

השמדת הצומח העצי בהיסטוריה היישובית של ארץ ישראל וסיכוייו של האלון המצוי להתבסס ולהיות לרכיב ראשי בחורש הים תיכוני

מבוא

הנוף ההררי בארץ ישראל חשוף בכללותו מעצים והוא דומה יותר לנוף ערבתי המאופיין בכסוי של בני שיח שגובהם בדרך כלל עד חצי מטר. הבירוא הבלתי פוסק של הצומח העצי במהלך ההיסטוריה ההתיישבותית של הארץ הותיר נופים חשופים מכוסים בבתות של עשבוניים ובני שיח נמוכים. רק עצי בר עתיקים, בעיקר עצי אלון מצוי הפזורים באזורי החר של ארץ ישראל, הם עדות לחורשים וליערות שכיסו בעבר את החבלים ההרריים של הארץ.

הצומח הטבעי בארץ סיפק לתושביה במשך אלפי שנים את הדרוש להם למחיה ולתעשייה. בגלל מיעוטו הובער כל חומר צמחי והושמדו החורשים והיערות הטבעיים שהיו נפוצים באזור ההררי הים תיכוני, חורש של אלון מצוי ואלה ארץ ישראלית על סלעי דולומיט וגיר קשה ויער אורן ירושלים על סלע של גיר רך (קרטון).

השימוש בצומח התבטא בארבעה מוקדים:

- הסקה, בנייה ותעשיית כלים
- פיתוח צמחי מרעה והכנת שטחים לחקלאות
- קרבות לכיבוש הארץ ומלחמות על אחזקת השטחים
- ענישה וזריעת חורבן

ממדי הצמח וסוגי ענפיו קבעו את אופן ההשמדה, ובשפה העברית התפתחו ביטויים שונים להסרת אברים שונים של הצמח: את הזרדים, הזלזלים והמחטים קוששו, והם שימשו בדרך כלל לצורכי בעירה בלבד. קנים קטלו וגם הם שימשו לבעירה. ענפים עבים יותר עד כדי עובי יד חטבו, והם שימשו להסקה. גזעים וענפים עבים כרתו, והם שימשו לבנייה ולתעשייה. כל הסוגים הושמדו גם לשם ענישה ולזריעת חורבן.

השמדת הצומח באה לידי ביטוי בכמה אופנים:

1. שריפה וכריתה
2. רעייה
3. תעשיות הכבשנים

שריפה וכריתה של עצים

שריפה וכריתה של עצים החלו במזרח הקרוב כבר לפני 8000 שנה והם קשורים לחברות ציידים ולקטים שחיו באזור ופיתחו את החקלאות (כסלו, 1989). בירוא היער והכנת שטחים לחקלאות החל לתת אותותיו בדילול הכיסוי העצי והתפתחות הצומח העשבוני באלף השני לפני הספירה (ברוך, 1987). עדויות פלינולוגיות מעידות כי באלף השני חלה ירידה דרסטית בשכיחות היחסית של גרגרי אבקה של אלונים, המייצגים את היער, ובמקביל חלה עלייה בשכיחות גרגרי אבקה של עשבי בר, המייצגים ביות צמחים ובעלי חיים. אפשר לקשור את העדויות הפלינולוגיות לעדויות הארכאולוגיות וההיסטוריות של ראשית ההתיישבות באזור ההר. אהרוני (1962) וכוכבי (1972) מייחסים את ראשית ההרס להתנחלות בני ישראל לקראת סוף האלף השני לפני הספירה. התהליך נמשך ביתר אינטנסיביות לאורך ההיסטוריה היישובית של ארץ ישראל כמעט עד ימינו אלה, ונפסק רק ב-1920 עם כינון הממשל המנדטורי.

בגלל קרבתם של הרי יהודה וירושלים לנגב ולערבה הם שימשו מקור אספקה של עץ גם ליושבי המדבריות. הדבר גרם לכריתה פרועה ובלתי שקולה של העצים לצורכי הסקה ובניין גם בידי נוודי המדבר. הקרבה הביוגאוגרפית של החורש היס תיכוני לשטחי ערבה ומדבר הגבירה את השפעתם של הגורמים האקלימיים הקיצוניים והקשתה במיוחד על התאוששות העצים. את מקום העצים תפסה הסירה הקוצנית, והיא התפשטה מבתות הספר היס תיכוניות אל חבלי ההר ובמיוחד להרי יהודה ושומרון. מכיוון שארץ ישראל היא ארץ מעבר בין יבשות, גבר תהליך השריפה והכריתה של עצים בעתות מלחמה ובזמן מעבר של גייסות צבא (ליפשיץ, 1987).

רעיית יתר עקב ביות בעלי חיים

ביות בעלי חיים הכניס שינוי בהרכב הדמוגרפי של היונקים שהסתובבו בחורש. את מקומם של היחמורים והאיילים אוכלי הענפים תפס הצאן המטפס ואוכל את אמירי הצמיחה. הצאן הפך את עצי החורש והיער לכר שיחני, ואליו פלשו שיחים ובני שיח קוצניים. לפי צ'רנוב (1983) נעלמו אחרוני האיילים והיחמורים במהלך המאות האחרונות, ובמקומם התרבו הצאן והבקר והחישו את תהליך התפתחותו של החורש השיחני.

הקרבה בין מזרע וישימון הפר עוד יותר את שיווי המשקל האקולוגי של הצומח הטבעי. ריבוי עדרי הבקר הנוודים מאזורי הישימון, בעיקר בשנות בצורת, כילה את העצים ברעיית יתר. את מקומם של עצי החורש תפסו שיחי קידה ולוטם ויצרו סבך עם הסירה הקוצנית. בשל התפשטות שיחים אלו וגם בשל שרפות דוכאה לחלוטין התחדשות העצים.

תעשיות הכבשנים

תעשיות הכבשנים כללו את התחומים האלה: ייצור סיד, שרפת כלי חרס, התכת זכוכית ותעשיית מתכות.

תעשיית הסיד

יצירת סיד מאבן גיר לדיפון בורות לאגירת מים ולטיוח בתים, הצריכה בעירה רציפה יומם ולילה במשך שבוע בטמפרטורה של אלפי מעלות בכבשן. רק בתנאי בעירה כאלו עברו אבני הגיר שינוי כימי והתקבל סיד חי (תחמוצת הסידן). על הסיד החי היו שופכים מים לקבלת סיד כבוי לשימושו השונים. לבעירה לא הספיק צומח העץ והשתמשו גם בצומח השיחני של סירה קוצנית. כמות הדלק הנחוצה לכבשן נמדדה על פי מספר החבילות הכבושות של שיחי הסירה: לבור קטן נדרשו כ-700-1,000 כבישות ולבור גדול כ-3,000 כבישות (אביצור, 1976).

קשה לדעת מתי התחילה בארצנו תעשיית הכבשנים לדיפון הבורות למניעת חלחול של מים. עוד בתקופת הברונזה הקדומה (2650-2200 לפנה"ס) נחצבו בורות לאגירת מים, ונשאלת השאלה אם היו מדופנים בטיח (אביצור, 1976). רק בעזרת כלי ברזל היה אפשר לחצוב באבן הגיר להפקת סיד, וכלים כאלה החלו להיות נפוצים בתקופת הברזל הראשונה, תקופת ההתנחלות (1200-1150 לפנה"ס) ולאחריה. עדויות לשימוש בסיד מוצאים במקרא בפרשת כי תבוא: "והיה ביום אשר תעברו את הירדן אל הארץ אשר ה' אלהיך נתן לך והקמת לך אבנים גדלות ושדת אתם בשיד" (דברים כז 2). ראוי לציין שבעזרת טכנולוגיה זו היה אפשר ליישב אזורים צחיחים, שאין בהם מעיינות ופלגי מים, וכך גברה השמדת הצומח גם באזורי ספר המדבר.

שרפת כלי חרס

תהליך זה דורש טמפרטורות של מאות מעלות עד אלף מעלות צלסיוס, אך זמן השרפה הוא שעות אחדות. תחילה נעשתה השרפה במדורות ובבורות, ולאחר מכן בכבשני יוצרים מיוחדים, ובהם היה אפשר להגיע לטמפרטורה אחידה ולמידות חום גבוהות. כבשני צריפה התגלו בלכיש, בתל קסילה, בבית שאן ובמקומות אחרים (אביצור, 1976).

תעשיית הזכוכית

גם תעשייה זו החלה כנראה במזרח הקדום בתקופת הברונזה הקדומה, כאשר בתקופת הברונזה המאוחרת (1550-1200 לפנה"ס) הגיע ייצור הזכוכית לשיאו במצרים. גם ייצור הזכוכית דורש טמפרטורות של אלף ומאה מעלות צלסיוס להתכתה לעיצוב הכלי. כבשני הזכוכית היו מוסקים בעצים ובשיחי סירה (אביצור, 1976).

תעשיית המתכת

השימוש במתכת החל בעיבוד קר של נחושת. בשלב זה כרו גושים המכילים נחושת נקייה, שאינה מעורבת בעפרה, ויצקו מהם כלים. השמדת צומח להתכת מתכות החלה עוד בתקופה הכלכליתית (4600 לפני הספירה בערך), והתגברה בשלב השני של יצירת כלי נחושת, כנראה בתקופת הברונזה הקדומה (אביצור, 1976). את המתכת הפיקו מעפרה שהמיסו לנוזל בחום של יותר מאלף מעלות צלסיוס (לפחות 1,083 מעלות). את הנוזל יצקו לתבניות אבן ליצירת הכלים. לצורך ההתכה הכניסו את המתכת למוקדי אש על גחלים והגבירו את הטמפרטורה שלהם על ידי הפחת אוויר מתמדת מתוך שפופרת נשיפה ומאוחר יותר בעזרת מפוחים. מוקדים אלו גם הם דלקו ימים רצופים וגרמו לכריתה מסיבית של גזעי עצים לאספקת הגחלים.

בירוא העצים התגבר עם חדירת השימוש בברזל בתעשיית המתכת. הברזל החליף את הנחושת והברונזה, והם נשארו בשימוש בתעשייה הזעירה של כלי בית וכן של כלי קודש שלעשייתם חל איסור על השימוש בכלי ברזל (דברים כ"ז 5, מלכים א' ו' 7). הפקתן של הנחושת והברונזה הייתה זולה יותר, בין השאר משום שלשם כך דרוש צומח עצי בנפח קטן מזה הנחוץ לייצור של כלי ברזל. ראוי לציין שבתקופה הרומית-ביזנטית יש רמזים שתעשיית הברזל התרכזה בצפון הארץ, בכרמל, בגליל ובלבנון, תבלים השייכים לאזורים הגשומים יותר של הארץ (כמות המשקעים השנתית הממוצעת עולה על 600 מ"מ) שבהם כיסוי צפוף של צומח עצי (רבינוביץ, 1979, 1986). הרי יהודה ושומרון הם אזורים ביוגאוגרפיים יבשים יותר באקוסיסטמה² הם תיכונית, וכסות הצומח העצי שם לא הייתה מספקת לתעשיית הברזל. להתכת הברזל ולהפרדתו מהבצר דרוש חום של 1,530 מעלות צלסיוס (לעומת 1,083 מעלות להתכת נחושת), והן נעשו בשני שלבים (אביצור, 1976). בשלב הראשון הבעירו אש בתנורים פתוחים, ועליהם הניחו גזי עץ גדולים (באורך שבין 75 ס"מ למטר אחד בערך) לבעירת בצרי הברזל שהיו נתונים במצעים ("קופות") עשויים מעלי דקל. בשלב השני העבירו את הברזל הנקי עם שאריות פחם לתנור אחר, קטן יותר, לבעירה בתוך גחלים. בתנור הזה ליבו את האש בעזרת מפוחים לטמפרטורות של מעל 1,500 מעלות צלסיוס. את הברזל הלוהט חישלו לגושים קטנים ליצירת הכלים (אביצור, 1976). ראוי לציין שהמחסור בעץ היה אחת המגבלות הגדולות בהפקת הברזל בעיקר בתחומי הכרמל והגליל, היות שהיו מיוערים הרבה יותר מהרי יהודה. מהתקופה הביזנטית התרכזה רוב ההפקה בדרום לבנון, באזור דיר אל קמר (אביצור, 1976; בן אריה, 1979) עד שהופסקה במאה ה-19, עת החלו לייבא ברזל מאירופה.

2 המערכת האקולוגית של שטח נתון הכוללת את כל האורגניזמים שבאותו שטח ואת גורמי בית הגידול שבו.

תעשיית הפחם

הפגיעה הקשה ביותר בצומח העצי הייתה לפני כמאה שנים עם ניצול הפחם לתפעולה של הרכבת התורכית משנת 1892 (הראל, 1997). בעקבות הקמת הקו יפו-ירושלים החל השלטון התורכי לתכנן רשת מסילות ברזל: דרומה לעזה ולקהיר, צפונה לגנין ולשכם עד המסילה החיגי'אזית. התכנון לא יצא אל הפועל, להוציא את קטע המסילה שהסתעף מן המסילה החיגי'אזית מאדרעי לצמח ולחיפה (הראל, 1997). אחד הקשיים היה בהשגת חומרי דלק להסקת הדוד וליצירת הקיטור. לצורך התפעול היה דרוש פחם או עץ מיובש היטב, וזה חייב כמות עץ גדולה פי ארבעה מהכמות שנדרשה לתעשיית פחמים לכל חרושת אחרת. מצבורי עץ עצומים רוכזו לאורך תוואי המסילה במרחקים קצרים. להפעלה תקינה של הקטרים היה צורך גם באספקה מתמדת של מים לשם יצירת הקיטור להנעה ולשם צינון הדוד. שרידי מתקנים לתעשיית הפחם מפוזרים בכל חלקי הארץ ובעיקר בגליל, שהיה מיוער יותר משדרת ההר המרכזי.

הרקע ההיסטורי שימש אפוא גורם חשוב במערכת האקולוגית של הנוף ההררי בארץ והביא לדילול צומח העץ ולחשיפת האזור לדרגות שונות של צומח שיחני נמוך. גם צומח זה היה נתון ללחץ רעייה חזק, ולכן הצטמצמה תפוצתם של מינים אכילים ונוצר כיסוי נרחב של מינים עמידים בפני רעייה. דיכוי חזק זה חשף את האזור לשליטה כמעט בלעדית של סירה קוצנית ומגוון מינים מצומצם העמיד בפני הבקר והצאן. ההרים הטרשיים החשופים תוארו ביומני מסעותיהם של נוסעים וחוקרים. רובם מדגישים שרב השטח חשוף, בלא צמחייה וירק, כולו טרשי, חסר אדמה ומכוסה כמויות גדולות של אבנים (יערי, תש"ו, לונץ, תרנ"א; תרנ"ז).

הרס הצומח נפסק במחצית הראשונה של המאה ה-20, עם הכיבוש הבריטי. לאחר אלפי שנות השמד הייתה תקופה זו הראשונה שבה שוקם הנוף השיחני והעצי (ליפשיץ וביגר, 2000).

על אף הפעולות הנרחבות לשיקום הצומח שנעשו בתקופת השלטון המנדטורי ועם קום מדינת ישראל נותרו הרי הארץ חשופים לתהליכים אטיים ביותר של התחדשות החורש (תהליך המכונה סוקצסיה).

תהליך הסוקצסיה

אחד התהליכים הבסיסיים החשובים בהתחדשות החורש הם תיכוני ובמערכות אקולוגיות בכלל הוא תהליך הסוקצסיה. בשם זה מכנה גריים (Grime, 1979) את התמורות החלות בצומח עקב התחלפות חברות הצמחים בחבל ארץ מסוים במרוצת הזמן. מבחינים בין סוקצסיה ראשונית לבין סוקצסיה משנית. בסוקצסיה הראשונית מתחיל הצומח להתפתח באזור חדש אשר לא היה מאוכלס בצמחים קודם לכן. בסוקצסיה המשנית ממשיך הצומח להתפתח באזור שכבר היה מאוכלס קודם

לכן בצומח, אלא שצומח זה הושמד (למשל: השמדת הצומח במהלך ההיסטוריה של ארץ ישראל בידי האדם). כאן אין הטור הסוקצסיוני מתחיל מראשיתו אלא מצומח כלשהו המצוי בשטח. הסוקצסיה המשנית נפוצה בטבע הרבה יותר מן הסוקצסיה הראשונית.

חברות הצמחים המתחלפות נקראות "טור סוקצסיוני". טור שלם מתחיל בחברת חלוץ ומסתיים בחברה סופית. מהירות ההתחלפות אינה שווה בכל המקרים. על פי רוב היא מדורגת ואטית, והשינויים אינם מקריים. בתוך תחומי אקלים וקרע מסוימים מתרחשים השינויים מתוך חוקיות וסדר, כך שבמקרים רבים אפשר לנבא את השלבים הסמוכים של הטור הסוקצסיוני לכל בית גידול.

על פי זוהרי (Zohary, 1962) אפשר למצוא את שלבי הסוקצסיה המשנית המוליכים אל חברות השיא³ בחלקות שדה נטושות בהרים של ארץ ישראל.

השלב הראשון הוא שלב העשבונים, שבו חודרים לשדה עשבים חד שנתיים ורב שנתיים. בשלב הבא כובשת חברת הבתה⁴ של הסירה הקוצנית את השטח. את חברת הבתה כובשים לאט לאט צמחי גריגה⁵. בתוך הגריגה צומחים בהדרגה מיני העצים של חורש האלון המצוי והאלה הארץ ישראלית עד לשיווי משקל עם הסביבה.

עד שנות השבעים של המאה העשרים שלטה התפיסה שבמהלך הסוקצסיה משפרות חברות חלוץ את תנאי בית הגידול ועל ידי כך מאפשרות התבססות של חברות שיא (Zohary, 1962; דנין, 1980). ההתקדמות העיקרית במחקר של תהליכי סוקצסיה הייתה ההכרה שאפשר לקבל באותו אזור אקלימי טיפוסי חברות שיא שונות בהתאם לתכונות האקולוגיות של הסביבה, ושהפרעה היא גורם מרכזי בדינמיקה של תהליכי הסוקצסיה (גם בחברות שיא). בסוף שנות השבעים הוצעו שלושה מודלים (המאפשרים להסביר את התהליכים של מעבר מחברות חלוץ לחברות שיא (Connel & Slater, 1977):

1. **מודל ההטבה** מניח שחברות חלוץ משפרות את סיכויי התבססותן של חברות שיא.
2. **מודל העמידות** מניח שלחברות חלוץ אין כל השפעה על סיכויי ההתבססות של חברות שיא.
3. **מודל העיכוב** מניח שחברות חלוץ מעכבות את ההתבססות של חברות שיא.

אף על פי שתהליכי סוקצסיה לאחר ההרס הבלתי פוסק של החורש והיער במשך אלפי שנים הם אחד הגורמים החשובים ביותר בקביעת נופי הצומח של החורש

3 חברות צומח ששורר בהן שיווי משקל דינמי בין רכיבי החברה לבין סביבתם.

4 תצורת צומח שבה בני שיח ושיחים נמוכים שצורתם כר צפוף.

5 תצורת צומח ים תיכוני ששולטים בה מיני קידה ולוטם.

הים תיכוני בישראל, מספר העבודות שחקרו תהליכים אלו בארץ מועט ביותר, ורובן לא נעשו בהקשר לשלושת המודלים שהוזכרו לעיל. העבודה החשובה שנעשתה בנושא זה היא עבודת הדוקטורט של יצחק חריף (1974). עבודה זו התמקדה בהשפעות של גורמים טופוגרפיים, ליתולוגיים⁶ ואדפטיביים על נביטה והתבססות של רכיבי חורש המייצגים שלבים שונים בסוקצסיה. תוצאותיה הראו שלגורמים כאלו יכולה להיות השפעה רבה על נביטה והתבססות של מיני עצים המאפיינים שלבים נוסף של חריף הוא שיכולת הצמיחה והשיקום של מיני עצים המאפיינים שלבים מאוחרים בסוקצסיה המשנית נמוכה בנוכחות צמחים עשבוניים חד שנתיים, והיא עולה בנוכחות בני שיח ושיחים. תוצאות אלו מראות שאי אפשר להסביר את תהליכי הסוקצסיה המשנית בחורש ים תיכוני באמצעות מודל הטבה פשוט. יתר על כן, מעבודות שבוצעו במקומות אחרים בעולם (De Steven, 1991) עולה ששיחים יכולים להשפיע באופן חיובי על התבססותם של עצים באמצעות מגוון מנגנונים כמו הצלה, שיפור מאזן המים או הנוטריינטים בקרקע והגנה על הנבטים מפני רעייה.

הבחנה בין המודלים הללו הובילה למחקר ניסויי זה, אשר הביא בחשבון את התופעה שרצף סוקצסיה טיפוסי בחורש הים תיכוני כולל יותר משני שלבים, ואפשר לצפות לקיומם של טיפוסי מודלים שונים באותו רצף.

תיאור המחקר

למחקר נבחר אלון מצוי (*Quercus calliprinos*) שהיה העץ הנפוץ בחורש גם על פי המקורות וגם לפי סקר העצים הקשישים שנערך באזור ההר המרכזי (ליפשיץ, 1987).

אלון מצוי הוא אחד המינים הנפוצים באגן הים התיכון המזרחי, והוא משמש מין מוביל של חברות חורש ויער בתורכיה, בסוריה, בלבנון, בירדן, בישראל ובבלקן (Zohary, 1962). במערב הים התיכון נפוץ אלון העופצים (*Quercus pubescens*), הדומה לאלון מצוי בתכונותיו המורפולוגיות האקולוגיות. תפוצתו הרחבה של האלון המצוי יוחסה למגוון רחב של גורמים אקלימיים ואדפטיים⁷ (Zohary, 1960; 1962; 1982; Danin, 1988). כיום האזורים הפוטנציאליים לתפוצתו של אלון מצוי הם פסיפס של כתמים המכוסים בצומח ששרד לאחר תהליכי ההרס והחל להתבסס מהתקופה הבריטית לאחר הפרעות של רעייה, שרפה וכריתה. כאמור, תהליכי ההתבססות וההתחדשות האלה מכונים "סוקצסיה" (Zohary, 1962; Danin, 1988).

6 גורמים הקשורים בסוג הסלע.

7 גורמי מסלע וקרקע.

מטרות המחקר

1. לבדוק את ההשפעה של סוקצסיה משנית על נביטה והתבססות של אלון מצוי
2. לבדוק כיצד עשויה התנהגות הנבטים לאחר הנביטה לשנות את התפוצה הדמוגרפית של תצורות הצומח המתפתחות בשלושה שלבים של סוקצסיה משנית של החורש:

א. **שלב סוקצסיה ראשוני** - בשטחים פתוחים שבשליטת צמחים עשבוניים חד שנתיים (Gaps) הנובטים בחורף ומתייבשים לקראת סוף האביב.

ב. **שלב ביניים** - תחת בני שיח של סירה קוצנית (*Sarcopoterium spinosum*), שלב השולט כיום ברוב אזורי החורש, וממנו קשה לעצים להתאושש ולהשתקם.

ג. **שלב סוקצסיה מתקדם** - תחת חופה של עצי אלון (*Quercus calliprinos*).

שיטות המחקר

המחקר נערך ליד מושב אבן ספיר, כ-5 קילומטרים ממערב לירושלים (31°45' מזרח, 10°35' צפון), על טרסות חקלאיות קדומות שנבנו במהלך ההיסטוריה של ההתיישבות בהר. ממוצע הגשמים השנתי באזור המחקר הוא 500 מילימטר, בין החודשים אוקטובר ומאי (Rosenan, 1970). התשתית הגאולוגית באזור בנויה מאבן גיר קשה וקרקע טרה רוסה (Dan et al., 1978).

באזור המחקר שלושה סוגים עיקריים של טיפוסי צומח:

1. קצות טרסות ששולטים בהן עצי אלון מצוי בוגרים. גובהם של העצים 3-4 מטרים, והם בעלי כמה גזעים המשתלבים במבנה קיר המדרגות.
2. חלקות בני שיח המאופיינות בסירה קוצנית.
3. שטחים חשופים ששולטת בהם צמחיה חד שנתיית הנובטת בחורף ומתייבשת לקראת סוף האביב.

בלוטי עץ האלון נאספו לזריעה מעצים סמוכים לשטח המחקר בזמן הבשלתם ולפני הפצתם (בסביבות סוף נובמבר).

במעקב שנערך אחר נביטת הזרעים בשטחי המחקר נספרו הנבטים בכל שבועיים מדצמבר 1994 עד מאי 1995. השתילים הנותרים נקצרו ונמדדו בהם הפרמטרים האלה גובה הצמח, מספר עלים וביומסה⁸.

עיבוד הנתונים של דגימות השדה נעשה בתכנות לעיבוד ולהצגה של נתונים סטטיסטיים (SPSS ו-EXCEL).

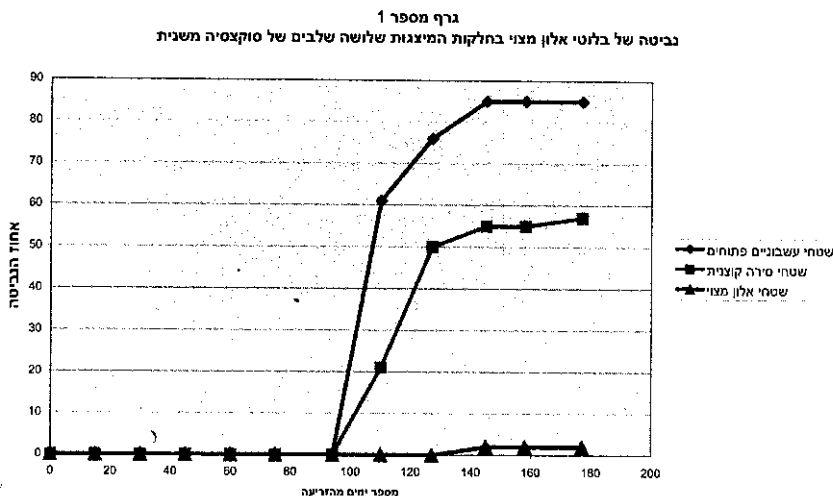
8 המשקל היבש של הצמח לאחר שיובשו המים מתאיר, פרמטר המבטא את גדילתו והתפתחותו של הנבט.

תוצאות הניסויים

תוצאות הניסויים סוכמו על פי הנושאים הבאים: נביטה, התפתחות הנבטים, הישרדות הנבטים והצלחת ההתבססות.

נביטה

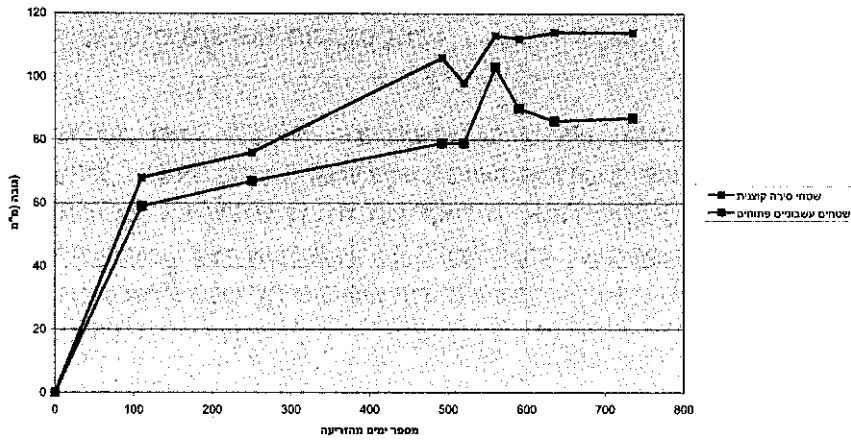
אחוז הנביטה הגיע ל-48%. רוב השתילים (99%) נבטו באביב, בחודשים מרס ואפריל, והשאר נבטו בחודש מאי. נביטת הבלוטים הושפעה מאוד מכסות הצומח המייצג את שלוש דרגות הסוקצסיה: אחוזי הנביטה הנמוכים ביותר היו מתחת לחופת עצי אלון מצוי: 2% (ראה גרף 1). בשטחים בשליטת סירה קוצנית הגיע אחוז הנביטה ל-54%. הנביטה הרבה ביותר, 85%, הייתה בשטחי החד שנתיים.



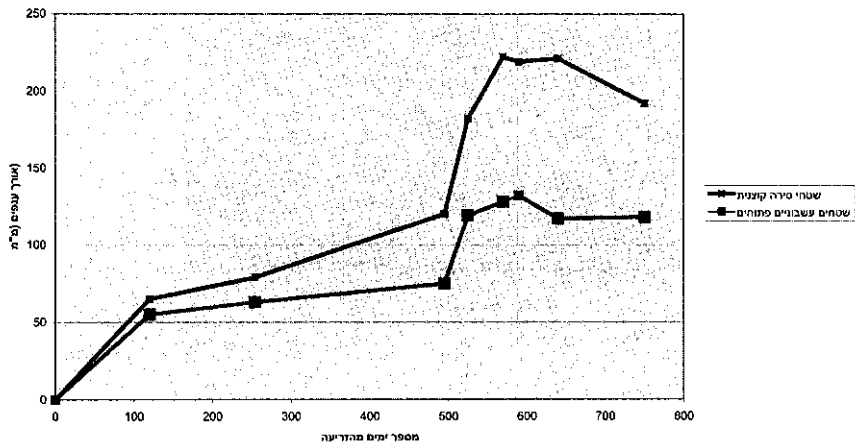
ב. צמיחת הנבטים והתפתחותם במהלך שתי שנות חייהם הראשונות בסוף שלב הנביטה נקצרו נבטים של אלון מצוי בחלקות של חד שנתיים ובחלקות הסירה הקוצנית. לא נקצרו שתילים מתחת לחופת עצי אלון מצוי משום מספרם הקטן.

לא נמצא הבדל מובהק בגובה השתילים בין אלה שנבטו בשטחי החד שנתיים לאלה שנבטו בשטחי הסירה הקוצנית. בשנה הראשונה השתילים שהופיעו בשטחי החד שנתיים היו בעלי יותר עלים והביומסה שלהם הייתה גדולה מזו של נבטים שהופיעו מתחת לסירה קוצנית. בשנה השנייה חל היפוך: הנבטים שגדלו בסירה הקוצנית היו באופן עקבי גבוהים יותר וענפיהם ארוכים יותר, עם מספר עלים גדול (ראה גרף 2, גרף 3). לפי תוצאות הניסוי השנה הראשונה היא תקופה קריטית לחיים או למוות של הנבטים, ובשנה השנייה התמותה קטנה.

גרף מספר 2
התפתחות נבטי אלון מצוי בשטחי עשבוניים ובשטחי סירה קוצנית-גובה הצמחים



גרף מספר 3
התפתחות נבטי אלון מצוי בשטחים פתוחים ובשטחי סירה קוצנית-אורך ענפים

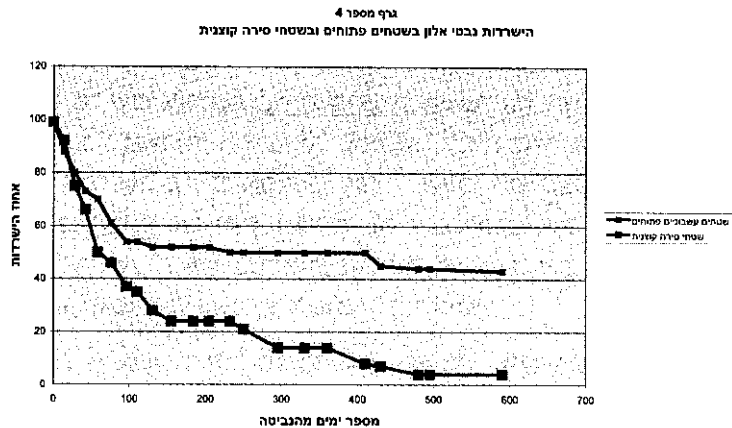


ג. הישרדות הנבטים

הישרדות הנבטים נמדדה מסיום הנביטה. עד מועד זה נבטו 99% מהנבטים, ומאז החל תהליך ההתייבשות והתמותה. מאחר שרק שישה נבטים התגלו בחלקות שמתחת לחופת עצי אלון מצוי, סוג זה של תצורת צומח הוצא מתוך אבחון הישרדות הנבטים.

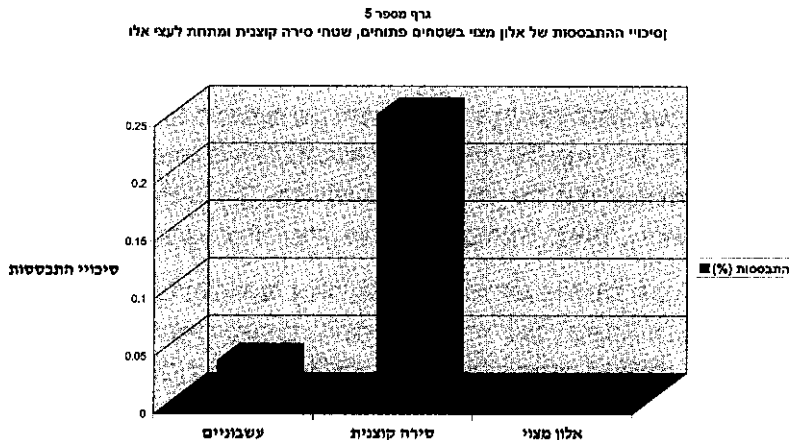
התוצאות שהושגו לאחר כמעט שנתיים הראו שהישרדות נבטי אלון מצוי הייתה באופן עקבי גבוהה בחלקות של סירה קוצנית מבחלקות החד שנתיים. בשני

טיפוסי הצומח הייתה רוב התמותה במשך הקיץ הראשון, בחודשים מאי עד אוגוסט. לאחר הקיץ הייתה עוד תמותה מעטה של נבטי אלון מצוי בחלקות של סירה קוצנית (ראה גרף 4). קצב תמותת הנבטים היה פחות או יותר קבוע לאורך כל הניסוי. בסוף הקיץ השני שרדו 4% בתצורת הצומח של החד שנתיים לעומת 43% בתצורת הצומח של סירה קוצנית. מתוך ששת הנבטים שנבטו בשטחים שממוקמים מתחת עצי אלון מצוי עדיין היו ארבעה נבטים (שהם 67% חיים בסוף הניסוי).



ד. התבססות

רמת ההתבססות של נבטי האלון הייתה גבוהה ביותר בחלקות ששולטת בהן סירה קוצנית, בינונית בשטחים פתוחים של חד שנתיים ונמוכה ביותר בשטחים שמתחת לחופת עצי אלון בוגרים (ראה גרף 5). הערך המתקבל לנבטי אלון מתחת לחופת העצים צריך להילקח מעט בזיהירות בשל המספר המועט של הנבטים שהתגלו בסוג חלקה זה.



דין

המחקר המוצג במאמר זה העמיק את הבנת הדינמיקה הטבעית של הצומח הים תיכוני והקשר החזק הקיים בין דרגות ההרס, משך זמנו והתבססות העצים.

תוצאות מחקר זה מראות כי סיכויי ההתבססות של אלון מצוי בחורש מושפעים משלבי הסוקצסיה המשנית ותלויים בכסות הצומח הקיים, ששרד לאחר תהליכי ההרס במהלך ההיסטוריה היישובית של ארץ ישראל. חלקות צמחייה ששולטת בהן סירה קוצנית, המייצגת שלב ביניים בסוקצסיה משנית, סיפקו תנאים טובים יותר להתבססות האלון לעומת שטחים פתוחים ולעומת שטחים שמתחת לחופת עצי אלון מצוי בוגרים. תוצאות אלה מאשרות את ההיפותזה של זוהרי (Zohary, 1962) ששלב הבתה שבו שולטת סירה קוצנית משפר את הסיכויים להתבססותו של האלון. כמו כן מאשרות התוצאות שאפשר לנבא סיכויים להתבססותו של אלון מצוי, ואולי גם של מינים אחרים, על פי שלבי הסוקצסיה של החורש הים תיכוני כיום. ניבוי מעין זה ייתן תמונה על המהלכים ועל משכי הזמן שבהם ישתנה הנוף ההררי של הארץ במרוצת הדורות הבאים, אם תימשך המגמה של שמירת הטבע ושיקומו הקיימת מהתקופה הבריטית.

ממחקר זה עולה לראשונה הבחנה משמעותית בין שני שלבים של התבססות: השלב הראשון בראשית האביב, והשלב הסופי עם תחילת הקיץ. במשך החודש הראשון לאחר הנביטה הייתה הצמיחה מהירה יותר בשטחים שהיו מאוכלסים בחד שנתיים, ואילו במהלך הקיץ התפתחה מגמה הפוכה של צמיחה מהירה תחת שיחי הסירה הקוצנית (ראה גרף 2, גרף 3). התוצאות הללו מעניינות, משום שהן סותרות את ההשערה המקובלת שגודל התחלתי של נבט חשוב להתבססותו ולהישרדותו בשלב הראשוני לצמיחתו (Harper, 1977). התוצאות מראות ששלב הסוקצסיה שבו נבטו השתילים הוא גורם חשוב לנביטה והתבססות.

הטווח הרחב של אחוזי הנביטה שנצפו במחקר זה (2% מתחת לחופת עצי אלון מצוי, 85% בשטחים פתוחים) מראה ששלב הנביטה יכול לשמש מסנן משמעותי בהתבססות של אלון מצוי בחורש הים תיכוני.

תוצאות המבטאות הבדלים משמעותיים בטווחי הנביטה והתבססות של מיני עצים שעברו תהליכי הרס נצפו בשלבי סוקצסיה מוקדמת של אזורי יער ממוזג נשיר בצפון קרולינה (De Steven, 1991), בחורשים ממוזגים של עצי Carpinus & Shibata (Nakashizuka, 1995) ובשני מיני אלון נשיר בקליפורניה (Galloway, 1992).

התוצאות במחקר מציעות שאף אחד מסוגי השטחים בדרגות הביניים בסוקצסיה המשנית אינו מציע תנאים טובים להתבססות אלון מצוי. ממצא זה, עם ההסתברות הגבוהה של הישרדות הנבטים בשטחי הבתה של הסירה קוצנית, מציע ששטחים אלו עשויים לשמש נישת התחדשות חשובה לאלון מצוי בשלבי ההתבססות

הראשונים. אזורים נרחבים של חורש ים תיכוני מכילים פסיפס שטחים דומה לשטחים שבדקנו במחקרנו, ולפיכך נראה כי הזמינות של שטחים בשליטת סירה קוצנית היא גורם חשוב להתחדשות של אלון מצוי.

על פי נתוני המחקר הנוכחי אי אפשר לזהות את הגורמים להבדלים שנמצאו בנביטה ובהשרדות של אלון מצוי בין טיפוסי הצומח השונים. מתוצאות שהתקבלו במחקרים על שני סוגי אלונים המאכלסים חורשים באגן הים התיכון המערבי (*Q. pubescens* ו-*Q. ilex*) נראה שהפרעה ביחסי הגומלין בין העץ לנבטיו מגבילה את התפתחות הנבטים מתחת לעצים. תופעה זו מכונה "אלולופטיה", דחייה הדדית. זהו מונח מהשפה היוונית המורכב משתי מילים: "אללו" שפירושה "זה את זה" ו"פאטוס" שפירושה "כאב". תופעת האלולופטיה עשויה להיות חשובה בהתבססות הנבטים מתחת לחופות עצי אלון בוגרים (Bran et al., 1990).

גורם מעין זה יכול להסביר את העובדה שהופעת נבטים מתחת לעצי אלון מצוי הייתה נמוכה הרבה יותר מבשטחים פתוחים של עשבוניים או בשטחי סירה קוצנית (ראה גרף 1). על פי מחקר זה שטחי הבתה של הסירה הקוצנית, הדומיננטיים בנוף ההררי בעקבות חורבן של אלפי שנות השמד, מבטיחים את הסיכויים הטובים ביותר להשתקמות עצי האלון ואתם עצי חורש אחרים.

עם זאת אפשר לחשוב על הסברים נוספים למגמות שהשפיעו על תוצאות הניסוי, כמו תחרות על משאבי קרקע, כיסוי נשר עלים (Facelli & Pickett, 1991) או אכילה של הנבטים (Borchert et al., 1989). ניסויים נוספים נדרשים כדי לזהות את היחסים הסיבתיים בין הדגם הניסויי שנצפה במחקר ובין המשתנים ההיסטוריים האקולוגיים בנוף.

מחקר זה העמיק את הבנתנו באשר לדינמיקה הטבעית של החורש הים תיכוני ולקשר החזק בין דרגות ההרס ומשך זמנו, דרגות הסוקצסיה המשנית הקיימות בחורש והתבססות עצי האלון המצוי, שיובילו להתבססות חברות הקלימקס ולשיקום החורש והיער.

לתוצאות המחקר הנוכחי יכולות להיות השלכות בהשקעת המשאבים בשיקום חורשים של אלון מצוי, בהתחשבות בפסיפס הסוקצסיה המשנית הקיים היום בחורש. שתילים שיישתלו בתוך סירה קוצנית הם בעלי סיכויים גדולים יותר להתבססות ולהשרדות משתילים שיישתלו בשטחים עם כסות של חד שנתיים או מתחת לעצים. אפשר אפוא להגביר סיכויי התבססות של שתילי אלון מצוי על ידי שתילה בתוך שיחי סירה קוצנית.

ביבליוגרפיה

- אביצור, שי (1976), אדם ועמלו, אטלס לתולדות כלי עבודה ומתקני יצור בא"י, כרטא החברה הישראלית למפות ולהוצאה לאור בע"מ והחברה לחקירת א"י ועתיקותיה.
- אהרוני, יי (1962), ארץ ישראל בתקופת המקרא, גיאוגרפיה היסטורית, הוצאת מוסד ביאליק ירושלים.
- בן-אריה, יי (1979), עיר בראי תקופה, ירושלים החדשה בראשיתה, הוצאת יד יצחק בן צבי, ירושלים.
- ברוך, אי (1987), "עדות פלינולוגית להשפעת האדם על הצומח באזור הכנרת ב-4000 השנים האחרונות", רתם, 22, עמ' 18-20.
- דנין, אי (1980), "חילופי חברות צמחים בשדות ובמטעים נטושים בהרי יהודה", טבע וארץ, כ"ב / 2, עמ' 69-72.
- הראל, מ' (1997), הגיאוגרפיה ההיסטורית של ארץ - ישראל, זמורה ביתן, מוציאם לאור, תל אביב.
- חריף, יי (1974), "התפתחות מרכיבי הגריגה והחורש הראשיים בשנתם הראשונה וחשיבותה בקרב הטורים הסוקציונים בהרי יהודה", עבודת דוקטורט, המחלקה לבוטניקה האוניברסיטה העברית ירושלים.
- יערי, אי (תש"ו), מסעות א"י של עולים יהודים מימי הביניים ועד ראשית ימי שיבת ציון, המחלקה לענייני הנוער של ההסתדרות הציונית, תל אביב, "גזית".
- כוכבי, מ' (1972), יהודה, שומרון וגולן: סקר ארכיאולוגי בשנת תשכ"ח, האגודה לסקר ארכיאולוגי של ישראל, ירושלים, כרטא.
- כסלו, מ' (1989), "החקלאות במזרח הקרוב באלף השמיני לפסה"נ", רתם, 29, עמ' 70-81.
- לונץ, א. "מ. (תרנ"א), מורה דרך בא"י וסוריה. , בדפוס ובהוצאת המחבר, ירושלים.
- לונץ, א. "מ. (תרנ"ז), ספר כפתור ופרח להרב אשתורי הפרחי. , בדפוס ובהוצאת המו"ל, ירושלים.
- ליפשיץ, ני (1987), "נופי הצומח ותנאי האקלים ביהודה ושומרון בעת העתיקה", רתם, 22, עמ' 21-26.

ליפשיץ, נ' וביגר, ג' (2000), נלבישך שלמת ירק. היעור בארץ-ישראל מאה שנים ראשונות 1850-1950, קרן קיימת לישראל, ירושלים, אריאל.

ליפשיץ, נ' וויזל, י' (1973), "השפעת האדם על הרכב הצומח היישובי בתקופות היסטוריות", ליערן, כ"ד, עמ' 9-15.

צ'רנוב, א' (1983), "קיום לתולדות החי והנוף בכרמל", טבע וארץ, כ"ה / 3, עמ' 18-23.

רבינוביץ, א' (1979), "סלע המצע כגורם הקובע את תכונות הקרקע והרכב חברות הצמחים בגליל", עבודת דוקטורט, האוניברסיטה העברית ירושלים.

רבינוביץ, א' (1986), "סלע-קרקע-צומח בגליל, תל-אביב, הקבוץ המאוחד / רשות שמורות הטבע.

Alon, G. & Kadmon, R. (1996), "Effect of Successional Stages on The Establishment of *Quercus calliprinos* in An East Mediterranean Maquis", *Israel Journal of Plant Sciences*, 44, pp. 335-345.

Borchert, M. I., Davis, F. W. Michaelson, J., & Dee Oyler, L. (1989), "Interactions of Factors Affecting Seedling Recruitment of Blue Oak (*Quercus douglasii*) in California", *Ecology*, 70, pp. 389-404.

Bran, D., Lobreaux, O., Maistre, M., Perret, P. & Romane, F. (1990), "Germination of *Quercus ilex* and *Q. Pubescens* in A *Q. ilex* Coppice (Long Term Consequences)", *Vegetatio*, 87, pp. 45-50.

Connell, J. H. & Slatyer, R. O. (1977), "Mechanism of Succession in Natural Communities and Their Role in Community Stability and Organization", *The American Naturalist*, 11, pp. 1119-1144.

Dan, Y., Yaalon, D. H. & Koyumdjisky, H. (1978), *Soil Map of Israel*, Ministry of Agriculture, Israel.

Danin, A. (1988), "Flora and Vegetation of Israel and Adjacent Area", In: Yom-Tov, Y. & Tchernov, E. (eds.), *The Zoogeography of Israel*, Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht.

De Steven, D. (1991), "Experiments on Mechanisms of Tree Establishment in Old-Field Succession: Seedling Survival and Growth", *Ecology*, 72, pp. 1075-1076.

Facelli, J. M. & Pickett, S. T. A. (1991), "Plant Litter: Light Interception and Effect on An Old-Field Plant Community", *Ecology*, 72, pp. 1024-1031.

- Gallaway, R. M. (1992), "Effect of Shurbs on Recruitment of *Quercus Douglassi* and *Q. Lobata* in Callifornia", *Ecology*, 73, pp. 2118-2128.
- Grime, J. P. (1979), *Plant Strategies and Vegetation Processes*, John Wiley & Sons, Chichester.
- Harper, J. L. (1977), *The Population Biology of Plants*, London, Academic Press.
- Rosenan, N. (1970), "Climatic Maps: Plates 41, II", In: *Atlas of Israel*, Ministry of Labour, Jerusalem, Elsevier Company.
- Shibata, M. & Nakashizuka, T. (1995), "Seed and Seedling Demography of Four Co-Occurring *Caprinus* Species in Temperate Deciduous Forests", *Ecology*, 76, pp. 1099-1108.
- Zohary, M. (1960), "The Maqui of *Quecus Calliprinos* in Israel and Jordan", *Bulletin Research Council Israel*, 9:pp. 51-72.
- Zohary, M. (1962), *Plant Life of Palestine*, New York, Roland Press.
- Zohary, M. (1982), *Vegetation of Israel and Adjacent Areas*, Weisbaden, Dr. Ludwig Reichert Verlag.