

סקירה על תפוצתם הגיאוגרפית ומצבם של מיני הארז בארצות אגן הים התיכון ועל הגורמים המשפיעים על התפתחותם של עצי הארז הנטועים ביערות בישראל

עמרי בונה^{1*}, ניר הר² ורועי הראל¹

¹ המדען הראשי, קרן קימת לישראל, אשתאול

² מחלקת יער, מרחב צפון, קרן קימת לישראל, פס הירק

* omrib@kkl.org.il

תקציר

נטיעת חורשות ארזים ביערות הקק"ל בגליל העליון ובאזור ירושלים החלה עוד בשנות ה-50 של המאה הקודמת, אולם היקף הנטיעות היה מצומצם. קריסת חלקות של אורן ירושלים, שניטעו מעל גובה של 600 מ' באזורים אלה, בעת סופות השלגים של 1991-2, הביאה למחשבה לנטוע במקומם גם ארזים, העמידים מאוד בפני נזקי שלגים. מאז 1992 ניטעו בגליל, במסגרת שיקום היערות שנפגעו ובשטחי נטיעה חדשים, מעל ל-100 עומדים של ארזים, שברובם מעורבים גם מינים נוספים. בגליל וברמת הגולן מצויים בסך הכול כ-135 עומדים של ארזים ובמרחב המרכזי ישנם 11 עומדים נוספים, ששטחם הכולל הוא כ-4,000 דונם, מתוכם השטח הטהור של הארזים הוא כ-2,200 דונם. מאמץ זה של נטיעות ארזים לווה בלימוד יסודי של התנאים הדרושים להתפתחותם המיטבית וחיפוש מקורות זרעים בעלי התאמה מרבית לתנאי הגידול בארץ. מאמץ זה בוצע כחלק מיוזמה של הארגון *Silva Mediterranea* להשוואת מקורות הזרעים הטובים ביותר של ארז אטלנטי עם מקורות זרעים של ארז הלבנון מתורכיה ומלבנון במספר ארצות ים-תיכוניות.

העומד הטבעי הדרומי ביותר של ארז הלבנון גדל בהר ניהה (Niha) ברכס הרי השוף, 35 ק"מ צפונית למטולה

מסקר מפורט שבוצע בחלקות הארזים בגליל ובגולן עולה, שהם מיטיבים להתפתח בקרקעות טרה רוסה, ברנדזינות חומות ובקרקעות בזלתיות מנוקזות, שבהן תכולת הגיר נמוכה-בינונית וכמות המשקעים השנתית עולה על 500 מ"מ. עם זאת, לא מומלץ לנטוע ארזים בקרקעות טרה רוסה יובשניות, המתפתחות, למשל, על מסלע מתצורת בר כוכבא. בקרקעות רנדזינה בהירה התפתחות הארזים איטית מאוד והם סובלים מכלורוזה ולעתים מהתנוונות ומתמותה, גם כאשר כמות המשקעים עולה על 750 מ"מ. מומלץ לא לנטוע ארזים בקרקעות בעלות תכולת גיר גבוהה, ובמיוחד לא בכאלה המתפתחות על מסלע של קרטון חווארי. מהשוואה של מקורות הזרעים השונים של עצי ארז הלבנון וארז אטלנטי, הנטועים בחלקת האקלום ביער ברעם, עולה,

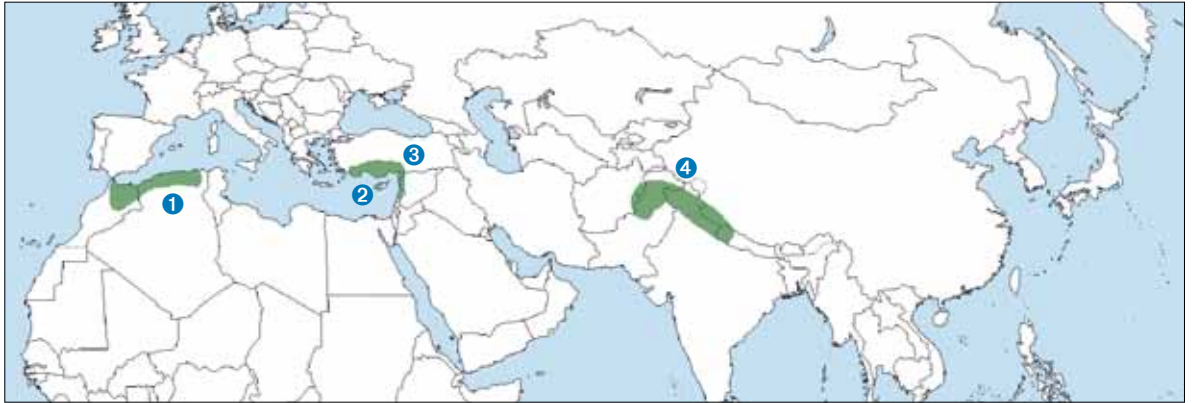
שההישרדות וההתפתחות של עצי ארז הלבנון טובה יותר מזו של עצי ארז אטלנטי. עצי ארז הלבנון שמקורם בהסה (Hassa) שבהרי אמנוס בחבל אנטקיה בתורכיה ובפוזנטי (Pozanti) שבמזרח הרי הטאורוס, הראו שיעור הישרדות וקצב גידול גבוה ובקוטר גבוהים יחסית, בהשוואה לשאר המקורות, ועל כן מומלץ לנטוע, ככל האפשר, ארזים ממקורות אלה. התפתחות ארז הימלאי מבחינת הגובה והקוטר אינה נבדלת מזו של ארז אטלנטי וארז הלבנון, אך בשל רגישותו הרבה יותר לגיר וליובש, וההתנוונות המוקדמת שלו, שנמצאה במספר אתרים, מומלץ להגביל את נטיעתו לבתי גידול טובים במיוחד, שבהם כמות המשקעים השנתית עולה על 600 מ"מ וכן לגינות.

בשל קצב הגידול האיטי של שתילי הארזים לאחר הנטיעה והקושי למנוע לחלוטין פגיעה בשתילים מרעייה של צאן ובקר או של צבאים, מומלץ לנטוע בעיקר שתילים דו-שנתיים במיכלים של 1.5 ליטר ולתת השקיה קבועה בטפטוף או השקית עזר בשנים הראשונות לאחר הנטיעה. טיפול אינטנסיבי זה מאפשר גם להקטין את מרווחי הנטיעה ל-3.5-4.0 מ' (כ-70 שתילים לדונם).

מילות מפתח: ארז הלבנון, *Cedrus libani*, ארז אטלנטי, *Cedrus atlantica*, ארז הימלאי, *Cedrus deodara*.

מיני הארז

הארז הוא עץ מחטני ירוק-עד ממשפחת האורניים, בעל חשיבות היסטורית, תרבותית, נופית, וכלכלית (Boydak, 2003). כבר בתנ"ך הייתה הערכה רבה לסגולותיו וליופיו של עץ הארז, כפי שמתאר זאת הנביא יחזקאל: "ארז בלבנון, יפה ענף וחורש, גדל וגבה קומה ובין עבותים הייתה צמרתו, מים גדלוהו, תהום רוממתהו, את נהרותיה הולך סביבות מטעה" (יחזקאל ל"א, ג'-ז'). על אף שאינו מין טבעי בארץ ישראל, מוזכר עץ הארז בתנ"ך 72 פעמים, יותר מכל עץ אחר, ועצתו שימשה לבניית בית המקדש בירושלים (בולוטין, 1965). יערות טבעיים של שלושה מיני ארז מצויים במספר רכסי



איור 1. התפוצה הטבעית של 1 ארז אטלנטי (*C. atlantica*), 2 ארז קפריסאי (*C. brevifolia*), 3 ארז הלבנון (*C. libani*) ו-4 ארז הימלאי (*C. deodara*) בעולם (מתוך: Boydak, 2003).

ארז קפריסאי: גדל באזור מצומצם במערב רכס הרי הטרודוס שבקפריסין, בעומדים טהורים ובעומדים מעורבים עם אורן ברוטיה; בגבהים נמוכים יחסית של 600-1,350 מ' מעל פני הים וברמת משקעים של 700-800 מ"מ בשנה. מין זה יכול להגיע לגובה של 15-20 מ' וקוטר גזעו עד 1.0-1.2 מ'.

ארז הימלאי: מין זה יכול לגדול לגובה של 50-75 מ' ולקוטר של 3.0-4.5 מ' והוא בעל עצה חזקה ועמידה ביותר לריקבון ולמיזיקים, בזכות השרף שבה, אשר גם מדיף ריח ייחודי (Eckenwalder, 2009). מין זה נפוץ באופן טבעי במורדות הרי ההימלאיה, ממזרח לאפגניסטן ועד מערב נפאל, בגבהים של 1,200-3,300 מ' מעל פני הים.

תפוצתם וחשיבותם של יערות ארזים טבעיים ונטועים באגן הים התיכון

יערות טבעיים של ארז הלבנון כיסו בעבר שטחים נרחבים בדרום תורכיה, סוריה ולבנון, אך ניצול יתר, במשך אלפי שנים, על ידי תרבויות שונות באזור גרמו לדלדולם ואף להיעלמותם המוחלטת מאזורים מסוימים בארצות אלה. שרידים של יערות טבעיים של ארז הלבנון נשארו בעיקר במורדות תלולים ובלתי נגישים בהרי הטאורוס שבדרום תורכיה, ובמידה פחותה, בעיקר בעומדים קטנים ומבודדים, בהר אנוסירייה שבצפון-מערב סוריה וברכס הר הלבנון שבמרכז לבנון (Boydak & Calikoglu מצוטטים אצל Kavgaci et al., 2012).

גם שטח היערות של ארז אטלנטי במרוקו הצטמצם במידה רבה, עד כדי 30% מהשטח המקורי. זאת, בעיקר בין השנים 1940-1980 וכתוצאה מניצול יתר להפקת עץ. עצת הארז מהווה את המשאב החשוב ביותר לעץ לבנייה במרוקו והיא תורמת כ-12% מצריכת העץ של המינים המחטניים בארץ זו. כמו כן, יערות הארז ממלאים תפקיד חברתי-כלכלי

הרים הסמוכים לחופי הים התיכון. ארז אטלנטי (*Cedrus atlantica*) גדל ברכס הרי האטלס שבמרוקו ובאלג'יריה; ארז הלבנון (*Cedrus libani*) גדל בהרי הלבנון שבלבנון, בהרי אנוסירייה שבסוריה ובהרי הטאורוס ואמנוס שבתורכיה וארז קפריסאי (*Cedrus brevifolia*) גדל בהרי הטרודוס שבמרכז קפריסין (איור 1). מין נוסף, הארז ההימלאי (*Cedrus deodara*), נפוץ מאפגניסטן ועד המדרונות הדרומיים של ההימלאיה המערבית.

ארז אטלנטי: מין זה יכול לגדול לגובה של כ-50 מ' ולקוטר גזע של כ-1.5 מ'. הוא דורש הארה מלאה ואינו מתפתח היטב בסביבה מוצלת; עמיד בפני היעדר גשמים בקיץ, כאשר כמות המשקעים בעונת החורף עולה על 800 מ"מ. הארז האטלנטי גדל היטב בקרקעות סיליקטיות, אולם יכול להתפתח גם בקרקעות גיריות, בתנאי שהן עמוקות וכמות המשקעים גבוהה דיה (Brunetti et al., 2001). בית הגידול המיטבי למין זה בהרי האטלס שבמרוקו הוא בגובה של 1,300-2,600 מ' מעל פני הים ורמת משקעים של 500-2,000 מ"מ בשנה (Linares et al., 2011 מצוטט ב-M'herit).

ארז הלבנון: מין זה יכול לגדול לגובה של 30-40 מ' ולקוטר גזע של 1-2 מ' (Eckenwalder, 2009). הוא גדל בהרי הטאורוס והאמנוס שבתורכיה, בגבהים של 400-2,400 מ' מעל פני הים, אך בית הגידול האופטימלי שלו הוא בגובה של 1,000-2,000 מ'. בבתי גידול בגובה נמוך, מין זה מעורב עם אורן קפריסאי (*Pinus brutia*), ואילו בבתי הגידול הגבוהים יחסית הוא מעורב עם אורן שחור (*Pinus nigra*) ואשוח קיליקי (*Abies cilicica*) (Boydak & Calikoglu מצוטטים ב-Kavgaci & Carmi, 2012). ארז הלבנון גדל בהרי הטאורוס, בעיקר על מסלע של אבן גיר קארסטית עם כיסי קרקע עמוקים בסלע (Kavgaci et al., 2010). כמות המשקעים השנתית בבתי גידולו היא 600-1,200 מ"מ, ואין בהם גשמי קיץ (Atalay, 1990).

לארזים ישנה יכולת יוצאת דופן להסתגל למגוון של תנאים אקולוגיים. בשל תכונה זו, הארזים ניטעו בהצלחה בהרבה ארצות שמחוץ לתחום התפוצה הטבעית שלהם, בין אם למטרות ייעור ובין אם לגינון ולנוי (Renau-Morata et al., 2005). מאותה סיבה, עצי ארז הלבנון ניטעו לשם שיקום יערות מנוונים בתורכיה, גם מחוץ לתחום התפוצה הטבעי של המין (Boydak, 2003; Boydak & Calikoglu, 2008). על אף שבתרחיש של ההתחממות העולמית צפוי, שטח היערות הטבעיים של ארז אטלנטי שבהרי האטלס יצטמצם במידה רבה, הרי שארז אטלנטי ממקורות זרעים צרפתיים וארז הלבנון ממקורות זרעים ממזרח הרי הטאורוס שבתורכיה, עשויים להתאים לנטיעה בחגורת היער של האשוחית בדרום אירופה ובמרכזה, הצפויה להיות יותר יובשנית, בהתאם לאותו תרחיש של התחממות עולמית (Bariteau & Vauthier, 2007a).

החשיבות הרבה המוקנית לעץ הארז בתרבויות של ארצות הים התיכון, שבהן הוא גדל באופן טבעי, אינה עומדת ביחס ישר להיקף תפוצתו. באף אחת מארצות אלו הוא אינו מהווה מין יער עיקרי, והיקף שטחי יערות הארז בהן מגיע לכל היותר ל-0.2-2.4 אחוז מסך כל שטח היער (טבלה 1).

ארז אטלנטי הובא לאירופה, בעיקר לצרפת ובמידה פחותה לאיטליה, למטרות ייעור במחצית השנייה של המאה ה-19. הוא התבסס במקומות שבהם ניטע ומתחדש בהם באופן טבעי, ואף התפשט לשטחים חדשים (Tissier du Cros et al., 2004; Fusaro, 2007). במהלך המאה ה-20 התרחבו

חשוב לאוכלוסייה הכפרית שבהרי האטלס (Benchekroun מצוטט ב-Renau-Morata et al., 2005). רעיית יתר וזיקוק של שמן (Tar oil) מעצת עצי הארז הגבירו את דלדול היערות של מין זה במרוקו. בעשורים האחרונים התעורר איום חדש על יערות הארז האטלנטי שבהרי האטלס, וזאת עקב רצף של שנות בצורת באלג'יריה, שגרם לתמותה בהיקף נרחב של עצי ארז אטלנטי, עד 95% בעומדים מסוימים (Kherchouche et al., 2012). תמותה כזו של עצי ארז אטלנטי בעקבות בצורות ממושכות נצפתה גם בעבר, אך במחצית השנייה של המאה ה-20 גברה התכיפות והחומרה של הבצורות. הפגיעה בעומדי הארז באזור הצחיח למחצה, הקרוב יותר למדבר סהרה, הייתה קשה במידה רבה מזו שחלה בהרי האטלס הקרובים יותר לים התיכון, שבהם האקלים לח יותר (Allen et al., 2010). Linares וחוב' (2011) מצאו, החל ב-1980, ירידה עקבית בהתפתחות עצי הארז ועלייה ברגישותם ליובש בכל האתרים שנבחנו במרוקו. שיעורי התמותה בעקבות הירידה בכמות המשקעים היו גבוהים יותר בעומדים בגובה נמוך, שבהם כמות המשקעים נמוכה יחסית. החוקרים סבורים, שעומדים של ארז אטלנטי, הנתונים בעקת יובש מתמשכת, בשילוב עם רעיית יתר וכריתה, יפנו את מקומם בהדרגה ליערות הנשלטים על ידי מינים עמידים יותר ליובש, כמו אלון (*Quercus rotundifolia*). לדעתם של Linares וחוב' (2013), הירידה בהתפתחות של הארז האטלנטי במרוקו נובעת גם מהעלייה בטמפרטורה מאז 1970. הם מצאו, שעצי ארז מבוגרים (מעל גיל 150 שנה) רגישים יחסית לעקת חום.

טבלה 1: תפוצת יערות הארז במדינות הים התיכון.

ארץ	מין	שטח בקמ"ר	אחוז מסך כל שטח היער במדינה	אחוז משטח יער הארז הקדום*	הערות
מרוקו	ארז אטלנטי	1,320	2.3	30	מרבית הצמצום חל בין 1940-1980
אלג'יריה	ארז אטלנטי	250	1.3		
תורכיה	ארז הלבנון	3,245	1.5	50	66% משטח יערות הארז מקורו במבצע שיקום מלאכותי, שהחל ב-1984 (60% בנטיעה ו-40% באמצעות זריעה ישירה)
סוריה	ארז הלבנון	200	2.4		מרבית יער הארז המקורי הוכחד
לבנון	ארז הלבנון	17	0.7	0.35	
קפריסין	ארז ברויפוליה	7	0.2		
מדינות דרום-מערב אירופה	בעיקר ארז אטלנטי ומעט מאוד ארז הימלאי	300-200			לא היה יער טבעי של ארז
ישראל	מיני ארז שונים	2	0.2		לא היה יער טבעי של ארז

* לפני שהחלו השפעות האדם.

ויץ (1968) ובונה (1991) תיארו את הפגיעה הקשה בעצי אורן בעקבות סופות שלגים שפקדו את יערות הקק"ל וציינו את העמידות היחסית של עצי הארז לנזקי השלגים. בונה המליץ להרחיב את שטחי נטיעות הארזים בישראל עד ל-5% משטח היער, וזאת בבתי גידול איכותיים, שבהם כמות המשקעים השנתית עולה על 500 מ"מ. בונה, שהיה אז מנהל המחלקה ליערות, מחקר ופיתוח ולימים מנהל מרחב צפון ועתה המדען הראשי של הקק"ל, הציע לנטוע את הארזים גם בתערובת עם מינים אחרים וגם בחלקות טהורות. הוא המליץ לגדל שתילי ארז במצעים מאווררים, במיכלים בנפח של 650 סמ"ק ובתוספת דשן בשחרור איטי, על מנת להתגבר על הבעיות שהיו קיימות במשך שנים רבות בייצור שתילי ארזים, אשר הגבילו את היקף נטיעתם. כמו כן, בונה הציע להקים חלקות אקלום לבחינת התאמתם לתנאי הארץ של מקורות זרעים שונים של מיני הארז.

קריסת חלקות אורן ירושלים בהרים הגבוהים בגליל ובאזור ירושלים, בסופות השלגים של 1991/2, יצרה הזדמנות לחדשן גם עם מיני ארז העמידים לנזקי שלג. באותה תקופה כבר התגבשו שיטות גידול במשתלה, שאפשרו ייצור שתילי ארז איכותיים בהיקף גדול. מאז 1992 ניטעו בגליל, במסגרת שיקום היערות, שנפגעו בסופות השלגים, ובשטחי נטיעה חדשים, מעל ל-100 עומדים של ארזים, אשר בחלקם מעורבים עם מינים נוספים. בגליל וברמת הגולן מצויים בסך הכול 139 עומדים של ארזים ובאזור הרי ירושלים 11 עומדים נוספים, בשטח כולל של כ-4,000 דונם, מהם כ-2,200 דונם הם שטחים טהורים של ארזים.

גידול במשתלה ונטיעה של שתילי ארז

עד 1990 היה נהוג לגדל שתילי ארז במשתלות הקק"ל בקרקע חקלאית, שעורבבה, לעתים, עם 10% קרקע שמקורה ביער, בשקיות פלסטיק בנפח של 2-4 ליטר. המצע הכבד גרם לקצב גידול איטי, ונדרשו שנתיים עד שלוש שנים עד לקבלת שתיל ראוי לנטיעה.

בתחילת שנות ה-90 (של המאה הקודמת) גידול השתילים במשתלות נעשה במצע מאוורר, שהרכבו היה 35% כבול, 25% פרליט, 20% מפרדה ו-20% חול, בנפח שקיות של 0.5 ליטר. בתנאים אלה, שתילי הארז עדיין סבלו מבעיות הזנה, שהתבטאו בהצבת מחטים (כלרוזה) לקראת סוף עונת הגידול במשתלה. סיאקי (1998) בדק את ההשפעה של מספר גורמים, כמו הרכב המצע, סוג מיכל הגידול (בנפח אחיד של 700 סמ"ק), סוג הדשן ורמת ה-pH של המצע על התפתחות שתילים של מספר מינים בעייתיים, ביניהם שתילי ארז. תוצאות הניסויים הראו, ששתילי ארזי אטלנטי מתפתחים היטב במצע של כבול: פרליט ביחס של 30:70 וגם בקוקוס נקי (קליפות קוקוס שטופות ומרוסקות) בתוספת של שלושה

הנטיעות של ארזי אטלנטי למדינות נוספות, כמו פורטוגל (Carvalho et al., 2007), בולגריה (Tsanov et al., 1990) ואף אירן (Poormadjidian & Tabari, 2007). שטח יערות הארז הנטועים בארצות דרום-מערב אירופה, שבהן הארז הוא מין מאוקלם, מוערך ב-200-300 קמ"ר (Brunetti et al., 2001).

שרידי יערות הארזים בארצות שבהן הם גדלים באופן טבעי משמשים כיום, במידה רבה, משאב לתיירות טבע (Michelin Travel, n.d.; Maktabi, 2011). גם בארצות שבהן ניטעו ארזים כמין מאוקלם, החורשות שלהם משמשות למטרות של נופש ותיירות (Vaucluse Tourism in Provence, n.d.).

ארזים בישראל

נטיעה של עצי ארז בארץ ישראל החלה כבר במחצית השנייה של המאה ה-19, בעין כרם שליד ירושלים (בולוטין, 1965). בולוטין, שהיה עובד אגף הייעור של הקק"ל, מציג במאמרו "סקר ארזים בסביבות ירושלים" רישום מפורט של 51 עצי ארזי מינים שונים, שגובהם מעל חמישה מ', שגדלו בירושלים ובסביבותיה, ומערך שבין 1955-1965 ניטעו כ-500 עצי ארז נוספים. חת (1966) תיארו את התפתחות עצי ארזי הלבנון בגן הבוטני שבהר הצופים. בהר (1974) הביע פליאה, שעץ הארז לא תפס מקום ראוי הן ביערות ובחורשות והן בגינות ובנוי בישראל. הוא תיארו נטיעות נוספות של ארזים באזור ירושלים והתייחס גם לנטיעות ארזים בגליל, שהחלו ביער בירייה ב-1959, בנטיעה של עצי ארזי אטלנטי מעל לעין גוזי. בהר ציין, שנכון לשנת 1974, היו נטועים בגליל כ-5,000 עצי ארז, רובם ככולם ארזי אטלנטי.

אשבל (1987) קבע בצער, שלאחר 50 שנות פעילות של ייעור בארץ, לא הצלחנו לנטוע אפילו כמה אלפי דונם של יערות ארז. אשבל, שהיה מנהל המדרשה הגלילית של קק"ל בצפת ולפני כן מנהל חבל הייעור בצפון, ראה בחזונו נטיעה של תל אחד או שניים בגולן במינים שונים של ארז. לדעתו, על סמך הניסיון שהצטבר, שטחים רבים המצויים בתחום המרחבים צפון ומרכז של היום, מתאימים ליערות ארז, בייחוד ארזי אטלנטי וארזי הימלאי. הוא תלה את הכישלון בהרחבת נטיעות הארזים בבעיות מקצועיות של ייצור שתילים בכמות הדרושה. זקס (1987), במענה לאשבל, ציין את התפקיד שיכולים למלא עצי ארזי ביצירת קווי חיץ מוצלים לשם בלימה ועיכוב התפשטותן של שרפות יער, וזאת בשל דליקותם הנמוכה, בהשוואה לעצי אורן ואלון. זקס, שהיה בזמנו מנהל המחלקה ליערות, מחקר ופיתוח ולימים מנהל אגף הייעור בקק"ל, המליץ לנטוע את הארזים בהתאמה לתנאי הקרקע והסביבה, ולקחת בחשבון את קצב ההתפתחות האיטי שלהם בשנים הראשונות, בהשוואה למיני מחטניים אחרים הנפוצים בנטיעות בארץ.

וקרקע רגילה, הראו יתרון מובהק בהשרדות ובגדילה לגובה שמונה שנים לאחר הנטיעה, בהשוואה לשתיים ערומי שורש (Cengiz מצוטט ב-Boydak & Calikoglu, 2008). המחברים Boydak & Calikoglu (2008) הציעו להשתמש בגידול שתילי ארז הלבנון גם במיכלים מסוג Spencer-Lemair Rootainers בנפחים של 400 ו-800 סמ"ק, כפי שהציע Piotto (1990) לגבי גידול שתילי ארז אטלנטי. הם מציעים לא להשתמש בכבול נקי בלבד כמצע גידול במיכלים אלה, אלא בתערובת של כבול עם קומפוסט.

חוקר אחר, Semerci (2005), מצא שלגובה ובמיוחד לקוטר הבסיס של שתילי ארז דו-שנתיים יש השפעה מובהקת על ההתפתחות לגובה של השתילים חמש שנים לאחר הנטיעה. הוא המליץ לנטוע שתילים דו-שנתיים בעלי קוטר גדול, המסוגלים להתמודד עם צמחייה מתחרה ולהתפתח מהר יותר משתילים קטנים. כדי לייצר שתילי ארז איכותיים כאלה, בעלי קוטר גדול, הוא הציע, בין השאר, להגדיל את מרווחי הגידול בין השתילים במשתלה. Eler (מצוטט ב-Semerci, 2005) המליץ על נטיעת שתילי ארז לבנון דו-שנתיים שגובהם < 24 ס"מ וקוטר צוואר השורש שלהם < 6 מ"מ.

השפעת תנאי בית הגידול בארץ על התפתחות עצי ארז

בראשית שנות ה-80 (של המאה הקודמת) החלו להגיע דיווחים על הצהבה, התנוונות ואף תמותה של עצי ארז שניטעו ביער בירייה. מדר (2008) אפיין שני סוגים של התנוונות ותמותה של עצי ארז: האחד, התנוונות הדרגתית המלווה בהצהבת מחטים (כלורוזה), אשר מופיעה בעיקר בקרקעות גיריות וגורמת לפיגור בהתפתחות העצים עד לתמותתם; השני, תמותה מהירה, המתבטאת בהחמת המחטים והתייבשות העץ כולו, ונובעת, ככל הנראה, מיובש בקרקע בחודשי הקיץ.

השפעת תנאי בית הגידול על הגובה והקוטר של עצי ארז נבחנה ב-80 עומדים של ארזים, שניטעו החל מסוף שנות ה-50 בצפון הארץ. בכל עומד נרשמו נתונים, כמו גיל, סוג הקרקע/סלע ומידת הגיריות, גובה טופוגרפי וכמות המשקעים. נתוני הגובה והקוטר הממוצע בכל עומד חושבו במשותף בחלקות של ארז אטלנטי וארז הלבנון, ביניהם יש קושי להבדיל, ובנפרד לארז הימלאי, שניטע בקרקעות דלות בגיר וטווח הגילים שלו היה 17-38 שנה. ניתוח תוצאות ההתפתחות בגובה ובקוטר הגזע בגובה החזה, בכל אחד מהעומדים ביחס לגילם, שבוצע באמצעות רגרסיות לוגריתמיות, הראה:

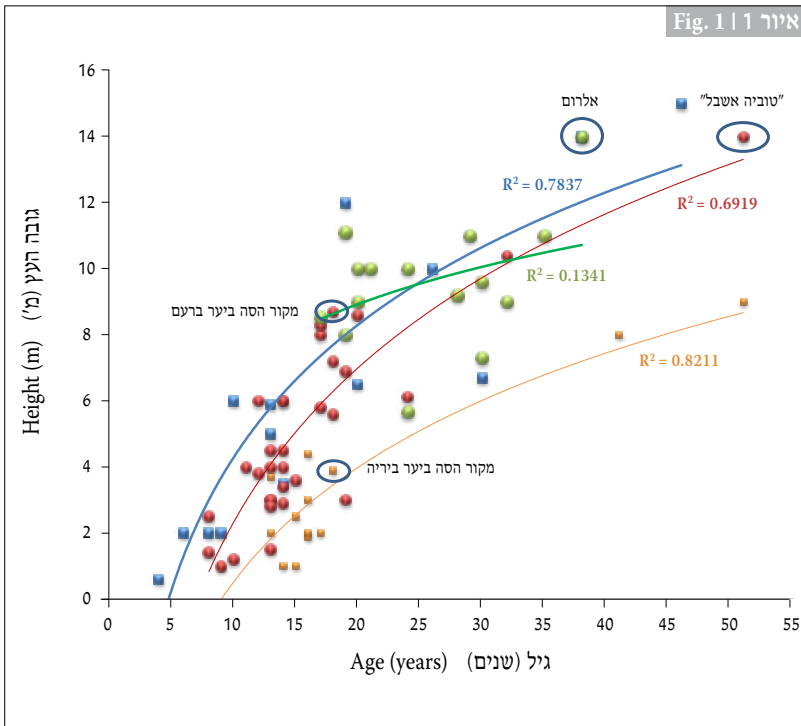
א. הגובה וקוטר הגזע של ארז אטלנטי וארז הלבנון בקרקעות דלות בגיר (טרה רוסה, רנדזינה חומה וגרומוסול בזלתי) עלו באופן מובהק ($P < 0.05$) על אלה שנמדדו

גר' לליטר מצע של דשן בשחרור איטי – אוסמוקוט, שמשך פעולתו שמונה עד תשעה חודשים. החמצת המצע ושמירת ה-pH בסביבות 6 הייתה חיונית להתפתחות מיטבית של השתילים.

גידול שתילי ארז נעשה כיום בעיקר במיכלים בנפח של 1.5 ליטר (QuickPot 6), במצע המכיל כבול לבן (קלסמן 604) כרכיב עיקרי בתוספת של ארבעה גר' לליטר מצע של אוסמוקוט שמשך פעולתו שמונה עד תשעה חודשים. בשיטה זו ניתן לקבל כבר בתום עונת גידול אחת שתילים מתאימים לנטיעה, בגובה של 30-40 ס"מ ובקוטר של 1 ס"מ בבסיסם. שתילים פחות מפותחים מושארים במשתלה לעונת גידול נוספת, שבסופה הם מגיעים לגובה של 60-80 ס"מ ולקוטר של עד 1.5 ס"מ. בסוף עונת הגידול הראשונה ובמהלך עונת הגידול השנייה יכולה להופיע כלורוזה בעלוות השתילים, שהיא ביטוי להתפתחות בעיות בהזנה של השתילים. ניתן להתגבר על בעיות אלה על ידי תוספת דשן דרך מערכת ההשקיה (שפר 737), שמירה על pH חומצי של מצע הגידול (5.5-6.5) וריסוס עלויתי בתכשירי ברזל, ככל הנדרש.

נטיעת שתילי ארז גדולים יחסית מצריכה שלוש עד חמש השקיות עזר בשנה הראשונה, על מנת להבטיח את הישרדות השתילים והמשך התפתחותם. ברוב השטחים, שבהם ניטעים ארזים, אשר קרובים למערכות מים חקלאיות, נוהג להתקין מערכות השקיה בטפטוף. התקנת מערכת השקיה מייקרת את סך כל ההוצאה על הנטיעה בכ-30%, אך מאפשרת הקטנת צפיפות הנטיעה מ-110 שתילים לדונם (מרחקים של 3×3 מ') ל-63 שתילים לדונם (מרחקים של 4×4 מ'). כמו כן, מערכת השקיה קבועה מאפשרת את הארכת תקופת השקיית העזר לשלוש עד חמש שנים, עד ששתילי הארז מפותחים דיים לעמוד בפני רעייה. ההשקיה מאפשרת להתגבר במידה רבה על קצב הגידול האיטי, המאפיין באופן טבעי את שתילי הארז בארבע עד שש השנים הראשונות, שרק לאחריהן הוא מתגבר (Boydak & Calikoglu, 2008).

ההיקף הגדול של שיקום ונטיעת יערות של ארז הלבנון בתורכיה הביא לפיתוח מספר שיטות להשגת המטרה. זריעה ישירה מתאימה בעיקר לשיקום יערות ארז הלבנון באזורים המאופיינים בקרקע טרה רוסה על מסלע גיר קרסטי (Boydak, 2003; 2007). זוהי שיטה זולה יחסית והיא מיושמת ב-40% מהשטחים (Boydak & Calikoglu, 2008). בנטיעה של שתילי ארז בבתי גידול איכותיים ולחים משתמשים בשתילים ערומי שורש, בעיקר שתילים דו-שנתיים, ואילו בבתי גידול קשים ויובשניים, במיוחד כאלה שמחוץ לתחום הגידול הטבעי של המין, נוטעים שתילים דו-שנתיים ואף תלת-שנתיים, שגודלו במשתלה במיכלים. שתילי ארז בני שנתיים ושלוש שנים, שגודלו בשקיות פלסטיק בנפח של 3.6 ליטר, במצע המורכב מחלקים שווים של חול, קרקע יער

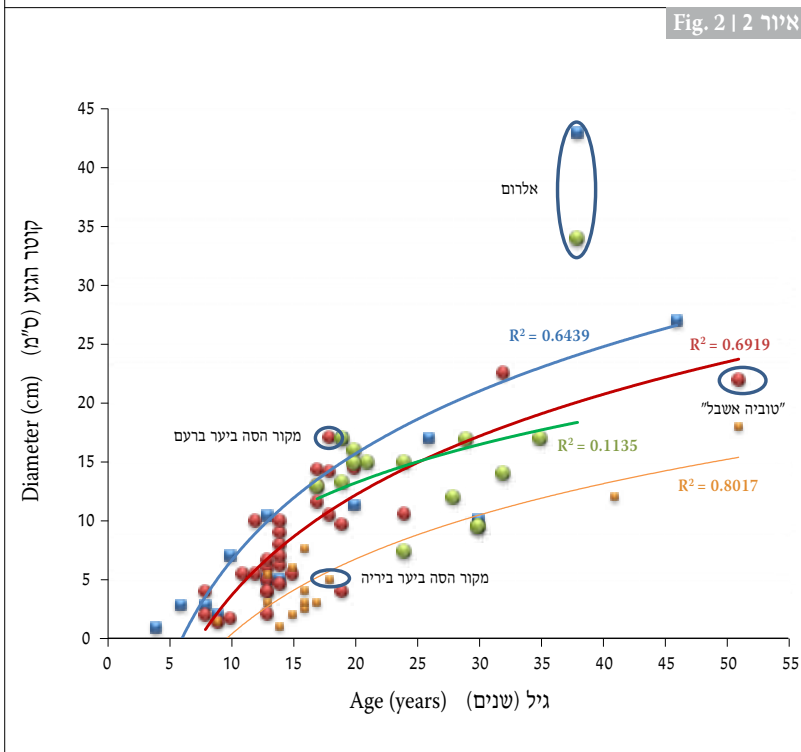


איור 1 | Fig. 1

מקרא:

- ארוז אטלנטי וארוז הלבנון בגיר נמוך ומשקעים מעל 800 מ"מ
- ארוז אטלנטי וארוז הלבנון בגיר נמוך ומשקעים של 500-800 מ"מ
- ארוז אטלנטי וארוז הלבנון בגיר גבוה ומשקעים של 500-800 מ"מ
- ארוז הימלאי בגיר נמוך בכל רמות המשקעים

Legend: *C. libani* and *C. atlantica* with low lime content (>800 mm) ■
C. libani and *C. atlantica* with low lime content (500-800 mm) ●
C. libani and *C. atlantica* with high lime content (500-800 mm) ■
C. deodara with low lime content (all rainfall levels) ●



איור 2 | Fig. 2

מקרא:

- ארוז אטלנטי וארוז הלבנון בגיר נמוך ומשקעים מעל 800 מ"מ
- ארוז אטלנטי וארוז הלבנון בגיר נמוך ומשקעים של 500-800 מ"מ
- ארוז אטלנטי וארוז הלבנון בגיר גבוה ומשקעים של 500-800 מ"מ
- ארוז הימלאי בגיר נמוך בכל רמות המשקעים

Legend: *C. libani* and *C. atlantica* with low lime content (>800 mm) ■
C. libani and *C. atlantica* with low lime content (500-800 mm) ●
C. libani and *C. atlantica* with high lime content (500-800 mm) ■
C. deodara with low lime content (all rainfall levels) ●

בקרקות רנדזינה בהירה עשירות בגיר (איורים 1 ו-2). תוצאה זו התקבלה במבחן T לאחר שבוצעה טרנספורמציה לוגריתמית בסדרות הנתונים של הגובה וקוטר הגזע בשני סוגי הקרקע. תכולת גיר גבוהה, היא לפיכך, גורם מגביל חשוב להתפתחות ארזים בתנאי הארץ.

לשם המחשה, סומנו באיורים העומד הוותיק ביותר ביער בידיה, הקרוי על שם טוביה אשבל, העומד בארץ שבו התפתחות הארזים הייתה הרבה ביותר ביער אלרום, וכן המקור המצטיין של ארוז הלבנון מתורכיה, "הסה", ביער ברעם, בקרקע דלה בגיר וביער בידיה בקרקע גירית.

ב. ההתפתחות בגובה של ארוז הימלאי הייתה מהירה יותר מזו של ארוז אטלנטי וארוז הלבנון עד גיל 25. מעל גיל 30, הגובה של ארוז אטלנטי וארוז הלבנון בקרקעות דלות בגיר עלה על זה של ארוז הימלאי, שכאמור נטוע בקרקעות דלות בגיר בלבד, בכל רמות המשקעים (איור 1).

ג. קיים יתרון מסוים בגובה ובקוטר הגזע של ארוז הלבנון וארוז אטלנטי בחלקות שבהן כמות המשקעים השנתית עולה על 800 מ"מ, בהשוואה לחלקות שבהן כמות המשקעים היא 500-800 מ"מ (איורים 1 ו-2) אך יתרון זה אינו מובהק.

ד. קוטר הגזע של ארוז הימלאי היה קטן מזה של ארוז הלבנון וארוז אטלנטי ברמת המשקעים הנמוכה מגיל 30 ומעלה, וברמת המשקעים הגבוהה בכל טווח הגילים הקיים לגבי ארוז הימלאי (איור 2).

גם בתורכיה ניטעו חלקות ניסוי, שמהן אפשר ללמוד על ההתאמה של ארוז הלבנון לניטעה במגוון של בתי גידול (Semerci, 2005). ברוב אתרי הניסוי האלה בתורכיה כמות המשקעים השנתית נמוכה אף מ-500 מ"מ, הסף התחתון המומלץ לניטעת ארזים בישראל. הבחינה התקיימה כחלק

איור 1. הגובה של עצי ארוז הלבנון וארוז אטלנטי ביחס לגילם, גיריות הקרקע (גבוהה ונמוכה) ורמת המשקעים השנתית (500-800 מ"מ ו-800 מ"מ), בהשוואה לגובה של ארוז הימלאי ברמת גיר נמוכה בלבד ובכל רמות הגשם.

Fig. 1. *Cedrus libani* and *C. atlantica* height as related to their age, soil lime content (high and low) and amount of precipitation (500-800 mm and >800 mm), as compared to *C. deodara* in low soil lime content and precipitation >500 mm.

איור 2. קוטר הגזע של עצי ארוז הלבנון וארוז אטלנטי ביחס לגילם, גיריות הקרקע (גבוהה ונמוכה) ורמת המשקעים השנתית (500-800 מ"מ ו-800 מ"מ), בהשוואה לקוטר הגזע של ארוז הימלאי בגיר נמוך ורמת משקעים <500 מ"מ.

Fig. 2. *Cedrus libani* and *C. atlantica* stem diameter as related to their age, soil lime content (high and low) and amount of precipitation (500-800 mm and >800 mm), as compared to *C. deodara* in low soil lime content and precipitation >500 mm.

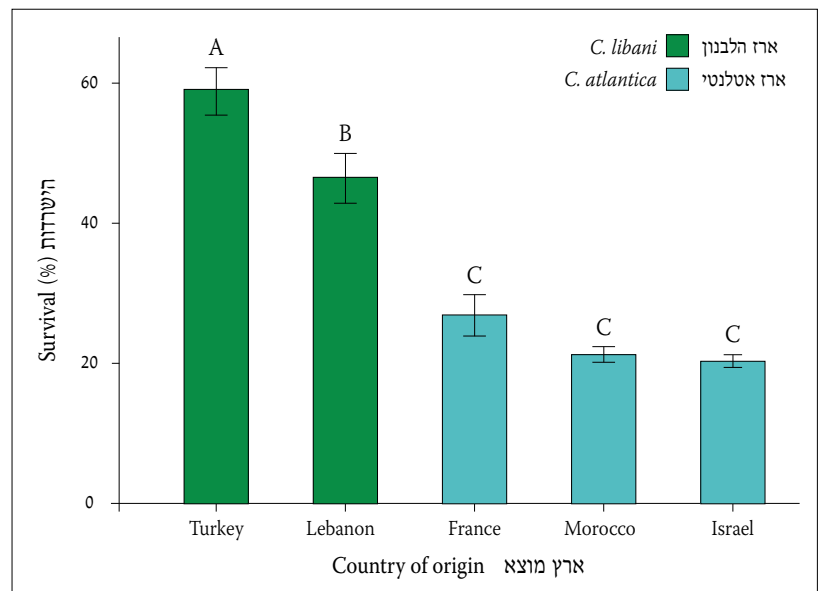
השוואת ההישרדות וההתפתחות של מקורות זרעים שונים של ארז הלבנון וארז אטלנטי בישראל

הנטיעה של עצי ארז, במיוחד ארז אטלנטי, בארצות שמחוץ לתחום התפוצה הטבעי שלהם, לוותה בהקמת חלקות אקלום, שמטרתן הייתה למצוא את מקורות הזרעים המתאימים ביותר למגוון של בתי גידול. בשנות ה-70 וה-80 (של המאה הקודמת) נבחנו בצרפת ובאיטליה בעיקר מקורות זרעים שונים של ארז אטלנטי (Bariteau & Vauthier, 2007b; Fusaro, 2007). חוקרים אלה דיווחו על הקמת חלקות אקלום נוספות, תחת המטרייה של *Silva Mediterranea*, בשנים 1993 בצרפת ו-1994 באיטליה, במטרה לבחון את ההישרדות וההתפתחות של מקורות זרעים שונים של ארז הלבנון מתורכיה ומלבנון, בהשוואה למקורות הטובים ביותר של ארז אטלנטי ממרוקו ומצרפת. אגף הייעור של קק"ל חבר ליוזמה זו, ובשנת 1995 הוקמו בארץ שתי חלקות אקלום, האחת ביער ברעם (חוות מתיתיהו), המצויה בגובה של 675 מ' ומאופיינת בכמות משקעים שנתית של 750 מ"מ ובקרקע טרה רוסה, והשנייה ביער בירייה, המצויה בגובה של 780 מ', ומאופיינת בכמות משקעים של 725 מ"מ ובקרקע רנדזינה בהירה גירית. בחלקות האקלום נבחנו המקורות הבאים: 20 מקורות של ארז אטלנטי ממרוקו, חמישה מצרפת ואחד מישראל (הזרעים מצרפת ומישראל נאספו מעצים מצטיינים בעומדים נטועים), חמישה מקורות של ארז הלבנון מתורכיה ושלושה מלבנון. הזרעים לניסוי סופקו על ידי Bariteau, שעמד בראש קבוצת העבודה של משאבים גנטיים של היער (Forest Genetic Resources) של *Silva Mediterranea*. כמו כן, הושגו זרעים של ארז הלבנון מתורכיה, מאתר הסה (Hassa) שבהרי אמנוס במחוז אנטקיה, באמצעות קשרים ישירים שנוצרו אז עם שירות הייעור התורכי. באתר הסה, ארז הלבנון גדל החל מגובה של 400 מ', העומד הטבעי הנמוך ביותר של מין זה בתורכיה, ובשל כך הונח שהוא עשוי להתאים לייעור בישראל.

בדיקת ההבדל בשיעורי ההישרדות של כל המקורות של ארז הלבנון וארז אטלנטי בחלקת האקלום ביער ברעם, שהוקמה ב-1995, נעשתה בגיל 18, במבחן T למדגמים בלתי תלויים. שיעור ההישרדות הממוצע של כל המקורות של ארז לבנון (55%) היה גבוה באופן מובהק ($P < 0.05$) מזה של כל המקורות של ארז אטלנטי (22%) (איור 3). בחינת ההבדל בשיעור ההישרדות של הארזים על פי ארץ מוצא נעשתה בנייתוח שונות חד-כיוונית. נמצא, ששיעור ההישרדות של ארז הלבנון מתורכיה (58.8%) עלה באופן מובהק על זה של מקורות הזרעים משאר הארצות. ארז הלבנון מלבנון היה שני בדרוג, עם שיעור הישרדות של 46.5%, שהיה גבוה אף הוא באופן מובהק מאלה של המקורות של ארז אטלנטי מצרפת,

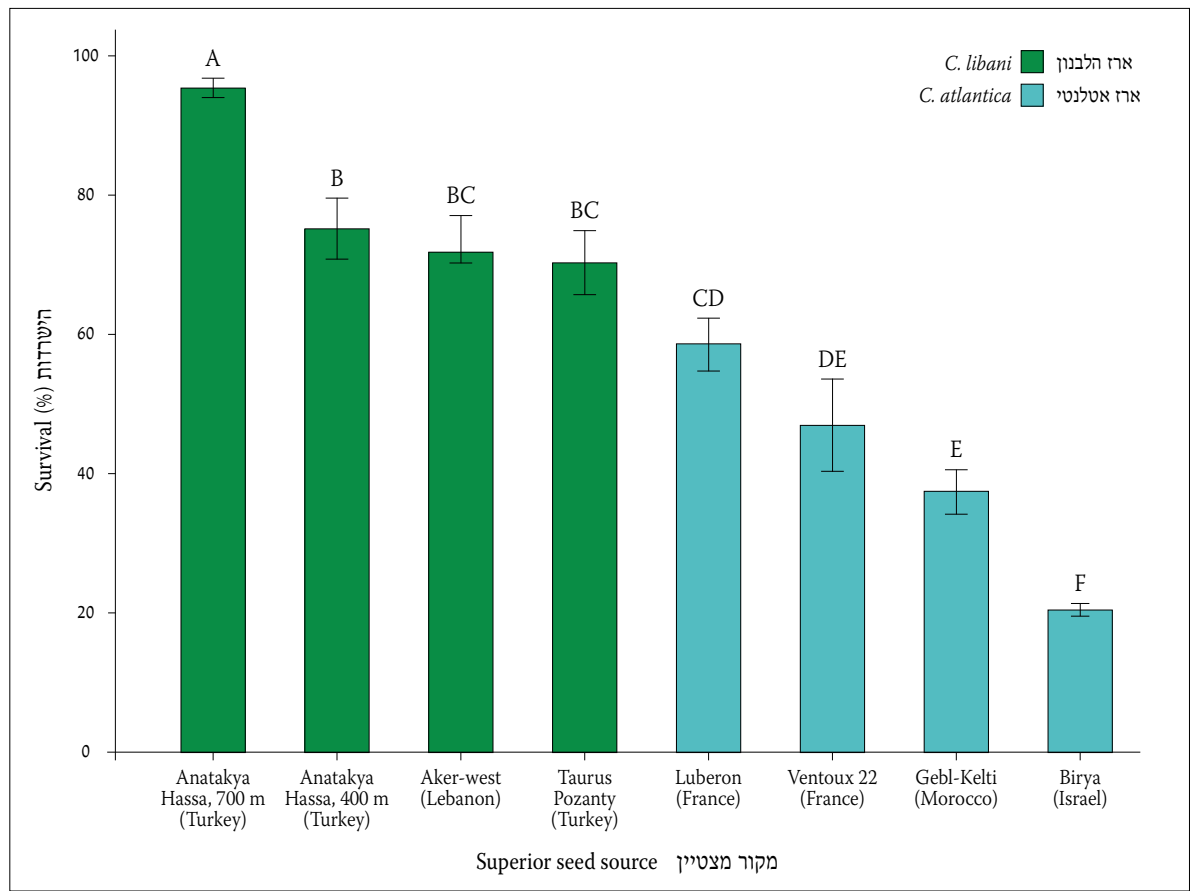
ממאמץ יוצא דופן, שבמהלכו ניטעו בתורכיה, בין השנים 1984-2006 יערות של ארז הלבנון בהיקף של 1.3 מיליון דונם, ועוד 860,000 דונם יוערו באמצעות זריעה ישירה, כאשר מחצית השטחים היו מחוץ לתחום הגידול הטבעי של ארז הלבנון בתורכיה (Boydak & Calikoglu, 2008).

Semerçi (2005) בחן את שיעורי הקליטה וההתפתחות לגובה של שתילי ארז לבנון דו-שנתיים ואת התאמתם לשלושה בתי גידול צחיחים למחצה במרכז אנטוליה, מחוץ לתחום הגידול הטבעי של המין, כמפורט להלן: Ankara (גובה – 1,450 מ', משקעים – 442 מ"מ); Eskişehir (גובה – 1,100 מ', משקעים – 383 מ"מ) ו-Konya (גובה – 1,450 מ', משקעים – 292 מ"מ). תוצאות הניסוי הראו, שב-Ankara וב-Eskişehir שיעור ההישרדות לאחר חמש שנים היה 84% ו-78% בהתאמה, שהיה גבוה באופן מובהק מההישרדות ב-Konya (55%). מסקנתו הייתה, שארז הלבנון יכול להתאים לתנאים הצחיחים למחצה של מרכז אנטוליה, אך לא מומלץ לנטוע אותו בבתי גידול יובשניים, כמו אלה המצויים באזור Konya. כמו כן, כאשר הארז ניטע באזורים שמחוץ לתחום התפוצה הטבעי שלו, מומלץ לנטוע אותו במפנים צפוניים, שבהם ישנה יותר לחות בקרקע ופחות קרינת שמש ישירה, ולהימנע מנטיעה בקרקעות כבדות ולא מנוקזות.



איור 3. שיעור ההישרדות של מקורות זרעים שונים של ארז הלבנון וארז אטלנטי מארצות מוצא שונות בחלקת האקלום ביער ברעם בגיל 18 שנים. אותיות שונות מציינות הבדלים מובהקים בין הארצות השונות ($P < 0.05$). הקווים האנכיים מציינים \pm שגיאת התקן של הממוצע.

Fig. 3. Survival rate of various seed sources of *C. libani* and *C. atlantica* from different countries of origin in Bar'am Forest experimental plot at age 18. Different letters represent significant difference between the countries ($P < 0.05$). Error bars indicate (\pm) SE of the mean.



איור 4. שיעור ההישרדות של מקורות הזרעים המצטיינים של ארז הלבנון וארז אטלנטי מארצות מוצא שונות בחלקת האקלום ביער ברעם בגיל 18. אותיות שונות מציינות הבדלים מובהקים בין מקורות הזרעים ($P < 0.05$). הקווים האנכיים מציינים \pm שגיאת התקן של הממוצע.

Fig. 4. Survival rate of superior *C. libani* and *C. atlantica* seed sources from different countries of origin in Bar'am Forest experimental plot at age 18. Different letters represent significant difference between seed sources ($P < 0.05$). Error bars indicate (\pm) SE of the mean.

הנמצאת בגובה של 780 מ', המאופיינת בכמות משקעים שנתית של 725 מ"מ וקרקע רנדזינה בהירה גירית ביותר על מסלע של קרטון חווארי, המקורות של ארז הלבנון מהסה ואלה של ארז אטלנטי מלוברון ומונטו (Ventoux 22) מצרפת, הם מקורות הזרעים היחידים ששרדו כעבור 18 שנים, דבר המעיד שוב על כושר ההישרדות הגבוה של המקורות מהסה גם בקרקעות גיריות. בחינת ההבדל בהתפתחות לגובה של הארזים על פי ארץ מוצא, בוצעה בניתוח שונות חד-כיווני. נמצא, שהגובה של עצי ארז הלבנון מתורכיה, בחלקה ביער ברעם בגיל 18, היה גבוה באופן מובהק ($P < 0.05$) מזה של שאר מקורות הזרעים (איור 5), ואילו קוטר הגזע שלהם היה גבוה באופן מובהק ($P < 0.05$) מזה של המקורות של ארז אטלנטי ממרוקו ומישראל וארז הלבנון מלבנון, אך לא מזה של ארז אטלנטי מצרפת (איור 6).

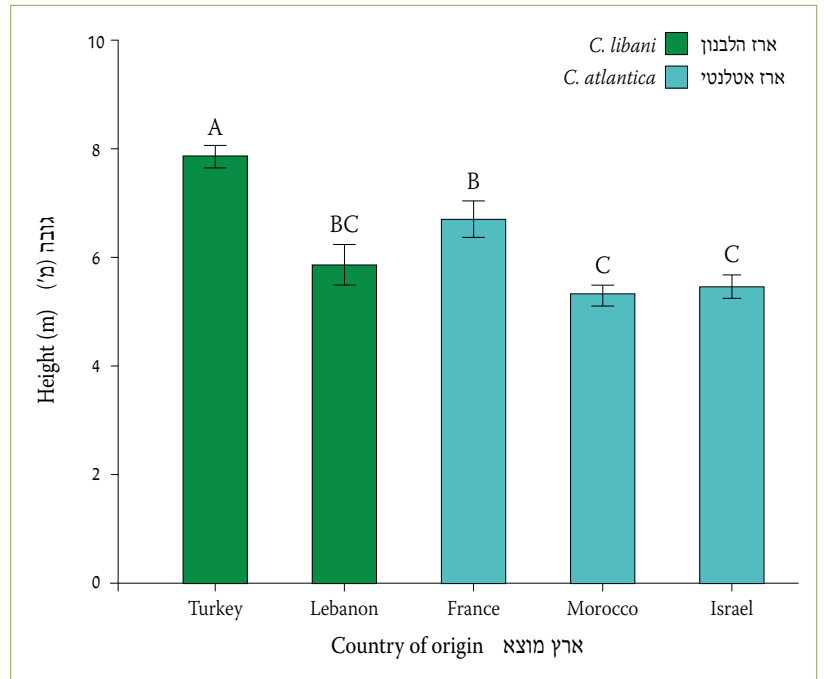
ממרוקו ומישראל, שלא נבדלו ביניהם באופן מובהק ושיעור ההישרדותם היה בטווח של 20-27 אחוז. בחינת ההבדל בשיעור ההישרדות של מקורות הזרעים המצטיינים בהתפתחות של הגובה וקוטר הגזע נעשתה בניתוח שונות חד-כיווני. נמצא, ששיעור ההישרדות של ארז הלבנון מאתר הסה שבהרי אמנוס בתורכיה, מגובה של 700 מ', היה הגבוה ביותר (95.2%), ועלה באופן מובהק על אלה של שאר המקורות המצטיינים (איור 4). שני בשיעור ההישרדות היה אף הוא מהסה, מגובה של 400 מ', שהיה גבוה באופן מובהק מכל המקורות המצטיינים של ארז אטלנטי, אך לא משאר המקורות המצטיינים של ארז הלבנון מפוזנטי ממזרח הרי הטאורוס בתורכיה ובאקר-מערב (Aker-west) מלבנון. שיעור ההישרדות של כל המקורות המצטיינים של ארז הלבנון עלה על 70%. המקור של ארז אטלנטי בעל שיעור ההישרדות הגבוה ביותר, מבין המקורות המצטיינים בהתפתחותם, היה זה של לוברון (Luberon) בצרפת (58.6%). מן הראוי לציין, שבחלקת האקלום המקבילה ביער בירייה,

העומד הטבעי של ארז הלבנון הגדל בגובה הטופוגרפי הנמוך ביותר, של 400-700 מ', נמצא בהסה (Hassa) שבהרי אמנוס בתורכיה

נבחנה ההתפתחות של מקורות הזרעים המצטיינים של ארז הלבנון מתורכיה ומלבנון והמקורות המצטיינים של ארז אטלנטי מצרפת, ממרוקו ומישראל (עצים מצטיינים מיער בירייה) במבחן שונות חד-כיווני. לגבי ההתפתחות לגובה, ארז הלבנון מהסה שבתורכיה, בגובה של 400 מ', הגיע לגובה של 8.6 מ', שעלה באופן מובהק ($P < 0.05$) על זה של ארז הלבנון מלבנון ועל ארז אטלנטי ממרוקו ומישראל (איור 7). המקור של ארז הלבנון מפוזנטי שבתורכיה, השני בטיבו בהתפתחות לגובה (8.2 מ'), נבדל באופן מובהק רק מהמקורות של ארז אטלנטי ממרוקו ומישראל, והמקור השלישי בטיבו של ארז הלבנון מהסה שבתורכיה, בגובה של 700 מ', נבדל באופן מובהק רק מזה של ארז אטלנטי ממרוקו. תמונה דומה נמצאה גם לגבי קוטר הגזע, כשהמקור של ארז הלבנון מהסה בגובה של 400 מ', הגיע לקוטר של 16.7 ס"מ, שנבדל באופן מובהק ($P < 0.05$) מזה של מקורות הזרעים של ארז אטלנטי ממרוקו ומישראל (איור 8). לא היו הבדלים מובהקים בגובה ובקוטר הגזע בין המקורות המצטיינים של ארז הלבנון מתורכיה לאלה של ארז אטלנטי מצרפת.

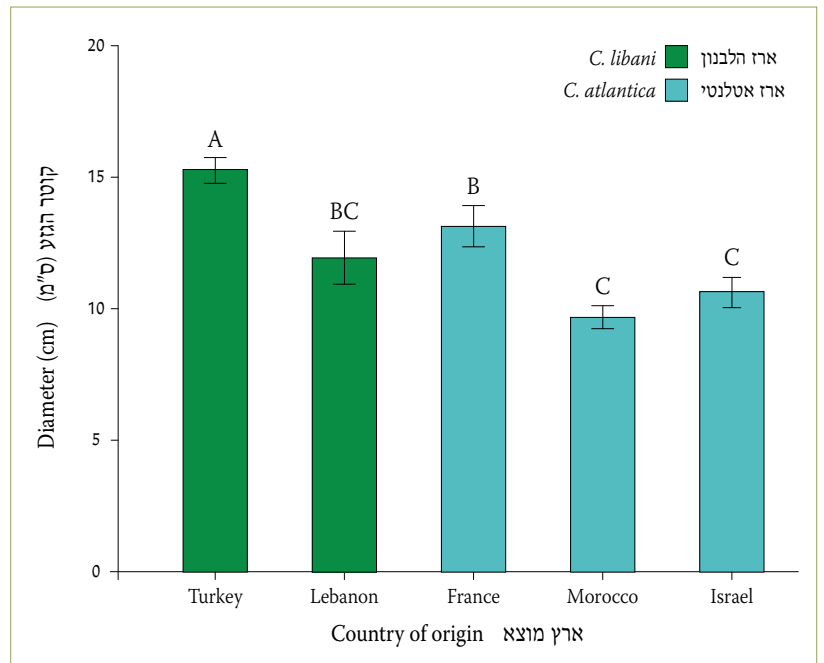
נערכה השוואה של ההתפתחות של מקורות הזרעים של ארז הלבנון מהסה שבתורכיה ומקורות הזרעים של ארז אטלנטי מלבורון וונטו שבצרפת בגיל 18. ההשוואה נערכה בשני אתרים, שבהם כמויות המשקעים דומות: בחלקת האקלום ביער ברעם, בקרקע טרה רוסה דלה בגיר, ובחלקת האקלום ביער בירייה, בקרקע רנדזינה בהירה עשירה בגיר. ההשוואה נערכה באמצעות מבחן T בלתי תלוי. לגבי ארז הלבנון מהסה (400-700 מ') נמצא, שהגובה (7.86 מ') וקוטר הגזע (15.4 ס"מ), בקרקע טרה רוסה ביער ברעם, עלו באופן מובהק ($P < 0.05$) על אלה שנמדדו בקרקע רנדזינה בהירה ביער בירייה, גובה של 4.44 מ' וקוטר של 6.2 ס"מ (איור 9 ואיורים 1 ו-2). בדומה לכך נמצא, שהגובה הממוצע (6.43 מ') והקוטר הממוצע (12.6 ס"מ), שנמדדו בארז אטלנטי מלבורון ומוונטו בקרקע דלה בגיר ביער ברעם, עלו באופן מובהק על אלה שנמדדו בקרקע עשירה בגיר ביער בירייה, גובה של 3.38 מ' ובקוטר גזע של 3.95 ס"מ (איור 9).

חוקרי היער Bariteau & Vauthier (2007a; 2007b) בחנו מקורות זרעים שונים של ארזים בחלקות אקלום בצרפת, שחלקן אופיינו על ידי קרקעות חומציות ואחרות על ידי קרקעות גיריות. הם מצאו, ששיעור ההישרדות בקרקעות הגיריות, 13 שנים לאחר הנטיעה, של שתילי ארז הלבנון, שמקורם היה במזרח הרי הטאורוס בתורכיה, היה 84-87 אחוז וגבוה יותר באופן משמעותי מזה של שתילי ארז אטלנטי מוונטו בצרפת (57%) ומארז הלבנון מ-Maasser Chouff בלבנון (45%). ההתפתחות לגובה של המקורות של ארז הלבנון שממזרח הרי הטאורוס בקרקעות הגיריות הייתה דומה לזו של ארז אטלנטי מוונטו, אך היא עלתה באופן מובהק על זו של ארז הלבנון מ-Maasser Chouff.



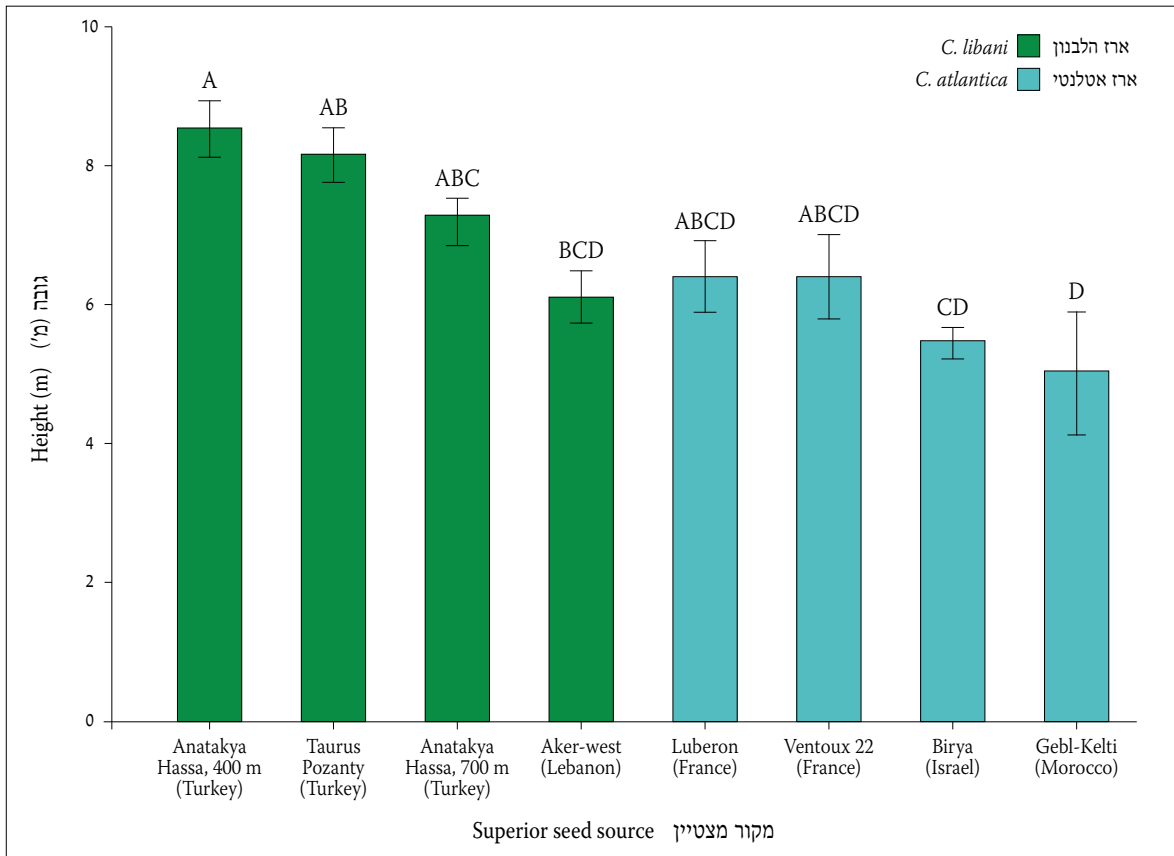
איור 5. הגובה של עצי ארז ממקורות זרעים מארצות מוצא שונות בחלקת האקלום ביער ברעם בגיל 18. אותיות שונות מציינות הבדלים מובהקים בין הארצות ($P < 0.05$). הקווים האנכיים מציינים \pm שגיאת התקן של הממוצע.

Fig. 5. The height of *C. libani* and *C. atlantica* from different countries of origin in Bar'am Forest experimental plot at age 18. Different letters represent significant difference between countries ($P < 0.05$). Error bars indicate (\pm) SE of the mean.



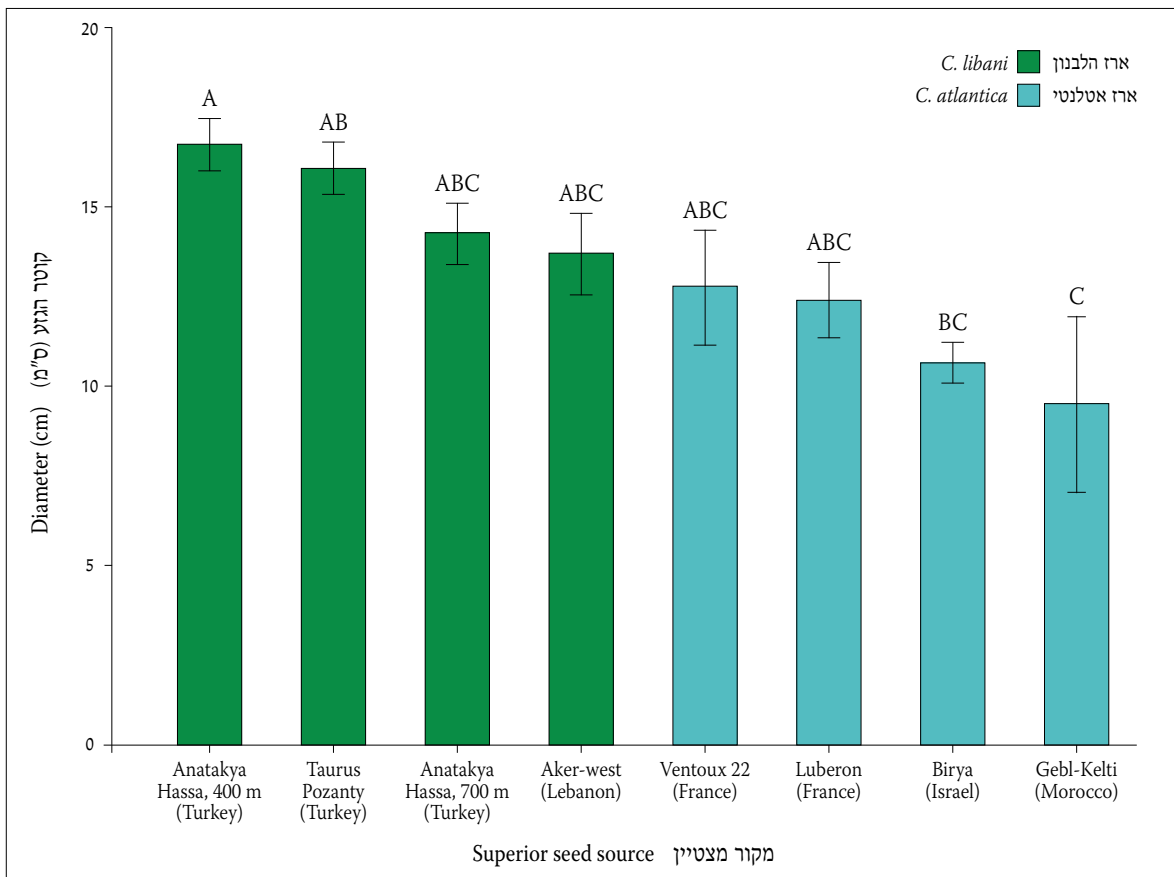
איור 6. הקוטר של עצי ארז ממקורות זרעים מארצות מוצא שונות בחלקת האקלום ביער ברעם בגיל 18. אותיות שונות מציינות הבדלים מובהקים בין הארצות ($P < 0.05$). הקווים האנכיים מציינים \pm שגיאת התקן של הממוצע.

Fig. 6. The stem diameter of *C. libani* and *C. atlantica* from different countries of origin in Bar'am Forest experimental plot at age 18. Different letters represent significant difference between countries ($P < 0.05$). Error bars indicate (\pm) SE of the mean.



איור 7. הגובה של מקורות הזרעים המצטיינים של ארז הלבנון וארז אטלנטי מארצות מוצא שונות בחלקת האקלום ביער ברעם בגיל 18. אותיות שונות מציינות הבדלים מובהקים בין מקורות הזרעים ($P < 0.05$). הקווים האנכיים מציינים \pm שגיאת התקן של הממוצע.

Fig. 7. The height of superior *C. libani* and *C. atlantica* seed sources from different countries of origin in Bar'am Forest experimental plot at age 18. Different letters represent significant difference between seed sources ($P < 0.05$). Error bars indicate (\pm) SE of the mean.



איור 8. קוטר הגזע של מקורות הזרעים המצטיינים של ארז הלבנון וארז אטלנטי מארצות מוצא שונות בחלקת האקלום ביער ברעם בגיל 18. אותיות שונות מציינות הבדלים מובהקים בין מקורות הזרעים ($P < 0.05$). הקווים האנכיים מציינים \pm שגיאת התקן של הממוצע.

Fig. 8. The diameter of superior *C. libani* and *C. atlantica* seed sources from different countries of origin in Bar'am Forest experimental plot at age 18. Different letters represent significant difference between seed sources ($P < 0.05$). Error bars indicate (\pm) SE of the mean.

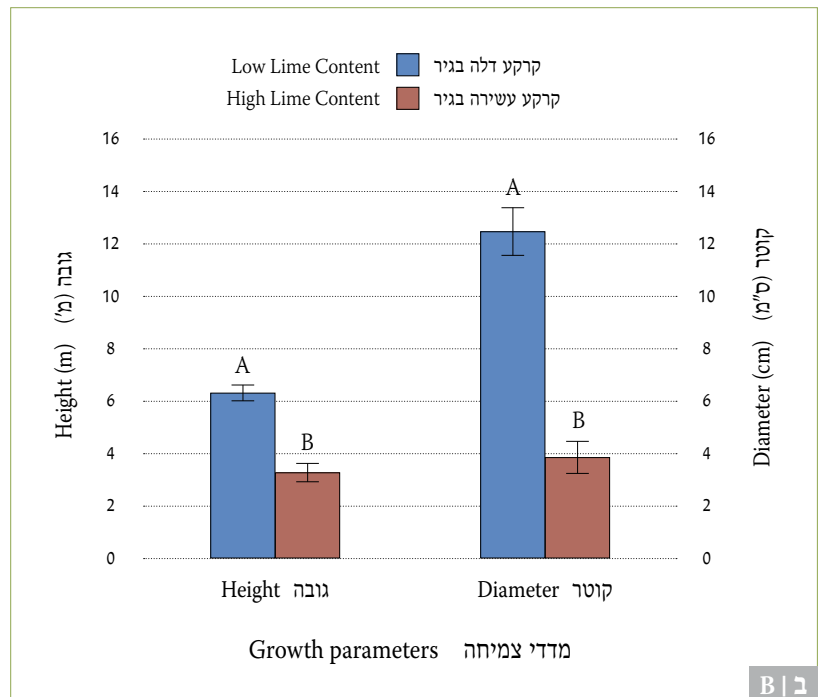
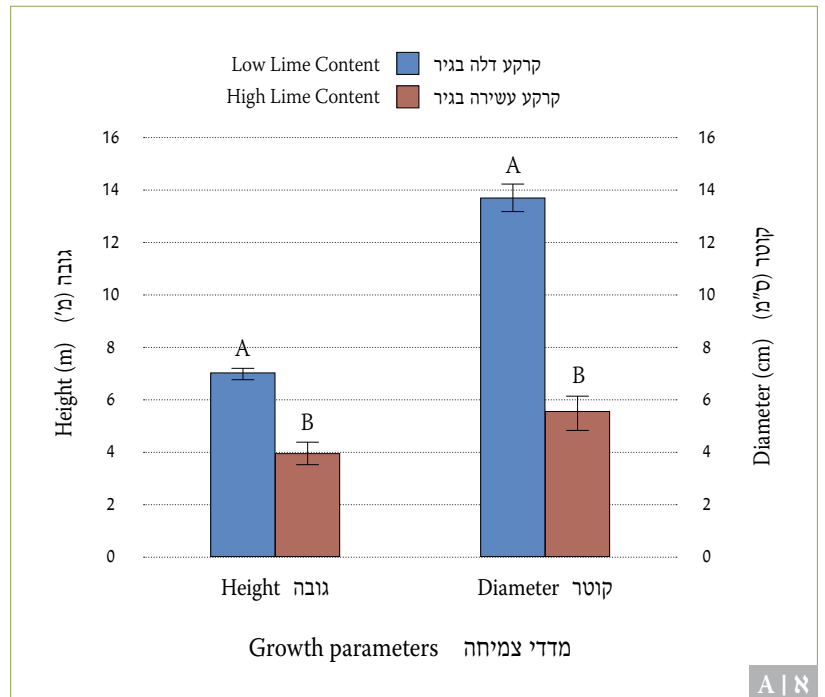
הם המליצו לנטוע בקרקעות גיריות בצרפת את ארז הלבנון ממזרח הרי הטאורוס, שכן בתנאים אלה התפתחותו אינה נופלת מזו של ארז אטלנטי, אך עמידותו ליובש גבוהה יותר במידה רבה. בקרקעות חומציות בצרפת, הם המליצו להמשיך ולנטוע ארז אטלנטי.

בעבודתם נמצאו הבדלים גדולים בין ההתפתחות לגובה של הארזים מצרפת, תורכיה ולבנון, בקרקעות החומציות, שנעה בין 4-6 מ', לזו שנמצאה בקרקעות הגיריות, שנעה בין 1-2 מ'. הבדלים אלה בהתפתחות תואמים את הממצאים לגבי התפתחות ארזים בקרקעות דלות בגיר וקרקעות גיריות בארץ.

Fusaro (2007) מצא בחלקות האקלום של מקורות זרעים שונים של ארזים באיטליה, שתשע שנים לאחר הנטיעה לא היו הבדלים משמעותיים בשיעור ההישרדות של המקורות של ארז הלבנון מתורכיה ומלבנון לארז אטלנטי ממרוקו ומצרפת, שנע בין 79-88 אחוז. ההתפתחות לגובה של המקורות של ארז אטלנטי מצרפת וארז הלבנון מתורכיה עלתה באופן מובהק על זו של ארז הלבנון מלבנון בכל שלושת האתרים שנבחנו. הוא מציין, שהשונות הגנטית, באשר להתפתחות והתכונות הפנולוגיות, בין מקורות הזרעים השונים של אותו המין, גבוהה יותר מאשר בין המינים. גם Fady (2013) מציין את השונות הרבה הקיימת בין ארז הלבנון מתורכיה ומלבנון לארז אטלנטי מצרפת ובין המקורות מאותה ארץ בינם לבין עצמם. בהסתמך על Bariteau (2007a; 2007b), הוא מציין את המקור של ארז לבנון מפוזנטי שבמזרח הטאורוס כבעל עמידות יוצאת דופן ליובש.

ארז הלבנון, שמקורו בהרי הטאורוס שבתורכיה, נמצא כבעל עמידות גבוהה יחסית לתנאי יובש בהשוואה לארז אטלנטי מצרפת גם במחקרים נוספים (Tissier du Cros et al. מצוטטים ב-Epron, 1997). שתילים של ארז הלבנון, שמקורם היה בהרי הטאורוס שבתורכיה הראו באופן מובהק עמידות רבה יותר לעקת חום בכל הרמות של יובש בהשוואה לארז אטלנטי שמקורו בצרפת (Epron, 1997). Ladjal וחוב' (2007) מצאו, שהעמידות ליובש מושרה של שתילים תלת-שנתיים הייתה בסדר הבא: ארז קפריסאי (*C. brevifolia*) < מארז הלבנון ממקורות תורכיים < מארז הלבנון ממקורות לבנוניים.

בשנת 1996 הוקמו בארץ שתי חלקות אקלום נוספות, האחת אף היא ביער ברעם (חוות מתיתיהו) והשנייה, ביער הר-אחים (הררית) בגובה 380 מ', המאופיינת בכמות משקעים שנתיים של 600 מ"מ ובקרקע טרה רוסה. בחלקות אלה נבחנה התפתחות העצים מזרעים שנאספו מעצים מצטיינים של ארז אטלנטי, מחלקת הארזים הראשונה שניטעה ביער בירייה בשנת 1959, מעל עין גוזי, הקרויה ע"ש טוביה אשבל. ברנד ורבס (1995) חילקו את העצים המצטיינים לשתי קבוצות פנוטיפיות: (א) עצים בעלי מחטים בצבע ירוק-כהה, עלווה



איור 9. הגובה וקוטר הגזע בגיל 18 של ארז הלבנון מהסה שבתורכיה (א) ושל ארז אטלנטי מלוברון ומוונטו שבצרפת (ב), הגדלים בקרקע דלה בגיר ביער ברעם ובקרקע גירית ביער בירייה. אותיות שונות מציינות הבדלים מובהקים ($P < 0.05$) בהתפתחות בין האתרים. הקווים האנכיים מציינים \pm שגיאת התקן של הממוצע.

Fig. 9. Height and stem diameter at age 18 of *C. libani* from Hassa in Turkey (A) and *C. atlantica* from Luberon and Ventoux 22 in France (B) growing on soils with low lime content in Bar'am Forest and on soils with high lime content in Biriya Forest. Different letters represent significant difference between sites ($P < 0.05$). Error bars indicate (\pm) SE of the mean.



עצי ארז לבנון בני 38 שנים ביער אלרום ברמת הגולן (צילום: עמרי בונה).
38-year-old *Cedrus libani* trees in Elrom Forest in the Golan Heights (Photo: Omri Bonne).

C. cedri נמצאת בקבוצות גדולות יותר ונוטה ליישב ענפים צעירים. כנימה זו אינה מלווה בנוכחות נמלים במושבותיה. שתי הכנימות אינן נראות בקיץ, מכיוון שאוכלוסיותיהן קטנות כנראה באופן משמעותי בטמפרטורות גבוהות. הפגיעה הנגרמת לעץ על ידי שני מיני הכנימות האלו שונה. *C. laportei* גורמת להתייבשות ענפונים ולנשירת מחטים, בשל טוקסינים (רעלנים), שהיא מחדירה לרקמות העץ. זוהי פגיעה קשה, המחלישה את העץ הפונדקאי ויכולה אף להביא למותו. לעומתה, *C. cedri* מפרישה טל דבש שגורם להיווצרות פייחת קשה על עלוות העצים. האויבת הטבעית של ה-*C. laportei* היא הצרעה הטפילית *P. cedrobil*, שהובאה לראשונה ממרוקו להדברה ביולוגית של *C. laportei* ביערות הארזים שבדרום צרפת. בעקבות הצלחת אקלום הצרעה הטפילית בצרפת, שהביאה לתוצאות חיוביות בהדברת הכנימה, אוקלמה הצרעה במדינות נוספות באירופה. צרעה זו הובאה לישראל על ידי אגף היעור של קק"ל ומינהל המחקר החקלאי בשנת 2000 ופוזרה ביערות באזור ירושלים, הגליל העליון ורמת הגולן. על אף שהפעילות המיטבית של הצרעה היא בטמפרטורה נמוכה מ-22 מ"צ, נצפתה הצלחה בהדברת כנימת ה-*C. laportei* בכל האזורים שבהם היא פוזרה.

צפופה ואצטרובלים גדולים; (ב) עצים בעלי מחטים בצבע ירוק-כסוף, עלווה דלילה ואצטרובלים קטנים. בחלקה בהררית נמצא, שהגובה של הארזים, שמקורם בפנוטיפ א' דלעיל, בגיל 14, היה 3.42 מ' וגבוה באופן מובהק מזה של פנוטיפ ב', שהגיע לגובה של 2.95 מ' ($P < 0.05$). בדומה, קוטר הגזע של פנוטיפ א' היה 6.3 ס"מ וגבוה באופן מובהק מזה של פנוטיפ ב', שהגיע ל-4.8 ס"מ ($P < 0.001$). בחלקה בברעם לא ניתן היה לזהות את מקורות הזרעים.

מזיקי עצי הארז בישראל

המזיקים העיקריים שנמצאו בעצי הארז בישראל הן שתי כנימות עלה, השייכות לתת המשפחה *Cinara: Lachnidae*: *Cinara cedri* ו-*Cinara laportei*. הכנימה *C. laportei* נצפתה לראשונה בישראל ב-1997, במזרח ירושלים, על ארז אטלנטי וארז הימלאי (ספיר וחוב, 2002). גודלה כ-1.5 עד 2 מ"מ וצבעה חום-אפור. גודלה של הכנימה *C. cedri* הוא כ-2.5 עד 3 מ"מ וצבעה אדום-חום מבריק. ברוב המקרים נמצאו על אותו עץ פונדקאי שני מיני הכנימות, כאשר *C. laportei* נמצאת בקבוצות קטנות בענפיו התחתונים של הארז, לרוב בליווי נמלים במושבה, והכנימה

סיכום

כמרכיב עיקרי, בתוספת 4 גר' לליטר של דשן בשחרור איטי (אוסמוקוט שמונה חודשים). מומלץ לשמור על pH חומצי של מצע הגידול (5.5-6.5) במהלך כל תקופת הגידול במשתלה, ובמיוחד בסוף עונת הגידול הראשונה ובמהלך עונת הגידול השנייה. לאחר הנטיעה בשטח, מומלץ לתת תוספת השקיה קבועה בטפטוף או בהשקיית עזר בשנים הראשונות. טיפול אינטנסיבי זה מאפשר גם להקטין את מרווחי הנטיעה ל-3.5-4.0 מ' (כ-70 שתילים לדונם).

הבעת תודה

ברצוננו להודות לכליל אדר, ארקדי לטמן וגרגורי בלום ממחלקת היער במרחב צפון על עזרתם הרבה במדידה ובתיעוד חלקות הארז; לדוד ברנד ואביב אייזנבנד מאגף הייעור שטיפלו ביבוא הזרעים והכנת השתילים; לד"ר עמי זהבי, שהיה אחראי על הקמת חלקות האקלום ביער ברעם והמעקב אחריהן; לפרופ' יוסי ריוב על הערותיו המועילות בשלב כתיבת המאמר וליעורנים שנטעו וטיפחו את עצי הארז המפארים את יערותינו.

מקורות

- אשבל, ט. (1987). על יערות ארזים בישראל. מכתב מ-1987. 6.1. בהר, צ. (1974). הארזים בישראל. גן ונוף, 30 (1), 4-11. בולוטין, מ. (1965). סקר ארזים בסביבות ירושלים. ליערן, 15 (4), 15-18. בונה, ע. (1991). סיכום סימפוזיון בנושא ארזים בתורכיה. עלון מידע ליערנים, 3, 4-6. ברנד, ד. ורובס, י. (1995). איסוף זרעי ארז אטלנטי ביער ביריה. עלון מידע ליערנים, 10, 16-19. ויץ, י. (1968). שלג ורוח בעצי יער. ליערן, 18 (1), 50-55. זקס, מ. (1987). נטיעות ארזים. מכתב מפרוואר 1987. חת, ד. (1966). על הארזים שבהר הצופים. ליערן, 16 (4), 163-162. מדר, צ. (2008). התנוונות ותמותה של עצי ארז ביער ובגן הנוי. יער, 10, 38-41. סיאקי, ג. (1998). שיפור שיטות המשתלה ליצור שתילי עצי יער קשי גידול. עבודת גמר, הפקולטה לחקלאות, האוניברסיטה העברית בירושלים. ספיר, נ., זהבי, ע., עשאל, פ. ומנדל, צ. (2002). כנימת העלה של הארז בישראל *Cinara laportei* ו-*Cinara cedri*. יער, 1, 20-24.

- Allen, C.D., Macalady, A.K., Chenchouni, H., Bachelet, D., McDowell, N., Vennetier, M., Kitzberger, T., Rigling, A., Breshears, D.D., Hogg, E.H., Gonzalez, P., Fensham, R., Zhang, Z., Castro, J., Demidova, N., Lim, J.H., Allard, G., Running, S.W., Semerci, A., and Cobb, N. (2010). A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. *Forest Ecology and Management*, 259: 660-684.
- Atalay, I. (1990). Regioning of seed transfer of cedar (*Cedrus libani* A. Rich.) in Turkey. In: *Proceedings of International Cedar Symposium*, October 22-27, 1990, Antalya, Ormancılık Aras, Ens. Muhtelif Yayınlar (Ankara), 59: 166-179.

בקרב יערני הקק"ל היה רצון רב לנטוע עצי ארז, אולם עד 1992 היקף שטחי הארזים הגיע רק ל-400 דונם. קריסת חלקות של אורן ירושלים בהרי הגליל העליון ובהרי ירושלים ב-1992 והרצון לנטוע במקומם מין העמיד לשלג, יצרו הזדמנות להרחבה משמעותית של נטיעות הארזים ביערות הקק"ל, ושטחם עלה עד ל-2,200 דונם ב-2014. הנזקים שנגרמו לעצי אורן ביערות הנטועים, בסופת השלגים של דצמבר 2013, מחזקים את הצורך בהמשך מגמה זו. להלן ההמלצות העיקריות לגבי הנטיעות העתידיות של ארזים בישראל בהתבסס על הניסיון שנצבר.

א. יש מקום להמשיך בנטיעות של ארז כעץ מחטני חשוב בהרים הגבוהים בישראל (מעל 600 מ') גם בנטיעות חדשות וגם במסגרת חידוש יערות, במיוחד של אורן ירושלים, שנפגעו בסופות שלגים או שהגיעו לסוף מחזור הגידול שלהם. זאת, בתנאי שבתה הגידול מתאימים לכך, כפי שיפורט להלן. ניתן לנטוע ארזים גם בגובה טופוגרפי נמוך יותר בבתי גידול איכותיים מבחינת קרקע, כמות משקעים ומפנה.

ב. חשוב לנטוע עצי ארז גם בחורשות ובפארקים ביישובים ובערים במקומות הגבוהים, גם בשל יופיים וגם כדי לצמצם נזקים לתשתיות מסופות שלג עתידיות, כתוצאה מקריסה של עצים שאינם עמידים לשלג.

ג. מומלץ לנטוע ארזים בקרקעות טרה רוסה, רנדזינה חומה וגרומוסול בזלתי, שבהן תכולת הגיר נמוכה יחסית וכמות המשקעים השנתית עולה על 500 מ"מ. עם זאת, לא מומלץ לנטוע ארזים בקרקעות טרה רוסה יובשניות, המתפתחות, למשל, על מסלע מתצורת בר כוכבא. לא מומלץ לנטוע ארזים בקרקעות רנדזינה בהירה גיריות או בקרקעות לא מנוקזות. בתנאי משקעים גבוליים יש לנטוע בעיקר במפנים צפוניים.

ד. מומלץ לנטוע ארז הלבנון, שמקורו במזרח הרי הטאורוס ובמיוחד מאתר הסה בהרי אמנוס. המלצות אלה נתמכות גם על ידי ממצאי חלקות האקלום בצרפת ובאיטליה. אם יש קושי בהשגת זרעים מתורכיה, ניתן, כברירת מחדל, לאסוף זרעים מעצים מצטיינים של ארז הלבנון וארז אטלנטי מיערות נטועים בוגרים בישראל. איסוף זרעים מהעצים המצטיינים בחלקה על שם טוביה אשבל צריך להיעשות מהעצים בעלי מחטים ירוקות כהות, עלווה צפופה ואצטרובלים גדולים (פנוטיפ א'). יש להגביל את נטיעתו של ארז הימלאי לבתי גידול טובים במיוחד, שבהם כמות המשקעים השנתית עולה על 600 מ"מ והקרקע דלת גיר ולמטרות גינון.

ה. בשל קצב הגידול האיטי, המאפיין את עצי הארז בחמש עד עשר השנים הראשונות לאחר הנטיעה, מומלץ לנטוע בעיקר שתילים דו-שנתיים, המגודלים במיכלים של 1.5 ליטר (QuickPot 6) עם מצע של כבול לבן (קלסמן 604)

- Bariteau, M. & Vauthier, D. (2007a). Main results from the French Cedar comparative field test network. Retrieved August 4, 2013, from: <http://www.fao.org/forestry/foris/data/silvamed/arezzo/bariteau.ppt>.
- Bariteau, M. & Vauthier, D. (2007b). Main results from the French cedar comparative field test network. FAO Silva Mediterranea and IUFRO WG 20213, Promotion and use of results from the international trials of Mediterranean conifers, Arezzo and Rome (Italy), 21–23 June 2007.
- Boydak, M. (2003). Regeneration of Lebanon Cedar (*Cedrus libani* A. Rich) on karstic lands in Turkey. *Forest Ecology and Management* 178: 231–243.
- Bodydak, M. (2007). Reforestation of Lebanon cedar (*Cedrus libani* A. Rich.) in bare karstic lands by broadcast seeding in Turkey. In: V. Lence, & R. Lovreglio (Eds.), *Proceedings of the International Workshop MEDPINE 3: Conservation, Regeneration, and Restoration of Mediterranean Pines and their Ecosystems*. Bar: CIHEAM: 33–42.
- Boydak, M. & Calikoglu, M. (2008). *Biology and silviculture of Lebanon Cedar (Cedrus libani A. Rich)*. OGEM-VAK, Ankara, Turkey.
- Brunetti, M., De Capua, E.L., Macchioni, N. & Monachello, S. (2001). Natural durability, physical and mechanical properties of Atlas cedar (*Cedrus atlantica* Manetti) wood from southern Italy. *Annals of Forest Science*, 58: 607–613.
- Carvalho, J., Loureiro, A. & Bariteau, M. (2007). *Provenances trial of Cedrus atlantica Manetti in north-eastern Portugal*. FAO Silva Mediterranea and IUFRO WG, Arezzo & Rome, Italy.
- Eckenwalder, J.E. (2009). *Conifers of the world, the complete reference*. Timber Press, London.
- Epron, D. (1997). Effects of drought on photosynthesis and on the thermotolerance of photosystem II in seedlings of cedar (*Cedrus atlantica* and *C. libani*). *Journal of Experimental Botany*, 48: 1835–1841.
- Fady, B. Climate change and forest genetic resources (FGR): State of knowledge: risk and opportunities. Retrieved March 16, 2014, from: <http://foris.fao.org/static/data/efw/Fady.pdf>.
- Fusaro, E. (2007). Research activities on the *Cedrus atlantica* and *Cedrus libani* provenances tests established in Italy. Retrieved August 4, 2013 from: <http://www.fao.org/forestry/foris/data/silvamed/arezzo/fusaro-ced.pdf>.
- Kavgaci, A., Basaran, S. & Basaran, M.A. (2010). Cedar forest communities in Western Antalya (Taurus Mountain – Turkey). *Plant Biosystems* 2: 271–287.
- Kavgaci, A. & Carmi, A. (2012). Diversity and gradients in cedar forest on Taurus mountain range (Turkey). *Journal of Environment Biology* 33: 977–984.
- Kherchouche, D., Kalla, M., Gutierrez E.M., Attalah, S. & Bouzghaia, M. (2012). Impact of droughts on *Cedrus atlantica* forests dieback in the Aures (Algeria). *Journal of Life Sciences* 6: 1262–1269.
- Ladjal, M. et al. (2007). Effects of soil and air drought on growth, plant water status and leaf gas exchange in three Mediterranean cedar species: *Cedrus atlantica*, *C. brevifolia* and *C. libani*. *Trees* 21: 201–213.
- Linares, J.C., Taiqui, L. & Camarero, J.J. (2011). Increasing drought sensitivity and decline of Atlas Cedar (*Cedrus atlantica*) in the Moroccan Middle Atlas forests. *Forests* 2: 777–796.
- Linares, J.C., Taiqui, L., Sanguesa-Barreda, G., Seco, J.I. & Camarero, J.J. (2013). Age-related drought sensitivity of Atlas cedar (*Cedrus atlantica*) in the Moroccan Middle Atlas forests. *Dendrochronologia* 31: 88–96.
- Linares, J.C., Tiscar, P.A., Camarero, J.J., Taiqui, L., Vinegla, B. Seco J.I., Merino, J. & Carreira, A. (2011). In: J.A. Jenkins (Ed.), *Forest decline: Causes and impacts*. (pp. 1–20). New York: Nova Science Publisher, Inc.
- Maktabi, R. CNN (writer). (2011, August 10). Cedar forests lead Lebanon eco-tourism boom. (Television program episod) In: Inside the Middle East. Retrieved March 16, 2014, from: <http://edition.cnn.com/2011/WORLD/meast/08/05/lebanon.cedar.forests/index.html>
- Michelin Travel, n.d. Cedar forest Ifrane. Retrieved March 16, 2014, from: http://travel.michelin.com/web/destination/Morocco-Ifrane/tourist_site-Cedar_Forest
- Piotto B. (1990). Early field performance of *Cedrus atlantica* nursery grown in different container types. In: *International Cedar Symposium*. 22–27 October 1990, Antalya, Turkey. Miscellaneous Publication, Forest Research Institute (Ankara) 59: 286–301.
- Poormadjudian, M.R. & Tabari, M. (2007). Growth and plant diversity in man-made thinned *Cedrus atlantica* stand. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 10: 2475–2479.
- Renau-Morata, B. et al. (2005). Genetic diversity and structure of natural and managed populations of *Cedrus atlantica* (Pinaceae) assessed using random amplified polymorphic DNA. *American Journal of Botany* 92: 875–884.
- Semerçi, A. (2005). Fifth year performance of morphologically graded *Cedrus libani* seedlings in the Central Anatolia region of Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 29: 483–491.
- Tissier du Cros, E., Bariteau, M. & Kramer, K. (2004). Long-term socio-ecological forest research in southeast France. *Forest Snow and Landscape Research* 78 (1–2): 83–92.
- Tsanov, T., Naidenov, Y. & Kalmoukov, K. (1990). Le Cedre (*Cedrus*) en Bulgarie etat et perspectives. In: *Proceedings of the International Cedar Symposium*, October 22–27, Antalya, Ormançilik Araştırma Enstitüsü Yayınları 59, Ankara, pp. 308–324.
- Vaucluse Tourism in Provence, n.d. Hike the cedar forests – Bonnieux- Hiking circuits info. Retrieved March 16, 2014, from <http://www.provenceguide.co.uk/hike-the-cedar-forest/bonnieux/tabid/8141/offreid/832931c5-5499-4e6a-9370-78a92367fa7f/hiking-circuits-info.aspx>.