



שימוש במיני עצים מקומיים ביעור בארץ ובעולם: עבר, הווה ועתיד

תמיר קליין

המחלקה למדעי הצמח והסביבה, מכון ויצמן למדע
tamir.klein@weizmann.ac.il

תקציר

במיני עצים מקומיים בלבד, בעירובים מושכלים, עשוי לעודד התפתחות תת־יער מקומי, שיתרום לשימור המערכות האקולוגיות הייחודיות של הארץ.

במפעל היעור הייחודי של ישראל ניתן מקום של כבוד למיני עצים מקומיים. עם זאת, נטיעות שכשלו במקרים מסוימים הגבירו את השימוש במינים שאינם מקומיים, כדוגמת מיני איקליפטוס, שיטה ואורן. התבססותם של האחרונים הייתה לרוב טובה, אולם בטווח הארוך חלו השפעות שליליות על מינים אחרים של צמחים, בעלי חיים ופטריות. מאידך גיסא, חלה התקדמות בזיהוי של אקוטיפים מתאימים של המינים המקומיים ובפיתוח של טיפוסים נבחרים שלהם באמצעות השבחה (לדוגמה בברוש מצוי ובשיטה סלילנית), וכן הופקו לקחים הנוגעים להגנה מרעייה ומיובש. במדינות שונות בעולם עולה כיום ההכרה ביתרונות השימוש במיני עצים מקומיים ליעור, לרבות קצב הגידול, ההתאמה למגוון בתי גידול ויחסי הגומלין עם אורגניזמים אחרים ביער. שימוש

מילות מפתח

אקוטיפים, ייעור מוטה־פחמן, מגוון ביולוגי, שימור מינים, שינוי אקלים

מבוא

לכל אזור אקלים, מדין ועד אילת; (3) בין המינים המקומיים שלעיל יש גם כאלה שעמידים לחום וליובש שילכו ויחריפו. זאת בניגוד למדינות אירופה, למשל, המחפשות מיני עצים חדשים לאקלים משתנה וחדש; (4) ישראל מדינה קטנה, אך מגוונת ביותר באקולוגיה שלה הודות לאזורי האקלים השונים והמגוון במסלע ובקרנע. התוצאה היא פסיפס אקולוגי רגיש ובעל מינים אנדמיים רבים. בשל כך, חשיבות שימור המינים המקומיים בארץ גדולה מאשר במדינות אחרות.

ייעור מוטה־פחמן, שנועד להשיג את קיבוע הפחמן המרבי לטובת מיתון שינוי האקלים, מחזיר לדיון את הנקודה הראשונה לעיל, כלומר העדפה למינים מהירי־צימוח, גם אם אינם מקומיים. בהיבט זה, צ'ילה, מדינה גדולה בהרבה מישראל, אך בעלת חפיפה גדולה באזורי האקלים (ים תיכוני וצחיח למחצה), יכולה לספק חקר מקרה חשוב. מדיניות ייעור מוטה־פחמן גרמה בה להתרחבות יערות של מינים שאינם מקומיים על חשבון מינים מקומיים, תוך פגיעה במגוון הביולוגי הטבעי. במבט לאחור אף התברר כי היקף קיבוע הפחמן של היערות החדשים, המבוססים על מינים שאינם מקומיים, היה נמוך מהמצופה, ונמוך מזה של יערות טבעיים (Heilmayr et al., 2020).

עם השנים עולה חלקו של משבר האקלים במדינות הייעור בארץ ובעולם (רוטנברג ויקר, 2018; קרואני, 2019). אירועי תמותה של עצי יער עקב יובש ושרפות בישראל, המתגברים החל משנות ה־90 (Klein et al., 2019), מדגישים את חשיבות בחירת המינים העמידים. המינים המקומיים אלון מצוי (*Quercus calliprinos*) ומיני אלה (*Pistacia*), המכסים כמחצית משטחי היער והחורש בארץ, מופיעים רק ב־12% וב־2% מאירועי התמותה שנסקרו בשנים 1948–2018, בהתאמה. רחבי־עלים נפוצים אחרים, כדוגמת אלון התבור (*Quercus ithaburensis*), חרוב מצוי (*Ceratonia siliqua*), זית אירופי (*Olea europaea*) וקטלב מצוי (*Arbutus andrachne*), אף הם כמעט ונעדרים מאירועי התמותה. לעומתם הופיעו מיני איקליפטוס ב־11% מהאירועים – חלק מהם של איקליפטוס המקור (*Eucalyptus camaldulensis*) שניטע באתרים בדרום שאינם מתאימים לגידולו. בין המחטניים, ייצוגם הגבוה יחסית של המינים המקומיים אורן ירושלים וברוש מצוי, 39% ו־7% בהתאמה, אינו מפתיע בהתחשב בתפוצתם ובשימוש הגבוה בהם בייעור במאה הקודמת. עמידותו של אורן ירושלים ליובש עולה על זו של קרוביו שאינם מקומיים, אורן ברוטיה (*Pinus brutia*) ואורן הגלעין (*Pinus pinea*). לעומתם, הברוש המצוי רגיש יותר ליובש מאשר קרוביו, הברוש האטלנטי (*Cupressus atlantica*) והברוש

משבר האקלים המחרף הזכיר לרבים בעולם את חשיבותם של עצים ויערות במיתון השפעותינו המזיקות על הסביבה. בישראל ציינה קק"ל מאה שנות ייעור, מפעל מרשים שהקדים את זמנו בכמה דורות בהקשר זה (קרואני, 2019). לאחר מאות שנים של כריתות והכחדת היער חזרו היערות לכסות בירוק את הגבעות וההרים. למשימה נבחרו מיני עצים מקומיים (native) לצד מינים מהירי צימוח ועמידים שאינם מקומיים (non-native). אין ספק בדבר חשיבות היער והייעור, לרבות תרומתו המכרעת כמסדרון אקולוגי וכתומך במגוון מינים רחב (יהל ורותם, 2019). במאמר זה אנסה (1) לסקור את הנעשה בתחום בעבר ובהווה; (2) להזכיר את היתרונות שבשימוש במיני עצים מקומיים בייעור, על סמך הניסיון שהצטבר בארץ ובעולם; (3) להציע מתווה לעתיד.

מיני עצים בייעור בארץ: עבר והווה

מלכתחילה ניתנה בקק"ל עדיפות לנטיעת מיני עצים מקומיים על פני מינים שאינם מקומיים. על כך מעידים שטחים נרחבים של מיני המחטניים אורן ירושלים (*Pinus halepensis*) וברוש מצוי (*Cupressus sempervirens*). מאידך גיסא, נטיעות של מינים רחבי־עלים ידעו גם כישלונות. בחבל הים תיכוני נפלו שתילים רבים של רחבי־עלים קורבן לרעייה, והושמדו או התפתחו כשיחים נמוכים. יוצא דופן הוא החרוב (*Ceratonia siliqua*), שצלח בעיקר בחלקות חד־מיניות. בשנות ה־80 וה־90 ניטע חרוב גם בחבל הצחיח למחצה, יחד עם שיזף מצוי (*Ziziphus spina-christi*), שיטת הנגב (*Acacia pachyceras*), שיטה סלילנית (*Acacia raddiana*) ואלה אטלנטית (*Pistacia atlantica*). שרידותם של מינים אלה באזור הזה הייתה נמוכה לרוב, והשתילים ששרדו התפתחו בקצב איטי מאוד, כך שבדרך כלל לא התקבלו עצים בגודל הרצוי. לכן עבר הייעור לשימוש במיני איקליפטוס (*Eucalyptus*) ושיטים (*Acacia*) שאינם מקומיים. ייתכן כי הצלחתם של האחרונים הסיטה את תשומת הלב מהצורך בבירור הכישלונות בנטיעות מינים מקומיים ובהשקעה נוספת לשיפור סיכוייהם בעתיד.

נטיעת מיני עצים שאינם מקומיים אינה ייחודית לישראל, ומתבצעת בהיקף נרחב במדינות רבות בעולם. עם זאת, מצבה של ישראל שונה מזה של מדינות אחרות: (1) הייעור בישראל אינו מסחרי, והשימוש בעץ מוגבל, כך שמהירות הצימוח איננה קריטריון חשוב בהכרח; (2) מגוון מיני העצים המקומיים בארץ גבוה יחסית (מעל 60 מינים מקומיים; להשוואה – רק 35 בבריטניה), כך שקיימים מינים מקומיים

על נטיעת מינים מסוימים שאינם מקומיים, בעיקר מינים פולשים או כאלה המוגדרים כמזיקים (Pötzelberger et al., 2020). כמו כן, הוגדרו גם אזורים שמותר בהם שימוש במינים מקומיים בלבד.

דרום אפריקה, כמו ישראל, כוללת בשטחה מערכות אקולוגיות מגוונות ורגישות, והמתרחש בה מהווה תמרור אזהרה. ייעור מסחרי במינים שאינם מקומיים מספק בה אומנם בית גידול למספר מינים של עופות, אולם מפחית את מגוון המינים של העופות, בהם מינים נדירים רבים או כאלה הנמצאים בסכנת הכחדה (Allan et al., 1997). נצפתה הפחתה בעושר מיני צמחים ובעלי חיים בעקבות ייעור במיני אורנים שאינם מקומיים (Armstrong and van Hensbergen, 1996). מעבר לכך, ההשפעות האלה זולגות אל אזורים שכנים, גם כאלה שנועדו לשימור טבע (Richardson, 1997).

יתרונות הייעור במיני עצים מקומיים: דוגמאות מרחבי העולם

בעשורים האחרונים עולה ברחבי העולם ההכרה ביתרונות השימוש במיני עצים מקומיים ליעור. בסין הוכיחו מיני עצים מקומיים קצבי גידול גבוהים ופוטנציאל לשימוש ביעור מוטה-יחמון, עם הבדלים גדולים בין 14 מינים שונים שנבחנו (Thomas et al., 2007). בניסוי סיני שהשווה שתילים מארבעה מינים מקומיים וארבעה מינים שאינם מקומיים (מיני איקליפטוס ושיטה המשמשים גם ביעור בארץ), נמצאו אומנם קצבי גידול נמוכים יותר במינים המקומיים, אולם התלוותה אליהם צריכה נמוכה יותר של חנקן (מקור חנקן זמין עיקרי), לעומת חיסול שלה במינים שאינם מקומיים (Wang et al., 2013). בניו זילנד שרדו שתילים של מין עץ מקומי שנשתלו ביער של אותו המין, וצמחו טוב יותר מאשר תחת עצים שאינם מקומיים, בשורשיהם נספרו יותר קורי מיקוריזה, והקרקע שבסביבתם הייתה פורייה יותר (Dehlin et al., 2008). לאחרונה, במסגרת מפעל ייעור במינים מקומיים באזורים הרריים של קולומביה ואקוודור, התברר כי מינים מקומיים גדלים על מגוון רחב של קרקעות ובקצבים דומים לאלה של מינים שאינם מקומיים (Bare and Ashton, 2016).

מיני עצים ביעור בארץ: סיכום ומבט לעתיד

לקק"ל הידע והניסיון בגידול מיני העצים המקומיים בישראל ובישימוש בהם ביעור (יבלוביץ, 2020). במקרים מסוימים מוסיפים על מינים אלה מינים שאינם מקומיים, מתוך כוונה

האריזוני (*Cupressus arizonica*), אך אקוטיפים מתאימים שלו שאותרו לאחרונה עשויים להבטיח את שגשוגו גם בעתיד שחון יותר (יוסי ריוב, מידע אישי).

השפעות מזיקות של ייעור במיני עצים שאינם מקומיים

אכן, בבחירת מיני עצים ליעור יש לתת עדיפות למינים מקומיים, בהתאם לקריטריון הסיכון המזערי לשלמות המערכת האקולוגית (ecosystem integrity). סיכונים אלה כוללים פולשנות והשפעות על מינים מקומיים, לרבות אללופתיה, כלומר דחייה של מינים אחרים באמצעות הפרשת חומרים (Reisman-Berman et al., 2019). פולשנות של מיני עצים שאינם מקומיים או פגיעה שלהם בטבע, ובפרט הכחדה של מינים אחרים, טעונה הוכחה ואיננה תמיד קיימת (Sagoff, 2005). אללופתיה נצפתה בארץ בחורשות צפופות של איקליפטוס המקור ובמיני ינבוט (*Prosopis*) (Reisman-Berman et al., 2011). אללופתיה קיימת גם באיקליפטוס הצווארון (*Eucalyptus torquata*), שניטע באתרים רבים בדרום הארץ. בניסוי מבוקר נמצא כי נקז של נשר עלי איקליפטוס עיכב צמיחת שורשים ב-15 מתוך 21 מיני צמחים מקומיים (Becerra et al., 2017). עוד נמצא, כי איקליפטוס כדורי (*Eucalyptus globulus*), הניטע מעט גם בישראל, מעכב התפתחות מיני צמחיית תת-יער באופן חזק יותר מחוץ לאוסטרליה: עושר מינים קטן ב-51% באתרי ייעור בארה"ב, בצ'ילה, בהודו ובפורטוגל, לעומת 8% בלבד באוסטרליה.

עדיפותם של מיני העצים המקומיים התבטאה בדרכים נוספות. בישראל גרם ייעור במינים שאינם מקומיים להפחתת יצרנות של מיני עשבונים ולפגיעה בפוריות הקרקע (Paz-Kagan et al., 2016), להפחתת מגוון המינים של לטאות (Hawlena and Bouskila, 2006) ולשינוי הרכב חברת פטריות המיקוריזה (Livne-Luzon et al., 2017). הממצא האחרון מדאיג במיוחד, לנוכח ההשלכות על תחום ליקוט הפטריות המקומיות המתפתח מחד גיסא, וחשיבות רשתות המיקוריזה לתפקוד היער מאידך גיסא (Rog et al., 2020). השפעות כאלה נצפו בעבר במקומות נוספים, למשל בבריטניה: מגוון מיני חסרי חוליות שזוהו על מיני עצים מקומיים מגיע עד כדי 450 מינים למין עץ, בעוד מינים שאינם מקומיים מארחים מגוון נמוך בהרבה, לרוב סביב 50 מינים לכל מין עץ (Peterken, 2001). ייעור במיני עצים שאינם מקומיים יוצר השלכות שליליות גם על שירותי המערכת האקולוגית: שחרור אלרגנים באבקה, הפחתת העמידות לשרפות והפחתה בתיירות אקולוגית (Castro Diez et al., 2019). בשל כך, בחלק ממדינות אירופה חלים איסורים

יחייב: (1) בחירה מושכלת של אתרים מתאימים; (2) הגנה מרעייה על ידי הגבלתה בשטח בשנים הראשונות או על ידי שימוש באמצעי גידור שונים; (3) בחירה של אקוטיפים מתאימים; (4) פיתוח טיפוסים נבחרים באמצעות השבחה, כפי שנעשה כיום בשיטה הסלילנית. נוסף על הנאמר, יש לזכור כי בניגוד למה שניתן לצפות, הכנה ונטיעה של מינים מקומיים עשויות לדרוש תשומות רבות, לעיתים אף יותר משל מינים אחרים. מצד שני, להשקעה זו ערך מוסף, היות שלשימור הנופים הטבעיים המקומיים ערך כשלעצמו.

להגדיל את המגוון ביער. הניסיון מלמד כי צעד כזה סופו להחטיא את המטרה, מפני שהמגוון הביולוגי הכולל של היער נוטה לרדת בהשפעת מיני העצים שאינם מקומיים. מאידך גיסא, שימוש במיני עצים מקומיים בלבד, בעירובים מושכלים, עשוי לעודד התפתחות תת-יער מקומי, שיתרום לשימור המערכות האקולוגיות הייחודיות של הארץ. במקומות מסוימים, קק"ל אף מחויבת לשימוש במינים מקומיים בלבד. במבט לעתיד עלינו ללמוד מניסיונות העבר, לרבות הכישלונות. שימוש במינים מקומיים בעתיד

מקורות

- Heilmayr R, Echeverría C, and Lambin EF. 2020. Impacts of Chilean forest subsidies on forest cover, carbon and biodiversity. *Nature Sustainability*, 3(9), 701-709.
- Klein T, Cahanovitz R, Sprintsin M, Herr N, and Schiller G. 2019. A nationwide analysis of tree mortality under climate change: Forest loss and its causes in Israel 1948–2017. *Forest Ecology and Management*, 432, 840-849.
- Livne-Luzon S, Ovadia O, Weber G, Avidan Y, Migael H, Glassman SI, Bruns TD, and Shemesh H. 2017. Small-scale spatial variability in the distribution of ectomycorrhizal fungi affects plant performance and fungal diversity. *Ecology Letters*, 20(9), 1192-1202.
- Paz-Kagan T, Zaady E, Shachak M, and Karnieli A. 2016. Transformation of shrublands to forests: The role of woody species as ecosystem engineers and landscape modulators. *Forest Ecology and Management*, 361, 257-268.
- Peterken GF. 2001. Ecological effects of introduced tree species in Britain. *Forest Ecology and Management*, 141(1-2), 31-42.
- Pötzelsberger E, Lapin K, Brundu G, Adriaens T, Andonovski V, Andrašev S, et al. 2020. Mapping the patchy legislative landscape of non-native tree species in Europe. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 93(4), 567-586.
- Reisman-Berman O, Keasar T, and Tel-Zur N. 2019. Native and non-native species for dryland afforestation: Bridging ecosystem integrity and livelihood support. *Annals of Forest Science*, 76(4), 1-13.
- Richardson DM. 1998. Forestry trees as invasive aliens. *Conservation Biology*, 12(1), 18-26.
- Sagoff M. 2005. Do non-native species threaten the natural environment? *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 18(3), 215-236.
- Thomas SC, Malczewski G, and Sapruff M. 2007. Assessing the potential of native tree species for carbon sequestration forestry in Northeast China. *Journal of Environmental Management*, 85(3), 663-671.
- Wang F, Zhu W, Zou B, Neher DA, Fu S, Xia H, and Li Z. 2013. Seedling growth and soil nutrient availability in exotic and native tree species: Implications for afforestation in southern China. *Plant and Soil*, 364(1), 207-218.
- יבולביץ' ח. 2020. איסוף והנבטה של מינים קשי נביטה עבור הייעור בישראל. **אקולוגיה וסביבה**, 21(2).
- פורת י ורותם ד. 2019. ניהול יערות קק"ל ותפקודם כעוגנים טבעיים ברצף השטחים הכתומים והמסדרונות האקולוגיים. **אקולוגיה וסביבה**, 10(1), 10-8.
- קרוזני א. 2019. התוכנית האסטרטגית של האו"ם ליעור. **אקולוגיה וסביבה**, 10(2), 10-6.
- רוטנברג א ויקיר ד. 2018. ייעור, אקלים, ועתיד היערות בישראל. **אקולוגיה וסביבה**, 39(3), 22-33.
- Allan DG, Harrison JA, Navarro R, van Wilgen BW, and Thompson MW. 1997. The impact of commercial afforestation on bird populations in Mpumalanga Province, South Africa – insights from bird-atlas data. *Biological Conservation*, 79(2-3), 173-185.
- Armstrong AJ, and Van Hensbergen HJ. 1996. Impacts of afforestation with pines on assemblages of native biota in South Africa. *South African Forestry Journal*, 175(1), 35-42.
- Bare MC and Ashton MS. 2016. Growth of native tree species planted in montane reforestation projects in the Colombian and Ecuadorian Andes differs among site and species. *New Forests*, 47(3), 333-355.
- Becerra PI, Catford JA, Luce McLeod M, Andonian K, Aschehoug ET, Montesinos D, and Callaway RM. 2018. Inhibitory effects of *Eucalyptus globulus* on understorey plant growth and species richness are greater in non-native regions. *Global Ecology and Biogeography*, 27(1), 68-76.
- Castro-Diez P, Vaz AS, Silva JS, Van Loo M, Alonso Á, Aponte C, et al. 2019. Global effects of non-native tree species on multiple ecosystem services. *Biological Reviews*, 94(4), 1477-1501.
- Dehlin H, Peltzer DA, Allison VJ, Yeates GW, Nilsson MC, and Wardle DA. 2008. Tree seedling performance and below-ground properties in stands of invasive and native tree species. *New Zealand Journal of Ecology*, 32(1), 67-79.
- Dey DC, Gardiner ES, Kabrick JM, Stanturf JA, and Jacobs DF. 2010. Innovations in afforestation of agricultural bottomlands to restore native forests in the eastern USA. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 25(S8), 31-42.
- Hawlena D and Bouskila A. 2006. Land management practices for combating desertification cause species replacement of desert lizards. *Journal of Applied Ecology*, 43(4), 701-709.