים אלה בגן הנוי, ואילו בחוברת השנייה ניתנת סקירה מקיפה של מינים שונים המתאימים לייעור ולמרעה דבורים. שתי החוברות פורסמו גם בצורה מקוונת.

בסוג איקליפטוס (*Eucalyptus*) שייך למשפחת ההדסיים (Myrtaceae), ומונה מעל 800 מינים, שרובם אנדמיים לאוסטרליה. 12-15 מינים נוספים גדלים באיים צפונית ליבשת אוסטרליה (גינאה החדשה, טימור ואיי מאלוקו). ניסיונות אקלום של מיני איקליפטוס בארץ ישראל החלו בשנות ה-60 של המאה ה-19, ללא הצלחה מרובה. בשנת 1884 ניטעו שתילים של איקליפטוס המקור (*Eucalyptus*)

בתיבותם של מיני האיילפטוס בייעור בחלקה הדרומי של ישראל, מהנגב הצפוני והמערבי ועד הערבה, גבוה במיוחד. עמידותם ליובש ויכולתם להתפתח ולשגשג בבתי גידול קשים, בקרקעות דלות ובמשטר משקעים המאפיין אזור צחיח למחצה עד צחיח (100-300 מ"מ גשם בשנה), הביאו למיצובו של הסוג איקליפטוס כמרכיב מרכזי בארגז הכלים של מתכנן הנטיעות. למעשה, רוב חלקות האקלום והמחקר שהוקמו במהלך המאה הקודמת נבחרו לנטיעה ביערות הנגב הצפוני והמערבי. חוקרים רבים הוקסמו מעולם שלם

ביותר שניטע בארץ מאז המאה ה-19. גם כיום הוא מין מוביל, והוא משמש בעיקר בייעור המשקי (נטיעת חלקות עבור תפוקת עץ), וכן בנטיעות למרעה דבורים. נטיעות של המין איקליפטוס מסמרי הצטמצמו מאוד בעשור האחרון בגלל רגישותו לפטריות ממשפחת הבוטריוספרה, הגורמות לתמותת העצים.

קורימביה לימונית היא מין מוביל בגן הנוי ובייעור המשקי, ונטיעתה מקודמת בשיתוף פעולה של קק"ל ומשרד החקלאות שנמשך כבר מעל שני עשורים, ובמסגרתו ניתן מענה לחקלאים שמסיבות שונות אינם מסוגלים או מעוניינים להמשיך לקיים חקלאות אינטנסיבית ומחפשים גידול אקסטנסיבי לתפעול משקיהם. קורימביית טורל היא מין בעל חשיבות רבה בגינון העירוני. בחוברת מופיעה טבלת המאפיינים של ארבעת המינים הנידונים, ומוצגת בה שורה ארוכה של מאפיינים רלוונטיים שלהם, כמו: פוטנציאל הגובה, צורת הצמרת, מרקם הגזע, פריחה ועוד.

בחוברת מוצגים התייחסות ופירוט של האתגרים והפתרונות האגרוטכניים בשימוש במינים האלה, כדוגמת התאמה לסוג הקרקע ובעיות אגרוטכניות הגורמות לפגיעה או להתנוונות של העץ, כמו למשל רגישות לגיר, לקוטלי עשבים ועוד. פרק מורחב מוקדש לתחום הבטיחות וגיזום העצים. מוצגים כשלים אופייניים, כמו שבר ונפילת ענפים, כשל בעקבות צימוח ענפים בזוויות חדות, שבר בענף מוביל וקריסת עצים על שורשיהם (התהפכות עצים). פרק נוסף עוסק בהמלצות לגיזום ולעיזוב של העץ הבוגר, למועדי גיזום ולשיטות גיזום, תוך התייחסות לפעולות גיזום שמומלץ להימנע מהן.

של תכונות שקיימות בסוג ומהפוטנציאל הגלום בו אל מול האתגרים הרבים העומדים בפני מפעל הייעור בישראל. עדות למורשת זו הן חלקות המחקר בשדה תימן, משמר הנגב, אורים, סנאים (פארק באר שבע), רביבים, עומר, גילת ועוד.

שתי החוברות שפורסמו עוסקות בסוג איקליפטוס ובסוגים הקרובים לו (כולם במשפחת ההדסיים). הסוג קורימביה (*Corymbia*) הופרד מהסוג איקליפטוס באמצע שנות ה-90. בחוברת שכתבה סימה קגן מתוארים גם שני מינים בסוג אנגופורה (*Angophora*), השייכים גם הם למשפחת ההדסיים, ויש להם מראה דומה בנוף הכללי של העץ, בעלווה, בגזע, בפריחה ובפרי (אך ללא מכסה פרי).

"עצי איקליפטוס ועצי קורימביה בגן הנוי" – בחוברת זו סקירה כללית נרחבת על הסוגים איקליפטוס וקורימביה, בדגש על התאמתם לגן הנוי. הסקירה עוסקת בטיפול ובגידול של המינים האלה, ולכן היא עוסקת במאזן המים של הצמחים ובקשר לגידול ולצמיחה, באתגרים ובפתרונות אגרוטכניים, בבטיחות בגיזום, בשיטות גיזום, בחרקים ובמזיקים של הסוגים האלה וכן בגורמי מחלה. בחוברת יש פירוט על שני מיני איקליפטוס (איקליפטוס המקור ואיקליפטוס מסמרי [*Eucalyptus gomphocephala*]) ושני מיני קורימביה (קורימביה לימונית [*Corymbia citriodora*] וקורימביית טורל [*Corymbia torelliana*]). איקליפטוס המקור הוא מין האיקליפטוס המרכזי והחשוב



קורימביה פטיכוקרפה, פרחים ופירות
צילום: סימה קגן

העצים. לכל מין תעודת זהות, הכוללת: גובה, מועד פריחה, צבע פריחה, תנאי גידול והתאמה לארץ, וכן שימוש מומלץ. לחוברת מצורפות תמונות צבעוניות מאירות עיניים של המינים השונים, כולל תמונות תקריב של פריחה ופירות המסייעות לזיהוי המין. חלק מהמינים שנבחרו לחוברת מומלצים ליעור באזורים מעוטי משקעים עם התאמה לבתי גידול קשים, כמו קרקע לס, תכולת גיר גבוהה, קרקעות נתרניות או מלוחות. חלק אחר מומלץ למרעה דבורים תוך ציון מועדי הפריחה של העצים, מה שמאפשר לדבוראים לטעת מינים שונים לקבלת רצף של פריחה וכך לצמצם את הצורך להזין את הדבורים במי סוכר בחורף. בסוף החוברת מופיעות טבלאות המציגות את המינים בהתאם למטרות ושימוש, טבלאות המדרגות לפי גובה העץ, ואחרות עבור מועדי הפריחה בשנה. החוברת נועדה לסייע בהגדרה ובזיהוי המינים השונים באתרים שהם גדלים בהם. החוברת מיועדת בעיקר ליערני קק"ל, לדבוראים ולמתכנני הניו בערים.

קישור לחוברת

<https://volcaniarchive.agri.gov.il/skn/he/c6/e61082/>
פרסום מדעי/איקליפטוס_קורימביה_ואנגופורה_בישראל

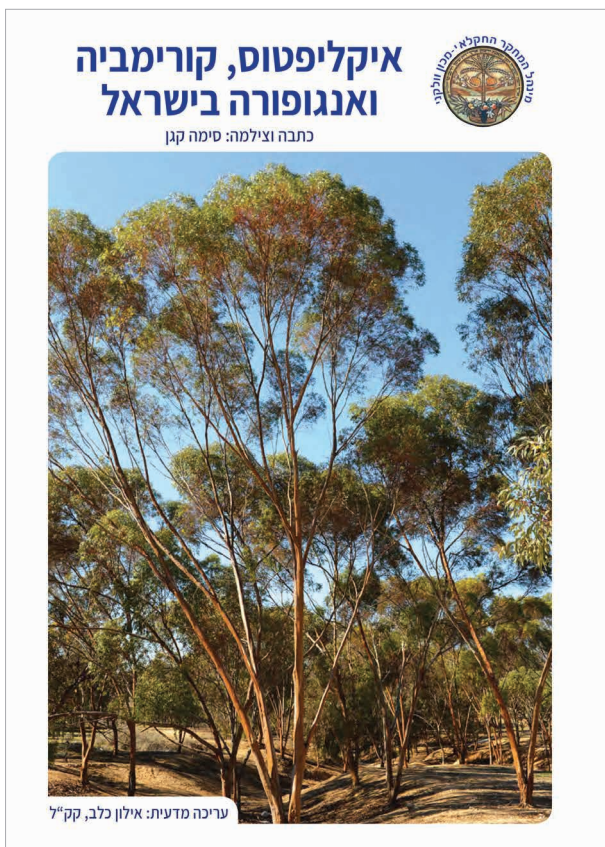
בפרק שכתב צביקה מנדל נפרסת בפני הקורא רשימת חרקים מזיקים שתוקפים עצי איקליפטוס וקורימביה בישראל. בטבלה המצורפת לפרק מפורטים המזיקים השונים ומיני העצים בעלי הרגישות למזיקים אלה, תוך התייחסות לידע הקיים באשר ליכולת לטפל בהם בהדברה ביולוגית.

פרק נוסף מתייחס למקומם של מיני האיקליפטוס והקורימביה בניו בישראל. צירוף תמונות של המינים השונים עם תיאור המין היה יכול להועיל ולאפשר היכרות טובה יותר עם המוצג בפרק זה. בסוף החוברת מוצג פרק הגדרות של המושגים המקצועיים המופיעים בה.

קישור לחוברת

https://www.gov.il/BlobFolder/reports/eucalyptus_tree_protection/he/eucalyptus.pdf

בחוברת "איקליפטוס, קורימביה ואנגופורה בישראל" מוצגים ומתוארים בקצרה 77 מינים של הסוגים איקליפטוס וקורימביה הנפוצים ביותר בישראל. החוברת מסודרת על פי סדר האל"ף-בי"ת לפי השם הבוטני העברי של מיני



עריכה מדעית: אילון כלב, קק"ל

איקליפטוס סלובריס על כריכת הספר איקליפטוס, קורימביה ואנגופורה בישראל, מאת סימה קגן



אנגופורה קוסטטה
צילום: סימה קגן



אז והיום

גיל סיאקי

מרחב דרום, קק"ל
gilsil@kkl.org.il

שיקום נחל צידה

בתצלום אוויר משנת 1966 (איור 1א) ניתן להבחין שקטע נחל צידה המסומן באדום ונמצא מצפון לתוואי מסילת הברזל הטורקית, צר מאוד וחשוף מצמחייה. כמו כן, ניתן להבחין שמישורי הלס מעובדים עד לגדות נחל צידה.

בתצלום אוויר משנת 1999 (כשנה לאחר הנטיעה, איור 1ב) ניתן לראות היטב את רצועת נחל צידה שהורחבה על ידי ציוד מכני הנדסי במסגרת הכנת השטח לנטיעה. הצבע הבהיר של הקרקע מלמד שעדיין לא התפתח בה צומח עשבוני או מעוצה.

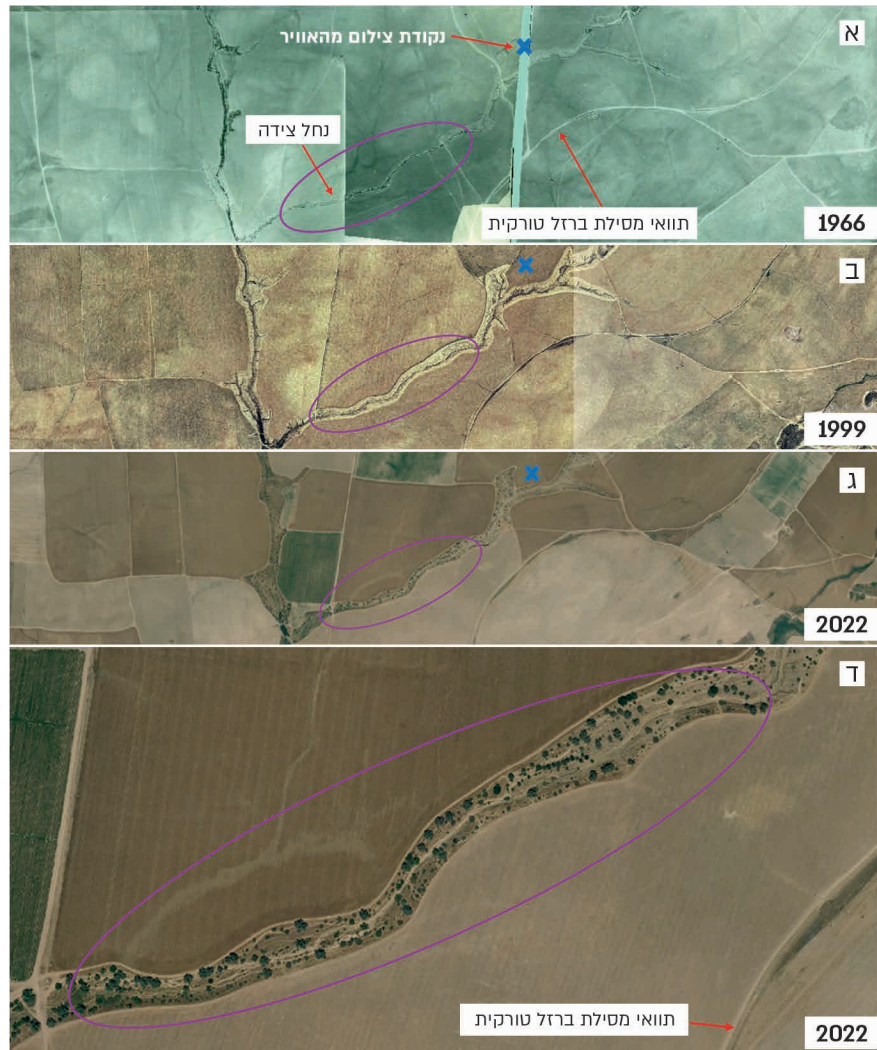
בתצלום אוויר משנת 2022 (24 שנים לאחר הנטיעה, איור 1ג, 1ד) ניתן כבר להבחין בכתמים הכהים של צמרות העצים שהתפתחו ברצועת נחל צידה. רצועת הנחל שמורה על ידי דרך ממשק יער היקפית, ונטועים בה עצים ושיחים. היא נראית שונה לחלוטין, ותפקודה האקולוגי השתנה בהתאם.

בתצלום אוויר משנת 2016 (איור 2) רואים היטב את התפתחות הצומח העשבוני בכל רוחב רצועת הנחל ששוקמה.

שיקום נחלי אכזב בצפון הנגב הוא משימה חשובה שנמצאת במוקד העשייה של מרחב דרום קק"ל מזה עשרות שנים, ומקבלת עדיפות בתוכניות העבודה. פעולות השיקום כוללות טיפול בסחיפת קרקע באגן הניקוז של הנחל. תופעות של סחיפת קרקע והיווצרותם של ראשי ערוצים פעילים בלב שטחים חקלאיים מאפיינות את מישורי הלס בצפון הנגב, והן נגרמות בגלל עיבודים לא משמרים, פריצת דרכים, רעיית יתר והגדלת שטחים מבונים באגני הניקוז.

במסגרת הפעולות לשיקום נחלי אכזב בלב שטחים חקלאיים טופל גם נחל צידה, הזורם בתחום המועצה האזורית מרחבים שבנגב המערבי. הנחל הוא יובל של נחל גרר, ובשנת 1998 ניטעו לאורכו מינים שונים של עצים רחבי עלים ושיחים, כמו שיזף מצוי, חרוב מצוי, אלה אטלנטית, שיטת הנגב, רותם המדבר ואשל הפרקים, בשיטות שימור קרקע וקציר מי נגר.

הרחקת החקלאות מרצועת נחל צידה, הסדרת דרך ממשק יער היקפית ומתקני כניסת מי נגר שמקורם בדרכים החקלאיות ובשדות המעובדים, הביאו לייצוב ראשי ערוצים פעילים ולמניעת המשך תופעות חמורות של סחיפת קרקע ואובדן קרקע חקלאית טובה.



איור 1

התפתחות הצמחייה לאורך גדות נחל צידה במהלך השנים
 תצלומי אוויר: א. שנת 1966 (תצלום מפי"י); ב. שנת 1999 (תצלום מפי"י); ג. שנת 2022 (govmap); ד. תקריב של שנת 2022 (govmap). X בצבע תכלת מציין את הנקודה שהתמונה באיור 2 צולמה ממנה.



איור 2

נחל צידה בשנת 2016
 מבט מכיוון צפון לכיוון דרום. נקודת הצילום מסומנת ב-X בצבע תכלת באיור 1. צילום: "אלבטרוס צילומי אוויר".

התפתחותה של סביבה בריאה, המתפקדת כראוי מבחינה אקולוגית ונופית.

הנגב המערבי ידוע כמוקד טיולים, בעיקר בזמן פריחת מרבדי הכלניות, ונחל צידה המקשר בין אזור צומת בית קמה לנחל גרר וליערות הנגב המערבי יוצר ציר טיול יפה ועשיר בצומח ובבעלי חיים.

הצומח העשבוני שהתפתח בתוך השיחים (תלמים מוגבהים) וביניהם, תורם לייצוב הקרקע וממלא תפקיד חשוב בוויסות זרימת מי נגר ובמניעת המשך תופעות של נזקי סחיפת קרקע בשדות הסובבים.

התצלום הקרקעי משנת 2023 (איור 3) ממחיש את המשמעות של פעולות השיקום שבוצעו ברצועת נחל צידה. צומח עשבוני עשיר וצומח מעוצה מפותח מאפשרים



איור 3

נחל צידה בשנת 2023

בתצלום נראים עצי שיזף מצוי ושיטת הנגב ושיחים של רותם המדבר. צילום: גיל סיאקי.

קיבוץ בארי ויער שוקדה

להבחין בפרטים רבים, כגון ערוצי נחלים, עצים מרשימים, מבנים ישנים, בורות מים, תעלות מים וכן שוחות הגנה של העות'מאנים ממלחמת העולם הראשונה. מידע זה מסייע בקבלת החלטות בעת תכנון והקמה של יערות חדשים ושיקום ופיתוח של יערות קיימים.

בתצלום משנת 2022 באותו אזור ניתן להבחין על גדת נחל בוהו בעצים של יער שוקדה, שניטע החל משנת 1957 לשם ייצוב הקרקע, ובעיבוד החקלאי האינטנסיבי של שטחים הנושקים ליער. כמו כן, בחלק העליון של התצלום מופיעים בתי קיבוץ בארי וכביש 232 שחוצה מצפון לדרום.

קיבוץ בארי, שנמצא בתחום המועצה האזורית שדות נגב, נוסד בשנת 1946. בחלק העליון של התמונה, שצולמה בשנת 1945, פזורים באזור הקיבוץ העתידי בתים בודדים. העיבוד החקלאי מגיע עד לגדות נחל בוהו. כביש 232 עדיין לא נסלל. את תצלום האוויר ביצעו הבריטים. מחלקת היער במרחב דרום של קק"ל רכשה לאורך השנים ממפי" תצלומי אוויר משנת 1945, כולל התצלום הנוכחי, שמשמשים אותנו עד היום. כריתת עצים לא מבוקרת ורעייה בלתי מנוהלת פגעו בכלל הצומח לפני שלטון המנדט הבריטי, אך פגיעה זו מאפשרת לראות היטב את תוואי הקרקע. בעזרת התצלומים ניתן להבחין בין קרקע עמוקה שמעובדת, לבין קרקע אבנית/סלעית שאינה מעובדת. כמו כן, ניתן



מימין: אזור בארי – תצלום אוויר משנת 1945; משמאל: אזור בארי – תצלום אוויר משנת 2022
צילום: מפ"י. באדיבות קק"ל מרחב דרום



עצים ששווה להכיר

חגי יבלוביץ'

אגף הייעור, קק"ל
hagay@kkl.org.il

גופנן דביק בגן לאומי תל אשקלון

לרוב אינו מגיע לגובה זה. ברוב המקרים יש לו גזע יחיד, אך לעיתים הוא יוצר מראה המזכיר שיח. השם גופנן או גופנין נזכר במשנה, ומזהים אותו גם עם צמח זה.

גופנן דביק (עֶרְף דְּבִיק, *Cordia myxa*) הוא עץ ממשפחת הזיפניים (איור 1). אף על פי שהוא ירוק-עד, חלק מעליו נושרים בחורף. העץ יכול להגיע לגובה של 10 מטר, אך



איור 1

פרט מרשים של גופנן דביק, גן לאומי תל אשקלון, 2023
צילום: אמיר הרמס.

העץ גדל בחלק הדרומי של הגן הלאומי, סמוך למגרש החניה, כ-200 מטר צפונית לתאטרון. גילו אינו ידוע, וההשערה היא שהמין הגיע למקום על ידי האוכלוסייה הערבית לפני מאות שנים.

אנו אוספים פירות של גופנן מהעצים בגן הלאומי תל אשקלון בשל חזותם הבריאה וכן בגלל האחוז הגבוה באופן יחסי של זרעים חיוניים מתוכם. כך אפשר להגיע לכ-10% נביטה, לעומת אחוז נביטה נמוך יותר של זרעים שנאספים במקומות אחרים, מה שמביא להצלחה טובה יותר בריבוי במשתלה.

לנבט של הגופנן צורת מניפה ייחודית (איור 3). קק"ל מגדלת מדי שנה עשרות שתילים של גופנן דביק במשתלת גילת, ונוטעת אותם בשטחים במרחב דרום לגיוון ולהעשרה של שטחי היערות.

גופנן דביק פורח בין אפריל ליולי. פירותיו עגולים, וקוטרם כ-2 ס"מ (איור 2). עם ההבשלה הם משנים את צבעם מירוק לצהוב-כתום בולט, ולאחר ההבשלה הם מצטמקים ונעשים שחורים. הפירות מתוקים, עסיסיים ודביקים מאוד (ומכאן שמו), והם משמשים מזון לציפורים ולעטלפים. הפירות מתאימים גם למאכל אדם כשהם טריים או כבושים. בימי קדם הם שימשו לטיפול במחלות שונות ולשיכוך כאבים. במדינות ערב נהגו להכין מהפרי דבק ולמרוח אותו על מקלות כמלכודת לציפורי שיר קטנות. העץ, שמקורו באסיה, הוא ככל הנראה פליט תרבות בישראל (בניגוד לגופנן המדבר, שהוא מין מקומי בסכנת הכחדה). בשל השימושים השונים שיש לו הוא ניטע במקומות שונים.

בגן הלאומי תל אשקלון אנו מכירים שלושה פרטים בוגרים של גופנן דביק. שלושתם בריאים, יפים ומפותחים, וכולם בעלי גזע אחד. הגופנן שבתמונה הוא אחד מהם (איור 1). גובה העץ כחמישה מטרים וקוטר הגזע עולה על חצי מטר.



איור 3

נבטים בוגרים של גופנן דביק, 2023
צילום: חגי יבלוביץ'



איור 2

פירות של גופנן דביק, 2023
צילום: אמיר הרמס.



דוד פולונסקי

אופקים, זיכרון עוטרף
דוד פולונסקי

■ Tree aging

Avigail Heller^{1*}, Naama Luria Arbili², Joseph Riov³

Old trees can be divided into three groups: young, mature and elderly. Old trees, which often outlive humans due to their size, strength, fruit-bearing capacity, and the shade they provide, have spiritual significance, and are revered in various religions and cultures. They provide many benefits of various kinds – environmental (such as preserving biological diversity), aesthetic, emotional, historical,

economic, and more. In Israel, there is awareness of the importance of preserving old trees, but, as in many other places around the world, the number of old trees is declining. This article discusses the life cycle of trees and describes the aging process, as well as the reasons for their disappearance (especially in urban areas). It discusses the coping mechanisms of tree genera and species with longevity, as well as factors contributing to the longevity of specific individual trees. The article also elaborates on practical tools for managing the conservation of old trees.

1 Agronomist

2 Practical Landscape Engineer, Private Consultant

3 The Plant Science and Genetics Institute, the Robert H. Smith Faculty of Agriculture, Food and Environment, the Hebrew University of Jerusalem, Rehovot

* avigailheller1@gmail.com



English Abstracts

■ Almond tree populations in open areas and their restoration – Tsipori National Park as a test case

Itai Gvirtzman¹, Michael Menis¹, Aslan Horesh², Shaul Ben Yehuda³, Ronza Amara⁴, Omer Golan⁵, Zvi Mendel^{6*}

The purpose of this study was to assess various factors affecting the health of almond trees in the open areas surrounding Tsipori, in the central Lower Galilee region of Israel. Our goal was to identify these factors and propose effective measures to safeguard the well-being of the wild almond population. The trees were classified into three age groups—young, mature, and elderly—based on discernible differences in stem diameter. The analysis revealed significant variations in both assessed and calculated health parameters among the different age groups. Notably, the health of elderly trees, as indicated by root color, the presence of fungal fruiting bodies and decay, was particularly serious. In light of these findings, recommendations and targeted interventions are discussed to preserve and enhance the overall vitality of the almond tree population in the specified region. Among the biotic factors, *Capnodis tenebrionis* exhibited the highest level of activity, while the presence of pathogenic microorganisms

was not observed. Elderly trees experienced severe cumulative activity of wood-boring beetles. At the same time, current wood borer activity was minimal across all age groups. Mature trees, subjected to pruning and spraying, demonstrated a slight improvement in their health unlike the elderly trees whose condition worsened on average, even after the aforementioned management treatment. The exacerbation of climatic conditions is evident, as anticipated, in the Tsipori area. Notably, there has been a drastic decrease in the average precipitation during the months of October and November over the last four years, accompanied by a significant rise in the average minimum temperature during these months. These changes point to an extension of the summer season, exerting a detrimental impact on the trees. It is noteworthy that, in some almond trees, particularly among the elderly, the root systems may have suffered irreversible damage. Conversely, in younger or mature trees where primary biotic threats have been temporarily alleviated, there is noticeable improvement in the overall tree condition. These findings offer valuable insights for developing strategies to restore trees in similar environments. Lessons learned from the situation in Tsipori could contribute to the efforts to deal with challenges in other locations experiencing comparable phenomena.

1 Moshav Tsipori

2 Israel Arboriculture Association, Mevaseret Tsiyon

3 Valley Agricultural Center, Migdal HaEmek

4 Department of Horticulture, Environmental Resources Division, Extension Service, Rishon LeTsiyon

5 Forest Health Unit, Forestry Department, KKL-JNF, Eshtaol

6 Plant Protection Institute, ARO, Volcani Center, Rishon LeTsiyon

* zmendel@volcani.agri.gov.il



FOREST

Journal of Forests
and Open Lands
Management

Issue No. 26 | June 2024

Editor:

Dr. Anat Madmony

Editorial Council:

Dr. Anat Madmony

Dr. Gilad Ostrovsky

Dr. Shani Rohatyn-Blitz

Editorial Board:

Dr. Oded Cohen

Dr. Rakefet David-Schwartz

Dr. Niv De-Malach

Aviv Eisenband

Avigail Heller

Asaf Karavani

Dr. Tamir Klein

Dr. Idan Kopler

Dr. Doron Markel

Prof. Zvi Mendel

Adi Noy Ivanir

Dr. Daniel E. Orenstein

Dr. Yagil Osem

Dr. Gilad Ostrovsky

Yahel Porat

Dr. Yakir Preisler

Uri Ramon

Dr. Shani Rohatyn-Blitz

Dr. Hila Segre

Prof. Efrat Sheffer

Dr. Orit Skutelsky

Dr. Michael Sprintsin

Prof. Dan Yakir

Copy and Substantive Editing:

Inbar Kimchi-Angert

English Text Editing:

Dr. Esther Lachman

Design and Graphics:

Orit Yeshayahu

Address:

"Yaar" Magazine

KKL-JNF

jaar.magazine@kkl.org.il

Publisher

Keren Kayemeth LeIsrael

Jewish National Fund

Land Development Authority

Chief Scientist

Publication Unit, Public Affairs

© Copyright

ISSN

2957-7403 (print)

2957-739X (internet)

Forest Journal Online access:

www.kkl.org.il/forest-online-journal

KKL-JNF

www.kkl.org.il

For more information

1-800-350-550

Front cover:

Kibbutz Be'eri, Anya Ligay

The picture was drawn as part of the "Wrapping Memory" project, an illustration project designed by the Department of Visual Communication at the Bezalel Academy of Arts and Design. The project aims to commemorate the beauty of the land surrounding Gaza before the catastrophic events that occurred on Saturday, October 7, 2023, in order to raise donations for the residents of the Gaza Envelope area who were hurt by the attack.

The project was initiated by Amit Trainin, Head of Illustration in the Department of Visual Communication at Bezalel. Lecturers, Bezalel alumni, and 4th year students from the department participated in the project which was done in collaboration with the WIX software company.



TABLE OF CONTENTS

On the Opening Page	3	■ In My Opinion	
Ifat Ovadia-Luski			
Editorial	4	Rehabilitating recreation infrastructure in the western Negev war zone – Are we moving too fast?	54
Gilad Ostrovsky		Zohar Zafon	
■ Original Articles		■ Talking with...	
From Moroccan roots to Mediterranean invasion: a lucky break for <i>Tetraclinis articulata</i>	5	From research to management – a talk with Moshe Shachak	56
Oded Cohen, Efrat Shefer, Aviv Guy, Gil Webber, Nitsan Bar-Shmuel, Tamir Avioz, Yagil Osem		Gilad Ostrovsky	
Almond tree populations in open areas and their restoration – Tsipori National Park as a case study	19	■ In Short	
Itai Gvirtzman, Michael Menis, Aslan Horesh, Shaul Ben Yehuda, Ronza Amara, Omer Golan, Zvi Mendel		The KKL-JNF "climate challenges" program: How to enhance water use efficiency in planting new forests and improve seedling survival	64
		Asaf Karavani, Moran Buganim-Gold	
■ Reviews		■ A Forest of Books	
Tree aging	29	Eucalyptus and Corymbia trees in gardens	67
Avigail Heller, Naama Luria Arbili, Joseph Riov		Eucalyptus, Corymbia, and Angophora in Israel	
		Aviv Eisenband	
■ From the Field		■ Then and Now	
Ecosystem services of riparian vegetation and opportunities to improve and restore them in Mediterranean streams	40	Rehabilitation of Nahal Tseida	70
Aviv Avisar, Dana Genosar, Liron Israeli, Uri Ramon, Felicia Orah Rein Moshe		Gil Siaki	
		Kibbutz Be'eri and Shokeda Forest	73
Determining the southwestern boundary of the Negev Region in Israel	47	Gil Siaki	
Gideon Biger		■ Know Your Trees	
		<i>Cordia myxa</i> in "Tel Ashkelon" National Park	74
		Hagay Yavlovich	
		■ English Abstracts	III



FOREST

Journal of Forests
and Open Lands
Management

Issue No. 26 | June 2024



100% green energy



*Inaya
Ligay*