

מעט נטיעתם, כמו גם לסקור את התפתחות הדור השני, שהתפתח מאיסוף זרעים במספר מטעי אם לזרעים. זאת, לשם הסקת מסקנות לגבי המקורות שרצוי להשאיר עבור יצירת זרעים לנטיעת יערות באזורים שונים בישראל.

שיטות

בשנת 1985 הוקצו על ידי אגף הייעור של הק"ל חמש חלקות לשם נטיעת מטעי אם לזרעים. מיקום החלקות ותיאור תנאי הסביבה מופיעים בטבלה 2.

בחמש החלקות ניטעו שתילים שטופחו מזרעים, שהופקו מאצטרובלים שנאספו מעצי עילית, לפי הפירוט הבא:

1. בכל אחד משלושה יערות ביוון, נאספו בשנת 1983:

- I. Pirgos (P) = Elea (A-2),
37°46' Lat. N., 21°32' Long. E, 200m A.S.L.
- II. Euboea (E) (A-3),
38°58' Lat. N., 23°18' Long. E, 150–200 m A.S.L.
- III. ChalkidikeII (C) (A-5),
40°03' Lat. N., 23°44' Long. E, 60–80 m A.S.L.

2. ביערות טבעיים ונטועים בישראל, נאספו בשנת 1980:

בחלקות יער טבעיות: רכס ראש הנקרה, חורבת שפנים בהר מירון, ירכא בגליל המערבי, עוספאי בכרמל, ניר עציון בכרמל, ביתא בשומרון, יער אום-צפא בשומרון, המסרק בהרי יהודה.

בחלקות יער נטועות: יער הר דבורה, יער משמר העמק, יער בן שמן, יער שער הגיא, יער קריית ענבים, יער הקדושים, עצים ותיקים באזור עגור בשפלה, עצי אורן ירושלים בגן הכנסייה הרוסית בחברון, יער אל-עזריה בירושלים, יער אל-קרן ליד חברון.

הזרעים מעצי העילית, מכל יער לחוד ביוון, עורבבו במידה שווה (משקל), כדי לייצר אוכלוסיית זרעים אחידה מכל יער. הזרעים מעצי העילית מכל יער לחוד בישראל, עורבבו במידה שווה (משקל) לכדי אוכלוסיית זרעים אחת. מתוך אוכלוסיות אלו נלקחה כמות זרעים במשקל זהה לשם יצירת תערובת חדשה, המייצגת את עצי העילית מהיער הנטוע הוותיק והיער הטבעי בישראל. בנוסף לכך, נאספו אצטרובלים ביער אלקוש, שנחשב בזמנו לאחד היערות הנטועים המוצלחים במדינה (אלא שעשר שנים מאוחר יותר יער זה התנוון מהתקפה המיוחסת למצוקוקוס יוספי). כל הזרעים הועברו למשתלת אגף הייעור בבית נחמיה ומהם גודלו שתילים, שניטעו בגיל שנה בחמש החלקות שצוינו בטבלה 2. הנטיעה נעשתה בשורות, בכל שורה לפחות 12 שתילים, במרחק של 2 מ' אחד

לזרעים, שיכללו את האקוטיפים (גנוטיפים), שבהם המגוון הגנטי גבוה יחסית ושהוכיחו גם גדילה טובה ועמידות בתנאים האקולוגיים של ישראל, שהם אקוטיפים שמוצאם מיוון. הוחלט, על כן, לייבא מיוון זרעים של אורן ירושלים, שייאספו מעצים נבחרים בצורתם, בצמיחתם ובבריאותם (עצי אם לזרעים) בשלושה יערות נבחרים, שמהם גם נאספו הזרעים לתכנית המחקר הרב-לאומית. מזרעים אלו גודלו שתילים לשם הקמת מטעי אם לזרעים באזורים שונים במדינה, כדי לספק בעתיד זרעים מובחרים עבור נטיעת יערות באזורים אקולוגיים שונים. כמו כן, הנהלת ענף היער החליטה להוסיף למטעי האם גם מקורות גנטיים מעצי עילית של אורן ירושלים, הגדלים בארץ בשמורות יער וטבע וביערות הראשוניים, שניטעו בתקופת המנדט הבריטי. זאת, היות ובבדיקות גנטיות בזרעים נמצא, כי במספר גנים התדירות של האללים הנפוצים באוכלוסיות הטבעיות של אורן ירושלים בישראל שונה מזו אשר ביוון (Grunwald et al., 1986; Korol et al., 2002; Schiller & Grunwald, 1987). הכלאה בין המקורות עשויה להעלות את רמת המגוון הגנטי, כלומר, יתקבלו עצים שבהם המגוון הגנטי גבוה מהממוצע הקיים במין, עצים הגדלים טוב יותר ועמידים טוב יותר ליובש, למזיקים ולמחלות Knowles & Grant, 1981; Knowles & Mitton, 1980; Ledig (et al., 1983; Ledig, 1998). טבלה 1 מתארת את הקריטריונים שעל פיהם נבחרו עצי האם לזרעים ביערות השונים.

מטרת מאמר זה
לסקור ולהשוות את
התפתחות העצים
המהקורות השונים
בתוך ובין חמש החלקות,
לאחר 28 שנה מעת
נטיעתם, כמו גם לסקור את
התפתחות הדור השני,
שהתפתח מאיסוף זרעים
במספר מטעי אם לזרעים

- צורתו (הפנוטיפ) של העץ אופיינית למין.
- הגזע ישר והוא ציר מרכזי לאורך העץ; הגזע אינו מפוצל (התפצלות היא תופעה שעשויה לנבוע ממאפיינים גנטיים ולעתים קרובות גורמת לשבירה של אחד משני הגזעים).
- הכותרת של העץ מורכבת מענפים דקים, המחולקים שווה לאורך ומסביב לגזע.
- העץ אינו עמוס בפירות או באצטרובלים ביחס לגודל הנוף, (תופעה שעשויה לנבוע ממאפיינים גנטיים, הקובעים את חלוקת המשאבים בעץ לצמיחה, לאחזקה או לרבייה).
- העץ מראה חיוניות רבה, העלווה ירוקה ואינה נגועה במזיקים או במחלות.

טבלה 1: הקריטריונים המקובלים ביערנות לאפיון עצי אם לזרעים.

Table 1: Criteria for seed tree selection.

מטרת מאמר זה לסקור ולהשוות את התפתחות העצים מהמקורות השונים בתוך ובין חמש החלקות, לאחר 28 שנה

גשם (ממוצע רב-שנתי במ"מ) Average Annual Rainfall (mm)	הקרקע והמסלע Soil and bedrock formations	נקודת ציון (רשת ישראל) Geographic location (Israel grid)	המקום The Place	
722	טרה רוסה חומה-אדומה כהה, תצורה גיאולוגית בעינה, אבן גיר	1780/2585	כרמיאל (Karmiel)	1
617	רנדזינה חומה כהה, תצורה גיאולוגית עדולם, גיר וקירטון קשה	1555/2251	עין תות (Ein-Tut)	2
370	רנדזינה בהירה עד כהה, גיריות בינונית תצורה גיאולוגית מראשה, קירטון רך	1425/1165	נחושה; (יער משואה) (Nehosha)	3
353	רנדזינה חומה במדרונות, תצורה גיאולוגית מראשה, קירטון רך-בינוני	1430/1302	אמצייה (Amatzyah)	4
250	ליתוסול חום-עד רנדזינה לסית חומה בהירה, תצורה גיאולוגית מנוחה, סלע קירטון	1520/0815	יער חירן (Hiran Forest)	5

טבלה 2: מיקום חלקות מטעי אם לזרעים, סוג הקרקע והמסלע וגשם רב-שנתי ממוצע.

Table 2: Soil, bedrock and average annual rainfall at the geographic location of the planted seed orchards.

מספר השתילים No. of seedlings	מקור הזרעים Seed origin
מטעי אם לזרעים / Seed Orchards	
28	אמצייה - C
30	אמצייה - E
18	אמצייה - P
25	אמצייה - תערובת
31	נחושה - C
21	נחושה - E
29	נחושה - P
32	נחושה - אלקוש
27	נחושה - תערובת
23	עין תות - תערובת זרעים ממקורות יונוניים
יערות ועצים בודדים / Single trees and forests	
32	אשתאול (עץ בודד)
17	ג'רש - ירדן
19	הר מנור
17	הרובע הארמני (עץ 1)
17	הרובע הארמני (עץ 2)
24	הכרמל הגבוה
31	הכרמל הנמוך
19	רכס הסולם
14	מיכלוא

מהשני; המרחק בין השורות היה 4 מ'. כל שורה יצגה מקור זרעים, מספר החזרות (שורות) לכל מקור זרעים בכל חלקה היה לפחות חמש שורות.

במועדים שונים (שנים) נעשו מדידות גובה וקוטר הגזעים בחלקות השונות. ניתוח שונות (ANOVA) בוצע על התוצאות של המדידות, שנעשו לאחרונה (2010-2012). **המשתנים הבלתי תלויים היו:** החלקה, מקור הזרעים, החזרה (השורה בחלקה). **המשתנים התלויים היו:** גובה העצים וקוטר הגזע בגובה 1.30 מ' מפני הקרקע; נעשה שימוש בממוצע הקוטר והגובה של העצים בשורה שבחלקה כחזרה.

בשנת 1998, 13 שנה לאחר הנטיעה של מטעי האם (שהם דור ראשון - F₁), נאספו על ידי אנשי אגף הייעור של הקק"ל אצטרובלים בחלקות אמצייה, נחושה ועין תות, שמהם הופקו זרעים עבור מבחן צאצאים (דור שני - F₂). האצטרובלים נאספו בהתאם למקור של עצי האם. למבחן זה צרפו אנשי אגף הייעור של הקק"ל מספר מקורות נוספים מהיער הטבעי והנטוע בישראל כביקורת. השתילים שגודלו מזרעים אלה ניטעו בחלקה שבתחום יער שחריה. החלקה מוקמה על מדרון מתון, הפונה לצפון-מזרח, ונחרשה לפני הנטיעה. מקורות הזרעים, שמהם גודלו השתילים לחלקה זו, מופיעים בטבלה 3. בחלקת עין תות ונחושה נאספו הזרעים שנים לאחר שבחלקות אלו נכרתו כמעט כל העצים שמקורם ביער אלקוש ובתערובת הישראלית.

טבלה 3: מקורות לזרעים עבור החלקה לבדיקת התפתחות דור F₂.

Table 3: The seed sources and number of seedlings for an F₂ grows experiment.

תוצאות

מדידות במטעי הזרעים דור F₁

של התוצאות. החישובים מבוססים על מה שנקרא "הגובה העילי", שאליו יגיעו העצים בגיל 50 והוא הסמן לאיכות בית הגידול. הטבלאות הן סימולציה של התפתחות העצים, בהתאם לתנאים האקולוגיים. התוצאות מופיעות בטבלה 5. נעשה ניסיון לקטור בין הקוטר והגובה הממוצעים בחלקות השונות לבין כמות הגשמים הרב-שנתית באזור החלקה (טבלה 1). איור 1 מתאר את הקשר ההדוק שבין המספר ההופכי של כמות הגשמים (1/R) לבין הקוטר הממוצע. כאשר:

$$R^2 = 0.5948, F \text{ Ratio} = 199.6864, \text{Prob.} > F = 0.0002$$

מהאיור נראה, שלעלייה בכמות הגשמים הרב-שנתית הממוצעת, בטווח שבין 250 ל-400 מ"מ לערך, יש השפעה חזקה ביותר על העלייה בקוטר גזעי העצים; ההשפעה של עלייה נוספת בכמות הגשמים על הגדילה בקוטר פוחתת בהרבה.

טבלה 4 מראה את הגובה והקוטר הממוצע של כלל העצים בחמש החלקות. מהטבלה נראה, כי לא נוצרו הבדלים שהם מובהקים סטטיסטית בהתפתחות העצים מהמקורות השונים בחלקות, להוציא את חלקת נחושה, דבר שאפשר לראות גם באיור 2. בחלקה זו העצים מהמקור יוון E ו-P צמחו באופן מובהק לגובה רב יותר מאשר יוון C ומאשר עצים בודדים, שנשארו מהמקור המערוב הישראלי (יוון E = 20.98 מ' ויוון P = 20.1 מ', לעומת יוון C = 16.65 מ' ומערוב ישראלי = 16.08 מ').

נעשתה השוואה בין התפתחות העצים הממוצעת בכל חלקה לבין התפתחות עצים שגילם זהה, על פי טבלאות נפח ויבול (Roehle, 1991). טבלאות אלו מבוססות על עשרות אלפי מדידות ביערות שונים וניתוחים סטטיסטיים

Prob. > F F Ratio		ממוצע קוטר העצים Average tree diameter (cm)	Prob. > F F Ratio		ממוצע גובה העצים Average tree height (m)	החלקה ושנת המדידה The seed orchard year of measurement
0.1383	2.2953	31.55 ± 2.42	0.3310	1.3270	23.35 ± 1.56	כרמיאל – 2010
0.2189	1.9021	31.95 ± 1.31	0.7978	0.2334	14.47 ± 1.92	עין תות – 2012
0.2368	1.4845	32.33 ± 3.03	0.0002*	8.8500	18.52 ± 2.39	נחושה* – 2012
0.5460	0.7759	24.85 ± 4.27	0.4660	0.9070	16.70 ± 1.69	אמציה – 2012
0.3318	1.2447	14.00 ± 1.40	0.1230	2.1350	7.57 ± 0.80	חירן – 2012

טבלה 4: ממוצעי הגובה והקוטר של כלל העצים בכל אחת מהחלקות ותוצאות הניתוח הסטטיסטי שבדק מובהקות ההבדלים בין מקורות הזרעים בכל חלקה. **Table 4:** Average height and diameter of all trees in the seed orchards and results of ANOVA test for differences among seed provenances.

ממוצע הקוטר על פי טבלת היבול Average tree diameter according to yeild table (cm)	ממוצע הגובה על פי טבלת היבול Average tree height according to yeild table (m)	איכות בית הגידול** Sight class	ממוצע גובה עליון מדוד* Average of measured top height (m)	החלקה The seed orchard
25.0	20.2	28*	26.3 ± 0.4	כרמיאל
21.7	16.5	24	17.4 ± 2.3	עין תות
25.0	20.2	28	22.9 ± 2.6	נחושה
23.5	18.3	26	19.7 ± 1.6	אמציה
15.6	9.6	16	11.3 ± 1.3	חירן

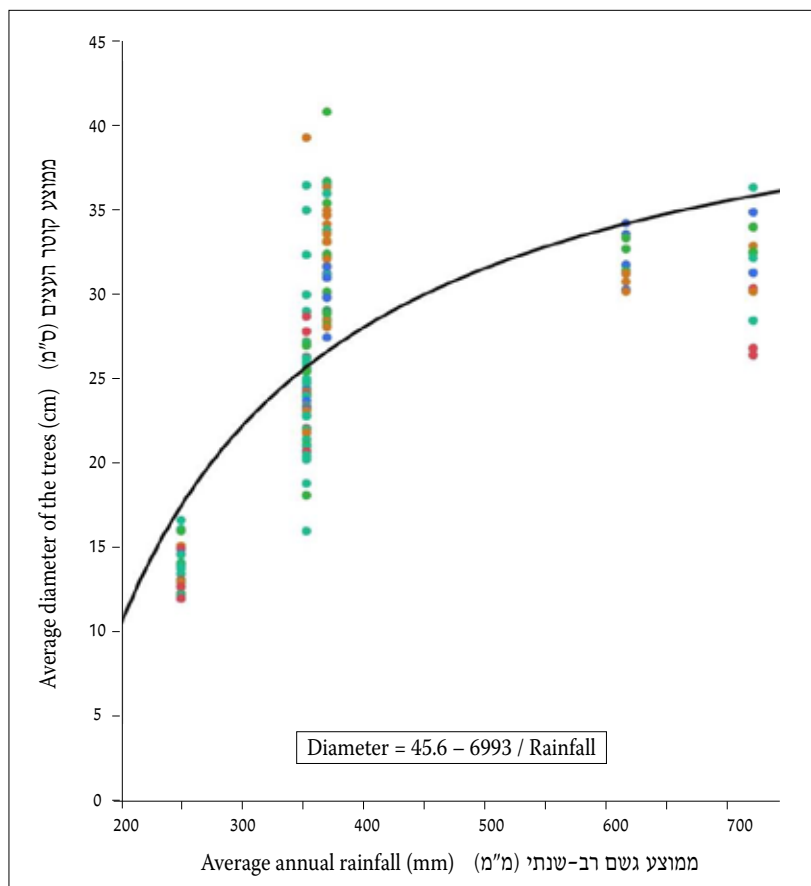
* גובה עילי בגיל 29 הוא הגובה הממוצע של עשרת העצים הגבוהים בדונם.

** איכות בית הגידול מבוססת כגובה העליון בגיל 50.

28* איכות בית הגידול גבוהה בהרבה מהאיכות הגבוהה ביותר בטבלת היבולים (28).

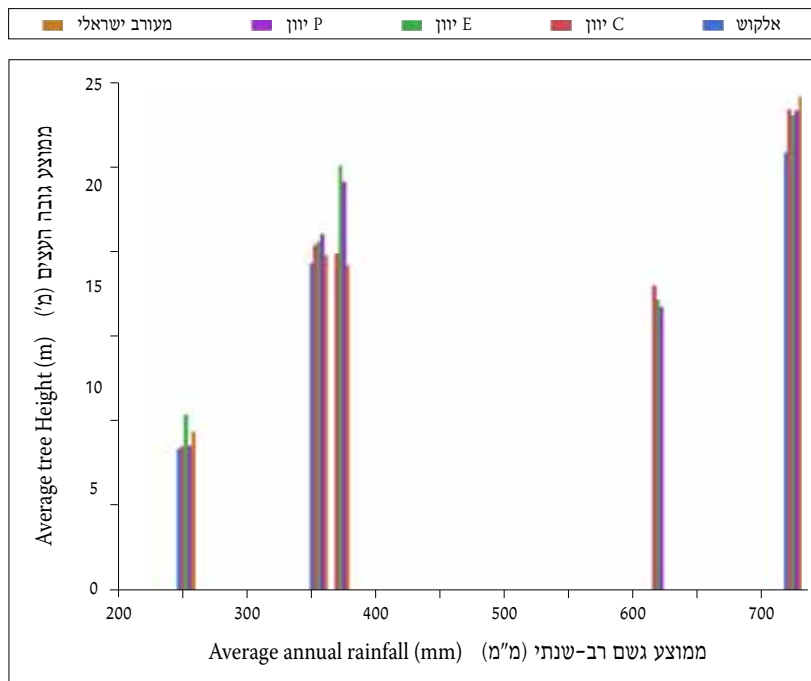
טבלה 5: תחזית התפתחות החלקות על פי גובה עילי בגיל 29 ובעזרת נתוני טבלת היבול.

Table 5: Prognosis of seed orchards future development with help of yeild tables for Aleppo pine and Top height in the seed orchards.



איור 1: הקשר שבין כמות הגשמים לקוטר הממוצע של העצים בחמשת מטעי האם לזרעים.

Fig. 1: The relations between the average diameter of the trees in the seed orchards and the average annual rainfall at the place.



איור 2: הקשר שבין הצמיחה לגובה לכמות הגשמים הרב-שנתית הממוצעת למקורות השונים בכל אזור.

Fig. 2: Relations between tree height of the various seed sources in the five seed orchards and the average annual rainfall.

איור 2 מתאר את הקשר שבין הגובה הממוצע של העצים לבין כמות הגשמים הרב-שנתית הממוצעת. מהאיור נראה, כי גובה העצים מושפע מאוד מהעלייה בכמות הגשמים הרב-שנתית הממוצעת בתחום שבין 250 ועד 400 מ"מ בשנה. הצמיחה לגובה בחלקת עין תות הושפעה מאוד מהתנאים הקשים של בית הגידול, משום שהחלקה ניטעה בקרקע רדודה, המכסה על מסלע קשה מתצורת עדולם, שעשויה מחילופי גיר קשה וקירטון קשה. כלומר, בית גידול יובשני, דבר אשר גם מתבטא בצמיחה עשבונית. בכל החלקות נעשתה הערכה של כמות האצטרובלים הכללית בנוף הירוק בכל עץ, תוך התייחסות לגודל הכותרת ולמקור הזרעים, כדי לראות את מידת התורשתיות של סמן זה. תוצאות ההערכה מופיעות בטבלה 6.

תמונה 1: מטע אם לזרעים "נחושה" ביער משואה.

Picture 1: Seed orchard Nehusha at Masua Forest.



הרבה אצטרובלים Many cones	מעט אצטרובלים Few cones	אין אצטרובלים No cones	ממוצע הזרעים The seed provenance	החלקה The seed orchard
78	16	5	אלקוש	קרמיאל
35	37	28	יוון - C	
17	54	29	יוון - E	
15	41	44	יוון - P	
41	38	22	מעורב ישראלי	
49	33	18	אלקוש	נחושה
7	43	50	יוון - C	
4	28	68	יוון - E	
3	30	67	יוון - P	
19	47	34	מעורב ישראלי	
8	65	27	אלקוש	אמציה
0	49	51	יוון - C	
0	43	58	יוון - E	
0	56	44	יוון - P	
4	52	44	מעורב ישראלי	
13	75	12	אלקוש	חירן
2	34	63	יוון - C	
10	67	24	יוון - E	
7	48	45	יוון - P	
15	66	19	מעורב ישראלי	

טבלה 6: אחוז העצים מכל מקור זרעים שנושאים כמות אצטרובלים רבה, מועטה ובלי אצטרובלים בארבעה מטעי אם לזרעים.

Table 6: The percent of trees bearing cones in each seed orchard according to provenance.

השני ממטעי האם לזרעים מתפתח בגובה ובקוטור טובים יותר מאשר העצים דור ראשון ממקורות שונים, שניטעו כביקורת (חלקם מיערות טבעיים בארץ). כמו כן, נראה שקיימים הבדלים בגדילה בעצים מאותו מקור זרעים, אך ממטע שונה: מטע אמציה לעומת מטע נחושה.

דיון

קיומן של חלקות מטעי אם לזרעים עמד בסכנה מאז נטיעתן ועד עתה, כי הן לא גודרו בצורה אפקטיבית עם נטיעתן, לא זכו לדילול באופן מסודר, וחלקן שרוי בצפיפות רבה עד היום. מן הראוי לקבוע, מעתה והלאה, תכנית פעולה להגנה ולטיפוח של החלקות.

מהטבלה נראה, כי במקור הזרעים "אלקוש", שמוצאו באלג'יריה (Schiller & Grunwald, 1987), מספר העצים המייצרים אצטרובלים בכמות רבה מאוד רב בחלקה בכרמיאל, פוחת בצורה חדה בנחושה ונמוך מאוד באמציה ובחירן. גם בשאר מקורות הזרעים ניכרת ירידה במספר העצים הנושאים אצטרובלים רבים – בנחושה, באמציה ובחירן. כמו כן, נמצא, כי יש הבדלים בין ארבע החלקות בחלוקה הפנימית במספר העצים חסרי אצטרובלים או שיש להם מעט אצטרובלים.

חלקות מבחן הצאצאים F₂

טבלה 7 מתארת את התפתחות העצים, שהם דור שני ממטעי האם לזרעים, לעומת התפתחות העצים, שהם דור ראשון ממקורות שונים בארץ. מהטבלה נראה, כי באופן כללי, הדור

קוטר ממוצע Average diameter (cm.)	גובה ממוצע Average height (m.)	מספר השתילים No. of Seedlings	מקור הזרעים Seed Origin
Seed Orchards / מטעי אם לזרעים			
14.6 A	8.0 A	28	אמציה - C
13.3 A	8.5 A	30	אמציה - E
12.8 A	7.9 A	18	אמציה - P
11.2 A	7.2 A	25	אמציה - תערובת
14.1 A	7.7 A	31	נחושה - C
14.4 A	8.8 A	21	נחושה - E
12.5 A	7.9 A	29	נחושה - P
9.7 D	7.0 A	32	נחושה - אלקוש
13.0 A	8.5 A	27	נחושה - תערובת
13.3 A	8.2 A	23	עין תות - תערובת זרעים ממקורות יוניים
Single trees and forests / יערות ועצים בודדים			
11.3 A	7.2 A	32	אשתאול (עץ בודד)
9.1 D	6.5 C	17	ג'רש - ירדן
7.8 F	5.8 D	19	הר מנור
10.0 C	7.1 A	17	הרובע הארמני (עץ 1)
6.5 G	5.5 D	17	הרובע הארמני (עץ 2)
10.3 C	7.0 A	24	הכרמל הגבוה
11.0 B	7.4 A	31	הכרמל הנמוך
10.6 B	6.8 B	19	רכס הסולם
8.4 E	6.8 A	14	מיכלוא

טבלה 7: ממוצעי הגובה והקוטר של זרעים דור 2 (F_2) ממקורות הזרעים השונים ומבחן תחום מרובה על שם טוקי (Tukey HSD) בחלקת שחריה.
Table 7: Average height and diameter of different seed provenances in the second generation (F_2) orchard and results of Tukey HSD test.

* מספרים שאינם מצוינים באותה אות נבדלים באופן מובהק ברמה של $P < 0.05$

ישראלית), העצים - עד עתה - אינם נופלים בקצב צמיחתם מהמקורות היוניים שכבר הוכיחו את עצמם בחלקות ניסוי בארץ (טבלה 4) (שילר, 2013; Weinstein, 1984; Mendel, 1984). עצים אלה גם אינם נפגעים ממצוקוקוס במידה רבה יותר מאשר המקורות היוניים (לא מוצג). תוצאה זו מעידה, שבחירת עצי אם לזרעים, תוך הקפדה מרבית על קריטריונים קשוחים, באוכלוסיות הטבעיות והנטועות בארץ, נותנת תוצאות חיוביות מאוד. מאחר שאחד הקריטריונים לבחירת עצי אם לזרעים היה "כמות האצטרובלים בנוף העץ ביחס לגודלו" (טבלה 1), נראה שהשימוש בסמן פנוטיפי זה אכן השפיע במידה רבה על כמות האצטרובלים בנוף של הצאצאים (טבלה 6); מרב העצים, בכל אחד מהמקורות, נחלק בין אלה

מדי מספר שנים, בוצעו מדידות של קוטר וגובה העצים והערכות של מדדי חיוניות ובריאות, אשר מאפשרות להשוות בין המקורות השונים. עם זאת, חוסר האחידות בטיפול בחלקות מקשה במידה מסוימת על השוואות ביניהן. נזקים ביערות, כתוצאה מבצורות, וכן התעניינות גוברת בנושאי הייעור המדברי, שינויי אקלים גלובליים, עמידות ליובש של עצי יער, במיוחד של אורן ירושלים בהתאם למקורות הזרעים, העלו את קרנן של החלקות ובמיוחד את שרידי החלקה שניטעה ביער חירן.

התוצאות המוצגות בסקירה זו (טבלאות 4 ו-5 ואיורים 1 ו-2) מראות, כי בכל חלקה וחלקה השתילים שנוצרו מזרעים שנאספו מעצי עילית ביער הטבעי והנטוע בארץ (תערובת

אורן ירושלים (=עליה רבה בקיבוע פחמן), אך תרומתה של עליה נוספת בכמות הגשמים הרב-שנתית הממוצעת לצמיחה, נמוכה יותר. תופעה זו דומה לזו שנמצאה בסקר התפתחות צמחייה עשבונית כתלות בכמויות הגשמים בארץ (גולודיאן וחוב', 2013), שבו הוכחה עליה בייצור הראשוני עם עליה בכמות הגשמים, אך תלות גבוהה של ייצור ראשוני בגשם נמצאה רק באזורים יובשניים. מחקרים על התחדשות טבעית של אורן ירושלים והתפשטות אורן ירושלים לבתי גידול טבעיים מצביעים גם הם על כך, שאזור של כ-400 מ"מ גשם רב-שנתי ממוצע הוא גבול ההתפשטות הטבעי של אורן ירושלים בארץ (אסם, 2013).

חושב הגובה העילי הממוצע של העצים בכל חלקה, דבר שאפשר השוואה בין התפתחות העצים בחלקות לבין ההתפתחות הצפויה על פי סימולציה, כלומר, על פי איכות בית הגידול (Roehle, 1991) (טבלאות 4 ו-5). נמצא כי הפרש הממוצע בין הגובה הממוצע בחלקות לבין הגובה העילי בחלקות הוא 3.4 מ'. על פי הגובה העילי העכשווי ונתוני הסימולציה (טבלת היבול) נקבעה איכות בית הגידול של כל חלקה. כמו כן, נמצא, כי בכל החלקות, להוציא החלקה בכרמיאל, הגובה הממוצע שנמדד נמוך כדי 1.75 מ' מזה שנחזה בטבלת היבול. רק בחלקה שבכרמיאל הגובה הממוצע עולה ב-3 מ' על זה החזוי בטבלת היבול. בכל החלקות, להוציא את חלקת חירן, ממוצע קוטר העצים שנמדד היה גבוה כדי 5.4 ס"מ מהקוטר החזוי של העצים בהתאם לגילם על פי טבלת היבול. רק בחלקה שניטעה ביער חירן (האזור היובשני ביותר שעדיין גדל בו יער) ממוצע הקוטר שנמדד היה נמוך כדי 1.6 ס"מ מהקוטר החזוי על פי טבלת היבול. החלקה בכרמיאל התפתחה באופן יוצא מהכלל עד כדי כך, שאין אפשרות ניבוי עבודה בטבלאות היבול. יש צורך להתייחס בזהירות להשוואה בין תוצאות המדידות בשטח לבין נתוני הסימולציה (טבלת היבול), משום שמספר העצים ליחידת שטח בחלקות השונות כלל אינו אחיד, החלקות לא דוללו וטופלו כנדרש בצורה אחידה, על פי הכללים, במשך כל השנים.

בדיקת התפתחות הדור השני (F2) נעשתה באמצעות זרעים שהם תולדה של האבקה הנעשית על ידי הרוח. הזרעים הופקו מאצטרובלים שנאספו בהתאם למוצא עצי האם בחלקות אמציה, נחושה ונחל תות. בנוסף לכך, לשם ביקורת, נאספו אצטרובלים מהיער הטבעי והנטוע בארץ ובירדן. נמצא כי הצמיחה לגובה ובקוטר בדור F2 טובה מזו של הביקורת, המורכבת מזרעים מהיערות השונים (טבלה 7). תוצאה זו מדגישה את היתרון הגנטי שנוצר כתוצאה מהברירה הקפדנית של עצי אם לזרעים והשימוש במטעי אם לזרעים.

עבודה נוספת, הכוללת בדיקות גנטיות מולקולריות, נחוצה על מנת לקבוע את התרומה היחסית של כל אקוטיפ לדור F2 ואת דינמיקת ההכלאות בין האקוטיפים השונים בחלקת האם לזרעים.

שהם חסרי אצטרובלים לבין אלה הנושאים מעט אצטרובלים, להוציא את המקור אלקוש, שגדל בחלקת כרמיאל ונחושה. הקפדה על הסמן של מיעוט אצטרובלים נובעת ממספר סיבות: ידוע כי ייצור אצטרובלים רבים, כלומר, ריבוי זרעים, הוא בין היתר גם תוצאה של ברירה בעקבות שרפות; הצמח המפזר זרעים רבים "כובש" את השטח שנחשף לאחר שרפה, דבר שהוא יתרון אבולוציוני (Goubitz et al., 2004; Nathan & Ne'eman, 2000; Nathan & Ne'eman, 2004; Ne'eman et al., 2011; Ne'eman et al., 2012; Shmida et al., 2000). עם זאת, צמח המייצר אצטרובלים נקביים רבים משקיע אנרגיה רבה ברבייה ולא בצמיחה ובתחזוקה. בנוסף לכך, האצטרובלים הרבים בנוף הם דלק המעצים כל שרפת כותרות. כמות הזרעים העצומה, המתפזרת לאחר שרפה וכמות הזרעים הגדלה לאחר מכן ביחידת שטח (Nathan & Ne'eman, 2000), היא נטל אדיר ממדים, ששירותי הייעור אינם יכולים להתמודד איתו.

איורים 1 ו-2 מראים את הקשר ההדוק שבין כמות הגשמים הרב-שנתית הממוצעת לבין הגדילה בגובה ובקוטר של אורן ירושלים מהמקורות השונים בכל חלקה וחלקה. בנוסף לכך, נראית גם השפעת המסלע והקרקע על הצמיחה לגובה של העצים בבית גידול יובשני מהבחינה הגיאולוגית (תצורת עדולם = סלע גירי קשה וקירטון קשה), למרות הכמות הגדולה יחסית של משקעים שנתיים – כ-600 מ"מ (חלקת עין תות). נמצא שעלייה בכמות הגשמים הרב-שנתית הממוצעת באזור היובשני – מ-250 מ"מ לרמה של כ-400 מ"מ – משפיעה מאוד על הצמיחה בגובה ובקוטר של עצי

תמונה 2: דוגמה למטע אם לזרעים של מין אורן בחו"ל. **Picture 2:** An example of a conifer seed orchard.



- differentiation from Brutia Pine in their isoenzymes: Additional results. *SilvaeGenetica*, 51: 35–41.
- Ledig, F.T. (1998). Genetic Variation in Pinus. In: D.M. Richardson (Ed.), *Ecology and Biogeography of Pinus* (pp. 251–279). Cambridge University Press.
- Ledig, F.H., Guries, R.P. & Bonefeld, B.A. (1983). The relation of growth to heterozygosity in Pitch pine. *Evolution*, 37 (6): 1227–1238.
- Mendel, Z. (1984). Provenances as a factor in susceptibility of *Pinushalepensis* to *Matsucoccusjosephi* (Homoptera: Margarodidae). *Forest Ecology and Management*, 9: 259–266.
- Morandini, R. (1976). Mediterranean conifers. In: Forest Genetic Resources, Information No. 5, *Forestry occasional paper 1976/1. F.A.O. of the United Nations*: 12–15.
- Nathan, R. & Ne'eman, G. (2004). Spatiotemporal dynamics of recruitment in Aleppo pine (*Pinushalepensis* Miller). *Plant Ecology*, 171: 123–137.
- Nathan, R. & Ne'eman, G. (2000). Serotinity, seed dispersal and seed predation in *Pinushalepensis*. In: G. Ne'eman & L. Trabaud (Eds.), *Ecology, Biogeography and Management of Pinushalepensis and P. brutia Forest ecosystems in the Mediterranean Basin* (pp. 105–118). Backhuys Publishers.
- Ne'eman, G., Lev-Yadun, S. & Arianoutsou, M. (2012). Fire-related traits in Mediterranean basin plants. *Israel Journal of Ecology & Evolution*, 58:177–194.
- Ne'eman, G., Shirrinka, G., Werger-Marinus, J.A. & Shmida, A. (2011). Relationships between tree size, crown shape, gender segregation and sex allocation in *Pinushalepensis*, a Mediterranean pine tree. *Annals of Botany*, 108: 197–206.
- Roehle, H. (1991). *Yield Tables for Aleppo pine (Pinushalepensis) in Israel*. Chair of Forest Yield Sciences, University of Munich, Federal Republic of Germany.
- Schiller, G. & Atzmon, N. (2009). Performance of Aleppo pine (*Pinushalepensis*) provenances grown at the edge of the Negev desert: A review. *Journal of Arid Environments*, 73: 1051–1057.
- Schiller, G., Conkle, M.T. & Grunwald, C. (1986). Local differentiation among Mediterranean populations of Aleppo pine in their isoenzymes. *SilvaeGenetica*, 35: 11–19.
- Schiller, G. & Grunwald, C. (1987). Resin Monoterpenes in Range-Wide Provenance Trials of *Pinushalepensis* Mill. in Israel. *SilvaeGenetica*, 36 (3-4): 109–114.
- Shmida, A., Lev-Yadun, S., Goubitz, S. & Ne'eman, G. (2000). Sexual allocation and gender segregation in *Pinushalepensis*, *P. brutia* and *P. pinea*. In: G. Ne'eman & L. Trabaud (Eds.), *Ecology, Biogeography and Management of Pinushalepensis and P. brutia Forest ecosystems in the Mediterranean Basin* (pp. 91–104). Backhuys Publishers.
- Weinstein, A. (1988). Provenances Evaluation of *Pinushalepensis*, *P. brutia* and *P. eldarica* in Israel. *Forest Ecology and Management*, 26: 215–225.

לסיכום: לאחר 28 שנים מאז הקמת החלקות, יש עתה ממצאים המצביעים על היתרון שבקימום לשם הפקת זרעים משובחים יותר מהבחינה הגנטית. למרות חשיבותן, חלקות אלו לא זכו לטיפול יעירני, כפי הנהוג בעולם במטעי אם לזרעים (השוואה בין תמונה 1 לתמונה 2) לכן, מן הראוי לטכס עתה עצה מה יהיה ההמשך: האם רק לדלל את החלקות או אולי לבחור מתוכן עבור כל מקור כ-20 עד 30 עצים הטובים ביותר על פי קריטריונים קשורים (גובה, קוטר, בריאות, ייצור אצטרובלים, צורת הגזע והנוף). את אותם עצים מומלץ לנסות ולרבות ריבוי וגטטיבי באמצעים חדישים ולהקים מטע דור שני, דוגמת המטעים הנהוגים בחו"ל, לשם אספקת זרעים עבור נטיעות בשטחים שבהם אין חידוש טבעי. והערה אחרונה, כל עצי המחט האחרים במדינה גדלו מזרעים, שמקורם הראשוני באזורים שונים סביב אגן הים התיכון. גם עבורם, רצוי לנקוט סימון עצי אם לזרעים ביערות רבים ולהקים מטעי אם לזרעים.

מקורות

- אסם, י. (2013). סוגיות עיקריות בחקר היערות המחטניים של ישראל – סיכום ארבעים שנות מחקר. חלק ב': הבנת התהליכים הטבעיים המתרחשים ביער ומעבר לניהול היער כמערכת אקולוגית רבת-תכליתית. *אקולוגיה וסביבה*, 4 (4): 330–321.
- גולודיאן, ק., שטרנברג, מ., קיגל, ח., בוקן, ב., דולב, ע., הדר, ל., הנקין, ז., צעדי, א., בצלאל, י., ארנון, א., זליגמן, נ. ואונגר, י.ד. (2013). הקשר בין כמות הגשם לייצור ראשוני בשטחי מרעה לאורך מפל הגשם בישראל והשלכותיו לאור שינוי האקלים הצפוי. *אקולוגיה וסביבה*, 4 (2): 158–145.
- שילר, ג. (2013). התנוונות ותמותה מוקדמת של אורן ירושלים בישראל בעקבות יבוא זרעים ממערכות אקולוגיות זרות. *אקולוגיה וסביבה*, 4 (2): 175–167.
- Goubitz, S., Nathan, R., Roitemberg, R., Shmida, A. & Ne'eman, G. (2004). Canopy seed bank structure in relation to: Fire, tree size and density. *Plant Ecology*, 173: 191–201.
- Grunwald, C. & Schiller, G. (1988). Needle xylem water potential and water saturation deficit in provenances of *Pinushalepensis* Mill. And *P. brutia* Ten. *Forest mediterraneenne*, 10 (2): 407–414.
- Grunwald, C., Schiller, G. & Conkle, M.T. (1986). Isoenzyme variation among native and plantations of Aleppo pine in Israel. *Israel Journal of Botany*, 35: 161–174.
- Knowles, P. & Grant, M.T. (1981). Genetic patterns associated with growth variability in Ponderosa pine. *American Journal of Botany*, 68: 942–646.
- Knowles, P. & Mitton, J.B. (1980). Genetic heterozygosity and radial growth variability in *Pinuscontorta*. *SilvaeGenetica*, 29: 114–118.
- Korol, L., Shklar, G. & Schiller, G. (2002). Diversity among Circum-Mediterranean populations of Aleppo Pine and