

Britanya Kolumbiyası (Kanada) ormancılığında ağaç ıslahı

Tree breeding in British Columbia (Canada) forestry

Fatih TEMEL

¹ Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi, Artvin

Sorumlu yazar (*Corresponding author*)

Fatih TEMEL

fatihtemel93@gmail.com

Geliş tarihi (*Received*)

11.05.2024

Kabul Tarihi (*Accepted*)

31.05.2024

Sorumlu editör (*Corresponding editor*)

Fatma FEYZİOĞLU

fatmafeyzioglu@ogm.gov.tr

Atf (*To cite this article*): Temel, F. (t.y.). Britanya Kolumbiyası (Kanada) ormancılığında ağaç ıslahı. Ormanlık Araştırma Dergisi, 11(1), 81-93. <https://doi.org/10.17568/ogmoad.1482489>

Öz

Britanya Kolumbiyası (BC), Kanada'nın en batısında yer alan ve Türkiye yüzölçümünün yaklaşık 1,2 katı büyüklüğündeki bir eyaletidir. BC'nin yarısından fazlası ormanlarla kaplıdır ve ormancılık, enerjiden sonra Eyalet ekonomisinin en önemli ikinci sektörüdür. Neredeyse tamamı (%95) devlete ait olan bu ormanlardan her yıl yaklaşık 200 bin hektarı (ha) kesilmekte ve bunun %80'i yapay olarak gençleştirilmektedir. Yıllık fidan ihtiyacının %82'si *Pseudotsuga menziesii*, *Pinus contorta* var. *latifolia* ve *Picea glauca* x *engelmannii* türlerine aittir. Bunlar dâhil toplam 13 türde yürütülen ağaç ıslahı çalışmaları ile hacimde %20 kadar bir genetik kazanç elde edilmiştir. Gençleştirme çalışmalarında ıslah edilmiş tohum kullanılması yasal zorunluluk olup, oldukça sağlıklı işleyen bir tohum üretim ve kayıt sistemi ile ağaç ıslahı çalışmalarının sonuçları odun üretimine yansıtılmaktadır. Değişen iklim koşullarına uyumlu ormanlar oluşturmak için tohum transferi konusunda yoğun araştırmalar yapılmakta ve elde edilen bilgiler ağaç ıslah programlarında da dikkate alınmaktadır.

Anahtar kelimeler: Britanya Kolumbiyası, ağaç ıslahı, tohum transferi, tohum bahçesi

Abstract

British Columbia (BC) is Canada's westernmost province and has a surface area approximately 1.2 times that of Türkiye. Forests cover more than half of BC, and forestry is the second most important sector of the province's economy, following energy. Approximately 200 thousand hectares are harvested every year, almost all of which (95%) is crown land, and 80% of this is artificially regenerated. More than 80% of seedlings required for regeneration are of *Pseudotsuga menziesii*, *Pinus contorta* var. *latifolia*, and *Picea glauca* x *engelmannii* species. Breeding studies carried out on 13 tree species, including these three species, resulted in around 20% genetic gain in volume growth. Legal regulations that require the use of genetically improved seeds for regeneration and a well-functioning seed production and registration system ensure the realization of the benefits of tree breeding in wood production. In order to establish stands adapted to changing climate conditions, intensive studies are undertaken on seed transfer, and the information obtained from these studies is taken into account in tree breeding programs.

Keywords: British Columbia, tree breeding, seed transfer, seed orchard



Creative Commons Atf -
Türetilemez 4.0 Uluslararası
Lisansı ile lisanslanmıştır.

1. Giriş

Britanya Kolumbiyası (*British Columbia* ya da kısaca BC), Kanada'nın en batısında ve Büyük Okyanus kıyısında yer alan bir eyalettir. Kuzeyinde Yukon Eyaleti ve Kuzeybatı Toprakları (*Northwest Territories*) ile doğusunda Alberta Eyaleti ile komşudur. ABD'nin eyaletlerinden Alaska kuzeydoğusundadır, Washington, Idaho ve Montana ise -batıdan doğuya doğru- güneyinde yer alırlar. Yaklaşık 5,6 milyon nüfus ile Kanada'nın en kalabalık üçüncü eyaletidir ve nüfusun yarıya yakını Eyalet'in güneybatı köşesinde yer alan Vancouver büyük şehrinde yaşamaktadır. Başkenti Vancouver Adası'ndaki Victoria olan bu Eyalet'in yüzölçümü 944,186 km² (Türkiye'nin ~1,2 katı) olup %2,1'i su yüzeylerinden oluşmaktadır.

BC'nin yaklaşık 55 milyon hektarı (ha) ormanlarla kaplıdır (toplam alanın %58'i) ve ormanların %95'inin mülkiyeti Eyalet'indir. İbrelî ağaç türlerinin baskın olduğu ormanlar 50'den fazla orman ağacı türüne ev sahipliği yapmaktadır. Çok farklı çevre koşullarında yayılış gösteren orman ekosistemlerindeki genetik çeşitlilik oldukça yüksektir. Bu orman zenginliği sayesinde BC ormancılık sektörü 2022 yılı için Eyalet'in gayri safi milli hasılasına 17,4 milyar Kanada doları katkı yapmış ve 100 binden fazla kişiye doğrudan istihdam sağlamıştır (Niquidet ve ark., 2024).

Yıllık ortalama (2000-2020 yılları) 200 bin ha alandan yapılan üretim 69 milyon m³ olup (URL-1) bunun 4,3 milyon m³'ü tomruk ve 17,6 milyon m³'ü kereste olarak ihraç edilmektedir (URL-2). Kalan kısım ise kâğıt hamuru ve diğer mamullerin üretiminde kullanılmaktadır. BC'den gerçekleştirilen işlenmiş odun hammaddesi ihracatı Kanada toplam orman ürünü ihracatının %51,7'sini oluşturmaktadır. Ormancılık sektöründe üretilen ürünlerin, Eyalet'in toplam ihracatı içerisindeki payı enerji sektörü ile ilgili ürünlerden (%37) sonra %24 ile ikinci sıradadır (Niquidet ve ark., 2024).

BC ormancılığında odun üretimi bakımından en önemli türler *Pseudotsuga menziesii*, *Picea glauca x engelmannii* ve *Pinus contorta*'dır. Bunlar başta olmak üzere toplam 13 orman ağacı türünde üretim ve canlı-cansız zararlılara karşı dayanıklılığı arttırmak amacıyla ağaç ıslahı çalışmaları yürütülmektedir. 1960'lı yıllarda *P. menziesii* var. *menziesii* ile başlayan ağaç ıslahı çalışmaları bu türde dördüncü ıslah döngüsünü tamamlamış, diğer türlerde ise çeşitli aşamalarda bulunmaktadır. Odun üretiminin neredeyse tamamının doğal meşcerelerden gerçekleştirildiği BC'de yapay gençleştirmede kullanılacak tohumun niteliği konusunda ki yasal düzenlemeler büyük oranda ıslah edilmiş

tohum kullanılmasını gerektirmekte ve bu nedenle ıslah çalışmalarının kapsamı ve yoğunluğu giderek artmaktadır.

BC ormanları çok geniş bir ekolojik çeşitlilikte yayılış göstermektedir. Özellikle geniş yayılışa sahip türlerin doğal yayılış alanlarındaki ekolojik özellikler çok büyük farklılıklar gösterebilmektedir. Bu nedenle gençleştirme sahası ile doğru tür ve türe ait doğru orijin eşleştirmesinin yapılabilmesi önem taşımaktadır. İklimdeki hızlı değişim ise bu eşleştirmelerin sağlıklı biçimde yapılabilmesini zorlaştırmaktadır. Bunun sonucu olarak ağaç ıslahı çalışmaları ile birlikte güvenli tohum transferi konusunda da araştırmalar yapılmakta ve elde edilen bilgiler ıslah programları ile bütünleşik olarak ele alınmaktadır. Ağaç ıslahı ve tohum transferi konusundaki bu çabaların temel amacı birim alandan (ha) elde edilecek odun üretimini nicelik ve nitelik olarak doğal meşcerelere göre %20 arttırmaktır.

BC'de iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin dünya ortalamasından daha fazla hissedilmesi beklenmektedir (Spittlehouse, 2008). Halihazırda iklim değişikliğinin olumsuz etkileri hidrolojik sistemlerde (Letih ve Whitfield, 1998), orman yangınlarının davranışlarında (Gillett ve ark., 2004) ve böcek (Carroll ve ark., 2004) ve mantar (Woods ve ark., 2005) zararlarındaki değişimlerle kendini göstermektedir. Orman ağacı türlerinin doğal yayılış alanlarının da değişmesi beklenmektedir (Hamann ve Wang 2006; Johnston ve ark., 2009). Bu durum gençleştirme çalışmalarında uygun tohum kaynaklarının belirlenmesini zorlaştırmaktadır. İleriki yıllarda BC ormancılığının başa çıkması gereken bu sorunu çözmek için çeşitli araştırma projeleri hayata geçirilmiştir.

Bu makalede amaç BC ormancılığını ve buradaki ağaç ıslahı çalışmalarını tanıtmaktır. İlk olarak BC ormanları kısaca tanıtilerek Orman İdaresi'nin yapılanması özetlenmiş; sonra ağaç ıslahı ve tohum transferi konusunda yapılan çalışmalar kısaca anlatılmıştır.

2. BC Ormanları ve İşletilmesi

2.1. Eyalet ormanları

BC genel olarak serin, nemli, dağlık ve ormanlık bir bölgedir. Ancak Eyalet içerisinde Akdeniz iklimi benzeri, yarı kurak, yarı arktik (kuzey kutbuna ilişkin) ve Alpin iklime sahip yerler de vardır. Çok geniş ovalar, platolar (yaylalar) ve vadiler ile kuzey-güney doğrultusunda kabaca birbirine paralel uzanan çeşitli dağ sıraları Eyalet'in genel coğrafi özellikleridir. Baskın bitki örtüsü orman olmakla birlikte geniş çayırlıklar, sulak alanlar, çalılıklar

ve tundraya da ev sahipliği yapmaktadır (Meidinger ve ark., 2005).

Coğrafi olarak Eyalet'i beş ana bölgeye ayırmak mümkündür (Valentine ve ark., 1978). Büyük Okyanus sahilindeki dağlar ve adalar birbirine paralel iki dağ sırasından ve Vancouver ile Haida Gwaii Adalarından oluşur. İç kesim platosu Eyalet'in ABD sınırından başlayarak kuzeye doğru ortalarına kadar geniş bir alanı kaplayan, yumuşak rölyefli ve çeşitli nehir havzalarını içeren bölgedir. Kolumbia Dağları ve Güney Kayalık Dağları Eyalet'in güneydoğu köşesindeki Alberta sınırında yer almaktadır ve yüksek eğimli yamaçlara sahip dört farklı dağ sırasından oluşmaktadır. Kuzey ve Orta Platoları ve Dağları Eyalet'in 56° kuzey enlemden itibaren kuzeyine doğru yer alırlar ve çeşitli platolar, dağlar ve düzlüklerden oluşurlar. Geniş Düzlükler bölgesi ise Eyalet'in kuzeydoğu köşesinde yer alır ve adından da anlaşılacağı üzere göz alabildiğine büyük düzlüklerden oluşur.

Eyalet'in iklimini Büyük Okyanus ve dağ sıraları belirlemektedir. Bu Okyanus büyük bir ısı ve nem kaynağıdır. En nemli bölgeleri adalar ve ana kıtanın sahil kesimleri olan Eyalet'te Büyük Okyanus'tan gelen nemli hava kütleleri kıyıya paralel uzanan dağlara çarpıp yükselerek bu bölgeye çok yağış bırakır. Bu durum, dağların ardında kalan iç kesim platosunun BC'de en kuru bölge olmasına neden olur. Doğuya hareket eden hava kütleleri kalan nemi de Kayalık Dağları'nda bırakırlar. Kıyıya paralel uzanan dağlar hava kütlelerinin sadece doğuya hareketini yavaşlatmakla kalmaz, aynı zamanda soğuk karasal arktik hava kütlelerinin Kayalık Dağları'nın batısına geçmesini yavaşlatırlar. Bunun sonucu olarak, kuzeydoğu köşesinde yer alan Geniş Düzlükler dışında, BC, Kanada'daki en ılıman iklime sahip bölgedir.

Eyalet'in baskın vejetasyonu her dem yeşil ibrelili türlerin oluşturduğu ormanlardır. Sahil kesiminin alçak ve orta yükseltilerinde baskın türler *Tsuga heterophylla* ve *Thuja plicata*'dır. Bunlara güneyde *Pseudotsuga menziesii* ve kuzeyde *Abies amabilis* ile *Picea sitchensis* eşlik eder. Bölgenin yüksek kesimlerinde ise *Tsuga mertensiana*, *A. amabilis* ve daha az olarak *Chamaecyparis nootkaensis* görülür.

Pinus ponderosa ve *P. menziesii* iç bölgenin güney kesimindeki kuru bölgelerde baskındır. Kışın yapraklarını döken ibrelili tür *Larix occidentalis* ise Eyalet'in güneydoğu köşesine özgüdür. *Pinus contorta* var. *latifolia* ve *P. menziesii* iç bölge platosunun güney yarısının büyük bölümünü kaplayan muazzam meşcereleri kurarlar. Bu bölgede kuzeye doğru gidildikçe *P. menziesii* azalır ve *Picea glauca*, *P. engelmannii* x *glauca* ve *Abies*

lasiocarpa da *Pinus contorta*'ya katılır.

Kolumbia ve Güney Kayalık Dağları'nın nemli kesimlerinde *Tsuga heterophylla* ve *Thuja plicata*'ya *Pinus monticola*, *P. menziesii*, *Larix occidentalis*, *Abies grandis*, *Picea engelmannii*, *P. engelmannii* x *glauca* ve *A. lasiocarpa* eşlik eder. Eyalet'in iç kısımlarının yüksek kesimlerinde *P. engelmannii*, *A. lasiocarpa* ve *Pinus contorta* karışık olarak bulunur ve daha az nemli yerlerde *Pinus albicaulis* da bunlara katılır.

Eyalet'in kuzeyinin alçak kesimleri boreal (soğuk ve vejetasyon süresinin kısa olduğu yüksek kuzey enlemleri) özelliktedir ve buralarda *P. glauca*, *P. mariana* ve *P. contorta* yaygındır. Daha yüksek kesimlerde ise *P. glauca* ve *A. lasiocarpa* bulunur.

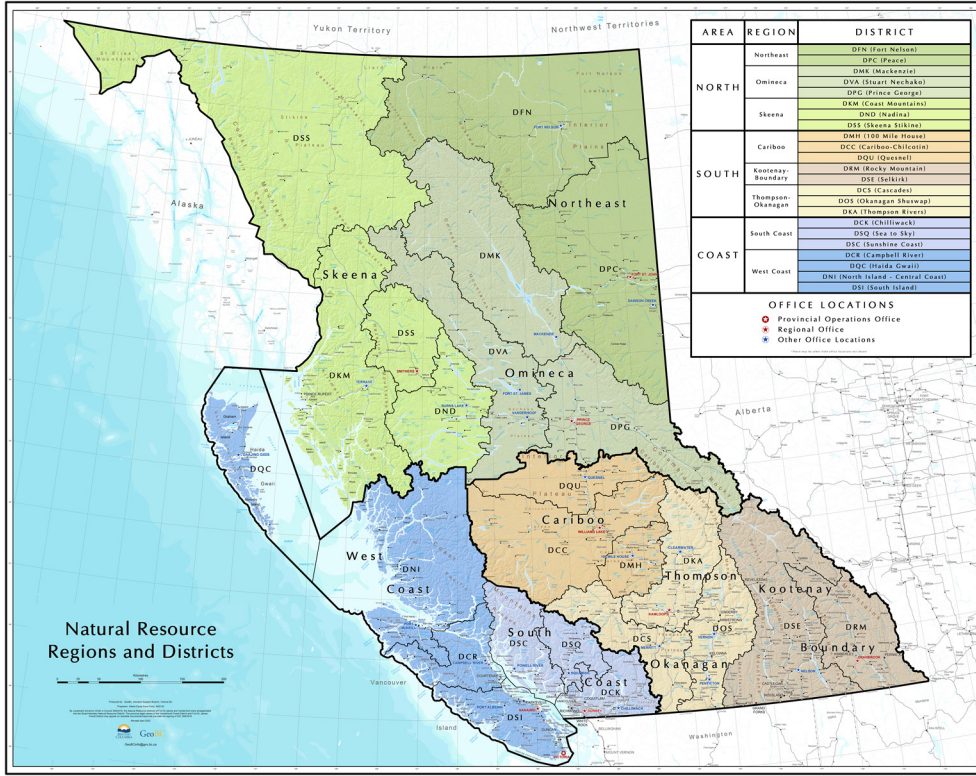
En yaygın yapraklı tür olan *Populus tremuloides* ise İç Bölge Platosuyla boreal orman bölgesinde bulunurken, Eyalet'in güneydoğusundaki nemli bölgelere doğru azalır ve sahilde ise pek görülmez. *Alnus rubra* hızlı gelişen öncü bir türdür ve sahil kesiminde müdahale edilen ormanlara hemen gelip yerleşir. *Populus balsamifera* ssp. *trichocarpa* sahil kesimi dışında Eyalet genelinde yaygındır ve kuzeyde yerini *P. balsamifera* ssp. *balsamifera*'ya bırakır. *Betula papyrifera* iç bölgelerde yaygındır; ancak nadiren saf meşcere oluşturur ve genellikle ibrelilerle ve diğer geniş yapraklı türlerle karışık bulunur. *Acer macrophyllum* ikincil ormanlarda bulunur; ancak nadiren meşcere oluşturur. Meşe türlerinden ise *Quercus garryana* sadece Vancouver Adası ve yakınlarındaki adalarda bulunur.

BC ormancılığındaki en önemli ağaç türleri *P. menziesii*, *P. glauca* x *engelmannii*, *P. contorta* var. *latifolia*, *Thuja plicata* ve *Larix occidentalis*'tir. Bu türlerde çoğunlukla (%80) yapay gençleştirme (tıraşlamayı izleyen dikim) kullanılmakta ve odun üretimi de bu şekilde sağlanmaktadır.

2.2. Eyalet Orman Teşkilatı ve ormanların işletilme şekli

BC yasaları gereği tüm ormanlar Eyalet Orman Bakanlığı'nın (*BC Ministry of Forests*) sorumluluğundadır. Doğal kaynakların yönetimi için Eyalet, ekolojik koşullara göre kuzey ve güneyde üçer, sahilde ise iki olmak üzere toplam sekiz bölgeye (Orman Bölge Müdürlüğü), her bölge ise sayıları 2 ile 4 arasında değişen alt bölgelere (Orman İşletme Müdürlüğü) ayrılmıştır (toplam 23 İşletme). Ormancılıkla ilgili taşradaki iş ve işlemler de Orman Bakanlığı'nın bu bölge ve işletme birimleri aracılığıyla yürütülmektedir (Şekil 1).

Orman Bakanlığı çalışmalarını, a) Ormanların yönetimi, b) Odun üretimi, c) Ar-Ge, d) Odun üretim



Şekil 1. BC Orman Bölge Müdürlükleri ve bu bölgelerin Orman İşletme Müdürlükleri
Figure 1. Regions (Regional Forestry Directorates) and Forest Districts within these regions in BC

imtiyazlarının belirlenmesi, e) Sürdürülebilirlik ve f) Sosyal ormancılık olmak üzere altı başlık altında yürütmektedir. Ormanların yönetimi başlığı altındaki görevler planlama, silvikültür, toprak koruma, orman sağlığı, orman koruma, yangınla mücadele, tohum üretimi gibi ormancılık konularını kapsamaktadır ve Bakan Yardımcısı'na bağlı ve Türkiye'deki Orman Genel Müdürlüğü'ne denk sayılabilecek, Orman İdaresi (*Chief Forester's Office*) tarafından yürütülmektedir. BC ormancılığında en önemli ve hassas konulardan biri etanın (*annual allowable cut* ya da kısaca AAC) belirlenmesi ve gençleştirmedir. Orman İdaresi'nin esas görevi ise Eyalet'in farklı yerlerinde izin verilecek kesim miktarını belirlemek ve kesilen alanların gençleştirilmesi için gerekli her türlü tedbirin alınmasını sağlamaktır.

BC ormancılığında üretim ve gençleştirme faaliyetlerinin %80'i özel sektör tarafından, kalan kısım ise Bakanlığa bağlı *BC Timber Sales* isimli birim aracılığıyla, yani devlet tarafından gerçekleştirilmektedir. Gerekli şartları taşıyan ormancılık şirketleri Orman İdaresi tarafından belirlenen kesim sahalarının imtiyazlarını (*timber tenure*) ya doğrudan ya da ihale yoluyla alırlar ve üretimi gerçekleştirirler. İmtiyazlar 16 farklı şekilde olabilir ve belirli bir hacim ya da orman alanı esas alınarak

verilir (Anonim, 2023).

Bu sahaları gençleştirme sorumluluğu yine imtiyaz sahiplerine aittir. Sahaların şirketlere teslimi ve gençleştirme sonrası teslim alınması süreçleri Bakanlığın taşradaki birimlerindeki teknik personel tarafından yürütülür.

İmtiyazların özel bir durumu ise Kadim Halklar (*First Nations*) olarak adlandırılan ve Avrupalı göçmenler gelmezden önce bölgede yaşayan yerli halklara verilen imtiyazlardır (Lawler ve Bullock, 2019). Bu topluluklar, bölgenin Avrupalı göçmenler tarafından kolonileştirilmesi ile birlikte toprakları ve haklarının ellerinden alınması nedeniyle sosyal ve ekonomik olarak çok geride kalmışlardır. Son yıllarda bölgedeki kadim halkların haklarının Eyalet Yönetimi'nce tanınması ve iadesi çabaları kapsamında bu topluluklara yaşadıkları yerlerdeki ormanların üretim imtiyazları da verilmektedir.

3. Eyalet'te Ağaç Islahı Çalışmaları

Orman İdaresi'ne bağlı Orman Islahı ve Araştırma Yönetimi Şubesi'nin hedefi, BC'nin sahip olduğu orman genetik kaynaklarını kozalak ve tohum, araştırma, ağaç ıslahı, karar destek ve yararlanıcı destek hizmetlerini en mükemmel seviyede sunarak korumak ve yönetmektir. Şubenin

en önemli görevlerinden biri ormanlardan elde edilen ekonomik getirinin en yüksek düzeyde tutulmasıdır. Ağaç ıslahı çalışmaları iki araştırma istasyonunda yürütülmektedir. Sahil kesiminde yayılış gösteren türlerin ıslah programlarının merkezi Vancouver Adası'nda bulunan Cowichan Lake Araştırma İstasyonudur. Eyalet'in geri kalanında yayılış gösteren türlere ilişkin ıslah çalışmaları Vernon'da bulunan Kalamalka Araştırma İstasyonunda yürütülmektedir.

Klasik ağaç ıslahında hedef, idare süresi sonunda elde edilecek odun hacmini en yüksek düzeye çıkarmaktır. Araştırma Şubesi'nin yaptığı ıslah çalışmaları ile gençleştirilen ormanların ekonomik değeri (hacim ve odun kalitesi) ve hastalıklara dayanıklılıkları yükseltilmekte, idare süreleri ise kısaltılmaktadır. BC Orman Bakanlığı, imtiyaz sahipleri, üniversiteler ve Kanada Doğal Kaynaklar Bakanlığı temsilcilerinin yer aldığı BC Orman Genetiği Konseyi (URL-3), bir danışma kuruludur. Aynı zamanda Eyalet'teki orman genetiği çalışmalarını koordine etmektedir. Konsey, ıslah çalışmaları ile 2020 yılına kadar ortalama %20 hacim artışı sağlamayı (genetik kazanç) hedeflemiştir. Bu bağlamda Eyalet genelindeki toplam 400 ha alanda kurulmuş 105 tohum bahçesinde (Eyalet İdaresi 41, lisanslı üreticiler 41, SelectSeed (URL-4) şirketi 15 ve diğer özel şirketler 8 adet) üretilen ıslah edilmiş tohumlar sektörün hizmetine sunulmuştur. SelectSeed, BC'de ıslah edilmiş tohum üretmek amacıyla Konsey tarafından kurulmuş kâr amacı gütmeyen bir şirkettir.

Orman genetik kaynaklarının sürdürülebilir kullanımını ormanlardaki genetik çeşitliliğin korunması ile mümkündür. Uzun vadeli ağaç ıslahı çalışmalarında ise genetik çeşitlilik seviyesinin korunması en önemli önceliklerden biridir. *In-situ* (yerinde) koruma Eyalet'in %15,4'ünü oluşturan korunan alanlar aracılığı ile sağlanmaktadır. *Ex-situ* koruma türlerin ya da popülasyonların doğal ortamları dışında korunmasını kapsar. Klon ve tohum bankaları BC'de *ex-situ* koruma için kullanılan en yaygın yöntemlerdir. BC Ağaç Tohum Merkezi (*BC Tree Seed Centre*) ve Kanada Ulusal Ağaç Tohum Merkezi (*The National Tree Seed Centre*) pek çok tohum kaynağını uzun süreli saklayacak şekilde düzenlenmiştir. *Inter-situ* koruma ise gen kaynaklarının orijin ya da döl denemesi gibi yaşayan ağaçlarla korunmasını hedefler. Eyalet genelinde yürütülen ıslah çalışmaları kapsamında kurulan pek çok deneme bu amaca dolaylı olarak hizmet etmektedir (Chourmouzis ve ark., 2009; Krakowski ve ark., 2009).

Ormanların kendilerinden beklenen faydaları sağlayabilmeleri ancak sağlıklı olmaları ile olası-

dır. Önemli orman ağacı türlerinde yapılan ıslah çalışmalarında ise böcek zararları, hastalıklar ve abiyotik zararlara karşı dayanıklılığı artırmak da önemli hedeflerden biridir.

4. Islah Çalışması Yürütülen Orman Ağacı Türleri

BC ormancılığında her yıl 22 orman ağacı türüne ait toplam yaklaşık 280 milyon fidana ihtiyaç duyulmaktadır. Bu türlerden 13 tanesi ıslah programlarına konu edilmiştir ve bunlara ilişkin fidan ihtiyacı toplam fidan ihtiyacının %98'ini oluşturmaktadır (Tablo 1). Islaha konu türler arasında sırasıyla *Picea glauca x engelmannii*, *Pinus contorta* var. *latifolia* ve *P. menziesii* var. *glauca* türleri 225 milyondan fazla fidan ile en çok fidanı üretilen türlerdir ve toplam üretimin %82,19'unu oluştururlar.

4.1. *Pseudotsuga menziesii*

Douglas göknarının (*P. menziesii*) sahil kesiminde yayılış gösteren varyetesi (var. *menziesii*) BC'de ağaç ıslahı çalışmalarına konu edilen ilk ağaç türüdür (Orr-Ewing, 1969). Genel orman alanı içerisindeki payı oldukça düşük olmasına karşın bu türe önem verilmesinin nedeni kıymetli odunu ve doğal yayılış alanındaki verimin -yıl boyu mutedil sıcaklık ve yüksek nem nedeniyle- yüksek olmasıdır. Yayılış alanı ve fidan ihtiyacı bakımından çok daha büyük paya sahip ve iç kesimde yayılış gösteren Douglas varyetesinde (var. *glauca*) ise ıslah çalışmaları 1980'lerde başlatılmıştır. Bu alt başlıkta Douglas ıslah programları hakkındaki bilgiler iki varyete için birlikte verilmiştir.

BC'de Douglas orijin denemeleri ABD ve çeşitli Avrupa ülkeleri ile ortaklaşa olarak 1950 ve 1960'lı yıllarda başlatılmıştır. 1960'ların sonları ve 1970'lerin başlarında ise coğrafi varyasyonun orijinler arası varyasyonla ilişkisini ortaya koymak amacıyla BC sahil kesiminden 35 orijinle Douglas orijin denemeleri kurulmuştur (Illingworth, 1978a).

BC'deki Douglas ıslahının ilk yıllarında çeşitli yaklaşımlar denenmiş; bunlardan bazıları zaman içinde terk edilmiş, bazıları ise değiştirilerek uygulanmaya devam edilmiştir. Dr. Allan Orr-Ewing'in öncü kendileme çalışmasında, tarım bitkilerinde olduğu gibi kendilenecek yeknesak bir üretim sağlayabilecek saf hatlar (*inbred lines*) oluşturulmaya çalışılmıştır (Orr-Ewing, 1954). Bu yaklaşım tarım bitkilerinde oldukça başarılı olmuştur ve başarısı -istikrarı düşük- eklemeli olmayan varyansa bağlıdır. Genetik çeşitliliğin yeknesaklıktan daha önemli bir amaç olarak belirlenmesi ve eklemeli genetik varyansı kullanan ve tekrar eden selek-

Tablo 1. BC’de ıslah programlarına konu edilmiş orman ağacı türleri ve bunlara ait yıllık fidan ihtiyacı (URL-5)
Table 1. Tree species subjected to tree breeding in BC and the number of seedlings needed annually of these species (URL-5)

Tür	İngilizce yerel adı	Türkçe adı	Türün Kodu	Yıllık fidan ihtiyacı (adet)	Toplam içindeki payı (%)
<i>P. menziesii</i> var. <i>menziesii</i>	Coastal Douglas-fir	Duglas– sahil bölgesi	FDC	9,841,599	3.59
<i>P. menziesii</i> var. <i>glauca</i>	Interior Douglas-fir	Duglas– iç bölge	FDI	31,888,866	11.63
<i>Picea glauca</i> x <i>engelmannii</i>	Interior spruce	İç bölge ladini	SX	116,943,787	42.65
<i>Pinus contorta</i> var. <i>latifolia</i>	Lodgepole pine	Kontorta çamı	PLI	76,550,453	27.92
<i>Pinus ponderosa</i>	Ponderosa pine	Ponderosa çamı	PY	2,563,866	0.93
<i>Alnus rubra</i>	Red alder	Kızılağaç	DR	257,649	0.09
<i>Picea sitchensis</i>	Sitka spruce	Sitka ladini	SS	1,544,126	0.56
<i>Tsuga heterophylla</i>	Western hemlock	Batı sugası	HW	3,294,808	1.20
<i>Larix occidentalis</i>	Western larch	Batı melezi	LW	11,283,153	4.11
<i>Thuja plicata</i>	Western red cedar	Boylu mazı	CW	15,454,377	5.64
<i>Pinus monticola</i>	Western white pine	Batı beyaz çamı	PW	2,545,822	0.93
<i>Pinus albicaulis</i>	White bark pine	Beyaz kabuklu çam	PA	16,156	0.01
<i>Chamaecyparis nootkatensis</i>	Yellow cedar	Nutka servisi	YC	2,032,175	0.74
Islah programlarına konu türlere ait fidan ihtiyacı:				274,216,837	
Yıllık toplam fidan ihtiyacı:				280,121,524	

siyonların yapılması önerileri ile 1981 yılında bu araştırmalara son verilmiştir. İstenilen sonuçları vermeyen bir diğer çalışma ise yayılış alanının tamamından belirlenen farklı Duglas orijinleri arasında yapılan çaprazlama çalışmalarıdır (Orr-Ewing ve ark., 1972). Duglasın farklı varyeteleri arasında gerçekleştirilen çaprazlamalardan yüksek verim elde edilmemiştir; ancak gelecekte kullanılması muhtemel geniş bir gen havuzunu temsil eden bir klon parkı kurulmuştur.

Duglasta plus (üstün) ağaç seçimleri 1957’den itibaren yoğun biçimde yapılmaya başlanmış; bu seçimlerin tohum bahçelerinde ise doğrudan genetik kazanca dönüşeceği düşünülerek döl denemeleri kurulmamıştır. 1966 yılına kadar 455 plus ağaç seçilmiş, klonlanmış ve klon parkında saklanmaya başlanmıştır. 1972 yılında yapılan bir değerlendirme ile bu yaklaşımda değişikliğe gidilmiş ve döl denemelerine başlanarak genetik parametrelerin (kalıtım derecesi, genetik korelasyon, ıslah değeri vb.) elde edilmesine başlanmıştır. Akrabalık ilişkileri bilinen bir ıslah popülasyonunun oluşturulması da bu dönemde gerçekleşmiştir. Bu değişikliklerin sonucunda bir diallel çaprazlama (seçilen tüm plus ağaçların birbirleri ile çaprazlandığı bir çaprazlama deseni) projesi başlatılmış ve bu çalışmada elde edilen bireyler bugün sayıları 991’e ulaşmış olan plus ağaç seçimlerinin büyük bölümünü oluşturmaktadır.

Dördüncü döngüsü tamamlanmak üzere olan bu programda bu döngü sonucu hacimde %20-30 genetik kazanç beklenmektedir (Isaac-Renton ve ark., 2020). Hacimdeki bu yüksek kazanç sadece odun hammaddesi ihtiyacını karşılamakla kalmayıp atmosferden daha fazla karbon tutulmasını da sağlayarak karbon salımı taahhütlerinin yerine getirilmesinde de katkı sunacaktır. Hacim artışındaki kazanım, daha düşük kaliteli olan diri odun oranını artırmasına da yol açmıştır. Bu nedenle odun kalitesi karakterlerinin dolaylı göstergeleri (odun yoğunluğu için resistograf ve lif kıvrıklığı için akustik hız) boy ile birlikte seçim kriterlerine eklenmesi düşünülmektedir (Ukrainetz ve ark., 2008). İklim değişikliği ile birlikte yoğunluğu artması olası İsveçre ibre dökümü hastalığı ve kabuk böceklerine karşı dayanıklılık da gelecekte seleksiyon kriteri olarak eklenebilecektir.

Eyalet’in iç kesimlerinde yayılış gösteren var. *glauca* için ıslah çalışmalarına 1982 yılında başlanmıştır ve ikinci ıslah döngüsü tamamlanmak üzeredir. Bu varyete için başlangıçta hacim artımı hedeflenirken odun kalitesi ve dayanıklılık (kök hastalıkları ve *Choristoneura fumiferana*) da ıslah hedefleri arasına girmiştir. Gerçekleştirilen genetik (bir bitki popülasyonunda gözlenen genetik değişkenliğin ekolojik özelliklerle ilişkisini açıklamaya çalışan bir alan) çalışmalar sonucunda sekiz tohum transfer zonu (*seed planning unit*) oluştur-

rulmuş (Rehfeldt, ve ark., 2014a; Rehfeldt ve ark., 2014b; Rehfeldt ve ark., 2014c), ancak bunlardan kurak olan ikisi dışında kalan altı zon için ıslah programı başlatılmıştır.

İlk döl denemeleri 1984 yılında ve 1690 açık tozlaşma ailesi ile kurulmuştur. Altıncı yaş sonuçlarına göre 1,5 nesil tohum bahçeleri kurulmuştur. Hacim artışı için elde edilen genetik kazanç %18 ile %34 arasında değişmektedir.

Yakın gelecekte bu varyetenin tohumuna duyulan ihtiyacın iki nedenden dolayı artması beklenmektedir. Birincisi, iklim değişikliği ile birlikte bu varyetenin yayılış alanının kuzeybatıya doğru genişleyeceği tahmin edilmektedir. İkinci neden ise aynı bölgede yayılış gösteren *P. contorta* meşcerelerinden yapılacak kesimlerin orman yangınları ve kabuk böceği zararı nedeniyle azalması ile üretimin bu varyetenin oluşturduğu meşcerelere kaymasıdır.

4.2. *Picea glauca x engelmannii*

BC birbirleriyle tozlaşabilen üç ladin türüne ev sahipliği yapmaktadır: *Picea sitchensis*, *P. glauca* ve *P. engelmannii* (De La Torre ve ark., 2014; Hamilton ve Aitken, 2013). Bu türlerin her birinin ekolojik istekleri ve odun özellikleri farklıdır. Örneğin, *P. sitchensis* dona hassas iken *P. glauca* dona dayanıklıdır. Bu iki türün hibrit (melez) bireyleri sahil kesimlerinde geniş bir yelpazedeki sıcaklıklara dayanabilirler. Benzer şekilde, İç Bölge Platosu'nun serin ve kuru koşulları *P. engelmannii*'nin yüksek kesimlerdeki nemli ve soğuk koşulları ile *P. glauca*'nın soğuk ve kuru boreal habitatı arasında yer alan özellikleri gösterir. Bu nedenle, *P. glauca* ve *P. engelmannii* hibritleri İç Bölge ladinini olarak adlandırılırlar ve BC'nin iç kısımlarının büyük bölümünde bulunurlar. Ağaç ıslahı çalışmalarında bu iki ladin türü (ve bunların hibritleri) arasında bir ayırım yapılmamıştır ve İç Bölge ladinini olarak adlandırılarak tek türmüş gibi ıslaha konu edilmişlerdir.

İç Bölge ladinini ıslah programı İç Bölge'deki en eski ıslah programıdır ve iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Birinci aşama 1960'ların ortalarında ekolojik ve coğrafi olarak özgün üç bölgeye (Prince George, Bulkley Vadisi ve Doğu Kootenay) odaklanmıştır. İkinci aşama ise 1970'lerin ortalarında başlatılarak ladinin diğer yayılış alanlarını dikkate almıştır.

Bu tür ticari ve ekolojik açıdan büyük öneme sahiptir. ıslah programının bugün geldiği aşama-

da gençleştirmelerde kullanılan fidanların büyük bir bölümü birinci ıslah döngüsü sonucu ayıklanmış tohum bahçelerinden elde edilmektedir ve ikinci döngünün tam kardeş döl denemeleri kurulmuştur. Büyümeye ilişkin karakterlerde (çap, boy ve hacim) ıslah edilmemiş materyale göre yaklaşık %20'lik genetik kazanç ulaşılmıştır (Thomas ve ark., 2024).

Önümüzdeki dönemlerde İç Bölge ladinini için gerçekleştirilecek ıslah çalışmalarında üç konuya önem verilmesi planlanmaktadır. İlk BC iç bölgeleri için iklime dayalı tohum transferi yapılabilmesini sağlayacak genetik çalışmaların yapılmasıdır. Bu kapsamda geniş kapsamlı bir deneme ağı kurulmuş ve bu denemelerden elde edilen verilerle belirli bir saha için en uygun tohum kaynağının seçimi yapılabilmektedir.

Hortumlu böceklerden *Pissodes strobili* ladinin en önemli zararlılarından biridir (Alfaro ve ark., 1995) Böceğin zararı özellikle genç meşcerelerde artım kaybı ve gövde formu bozuklukları şeklinde ortaya çıkmaktadır. İkinci konu olarak, böcek zararına dayanıklılık bakımından var olan genetik çeşitlilik (Klápště ve ark., 2022) ıslah popülasyonlarına aktararak büyüme ile birlikte bu böceğin zararına karşı dayanıklı ailelerin oluşturulması hedeflenmektedir. Bu kapsamda odaklanılması gerekli üçüncü konu, gözlenmesi ve ölçümü kolay olacak böcek zararı karakterlerinin belirlenmesi ile dayanıklılık göstergesi moleküler belirteçlerin belirlenmesidir.

4.3. *Pinus contorta* var. *latifolia*

P. contorta BC'de en geniş yayılışa ve genetik çeşitliliğe sahip türlerden biridir ve özellikle iç kesimler açısından fidan ihtiyacının neredeyse yarısını temsil etmesi bakımından ayrı bir öneme sahiptir (MacLachlan ve ark., 2017). Bu türdeki orijin denemeleri 1970'li yıllarda başlamış ve 169 orijinin 60 deneme alanına dikildiği geniş kapsamlı bir orijin denemesi ağı kurulmuştur (Illingworth, 1978b). ıslah çalışmaları 1980'lerin başlarında üstün orijinlerden plus ağaçların seçilmesi ile başlatılmıştır. Türün yayılış gösterdiği alanlar coğrafya, iklim ve ekolojik verilerden yola çıkılarak beş ana ve iki daha küçük tohum transfer zonuna ayrılmış; her zon ise yükselti basamaklarına göre alt tohum transfer zonlarına ayrılmıştır. Açık tozlaşma döl denemeleri tüm tohum transfer zonlarını kapsayacak şekilde, 1983-2000 yılları arasında aileleri sıralamak ve seleksiyonlar için materyal üretmek amacıyla kurulmuştur. Döl denemeleri ile birlikte tohum bahçeleri de kurulmuştur ve bugün 28 tohum bahçesinde tohum üretimi yapılmaktadır.

BC'de her yıl üretilen fidanların yaklaşık üçte biri *P. contorta* fidanlarıdır ve bunların %32'si "A" sınıfıdır (bkz. Bölüm 5). İklim değişikliği ile birlikte güneyde yer alan ıslah popülasyonlarının uygun olacağı alanların kuzeye doğru genişleyeceği beklenmektedir. Bu bağlamda 2055 yılına kadar bu türün mevcut habitatının %9'unu kaybedeceği; ancak iklim olarak uygun %24 yeni habitatın ortaya çıkacağı tahmin edilmekte (Hamann ve Wang, 2006) ve türün üstün adaptasyon yeteneği ile yeni habitatlara ulaşabileceği değerlendirilmektedir (Lew ve ark., 2017).

Gelecek yıllarda büyümenin yanında biyotik zararlılara karşı da ıslah yapılması planlanmaktadır. *Dendroctonus ponderosae* 2000'li yılların başlarında çok önemli kayıplara neden olmuş ve Eyalet'in bazı bölgelerinde tür değişikliğine gidilmek zorunda kalınmıştır.

Endocronartium karnessii, *Dothistroma septosporum* ve *Cronartium comandrae* mantarlarının neden oldukları hastalıklar da önemli artım ve kalite kayıplarına sebep olmaktadır. Bu zararlılara dayanıklılık için yapılacak ıslah çalışmalarının en hızlı ve ekonomik yolu olarak mevcut denemelerdeki ağaçların hastalıklara dayanıklılık bakımından izlenmesi olduğu belirlenmiştir.

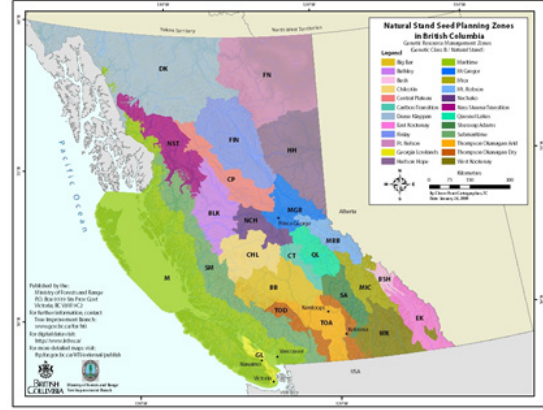
P. contorta ıslah programının ilk döngüsünde tatmin edici genetik kazançlar elde edilememiştir. Islahı hedeflenen en önemli karakterler hacim ve odun kalitesidir. Halen ikinci döngüsü devam eden programda hacim için yaklaşık %20 genetik kazanç beklenmektedir. Ancak seçim kriterlerine dâhil edilecek karakterlerin (hastalıklara dayanıklılık gibi) sayısının artması ve karakterler arasındaki arzu edilmeyen korelasyonlardan dolayı hacimde hedeflenen genetik kazancın düşmesi beklenmektedir.

5. Tohum Yönetim Sistemi

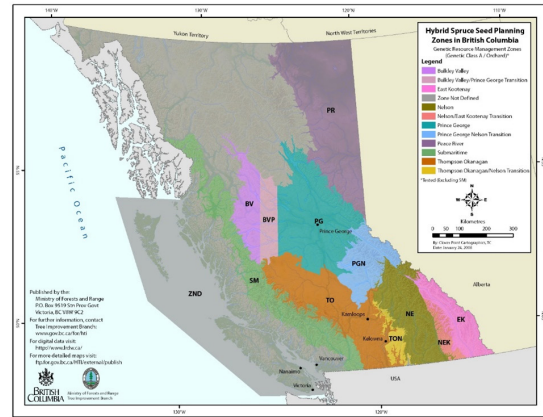
Günümüzde tohum üretimi ve kullanımı, tohum transfer zonları ve bu zonlar içerisinde belirlenen alt Tohum transfer zonları içerisinde planlanmakta ve gerçekleştirilmektedir (Şekil 2). Islah programlarına konu edilen türlerde tohum transfer zonları her tür için ayrı ayrı (Şekil 3) belirlenmiştir (Illingworth ve Szalkai, 1993).

Alt tohum transfer zonları, bu zonların her tür için çeşitli yükselti bantlarına bölünmesiyle oluşturulan birimlerdir. Ağaç ıslahı programlarının ve tohum bahçelerinin planlanması alt tohum transfer zonlarına göre gerçekleştirilmektedir. Her zon içerisinde üç farklı tohum kalite sınıfı belirlenmiştir. "A" sınıfı tohum, tohum bahçelerinden elde edilen ıslah

edilmiş tohumu, "B" sınıfı tohum ıslah edilmemiş ve doğal meşcerelerden elde edilen tohumu ve "B+" sınıfı tohum ise zon içerisinde daha üstün olduğu belirlenen orijinlerin doğal meşcerelerinden elde edilen tohumu ifade etmektedir. Her tohum sınıfında üretilen tohumlar Tohum Planlama ve Kayıt (*Seed Planning and Registry* ya da kısaca SPAR) sistemi tarafından kayıt altına alınmaktadır.



Şekil 2. BC'de doğal meşcereler için tohum transfer zonları
Figure 2. Seed planning zones for natural stands in BC



Şekil 3. BC'de *Picea glauca x engelmannii* ıslah programı için oluşturulan tohum transfer zonları
Figure 3. Seed planning zones for *P. glauca x engelmannii* breeding program in BC

Devlete ait ormanları gençleştirmede kullanılacak tohumların çeşitli testleri, kayıtları ve uzun dönem saklanmaları Orman Bakanlığı'na bağlı ve Surrey'de bulunan Ağaç Tohumları Merkezi (*Tree Seed Centre*) tarafından gerçekleştirilmesi yasal zorunluluktur. Eyalet yasalarına göre kayıt altına alınan her tohum partisinin etkin popülasyon (tohumların oluşmasına etkin olarak katılan birey sayısı) büyüklüğü en az 10 birey olmalıdır. SPAR sisteminin diğer önemli işlevi ise yapay gençleştirme yapmak isteyen paydaşlara çevrimiçi tohum siparişi verme

olanağı sunmasıdır. Bu sayede Eyalet ormanlarını gençleştirmede kullanılan tohumun tamamı devletin denetim ve gözetimi altındadır.

Yukarıda sözü edilen tohum yönetim sistemi sınırları coğrafi olarak belirlenmiş alt tohum transfer zonlarına göre düzenlenmiştir. İklim değişikliğinin ormanların verimi üzerindeki olumsuz etkilerinin gözlenmeye başlanmasıyla birlikte coğrafya tabanlı bu tohum transfer sisteminden, iklim tabanlı tohum transfer sistemine geçiş söz konusudur. Gelecek yıllarda ıslah ve tohum transfer zonlarının sınırlarını belirlemede coğrafi sınırlar değil, yörenin güncel ve gelecekte gerçekleşmesi beklenen iklim özellikleri belirleyici olacaktır.

6. İklim Değişikliği ve Tohum Transferi Araştırmaları

Yapay gençleştirme çalışmalarında kullanılacak tohum kaynaklarının belirlenmesinde sınırları coğrafi olarak belirli bir sistem kullanılmaktadır. Bu sistemde tüm BC toplam 24 tohum transfer zonu; her zon ise yükseltiye göre kendi içerisinde alt tohum transfer zonlarına ayrılmıştır. Tohum kaynağı seçiminde bu zonların sınırları esas alınmaktadır. Ancak iklim değişikliği ile birlikte tohum kaynaklarının adapte oldukları düşünülen coğrafi sınırlar içerisinde kullanılmalarının giderek artan oranlarda uyum sorunlarına neden olduğu gözlenmiştir (Aitken ve ark., 2008). Başka bir deyişle "X" coğrafi bölgesinde bulunan bir tohum kaynağı, değişen iklim nedeniyle artık "X" bölgesi için uygun bir tohum kaynağı olmaktan çıkmıştır. İklim değişiminin hızı orman ağacı popülasyonlarının değişen koşullara uymalarını sağlayacak alellerin gen havuzunda birikmesinden daha hızlı gerçekleştiğinden orman ağacı popülasyonlarının bu değişime ayak uydurmaları çoğu zaman olası değildir. İklim değişikliğinin hızı ile orman ağacı popülasyonlarının bu değişime uyum sağlamaları arasında oluşan boşluk orman ağacı popülasyonlarının uyum sağladıkları koşullara sahip yerlere insanlar tarafından taşınması ile kapatılabilir ve buna yapay göç (*human assisted migration*) denilmektedir (Aitken ve Bemmels, 2016).

Bu yaklaşımda tohum transferinde sabit coğrafi sınırlar yerine iklime dayalı bir tohum transfer sistemi kullanılmaktadır. İklim dayalı tohum transfer sisteminde ise bir tohum kaynağının kullanılabilmesi için yerler, sabit sınırları olan coğrafi bir alan yerine, tohum kaynağının bulunduğu yerdeki iklim koşullarına sahip yerlerin sınırlarının belirlenmesi ile ortaya konulur. Yapay göç aynı türün farklı orijinlerinin taşınması şeklinde olabileceği gibi, farklı bir orman ağacı türünün daha önce bulunmadığı yerlere getirilmesi şeklinde de gerçek-

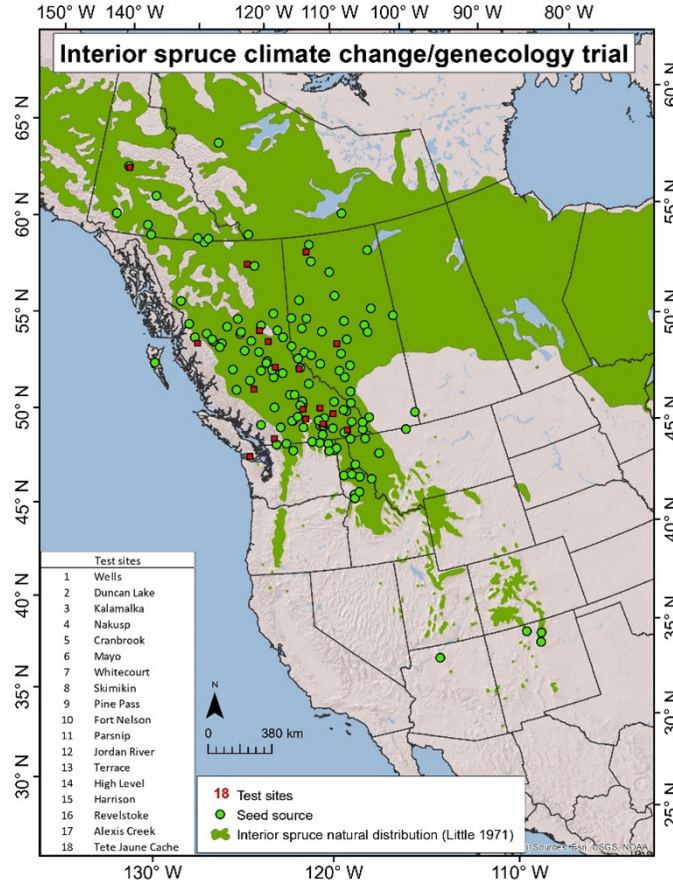
leştirilebilir (O'Neill ve ark., 2017 ve 2014; Ukrainetz ve ark., 2011).

BC ormanlarının ve ormancılık sektörünün iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine karşı dirençli hale getirilebilmesi için başlıca üç araştırma projesi yürütülmektedir. Yapay Göç ve Adaptasyon Denemeleri (*Assisted Migration and Adaptation Trial* ya da kısaca AMAT) coğrafi sınırlara dayalı tohum transfer sisteminden iklime dayalı tohum transferi sistemine geçiş için gerekli bilginin üretilmesi için hayata geçirilmiştir. Toplam 15 orman ağacı türüne ait orijinler BC ve komşu Kanada eyaletlerinde belirlenen her biri iki hektar büyüklüğünde 48 deneme alanına dikilmiştir. 2009- 2013 yılları arasında, her yıl 12 deneme kurulmuş ve 2014 yılından itibaren her beş yılda bir yaşama oranı ve büyüme ölçümleri gerçekleştirilmektedir.

Her orijinin yaşama oranı ve büyüme değişkenlerine ilişkin ortalama ve varyansları Ağaç ve Meşcere Simülatörüne (*Tree and Stand Simulator* ya da kısaca TASS) yüklenerek, idare süresi sonunda birim alandan (ha) elde edilebilecek odun hacmi tahmin edilecektir. Hacim artımının, iklim değişkenlerinin orijin ve deneme alanı arasındaki farklarla ilişkisi modellenerek iklim değişiminin varlığında türlerin ve tohum kaynaklarının gelecekteki iklim koşullarında nerelerde en verimli olacakları tahmin edilecektir.

İç Bölge ladini BC ormancılığında büyük bir öneme sahip olmasına karşın, bu türün orijinleri hakkındaki bilgi oldukça sınırlıdır. Bu eksikliğin giderilmesi amacıyla İç Bölge Ladini İklim Değişikliği ve Genekoloji Projesi hayata geçirilmiştir. Dünyanın en büyük (74 bin ağaç), en geniş yayılımı temsil eden (yıllık ortalama sıcaklıkları -6,2 ile 7,3 °C, ortalama yağışları ise 289-3614 mm arasında değişen toplam 128 doğal ve ıslah edilmiş popülasyon) ve en kapsamlı (yıllık ortalama sıcaklıkları -3,7 ile 9,1 °C, ortalama yağışları ise 340- 2448 mm arasında değişen toplam 18 deneme alanı) projelerinden biri olan bu çalışmada her tohum kaynağının çok farklı iklim koşullarındaki performansları incelenebilmektedir. BC, Kuzeybatı Toprakları, Alberta Eyaleti ve komşu ABD eyaletlerinden seçilen 99 adet "B" ve 29 adet "A" sınıfı tohum kaynağı 2005 yılında BC, Alberta ve Yukon'daki 18 deneme alanına dikilmiştir (Şekil 4).

Denemeler, 3., 6. ve 10. yaşlarda yaşama oranı ve büyüme (çap ve boy) bakımından ölçülmüş ve meteorolojik veriler 2010 yılında her deneme alanında kurulan meteoroloji istasyonlarından elde edilmiştir. Bu kapsamlı denemelerden elde edilen verilerle iç bölge ladininin iklime dayalı tohum transfer kuralları oluşturulmaktadır.



Şekil 4. İç Bölge Ladini İklim Değişikliği ve Genekoloji Projesine konu edilen orijinler (açık yeşil yuvarlaklar) ve deneme alanları (kırmızı kareler). Türün doğal yayılış alanı ise koyu yeşil ile gösterilmiştir. (Harita: Greg O'Neill tarafından sağlanmıştır)

Figure 4. Populations (light green dots) and test sites (red squares) in Interior Spruce Climate Change and Genecology Project. Dark green area indicates species' natural distribution (Map: Courtesy of Greg O'Neill)

Belirli bir alanda yapılacak yapay gençleştirme çalışmasında birden fazla farklı tohum kaynağını kullanmanın, değişen iklim koşullarında daha dayanıklı meşcereler oluşturabileceği öne sürülmüştür. Farklı tohum kaynaklarının belirli iklim koşullarına toleranslarının farklı olması ve birden fazla tohum kaynağını kullanmanın düşük maliyetli bir çözüm olması nedeniyle oldukça çekici görünen bu yaklaşım, *P. contorta* ve İç Bölge ladininde TASS kullanılarak gerçekleştirilecektir. Bu türlerle kurulan mevcut orijin denemelerinden elde edilen veriler yardımıyla birden çok tohum kaynağının birlikte kullanıldığı durumlarda meşcere verimliliğinin nasıl değişeceği de belirlenebilecektir. TASS, kullanılan tohum kaynağının sayısını, tohum kaynaklarının iklime tolerans sınırlarını, tohum kaynaklarının gençleştirme sahasındaki kümelenmelerinin büyüklüğünü, dikimin sıklığını ve uç iklim olaylarını da dikkate alarak bu yaklaşımın olumlu ve olumsuz yönlerini ortaya koyacaktır.

7. Tartışma ve Sonuç

Ormancılık sektörü BC Eyaleti ve Kanada ülke ekonomisinin önemli bileşenlerinden biridir ve ağaç ıslahı programları bu sektörün gelişim ve sürekliliğine büyük katkı sağlayan çalışmalardır. Toplam 13 türde yürütülen ağaç ıslahı çalışmaları kapsam ve içerik bakımından ileri düzeyde programlardır. Özellikle ormancılık içindeki payları büyük olan *Pseudotsuga menziesii*, *Picea glauca x engelmannii* ve *Pinus contorta*'da hacim artımında %20'den fazla genetik kazanca ulaşılmıştır. Eyalet genelindeki 105 tohum bahçesi gençleştirme çalışmaları için ihtiyaç duyulan ıslah edilmiş tohumları üretmektedir. Islah çalışmalarında klasik ıslah yaklaşımı esas alınmış olup moleküler belirteç destekli ıslah için de çalışmalar başlatılmıştır (Parchman ve ark., 2018). Islah popülasyonlarındaki mevcut genetik çeşitliliğin yüksek ve klasik ıslah yaklaşımı ile elde edilen genetik kazancın moleküler belirteç destekli ıslahın fayda-maliyetinden daha yüksek olması nedeniyle ıslah çalışmalarının

da henüz moleküler yöntemlere başvurulmamıştır. İslah döngülerinin sayısı arttıkça seçilen ailelerin bilinen akrabalık ilişkileri (*pedigree*) çoğalacak ve moleküler belirteç destekli ıslah da şüphesiz gündeme gelecektir (Porth ve ark., 2015).

BC ıslah programlarının en dikkat çekici özelliği kurulan denemelerin sayı ve kapsam bakımından oldukça hacimli olmasıdır. İslah programları kapsamında döl denemeleri kurulurken iklim değişikliği ve tohum transferi araştırmaları için çok sayıda orijin denemesi kurulmuştur. Tüm bu denemelere ilişkin veriler standart formattaki bir veri tabanında saklanmakta ve araştırmacıların kullanımına sunulmaktadır. Bu şekilde kişilerden bağımsız bir kurumsal hafıza ve devamlılık oluşturulabilmektedir.

Orman ağacı popülasyonlarının genetik yapılarını şekillendiren etmenlerin anlaşılması sağlayan genetikolojik çalışmalar, ıslah programlarının oluşturulmasındaki ilk adımlardan biridir. Bu çalışmalar kısa dönemli fidanlık denemeleri olabileceği gibi uzun vadeli orijin denemeleri şeklinde de olabilirler. Genetikolojik araştırmalar, iklim değişikliğinin etkisi ile BC orman ağacı ıslah çalışmalarında önem kazanmış ve bu denemelerden elde edilen veriler tohum transfer sisteminde köklü değişikliklere gidilmesi ile sonuçlanmıştır.

BC orman ağacı ıslah programlarının dikkat çeken bir diğer özelliği pek çok işlemin özel ormancılık şirketlerine yaptırılmasıdır. Seçilen plus ağaçların klonlarının devamlılığı ve kontrollü tozlaşmalar gibi uzmanlık ve devamlılık gerektiren işler için sürekli ya da deneyimli mevsimlik personel istihdam edilmekte; denemelerin kurulması ve ölçülmesi gibi dönemsel işler ise ihale yoluyla yaptırılmaktadır. Örneğin kurulacak bir denemeye ilişkin tohum ekimi ve etiketleme araştırmayı yürüten kurumun daimi ya da geçici personeli tarafından ve anlaşmalı özel bir fidanlıkta gerçekleştirilmektedir. Özel fidanlık fidanları yetiştirdikten sonra tekrar daimi personel tarafından aileler deneme bloklarına rasgele atanmakta ve oluşturulan fidan paketleri denemeyi kurmak için anlaşmalı şirkete teslim edilmektedir.

Ağaç ıslahı araştırmaları Cowichan Lake (sahil kesiminde yayılış gösteren türler için) ve Vernon'da (iç kesimlerde yayılış gösteren türler için) bulunan araştırma istasyonlarında gerçekleştirilmektedir. Ağaç ıslahı çalışmalarının sağlıklı bir biçimde yürütülebilmesi için bu istasyonlar hem personel hem de ekipman ve araç-gereç bakımından oldukça donanımlıdır. İslah programlarının hacimlerine göre, orman genetiği ve ağaç ıslahı konusunda doktora sahibi bir bilim insanı bir ya da birkaç türde yürütülen ıslah çalışmalarından sorumludur. Kadrolu

teknisyenler belirli programlardan sorumlu olmakla birlikte dönemsel olarak değişen iş yoğunluğu kapsamında diğer ıslah programlarının çalışmalarına da destek verirler. Arazi çalışmalarının yoğunlaştığı bahar ve yaz dönemlerinde ortaya çıkan iş gücü ihtiyacı mevsimlik işçi istihdamı ile karşılanmaktadır. Her iki istasyonda da birer bitki patoloğu görevlendirilmiştir. Patologlar hastalıklara ve böcek zararlarına dayanıklılık amacıyla yapılan ağaç ıslahı çalışmalarına kendi alanları bakımından destek olurlar. Her ıslah programının bütçesi bağımsızdır ve ıslah programları kapsamında yapılacak işlerin ihale ve personel alım süreçleri sorumlu bilim insanı tarafından şeffaf bir biçimde yürütülür. Maddi olarak büyük hacimli ihaleler Orman Bakanlığı onayına bağlıdır.

Araştırma istasyonları oldukça geniş alanlara kurulmuştur. Cowichan Lake İstasyonu yaklaşık 90 ha ve Vernon'da bulunan Kalamalka Ormancılık Araştırma İstasyonu 36 ha'lık bir alana sahiptir. İdari binalar, laboratuvarlar ve seralar gibi kapalı alanlarla birlikte klon parkları ve çeşitli uzun dönemli denemelerin yer aldığı parseller de istasyonların arazisinde bulunmaktadır. İstasyon arazilerinde bulunan bu denemeler hem eğitim hem de ağaç ıslahı sonuçlarının görsel olarak sergilenmesi işlevi görmektedirler.

Sonuç olarak, BC'de dünyanın önde gelen orman ağacı ıslah programlarından bazıları başarı ile yürütülmekte ve ormancılık yönetiminde ağaç ıslahının önemli bir yeri bulunmaktadır. Ayrıca ıslah çalışmalarının uygulamaya aktarılmasında iyi işleyen bir tohum yönetim sistemi bulunmakta, iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini en aza indirmeye yönelik kapsamlı denemeleri içeren araştırma çalışmaları yapılmaktadır.

Teşekkür

Bu makaleyi TÜBİTAK Doktora Sonrası Araştırma Programı (Program No: 2219) bursu ile Kalamalka Ormancılık Araştırma Merkezi'nde (Vernon, BC, Kanada) bulunduğum sırada kaleme aldım. TÜBİTAK ve Artvin Çoruh Üniversitesi'ne maddi destekleri ve Kalamalka Ormancılık Araştırma Merkezi'ne ev sahiplikleri için teşekkür ederim.

Kaynaklar

Aitken, S.N., Bemmels, J.B., 2016. Time to get moving: Assisted gene flow of forest trees. *Evolutionary Applications* 9 (1): 271–290. doi.org/10.1111/eva.12293

Aitken S.N., Yeaman S., Holliday J.A., Wang T., Curtis-McLane S. 2008. Adaptation, migration or extirpation: climate change outcomes for tree populations. *Evolutionary Applications* 1, 95–111. doi.org/10.1111/j.1752-

4571.2007.00013.x

Alfaro, R.I., Borden, J.H., Fraser, R.G., Yanchuk, A., 1995. The white pine weevil in British Columbia: Basis for an integrated pest management system. *Forestry Chronicle* 71 (1): 66–73. doi.org/10.5558/tfc71066-1

Anonim., 2023. Timber Tenures in British Columbia. Brochure – Version 1.0. BC Ministry of Forests, Victoria BC.

Carroll A.L., Taylor, S.W., Régnière, J., Safranyik, L., 2004. Effects of climate change on range expansion by the mountain pine beetle in British Columbia. *Şu eserde Mountain Pine Beetle Symposium: Challenges and Solutions*. T.L. Shore, J.E. Brooks, and J.E. Stone (Eds). Natural Resources Canada, Can. For. Serv., Pacific Forestry Centre, Victoria, B.C., Information Report BC-X-399, pp. 223–232.

Chourmouzis, C., Yanchuk, A.D., Hamann, A., Smets, P., Aitken, S.N., 2009. Forest Tree Genetic Conservation Status Report 1: In Situ Conservation Status of All Indigenous British Columbia Species. Ministry of Forests and Range, Forest Science Program.

De La Torre, A.R., Wang, T., Jaquish, B., Aitken, S.N., 2014. Adaptation and exogenous selection in a *Picea glauca* × *Picea engelmannii* hybrid zone: Implications for forest management under climate change. *New Phytologist* 201 (2): 687–699. doi.org/10.1111/nph.12540

Gillett, N.P., Weaver, A.J., Zwiers, F.W., Flannigan, M.D. 2004. Detecting the effect of climate change on Canadian forest fires. *Geophys. Res. Letters* 31, L18211. doi.org/10.1029/2004GL020876,2004

Hamann, A., Wang, T., 2006. Potential effects of climate change on ecosystem and tree species distribution in British Columbia. *Ecology* 87 (11): 2773–2786. doi.org/10.1890/0012-9658(2006)87[2773:PEOCCO]2.0.CO;2

Hamilton, J.A., Aitken, S.N., 2013. Genetic and morphological structure of a spruce hybrid (*Picea sitchensis* × *P. glauca*) zone along a climatic gradient. *American Journal of Botany* 100 (8): 1651–1662. doi.org/10.3732/ajb.1200654

Illingworth, K., 1978a. Douglas-fir provenance trials in coastal British Columbia: Results to six years after planting. IUFRO Joint Meeting of Working Parties 15.

Illingworth, K., 1978b. Study of lodgepole pine genotype-environment interaction. International Union of Forestry Research Organizations (IUFRO) Joint Meeting of Working Parties: Douglas-Fir Provenances, Lodgepole Pine Provenances, Sitka Spruce Provenances and Abies Provenances 151–158.

Illingworth, K., Szalkai, A., 1993. Summary. *Şu eserde: British Columbia interior tree improvement council second progress report 1985–1990* (p. 52). British Columbia Ministry of Forests.

Isaac-Renton, M., Stoehr, M., Bealle Statland, C., Woods, J., 2020. Tree breeding and silviculture: Douglas-fir volume gains with minimal wood quality loss under variable planting densities. *Forest Ecology and Management*

465: 118094. doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118094

Johnston, M., Campagna, M., Gray, P., Kope, H., Loo, J., Ogden, A., O'Neill, G.A., Price, D., Williamson, T., 2009. Vulnerability of Canada's Tree Species to Climate Change and Management Options for Adaptation: An Overview for Policy Makers and Practitioners. Canadian Council of Forest Ministers. 40 s. Cat. no.: Fo4-28/2009E-PDF

Klápště, J., Jaquish, B., Porth, I., 2022. Building resiliency in conifer forests: Interior spruce crosses among weevil resistant and susceptible parents produce hybrids appropriate for multi-trait selection. *PLoS ONE* 17 (12 December): 1–19. doi.org/10.1371/journal.pone.0263488

Krakowski, J., Chourmouzis, C., Yanchuk, A.D., Kolo-telo, D., Hamann, A., Aitken, S.N., 2009. Forest tree genetic conservation status report 2: genetic conservation status of operational tree species. www.for.gov.bc.ca/hfd/%0Apubs/Docs/Tr/Tr054.htm

Lawler, J.H., Bullock, R.C.L., 2019. Indigenous control and benefits through small-scale forestry: a multi-case analysis of outcomes. *Canadian Journal of Forest Research* 49 (4): 404–413. doi.org/10.1139/CJFR-2018-0279

Leith, R.M.M., Whitfield, P.H., 1998. Evidence of climate change effects on the hydrology of streams in south-central B.C. *Can. Water Resources J.* 23:219–230.

Lew, A., von Aderkas, P., Berland, A., Curry, C.L., Lacourse, T., Tencer, B., Weaver, A., 2017. An assessment of *Pinus contorta* seed production in British Columbia: Geographic variation and dynamically-downscaled climate correlates from the Canadian Regional Climate Model. *Agricultural and Forest Meteorology* 236: 194–210. doi.org/10.1016/J.AGRFORMET.2016.12.013

Little, E.L., Jr. 1971. Atlas of United States trees. Volume 1. Conifers and important hardwoods. Misc. Publ. 1146. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 320 p.

MacLachlan, I.R., Wang, T., Hamann, A., Smets, P., Aitken, S.N., 2017. Selective breeding of lodgepole pine increases growth and maintains climatic adaptation. *Forest Ecology and Management* 391: 404–416. doi.org/10.1016/j.foreco.2017.02.008

Meidinger, D., Pojar, J., Mah, S., 2005. Biogeoclimatic ecosystem classification. *Şu eserde: S.B. Watts & L. Tolland* (Eds), *Forestry Handbook for British Columbia* (5th ed., pp. 47–120). The Forestry Undergraduate Society, Faculty of Forestry, University of British Columbia. http://www.forestry.ubc.ca/forestry-handbook/

Niquidet, K., Kan, J., Sia-Chan, K., 2024. The economic impact of British Columbia's forest sector. doi.org/10.1596/978-1-4648-0202-7_ch1

O'Neill, G., Wang, T., Ukrainetz, N., Charleson, L., McAuley, L., Yanchuk, A., Zedel, S., 2017. A proposed climate-based seed transfer system for British Columbia. *Prov. B.C., Victoria, B.C. Tech. Rep. 099*. http://www.for.gov.bc.ca/hfd/pubs/Docs/Tr/Tr099.htm

- O'Neill, G.A., Stoehr, M., Jaquish, B., 2014. Quantifying safe seed transfer distance and impacts of tree breeding on adaptation. *Forest Ecology and Management* 328: 122–130. doi.org/10.1016/j.foreco.2014.05.039
- Orr-Ewing, A.L. 1954. Inbreeding experiment with the Douglas fir. *The Forestry Chronicle* 30(1) :7-16.
- Orr-Ewing, A.L., 1969. The development of a program for the genetic improvement of Douglas-fir in British Columbia. *The Forestry Chronicle* 45 (6): 395–399. doi.org/10.5558/tfc45395-6
- Orr-Ewing, A.L., Fraser, A.R., Karlsson, I. 1972. Interracial crosses with Douglas-fir; early field results. B.C. Forest Service Research Note 55, 33 p.
- Parchman, T.L., Jahner, J.P., Uckele, K.A., Galland, L.M., Eckert, A.J., 2018. RADseq approaches and applications for forest tree genetics. *Tree Genetics & Genomes* 14 (3): 25. doi.org/10.1007/s11295-018-1251-3
- Porth, I., Bull, G., Ahmed, S., El-Kassaby, Y.A., Boyland, M., 2015. Forest genomics research and development in Canada: Priorities for developing an economic framework. *The Forestry Chronicle* 91 (1): 60–70. doi.org/10.5558/tfc2015-011
- Rehfeldt, G.E., Jaquish, B.C., López-Upton, J., Sáenz-Romero, C., St Clair, J.B., Leites, L.P., Joyce, D.G., 2014a. Comparative genetic responses to climate for the varieties of *Pinus ponderosa* and *Pseudotsuga menziesii*: Realized climate niches. *Forest Ecology and Management* 324:126-137. doi.org/10.1016/j.foreco.2014.02.035
- Rehfeldt, G.E., Jaquish, B.C., Sáenz-Romero, C., Joyce, D.G., Leites, L.P., St Clair, J.B., López-Upton, J., 2014b. Comparative genetic responses to climate in the varieties of *Pinus ponderosa* and *Pseudotsuga menziesii*: Reforestation. *Forest Ecology and Management* 324:147-157. doi.org/10.1016/j.foreco.2014.02.040
- Rehfeldt, G.E., Leites, L.P., St Clair, J.B., Jaquish, B.C., Sáenz-Romero, C., López-Upton, J., Joyce, D.G., 2014c. Comparative genetic responses to climate in the varieties of *Pinus ponderosa* and *Pseudotsuga menziesii*: Clines in growth potential. *Forest Ecology and Management* 324:138-146. doi.org/10.1016/j.foreco.2014.02.041
- Thomas, B.R., Stoehr, M., Schreiber, S.G., Benowicz, A., Schroeder, W.R., Soolanayakanahally, R., Stefner, C., Elliott, K.A., Philis, N., Rubal, N., Périnet, P., Perron, M., Simpson, D., Fullarton, M., Sherrill, J., Myers, M., Steeves, D., Bockstette, S., English, B., Kort, J., 2024. Tree improvement in Canada – Past, present and future, 2023 and beyond. *The Forestry Chronicle* 100: 1–29. doi.org/10.5558/tfc2024-004
- Spittlehouse, D.L., 2008. Climate Change, impacts, and adaptation scenarios: climate change and forest and range management in British Columbia. B.C. Min. For. Range, Res. Br., Victoria, B.C. Tech. Rep. 045. http://www.for.gov.bc.ca/hfd/pubs/Docs/Tr/Tr045.htm
- Ukrainetz, N.K., Kang, K.-Y., Aitken, S.N., Stoehr, M., Mansfield, S.D., 2008. Heritability and phenotypic and genetic correlations of coastal Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii*) wood quality traits. *Canadian Journal of Forest Research* 38 (6): 1536–1546. doi.org/10.1139/X07-234
- Ukrainetz, N.K., O'Neill, G.A., Jaquish, B., O'Neill, G.A., Jaquish, B., 2011. Comparison of fixed and focal point seed transfer systems for reforestation and assisted migration: A case study for interior spruce in British Columbia. *Canadian Journal of Forest Research* 41 (7): 1452–1464. doi.org/10.1139/x11-060
- URL-1. Government of Canada. Statistical data (cfs.nrcan.gc.ca/statsprofile/forest/BC; Ziyaret tarihi: 03.05.2024)
- URL-2. British Columbia. Forestry. (www2.gov.bc.ca/gov/content/data/statistics/business-industry-trade/industry/forestry; Ziyaret tarihi: 03.05.2024)
- URL-3. The Forest Genetics Council of B. Columbia (forestgeneticsbc.ca; Ziyaret tarihi: 10.05.2024)
- URL-4. Select Seed Co. Ltd. (SelectSeed, www.selectseed.ca; Ziyaret tarihi: 10.05.2024)
- URL-5. https://maps.forsite.ca/1553/Forecasting_Seed_Need_v2.1.pdf (Ziyaret tarihi: 01.05.2024)
- Valentine, K.W.G., Sprout, P.N., Baker, T.E., Lavkulich, L.M., 1978. *The Soil Landscapes of British Columbia*. Ministry of Environment.
- Woods, A.J., Coates, K.D., Hamann, A. 2005. Is an unprecedented Dothistroma needle blight epidemic related to climate change? *BioScience* 55:761–769