

# גדילה ושרידות של עצי ברוש מצוי ממקורות זרעים שונים בשלושה בתי גידול בישראל

גבריאל שילר<sup>1</sup>, ניר הר<sup>2</sup> ויוג'ין דוד אונגר<sup>1</sup>

<sup>1</sup> המחלקה למשאבי טבע, מינהל המחקר החקלאי, בית דגן

vcgabi@volcani.agri.gov.il

<sup>2</sup> מרחב צפון ואגף הייעור של הקק"ל

## תקציר

על רקע התמותה של עצי ברוש מצוי בישראל, שנגרמת כנראה משילוב של יובש, מזיקים ומחלות, הוחלט לבדוק את גדילתם של עצים אלה, ממקורות זרעים שונים בארץ ובחו"ל, בתנאים אקולוגיים שונים. מאמר זה מסכם תוצאות של סקר שבדק את גדילתם (גובה וקוטר), את מידת השרידות ואת ההתפלגות הפנוטיפית (צורה אופקית או צריפית) של עצי ברוש מצוי, שגודלו מזרעים ונשתלו בשנת 1989 בשלוש חלקות: חלקת מוועיה, חלקת נתיב הל"ה וחלקת יתיר.

תוצאות הסקר מצביעות על כך, שנטיעות ברוש מצוי באזור אקלימי ים-תיכוני יתפתחו באופן המוצלח ביותר אם יינטעו בהם שתילים שיגודלו מזרעים שייאספו בארץ בחורשה שבפסגת התבור ובכפר גלעדי (ברושי הברון); לכך אפשר להוסיף גם שתילים מזרעים שייאספו ביערות טבעיים בקפריסין, בסמוס ובטורקיה. עבור נטיעות באזורים יובשניים (פחות מ-400 מ"מ גשם בשנה) מומלץ להשתמש בזרעים שייאספו מעצים הגדלים במושבה הגרמנית בירושלים, בית לחם הגלילית ואלוני אבא, ובחורשה שליד בית החרושת לרכב בנצרת (נצרת עילית); לכך אפשר להוסיף זרעים מקפריסין. דרך נוספת היא לרבות בעזרת ייחורים את העצים מהמקורות שהוזכרו שגדלים עתה בחלקות במעויה וביתיר.

**מילות מפתח:** אקוטיפים של ברוש מצוי, פנוטיפ צריפי, פנוטיפ אופקי.

## מבוא

ברוש מצוי (*Cupressus sempervirens* L.) גדל באופן טבעי במשרעת של תנאים אקולוגיים ים-תיכוניים, החל בתנאי אקלים סמי-ארידיים ועד לאקלים ים-תיכוני לח, ובהתאמה גם על סוגי מסלע וקרקות שונים (Brofas et al., 2006). הוא נחשב כחלק מהצומח הטבעי במזרח אגן הים התיכון (ירדן, לבנון, סוריה, אירן, טורקיה, קפריסין, כרתים ורודוס ואיים בים האגאי) (Zohary, 1973) וגם בחבל הים-תיכוני בארץ (Zohary, 1962, 1973). עם זאת, בדיקות פלינולוגיות,



**תמונה 1:** עצי ברוש מצוי מהפנוטיפ הצריפי (ימין) ומהפנוטיפ האופקי (שמאל).

**Picture 1:** Common cypress trees of the *pyramidalis (stricta)* phenotype (right) and of the *horizontalis* phenotype (left).

עד עתה לא נעשה בארץ סקר או מחקר כדי לבדוק הבדלים בין מקורות זרעים שונים של ברוש מצוי בצמיחה ובשרידות בתנאים אקולוגיים שונים. על כן, בדומה למחקר ולסקר, שנעשה באורך ירושלים ממקורות זרעים שונים שניטעו בבתי גידול אחדים, כדי לבדוק את השרידות והצמיחה (Weinstein, 1989), כך נעשה גם עם ברוש מצוי. מאמר זה מסכם תוצאות של סקר שבדק את הצמיחה והשרידות של עצי ברוש מצוי, שמקורם מזרעים שנאספו מעצי עילית ביערות נטועים בארץ ובגינון עירוני, ובאוקלוסיות שרידיות טבעיות בחו"ל, ונשתלו בחלקות ניסיון בשנת 1989.

## חומרים ושיטות

איסוף אצטרובלים לשם הפקת זרעים נעשה באוקלוסיות המקומיות המפורטות בטבלה 1, ומאותם 50 עצים בריאים, ללא סימנים של מחלות ומזיקים באותה עת, שמהם נאספה עלווה לשם הפקת השרף למטרות מחקר גנטי (Korol et al., 1997; Papagregorious et al., 1994; Schiller, 1990). ששה אצטרובלים לעץ מכל אחד מהעצים מכל האוקלוסיות שנדגמו, יובשו במשתלת בית נחמיה והופקו מהם זרעים. כמות שווה (משקל) של זרעים מכל אצטרובל מעץ באוקלוסייה מסוימת אוחדו, כדי להוות את מקור הזרעים המייצג כל עץ לחוד. כמות שווה (משקל) של זרעים מהעצים שנדגמו בכל אוקלוסייה אוחדו כדי לשמר את המגוון הגנטי של אותם עצים נבחרים. פנייה אל חברים למקצוע במדינות שונות בחו"ל נענתה במשלוח של זרעים, שמקורם באוקלוסיות שרידיות שונות, לעתים קרובות ללא ציון מדויק של המקור.

**טבלה 1** מפרטת יערות ואוקלוסיות גנניות, שנשתלו בתחילת המאה ה-20 ולפני כן בארץ, שמהם נאספו זרעים, ואוקלוסיות שרידיות טבעיות בחו"ל שמהן התקבלו זרעים. במשתלת הקק"ל בבית נחמיה ניסו להנביט את הזרעים ולגדל שתילים. זרעים מהמקורות שמספרם 3, 5, 8, 13, 14 כלל לא נבטו; במקורות שמספרם 2, 6, 9, 16, 28 לא נוצרו מספיק שתילים לנטיעה בכל החלקות.

השתילים, בני שנה, נשתלו בעזרת אגף הייעור של קק"ל בשנת 1989 בשלוש חלקות:

1. חלקת מעווייה, חלקה ביער מנשה ליד הכפר מעווייה שבבואדי ערה (E 33'32031/7°N 35007).
2. חלקת נתיב הל"ה, חלקה בעמק האלה (E 26'31041/54°N 34059).
3. חלקת יתיר, חלקה ביער יתיר (E 9'31021/9°N 35000).

תנאי בית הגידול בכל אחת מהחלקות היו שונים. **חלקת מעווייה** ניטעה בתחום אקלימי ים-תיכוני טיפוסי, במפנה הפונה

ארכיאולוגיות וסקירה של תיאורי מסעות למיניהם לארץ ישראל לאורך ההיסטוריה מאז ימי קדם, לא העלו ממצאים התומכים בהשערה, כי מין זה היה נפוץ בעבר ביער שהיה בחבל הים-תיכוני בארץ (Liphshitz & Biger, 1989).

ציורי נוף וצילומים בפלשתינה (כנ"ל), שנעשו במאה ה-19 ובתחילת המאה ה-20 וצילומי אוויר ממלחמת העולם הראשונה (1914-1918) מנציחים את מיעוט עצי הברוש בנוי ובשטחים הפתוחים (ב"ז, 1991). הנטיעה הנרחבת של משברי רוח, חלקות יער ונוי הצריכה כמות רבה של זרעים, אשר העצים הבודדים שגדלו אז בארץ לא יכלו לספק מסיבות של תהליכים פיזיולוגיים במין זה (לב-ידון, 1988; שילר, 2013). ניתן להניח, כי בדומה למה שאירע באורך ירושלים (שילר, 2013) כך היה הדבר בברוש מצוי והמחסור בזרעים הושלם על ידי יבוא ממקורות שונים, דבר שהוכח בעזרת בדיקות גנטיות בשיטות שונות (Korol et al., 1997; Papagregorious et al., 1994; Schiller, 1990; Schiller & Korol, 1997). תוצאות הבדיקות מצביעות על קירבה בין אוקלוסיות נטועות של ברוש מצוי בארץ לאלו שבסמוס, רודוס, קפריסין, כרתים וירדן. כיום, הברוש המצוי על שלל צורות הכותרת שלו מהווה חלק בלתי נפרד מהנוף בארץ ובארצות אחרות באגן הים התיכון.

בשרידי היערות הטבעיים (רליקטים) של מין זה במדינות השונות (פרס, טורקיה, קפריסין, כרתים, לוב, איים בים האגאי, סוריה, לבנון וירדן) גדל **רק** הפנוטיפ האופקי (Zohary, 1973) (ראו תמונה 1). כנראה שמאוקלוסיות שרידיות (רליקטים) אלו בורר הפנוטיפ האופקי הזקוף אשר בו משתמשים בני וביער. תכונת האופקיות בברוש מצוי דומיננטית על פני תכונת הצריפיות (בולוטין, 1964). היות והפנוטיפ הצריפי (ראו תמונה 1) אינו בנמצא באוקלוסיות השרידיות, משערים שהוא מוטציה עתיקת יומין שהאדם הרבה והיא הופצה סביב אגן הים התיכון ובאזורי אקלים דומים בעולם (קליפורניה, אוסטרליה, ועוד), בעיקר למטרות נוי וקדושה (שילר, 2013). לצורת הכותרת של ברוש מצוי יש שני מופעים (פנוטיפים) ברורים – פנוטיפ צריפי ופנוטיפ אופקי (צילום 1) – וצורות ביניים שהם תוצאה של הכלאות ויחסי דומיננטיות ורצסיביות גנטית (בולוטין, 1964). בדיקות גנטיות הוכיחו את קיומם של הבדלים גנטיים בין שתי צורות הנוף (Harfourche et al., 2000; Korol et al., 1997; Papagregorious et al., 1994).

זה שנים רבות מתקיימת בחו"ל ובישראל התופעה של תמותת עצי ברוש מצוי. בשל החשיבות הרבה של הברוש מבחינה נופית, תרבותית וכלכלית וכקו חיץ מוצל לעצירת התפשטות של שריפות יער (Neyisci, 2013), בוצעו מחקרים רבים באזור אגן הים התיכון ובארץ, כדי לברר את הסיבות לתופעה. מבין הגורמים שנבדקו היו רגישות ליובש, לפטריות ולחרקים והשילוב ביניהם (Froux et al., 2005; Madar et al., 1991; Yani et al., 1993; Zohar, 1984; שילר, 2013).

קוד מקור הזרעים Seed source code	מקור הזרעים Seed source	קוד מקור הזרעים Seed source code	מקור הזרעים Seed source
18	בית לחם הגלילית ואלוני אבא Waldheim	1	האי רודוס Rhodes Island
19	יריחו Jericho	2	פירנצה, גן בובולי Firenze, Boboli Garden
20	יער ואדי קוף Wadi el kuf forest	3	קפריסין Cyprus
21	ירושלים, המושבה הגרמנית Jerusalem, German Colony	4	קפריסין Cyprus
22	יער שער הגיא Bab el wad forest	5	האי סמוס Samos Island
23	נצרת עילית Nazareth Illit	6	האי סמוס Samos Island
24	נצרת, המנזר האיטלקי Nazareth, the Italian Monastery	7	טורקיה Turkey
25	יער משמר העמק Mishmar Ha'Emeq Forest	8	טורקיה Turkey
26	חיפה, המושבה הגרמנית Haifa, The German Colony	9	האי רודוס Rhodes Island
27	בת שלמה Bat-Shlomo	10	טורקיה Turkey
28	הר התבור Mount Tabor	11	לבנון, ראשייה Lebanon, Rashaya
29	תל אביב, המושבה הגרמנית Tel-Aviv, The German Colony	12	לבנון Lebanon
30	לוד, תחנת הרכבת Lydda, Railway Station	13	לבנון Lebanon
31	כפר תבור Kfar Tabor	14	לבנון Lebanon
32	ראש פינה Rosh-Pina village	15	בני עטרות Wilhelma
33	גן הבהאים, והעיר העתיקה עכו Acre and the Baha'i Garden	16	יער קריית ענבים Qiryat Anavim forest
34	כפר גלעדי (ברושי הברון) Kibbutz Kfar Giladi	17	ירושלים, הר הבית Jerusalem, Temple Mount

**טבלה 1:** אוכלוסיות ברוש מצוי אשר שימשו מקור לזרעים והקוד שלהן.

**Table 1:** *Cupressus sempervirens* seed sources and their code number.

גיריות גבוהה. המסלע הוא קירטון חווארי של תצורת טקיה. המסלע החווארי והקרקע הגירית הם בעלי קיבול מים זמינים נמוך, תופעה היוצרת משק מים יובשני למדי.

**חלקת יתיר** ניטעה בתחום האקלימי הסמי ארידי לאורכו של עמק-ואדי, בקרקע ליתוסול ולס קולובי-אלובי, שעומקה משתנה לאורך העמק, שהתפתחה על מסלע קרטוני מתצורת מנוחה. בדיקות שנעשו לאחרונה הראו, שחלקה זו נחלקת לשתי תת-חלקות: זו שבמעלה העמק-הוואדי, שם הקרקע

למערב-דרום, בקרקע רנדזינה חומה-גירנית, שהתפתחה על גבי מסלע מתצורת עדולם. הסלע הוא חילופין של קירטון קשה וקירטון רך. הרכיב הקירטוני מאפשר אגירת מים בסלע, אך הנקבוביות בקירטונים אלו נמוכה ולכן אגירת המים אינה גבוהה.

**חלקת נתב הל"ה** ניטעה בתחום אקלימי ים-תיכוני יובשני (הבר זית מחליף את האלון המצוי כמין המרכזי בחורש), במדרון הפונה לדרום-מזרח, בקרקע רנדזינה בהירה עם רמת

מדידות התפתחות העצים ששרדו (גובה וקוטר) נעשו רק פעמיים בחלקות הנ"ל. הפעם הראשונה בתחילת שנות ה-2000 ופעם נוספת בשנת 2010 בחלקת מעווייה ובשנת 2012 ביתיר. המדידות נעשו על ידי מדור האקלום וההשבחה של אגף הייעור של קק"ל. בחלקת מעווייה נעשתה הערכה פנוטיפית לכל עץ, כדי להעריך את ההתפלגות הפנוטיפית (צריפי או אופקי) בכל מקור זרעים.

### תוצאות

**טבלה 2** מראה את מידת השרידות של עצי ברוש ממקורות שונים בשתי החלקות ששרדו. **בחלקת מעווייה**, מכלל 700 השתילים שנשתלו בשנת 1989, שרדו לאחר 21 שנים, בהתאם למקור הזרעים, בין 58.3% ל-79.2%. **בחלקת יתיר**, מכלל 1,176 השתילים שנשתלו באותה שנה שרדו בשנת 2007 בהתאם למקור הזרעים בין 19.1% ל-100.0% ובשנת 2012 - בין 0.0% ל-91.6%; כלומר, הייתה תמותה של 22.1% מכמות העצים תוך חמש שנים, שהיו שנים של מיעוט גשמים באזור (אוונגר וחוב', 2014).

רדודה ומטיפוס של רנדזינה חומה עד ליתוסול חום; החלק שבמורד העמק-הוואדי, שם הקרקע עמוקה יותר ומוגדרת כלס קולובי-אלובי.

בכל החלקות נשתלו השתילים במרווחים של 4 מ' בין השורות ו-4 מ' בתוך השורות. בחלקת מעווייה לא נשתלו שתילים שמקורם מצוין במספר 9 ו-12. בחלקת יתיר לא נשתלו שתילים שמקורם מצוין במספר 6, 7, 16 ו-28. בחלקת מעווייה מקורות הזרעים השונים נשתלו בשורות של 10 שתילים בשורה, האחת מתחת לשנייה, ובשני בלוקים, על פני מדרון מערבי-דרומי. חלקת יתיר נשתלה לאורכו של עמק-וואדי אשר נחרש לפני הנטיעה ובכך טושטשו ההבדלים באיכות בית הגידול לאורכו של העמק. 12 שתילים נשתלו בשורה לרוחב העמק, וכל מקור זרעים נשתל בהתאם לכמות השתילים שנותרה לנטיעה, החל בשורה אחת ועד ארבע שורות, אחת ליד השנייה, ללא בלוקים לאורך העמק. מתוך שלושת החלקות שנשתלו על ידי הקק"ל שרדה בשלמותה רק חלקת מעווייה; חלקת נתיב הל"ה זנחנה כתוצאה מתמותה גבוהה מאוד שפגעה באפשרות לזהות את העצים הספורים שנותרו; חלקת יתיר שרדה חלקית.

D	C	B	A
יתיר Yatir שיעור הישרדות בגיל 23 (%) Survival rate at age 23 (%)	יתיר Yatir שיעור הישרדות בגיל 18 (%) Survival rate at age 18 (%)	מעווייה Maoyia שיעור הישרדות בגיל 21 (%) Survival rate at age 21 (%)	קוד מקור הזרעים Seed source code
66.6	66.6	62.5	1
14.6	37.5	75.0	2
58.3	62.5	79.0	4
		75.0	6
4.1	19.1	62.5	7
91.6	100.0		9
86.1	100.0	75.0	10
50.0	80.5	70.8	11
47.9	68.7	58.3	15
		72.2	16
63.9	86.1	75.0	17
87.9	87.9	72.2	18
58.0	100.0	79.2	19
85.4	85.4	72.2	20
55.5	83.3	83.3	21

D	C	B	A
יתיר Yatir שיעור הישרדות בגיל 23 (%) Survival rate at age 23 (%)	יתיר Yatir שיעור הישרדות בגיל 18 (%) Survival rate at age 18 (%)	מעויה Maoyia שיעור הישרדות בגיל 21 (%) Survival rate at age 21 (%)	קוד מקור הזרעים Seed source code
29.2	83.3	77.8	22
64.6	89.6	77.8	23
50.0	75.0	77.8	24
61.1	72.2	72.2	25
0.0	68.7	77.8	26
91.6	100.0	75.0	27
		91.6	28
25.0	91.6	63.9	29
63.8	100.0	75.0	30
58.3	58.3	70.8	31
87.5	100.0	77.8	32
48.0	77.0	77.8	33
16.6	25.0	70.8	34
54.6 ± 27.1	76.7 ± 22.7	73.3 ± 5.8	ממוצע וסטיית התקן

**טבלה 2:** שיעור ההישרדות (%) של עצי ברוש מצוי ממקורות זרעים שונים שניטעו ב-1989 בחלקות במועיה (B) ויתיר (C, D).  
**Table 2:** Survival rate (%) of F<sub>1</sub> generation from different seed sources at Maoyia (B) and and Yatir (C, D).

השוונות בתוך מקורות הזרעים בצמיחה בגובה ובקוטר, במעויה וביתיר, הייתה גבוהה בדומה לשוונות שבין המקורות. מקדם השוונות עבור הצמיחה בגובה העצים במעויה וביתיר היה 26% ו-22% בהתאמה; עבור הצמיחה בקוטר מקדם השוונות במעויה וביתיר היה 30% ו-35% בהתאמה. ההפרש הממוצע בגובה העצים בין שתי החלקות היה  $1.57 \pm 0.82$  מ'; באותו מקור הזרעים ההבדל בצמיחה לגובה בין מעויה ויתיר נע בין 0.28 ו-2.89 מ'.

אפשר לתאר את התפתחות עצי הברוש הגדלים בשתי החלקות (מעויה ויתיר) בעזרת רגרסיה אורתוגונאלית, שיתרונה בכך שהיא מתחשבת בטעות המדידה בשני המדדים (גובה H וקוטר D). הרגרסיה היא:

$$D_{(cm)} = -4.2 + 2.16 H_{(m)} \quad (r = 0.72, n = 1030, p < 0.001)$$

בעוד שרגרסיה קווית כללית המשתמשת באותם נתונים היא:

$$D_{(cm)} = -0.002 + 1.53 H_{(m)}$$

מכיוון שנקודת חיתוך הצירים על ידי הרגרסיה לא הייתה שונה באופן מובהק מאפס, מתקבל שקוטר העצים גדל

**טבלה 3** מראה את ממוצע גובה העצים בהתאם לאוכלוסיות מקור הזרעים בשתי החלקות מועיה ויתיר. התוצאות של מדידות גובה העצים הצביעו על שוונות רבה בין ובתוך מקורות הזרעים ובין שתי חלקות הניסיון [מדידות קוטר העצים לא מוצגות]. נראה, כי **בחלקת מעויה**, הממוצע הכללי של גובה העצים היה  $7.55 \pm 0.56$  מ' ומקדם השוונות היה 23%. נמצא הבדל מובהק ( $p < 0.0001$ ) בין המקורות בממוצע גובה וקוטר העצים, והתפלגות קרוב לנורמלית בגובה העצים בתוך כל מקור ומקור. בנוסף לכך, נמצא, כי לפנוטיפ של העץ יש השפעה מובהקת ( $p < 0.002$ ) על הצמיחה לגובה; ממוצע גובה העצים מהפנוטיפ הצריפי היה  $7.47$  מ' בעוד שממוצע גובה העצים מהפנוטיפ האופקי היה  $7.73$  מ'. הממוצע הכללי של קוטר העצים היה  $12.4 \pm 1.6$  ס"מ. נמצא, כי קיים הבדל מובהק בין מקורות הזרעים ( $p < 0.003$ ). ממוצע קוטר העצים מהפנוטיפ הצריפי היה  $13.1$  ס"מ וזה של הפנוטיפ האופקי  $11.1$  ס"מ. **בחלקת יתיר**, הממוצע הכללי של גובה העצים היה  $5.96 \pm 0.74$  מ' ומקדם השוונות היה 31%, קיים הבדל מובהק בצמיחה לגובה בין המקורות ( $p < 0.001$ ). ממוצע קוטר העצים היה  $8.6 \pm 1.8$  ס"מ ומקדם השוונות הוא 40%.

צמיחה של 1.43 ס"מ בקוטר במעוויה וצמיחה של 1.32 ס"מ בקוטר ביתר קשורות עם צמיחה של 1 מ' בגובה.

**נבדקה** מידת ההתפלגות בין הפנוטיפים בתוך כל מקור זרעים בחלקת מעוויה, שבה כמעט שלא הייתה תמותה. **מטבלה 4** נראה, כי בממוצע  $40.6 \pm 28.8\%$  מכלל העצים החיים הם מהפנוטיפ האופקי ו- $24.6 \pm 67.4\%$  מהפנוטיפ הצריפי. בעצים ממקור הזרעים משמר העמק (מספר 25) ומהאי סמוס (מספר 6) שולט הפנוטיפ האופקי; בעצים שמקור הזרעים הוא באוכלוסיות עכו (33), ראש פינה (32), כפר תבור (31), בת שלמה (27), הפנוטיפ האופקי מהווה מעל ל-60% מכלל העצים. בעצים שמקורם באוכלוסיות

ב-1.56 ס"מ עם צמיחה לגובה של 1 מ'. **במעוויה** הקשר בין גובה לקוטר הוא:

$$D_{(cm)} = 1.616 + 1.43 H_{(m)} \quad (r^2 = 0.39, n = 619, p < 0.0001)$$

**ביתר** הקשר בין גובה לקוטר הוא:

$$D_{(cm)} = 0.51 + 1.32 H_{(m)} \quad (r^2 = 0.54, n = 411, p < 0.0001)$$

למרות ההבדלים בין שני בתי הגידול (מעוויה ויתר) בצמיחה לגובה, שמתבטאים בנקודת חיתוך העקום המתאר את הקשר בין גובה לקוטר עם הציר האנכי (האינטרספט), קיים דמיון רב ביחסים האלומטריים. כלומר, במבנה העצים. נמצא, כי

E	D	C	B	A
ממוצע ההפרש בגבהים (מ')	יתר ממוצע גובה העצים (מ')	מוועיה ממוצע גובה העצים (מ')	קוד מקור הזרעים	מקור הזרעים
2.10	7.95	7.05	1	האי רודוס
1.09	5.79	6.88	2	פירנצה, גן בובולי
1.15	7.36	8.51	4	קפריסין
		7.84	6	האי סמוס
		7.65	7	טורקיה
1.69	6.06	7.75	10	טורקיה
0.28	6.50	6.78	11	לבנון, ראשיה
2.06	5.78	7.84	15	בני עטרות
		7.45	16	יער קריית ענבים
1.84	5.50	7.34	17	ירושלים, הר הבית
0.67	7.01	7.68	18	בית לחם הגלילית ואלוני אבא
0.33	6.22	6.55	19	יריחו
2.89	5.20	8.09	20	יער ואדי קוף
0.95	6.53	7.48	21	ירושלים, המושבה הגרמנית
0.88	6.90	7.78	22	יער שער הגיא
0.83	7.14	7.97	23	נצרת עילית
1.74	5.82	7.56	24	נצרת, המנזר האיטלקי
1.57	6.05	7.62	25	יער משמר העמק
2.61	4.57	7.18	26	חיפה, המושבה הגרמנית
1.29	5.72	7.01	27	בת שלמה
		7.62	28	הר תבור
1.60	5.82	7.42	29	תל אביב, המושבה הגרמנית

E	D	C	B	A
ממוצע ההפרש בגבהים (מ')	יתיר ממוצע גובה העצים (מ')	מוועיה ממוצע גובה העצים (מ')	קוד מקור הזרעים	מקור הזרעים
2.30	5.71	8.01	30	לוד, תחנת הרכבת
0.45	5.85	6.30	31	כפר תבור
2.09	6.12	8.21	32	ראש פינה
2.84	4.58	7.42	33	עכו וגן הבהאים
2.89	5.86	8.75	34	כפר גלעדי (ברושי הברון)
$1.57 \pm 0.82$	$5.96 \pm 0.74$	$7.55 \pm 0.56$		ממוצע וסטיית התקן

**טבלה 3:** גובה העצים הממוצע בהתאם למקור הזרעים בחלקות מוועיה ויתיר וההפרש הממוצע בין שתי החלקות.

**Table 3:** Average tree height (m) of each seed source [A] growing in the Maoyia [C] and Yatir [D] plantations and the average difference in height between the two plantations [E]. Seed source code number (as indicated in Table 1) [B].

D	C	B	A
שיעור הפנוטיפ האופקי (%)	שיעור הפנוטיפ הצריפי (%)	קוד מקור הזרעים	מקור הזרעים
27	73	1	האי רודוס
11	89	2	פירנצה, גן בובולי
16	84	4	קפריסין
100		6	האי סמוס
7	93	7	טורקיה
11	89	10	טורקיה
6	94	11	לבנון, ראשייה
	100	15	בני עטרות
35	65	16	יער קריית ענבים
59	41	17	ירושלים, הר הבית
38	62	18	בית לחם הגלילית ואלוני אבא
33	67	19	יריחו
19	81	20	יער ואדי אל קוף
45	55	21	ירושלים, המושבה הגרמנית
25	75	22	יער שער הגיא
29	71	23	נצרת עילית
39	61	24	נצרת, המנזר האיטלקי
100		25	יער משמר העמק
7	93	26	חיפה, המושבה הגרמנית

D	C	B	A
שיעור הפנוטיפ האופקי (%)	שיעור הפנוטיפ הצריפי (%)	קוד מקור הזרעים	מקור הזרעים
63	37	27	בת שלמה
	100	28	הר התבור
29	71	29	תל אביב, המושבה הגרמנית
57	43	30	לוד, תחנת הרכבת
88	12	31	כפר תבור
71	29	32	ראש פינה
76	24	33	גן הבהאים והעיר העתיקה עכו
24	76	34	כפר גלעדי (ברושי הברון)
$40.6 \pm 28.8$	$67.4 \pm 24.6$		ממוצע וסטיית התקן

**טבלה 4:** התפלגות הפנוטיפים בקרב צאצאי אוכלוסיות המקור השונות הנטועים בחלקת מוועיה.  
**Table 4:** The distribution of the *horizontalis* [D] and *stricta* [C] phenotypes in the offspring of the source populations [A] in Maoyia. Seed source code number (as indicated in Table 1) [B].

רק במקור הזרעים משמר העמק (25) וראש פינה (32) שיעור העצים מהפנוטיפ הצריפי הוא מאוד נמוך (0%–29%, בהתאמה). חשוב לציין, כי מקורות הזרעים 4, 10, 23 ו-32 הם בין המצטיינים בשני בתי הגידול השונים.

### דיון

בדומה למחקרים שנעשו באורן ירושלים (Weinstein, 1989), כן נעשו מחקרים במין ברוש מצוי. בשלוש חלקות ניסוי - הנבדלות בתנאים האקולוגיים - נשתלו שתילים של ברוש מצוי, שגודלו מאותם מקורות זרעים, כדי לבדוק את ההתפתחות והשרידות לאורך זמן בתנאים אקולוגיים קיצוניים (מיעוט גשמים, מסלע וקרקות שונות). מהשוואה אוקולארית (ללא רישום) בין הגובה והקוטר של העצים המתים לאלו של העצים החיים הבודדים, שנותרו בחלקת נתיב הל"ה, ניתן להבין, שהתמותה אירעה רק בשנים האחרונות, כנראה כתוצאה משילוב של גורמים, שהם: קרקע בעלת תאחיזת מים נמוכה מאוד (Heer et al., 2014) הגורמת לעקת מים שיכולה לגרום לתמותה באופן ישיר כתוצאה מהיווצרות בועות אוויר בצינורות ההובלה שבעצת השורשים (Froux et al., 2005), או על ידי הרעבת פחמן, ובאופן עקיף על ידי הקטנת יכולת ההתגוננות של העצים בפני חרקים ופטוריות כתוצאה מירידה בפעילות המטבולית המייצרת טרפנים, ואף גורמת למחזור טרפנים בעת יובש קשה (Heer et al., 2014; Madar et al., 1991; Schiller et al., 2004; Yani et al., 1993). ידוע, כי גיריות גבוהה משפיעה גם על יכולת העצים לקלוט

בני עטרות (15) והר התבור (28) שולט הפנוטיפ הצריפי; בקרב העצים שמקורם בשאר האוכלוסיות אשר שימשו בניסיון, בדרך כלל הפנוטיפ הנפוץ יותר הוא הפנוטיפ הצריפי. כדי להמליץ על מקורות לזרעים לשם יצור שתילים בעלי צמיחה טובה ושרידות גבוהה בתנאי בית גידול, דוגמת ואדי ערה (אקלים ים-תיכוני) או יתיר (אקלים יובשני), הוצג הקשר בין גובה לקוטר של כל מקור זרעים ואחוז השרידות (ראו איור 1), שמאפשר להשוות את התפתחות ושרידות עצים מאותם מקורות זרעים בין שני בתי הגידול השונים. נראה, כי בתנאים האקולוגיים (מסלע, קרקע, גשם) השוררים במעוויה שבואדי ערה הגובה והקוטר הממוצע של עצים ואחוז השרידות עולים בדרך כלל על אלו שביתיר. איור 1 מראה, שהעצים היותר מצטיינים בצמיחה ובשרידות בתנאי אקלים ים-תיכוניים הם ממקורות הזרעים: האי קפריסין (4), האי סמוס (6), התבור (28), טורקיה (10) וכפר גלעדי (34). אליהם אפשר להוסיף גם את המקורות נצרת עילית (23), יער ואדי קוף (20) ואת ראש פינה (32). רוב העצים משבעת המקורות המומלצים הם מהפנוטיפ הצריפי ( $11.2\% \pm 85.8\%$ ), ורק באוכלוסייה ממקור ראש פינה (32) שיעור העצים מהפנוטיפ הצריפי הוא 29.0%. מבין מקורות הזרעים שנבחנו בתנאים האקולוגיים שביתיר, היותר מצטיינים בשרידות ובצמיחה הם: קפריסין (4), המושבה הגרמנית בירושלים (21), נצרת עילית (23), בית לחם הגלילית ואלוני אבא (18). אליהם אפשר להוסיף את טורקיה (10), משמר העמק (25) וראש פינה (32). רוב העצים מהמקורות המומלצים (4, 21, 23, 18, 10) הם מהפנוטיפ הצריפי בממוצע ( $72.2\% \pm 14.3\%$ );



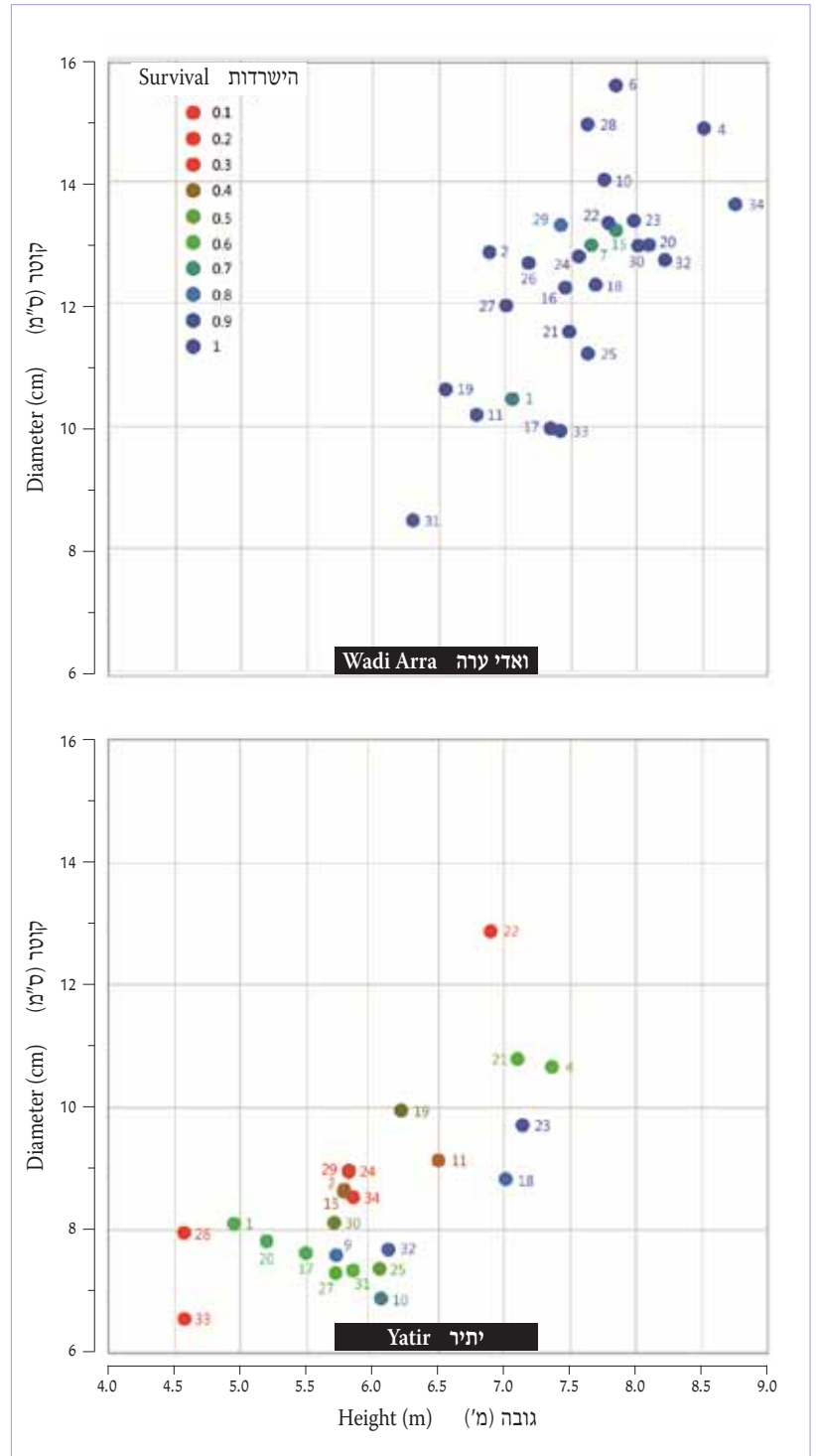
היות וברוש מצוי ניטע בארץ בעיקר למטרות גיוון היער, גיוון הנוף, משברי רוח, גינון ונוי, ולמטרות רוחניות, וחשיבותו ליצור עץ למטרות מסחריות בארץ בטל בשישים, לא התייחסו לנפח העץ, אלא בעיקר לגובהו, כסמן ליכולתו לשרוד ולגדול בתנאי בית גידול נתון. בהתאם לתוצאות הסקר (איור 1), עבור נטיעות באזור אקלימי ים-תיכוני (מעל 400 מ"מ לשנה) רצוי להשתמש בחומר ריבוי מהמקורות כדלקמן: האי קפריסין (4), האי סמוס (6), התבור (28), טורקיה (10) וכפר גלעדי (34). עבור נטיעות בתנאי אקלים יובשניים (יתיר) רצוי להשתמש בחומר ריבוי ממקורות אשר הראו שיעור שרידות גבוה מ-70% גם עם הגדילה בגובה קטנה במשהו (ראו טבלה 1). רצוי להשתמש בחומר ריבוי מהמקורות קפריסין (4), המושבה הגרמנית בירושלים (21), נצרת עילית (23), בית לחם הגלילית ואלוני אבא (18). רצוי שהשתילים שיינטעו יהיו מהפנוטיפ הצרפי, שצריכת המים שלו נמוכה בהשוואה לזו של הפנוטיפ האופקי (Schiller et al., 2004). השרידות הגבוהה יחסית וההתפתחות הטובה של מקורות שנשתלו בקרקע הליטוסול הרדוד, שעל גבי סלע הקירטון, אפשרו לעצים לחדור ולהינות ממאגר המים בסלע (Heer et al., 2014), כך שבהחלט יש מקום לנטיעת ברוש מצוי מהמקורות המומלצים בתנאי בית גידול מתאימים גם באזורים של 300 מ"מ גשם בשנה ופחות.

היות וחלפו מעל ל-27 שנה מאז הסקר ביערות בארץ וסימון עצי האם לזרעים, ניתן לשער כי חלו בהם שינויים רבים ולא תמיד לטובה. בנוסף לכך, כפי שכבר צוי, רוב משלוחי הזרעים מחו"ל לא היו מלווים בנקודת ציון ותיאור האקולוגיה, דבר המונע מלחזור לאותו היער בשנית. לכן רצוי, שהעצים מהמקורות המצטיינים שצוינו לעיל, הגדלים בחלקת מעוויה ובחלקת יתיר יהוו מקור לשם ריבוי וגטיבי (שמלה, 1986).

## מקורות

אונגר, י.ד., רוטנברג, א., רז-יסיף, נ., כהן, ש., יקיר, ד., שילר, ג. (2014). ממשק יער מונחה מאזן מים: מודל פשוט והשלכות על צפיפות עצים ביער יתיר. אקולוגיה וסביבה, 5 (2): 172-180.  
 בולוטין, מ. (1964). על תורשה בזני הברוש המצוי. ליער, 14 (2): 23-26.  
 ב"ז, ק. (1991). מבט ועוד מבט על ארץ ישראל. תצלומי אוויר מימי מלחמת העולם הראשונה מול תצלומים בני זמננו. ירושלים: יד בן-צבי, 239 עמ'.  
 לב-ידון, ש. (1988). התחדשות טבעית של ברוש מצוי בישראל. רתם, כתב עת לנושאי בוטניקה בארץ ישראל, 28: 61-64.  
 שילר, ג. (2013). ברוש מצוי, גידול עצי יער ויערות בישראל, ארץ של ספר המדבר. והספרות המצוטטת שם. <https://israelforests.wordpress.com>  
 שילר, ג. (2013). התנוונות ותמותה מוקדמת של אורן ירושלים בישראל בעקבות יבוא זרעים ממערכות אקולוגיות זרות. אקולוגיה וסביבה, 4 (2): 167-175.

מינרלים חיוניים דוגמת ברזל. תופעה זו מרמזת על כך, שלא רצוי לטעת ברוש מצוי בתנאים אקולוגיים הדומים לתנאים בחלקת נתיב הל"ה.



**איור 1:** הקשר בין גובה ממוצע לקוטר ממוצע, וכן שיעור ההשרדות (בצבעים), עבור מקורות הזרעים שניטעו בחלקת מעוויה (ואדי ערה) ובחלקת יתיר (מקורות הזרעים מצוינים במספר בהתאם לטבלה 1). **Figure 1:** Relations between average tree height and average tree diameter and survival in each of the seed sources planted at the Wadi Arra and Yatir plantations.

- fires, Cypress and fire resistant forests. Turkey: Akdeniz University.
- Papageorgiou, A.C., Panetsos, K.P. & Hattemer, H.H. (1994). Genetic differentiation of natural Mediterranean Cypress (*Cupressus sempervirens* L.) populations in Greece. *Forest Genetics*, 1: 1–12.
- Schiller, G. (1990). Variation in resin composition of Italian Cypress (*Cupressus sempervirens* L.) grown in Israel. *Silvae Genetica*, 39: 89–95.
- Schiller, G. & Korol, L. (1997). Electrophoretic analysis within *Cupressus sempervirens* L. growing in Israel. *Israel J. Plant Sci.*, 45: 1–8.
- Schiller, G., Moshe, Y. & Ungar, E.D. (2004). Transpiration of *Cupressus sempervirens* L. as influenced by canopy structure. *Israel J. Plant Sci.*, 52: 9–19.
- Weinstein, A. (1989). Provenance evaluation of *Pinus halepensis*, *P. brutia* and *P. eldarica* in Israel. *For. Ecol. Manage.*, 26: 215–225.
- Yani, A., Pauly, G., Faye, M., Salin, F. & Gleizes, M. (1993). The effect of a long-term water stress on the metabolism and emission of terpenes of foliage of *Cupressus sempervirens*. *Plant, Cell and Environment*, 16: 975–981.
- Zohar, Y. (1984). Autecology of *Cupressus sempervirens*. In: *Scientific Activities 1980–1984 of the Department of Forestry*. Special Publication No 228, Department of Scientific Publications. Bet Dagan, Israel: The Volcani Center.
- Zohary, M. (1962). *Plant life of Palestine, Israel and Jordan*. New York: The Ronald Press Company.
- Zohary, M. (1973). *Geobotanical Foundation of the Middle East*. Stuttgart: Gustave Fischer Verlag.
- שמלה, מ. (1986). ריבוי וגטטיבי של ברוש מצוי. עבודת גמר לתואר מוסמך במדעי החקלאות. האוניברסיטה העברית בירושלים, הפקולטה לחקלאות, ברחובות. 68 עמ'.
- Brofas, G., Karetos, G., Dimopoulos, P. & Tzagari, C. (2006). The natural environment of *Cupressus sempervirens* in Greece as a basis for its use in the Mediterranean region. *Land Degrad. Develop.*, 17: 645–659.
- Froux, F., Ducrey, M., Dreyer, E. & Huc, R. (2005). Vulnerability to embolism differs in roots and shoots and among three Mediterranean conifers: consequences for stomatal regulation of water loss. *Trees*, 19: 137–144.
- Harfourche, A.L., Aravanopoulos, F.A., Doulis, A.G. & Xenopoulos, S. (2000). Identification of RAPD markers associated with crown form in *Cupressus sempervirens* by bulked segregant analysis. *Forest Genetics*, 7: 171–178.
- Heer, N., Preisler, Y. & Rotenberg, E. (2014). Subsoil properties as the main factor in drying and mortality of *Pinus halepensis* at the Yatir forest, northern Negev, Israel. Medpine 5, Salsola, Spain. At <http://nirforestecosil.com/?p=404>
- Korol, L., Kara, N., Isik, K. & Schiller, G. (1997). Genetic differentiation among and within natural and planted *Cupressus sempervirens* L. eastern Mediterranean populations. *Silvae Genetica*, 46: 151–155.
- Lipshitz, N. & Biger, G. (1989). *Cupressus sempervirens* in Israel during antiquity. *Israel J. Bot.*, 38: 35–45.
- Madar, Z., Solel, Z. & Kimchi, M. (1991). Pestalotiopsis canker of cypress in Israel. *Phytoparasitica* 19 (1): 79–81.
- Neyisci, T. (2013). Mediterranean forest ecosystems wildland