

Melez kavak (*Populus x euramericana* (Dode) Guinier) ve Amerikan karakavağı (*Populus deltoides* Bartr.)’nda klon denemeleri*

Clone trials on Hybrid poplar (*Populus x euramericana* (Dode) Guinier) and American black poplar (*Populus deltoides* Bartr.)

 Cihan ATMACA¹,  Murat ALAN²,  Teoman KAHRAMAN³,  Filiz KÜÇÜKOSMANOĞLU KAHRAMAN⁴,  Yusuf TAŞTAN⁵

Özet

Bu çalışmada, kavak üreticilerinin kullanımına yönelik düzgün gövdeli, çap ve boy gelişimi yüksek, hastalık ve zararlılara dayanıklı Melez kavak (*Populus x euramericana* (Dode) Guinier) ve Amerikan karakavağı (*Populus deltoides* Bartr.) klonları belirlenmiştir. Araştırmada materyal olarak bir yaşlı kavak sırk çeliği (köksüz fidan) kullanılmıştır. Denemeler rastlantı blokları deneme desenine göre kurulmuştur. Kocaeli, Edirne, Tokat ve Sakarya illerinde kurulan deneme alanlarındaki kavak klonlarının 10. yıl sonunda çap ve boyu ölçülerek, değerlendirilmiş deneme alanlarına göre başarılı kavak klonları tespit edilmiştir. Klonlara ait kalıtım derecesi, genetik korelasyon ve genetik kazanç tahminleri yapılmıştır. Deneme alanlarına göre 89.M.060, L.Avanzo, 89.M.061, 89.M.004, 89.M.047 klonları başarılı bulunmuş ve kavak üreticilerine önerilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kavak klonu, kalıtım derecesi, genetik kazanç, ağaçlandırma

Abstract

In this study, hybrid poplar (*Populus x euramericana* (Dode) Guinier) and American black poplar (*Populus deltoides* Bartr.) clones that have smooth trunks, high diameter and height, and are resistant to diseases and pests were determined for poplar producers to use. In the study, 0+1 aged poplar pole cutting (rootless saplings) were used as material. The experiments were set up according to the randomized block trial design. The, diameter and height of the poplar clones in the trial areas established in Kocaeli, Edirne, Tokat and Sakarya provinces were measured at the end of the 10th field age, and at the end of the evaluation, successful poplar clones were determined according to trial areas. Heritability, genetic correlation and genetic gain of the clones were calculated. According to the trial areas, clones 89.M.060, L.Avanzo, 89.M.061, 89.M.004, 89.M.047 were found to be successful and were recommended to poplar producers.

Keywords: Poplar clone, Heritability, genetic gain, plantation

Geliş Tarihi: 01.11.2024, Düzeltme Tarihi: 11.01.2025, Kabul Tarihi: 06.05.2025

Adres: ¹Marmara Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, İstanbul. E-mail: cihanatmaca@ogm.gov.tr

²Karabük Üniversitesi Orman Fakültesi, Karabük. E-mail: muratalan@karabuk.edu.tr

³Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Kocaeli. E-Mail: teomankahraman@ogm.gov.tr

⁴Kocaeli Büyükşehir Belediyesi, Kocaeli. E-Mail: filizkos_2004@hotmail.com

⁵İstanbul Ziraat Karantina Müdürlüğü, İstanbul. E-Mail: yusuftastan@ogm.gov.tr

*Bu çalışma, Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü’nün “Türkiye’de Melez ve Amerikan Karakavaklarında Islah Çalışmaları” isimli proje sonuç raporundan üretilmiştir.

1. Giriş

Kavak, kuzey ve güney yarım kürenin tüm ılıman ve soğuk bölgelerinde doğal ya da yapay melezleme çalışmalarıyla kültür edilmiş bir şekilde yayılış yapmaktadır. Dünyadaki kavak kültür varlıklarının %95'ini Avrupa karakavağı (*Populus nigra* L.), Amerikan karakavağı (*Populus deltoides* Bartr.) ve Melez kavaklar (*Populus x euramericana* (Dode) Guinier) oluşturmaktadır. Melezleme çalışmalarında, Amerika Birleşik Devletleri orijinli *Populus deltoides* Bartr.'in dişi, Avrupa orijinli *Populus nigra* L.'nin erkek olarak kullanıldıkları dölleme sonucu oluşan melez kavaklar (*Populus x euramericana* (Dode) Guinier) oldukça sağlıklı ve başarılı olmuştur (Ranney ve ark., 1987). Kavak türünde, ıslah çalışmalarıyla daha iyi özelliklere sahip yeni klonların ortaya çıkması mümkün olmaktadır (Ranney ve ark., 1987; Tuskan, 1998). Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Teşkilatı (FAO)'na bağlı Uluslararası Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Komisyonunun raporuna göre, dünyada 31,4 milyon ha kavak ağaçlandırması bulunmaktadır. Bu ağaçlandırmanın 21,8 milyon ha'ı Kanada ve 8,5 milyon ha'ı Çin'de bulunmakta, kalan miktar sırasıyla Türkiye, İran ve Amerika Birleşik Devletleri arasında paylaşılmaktadır (FAO, 2016).

Dünyada ve ülkemizde doğal ormanların verim gücü, artan odun hammadde talebini karşılayacak durumda olmadığından birçok ülke endüstriyel ağaçlandırma yatırımlarına önem vermektedir (Koçer ve Diner, 2003). Ülkemizde odun işleyen endüstrinin hammadde ihtiyacını, Orman Genel Müdürlüğü yıllık 27,7 milyon m³ üretimle karşılamaya çalışırken bu üretimin 7,8 milyon m³'ünü hızlı gelişen türlerden (Kızılçam, Sahilçamı, Kavak vs.) gerçekleştirmektedir (OGM, 2023). Kavak ve hızlı gelişen orman ağacı türlerinde üretim sisteminin yaygınlaştırılması, yapay melezleme çalışmalarıyla yeni klonların bulunarak üretimde kullanılması, endüstrinin yeterli hammaddeyi kısa sürede tedarik etmesine katkıda bulunacaktır (OGM, 2013). Kavak odunun kullanım alanının genişliği, (kereste, kağıt, yonga levha, lif-levha, ambalaj, mobilya ve inşaat malzemesi vs.) yetiştirilmesinin kolay olması ve hızlı büyümesi nedenleriyle odun hammadde açığının kapatılmasında bir seçenek olarak görülmesine yol açmaktadır. Diğer yandan Dünya'da kavaklarda birim alanda odun hammaddesinin miktar ve kalitesini artırmak için genetik ıslah çalışmaları yürütülmektedir (Riemenschneider ve ark., 2001; Benetka ve ark., 2012; Karacic ve ark., 2021; IPC, 2024). Bu kapsamda melezleme çalışmaları, genetik testler kullanılarak üstün klonlar seçilebilmektedir.

Dünya'dakilere benzer biçimde Türkiye'de de genetik olarak üstün klonları seçebilmek için kavak ıslah programları çerçevesinde genetik testler kullanılmaktadır. Bu

çalışma ile hastalıklara karşı direnci yüksek olan, daha yüksek çap, boy ve hacim gelişimi yapabilen Melez Kavak (*Populus x euramericana* (Dode) Guinier) ve Amerikan Karakavağı (*Populus deltoides* Bartr.) fidanlık denemelerinden seçilmiş olan klonlardan, ikinci aşama (arazi) genetik testler kullanılarak yöresel olarak klonlar önerilmesi ve deneme alanlarından toplanan verilerden genetik parametrelerin tahmin edilmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Deneme alanlarında, Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü'nün kavak klon bankasında bulunan 8 adet Melez kavak (*Populus x euramericana* (Dode) Guinier) ve 23 adet Amerikan karakavağı (*Populus deltoides* Bartr.) olmak üzere toplam 31 adet kavak klonu kullanılmıştır. Fidanlık aşaması test denemelerinde gelişim yönünden her yörede başarılı, mantar ve böcek hastalıklarına karşı dayanıklı klonlar, yöresel denemelerde tercih edilmiştir (Tunçtaner, 1988). Bu nedenle her deneme alanında kullanılan klonlar farklılık göstermiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Deneme alanlarında kullanılan Melez kavak (1-2. sütunlar) ve Amerikan karakavağı (3-8. sütunlar) klonları.

I-214	1/82	D.92.284	Samsun	D.92.282	89.M.060	89.M.007	D.92.206
39/61	L.Avanzo	89.M.053	89.M.050	89.M.004	Lux	89.M.047	D.92.299
190/85	140/85	89.M.011	89.M.063	89.M.020	PE.3-71	89.M.061	89.3.3
158/85	Belletto	89.M.066	89.M.044	D.92.176	D.92.258	İzmit	

Deneme alanları, kavak ağaçlandırmalarının yoğun olarak yapıldığı Kocaeli, Edirne, Tokat ve Sakarya illerinde kurulmuştur (Çizelge 2). Deneme alanlarında 2-3 cm kalınlığında 1,5-2 m boyunda 0+1 yaşlı sırik çeliği (köksüz fidan) kullanılmıştır. 2006 yılının kasım ayında tarım arazilerinden oluşan sahaların hazırlığı için diri örtü (ot, çalı, vs.) çalı doğrayıcısıyla doğrandıktan sonra, bu parçalar traktör arkasına takılan tırmıklarla temizlenmiştir. Temizlikten sonra pulluk ile 35-40 cm derinlikte toprak sürülmüş ve diskaro ile tesviye edilmiştir. 2007 yılının mart ayında sırik çelikleri, su kaybının azaltılması amacıyla dikim öncesi bir gün suda bekletilerek 5x5 m aralık-mesafe ile dikilmiştir. Çelikler 40 cm derinliğinde toprağa batırılarak yerleştirilmiş ve dipleri sıkıştırılmıştır. Dikimden sonra her yıl bir kez Mayıs-Haziran aylarında ot alma ve çapalama işlemleri yapılmıştır. Hava sıcaklıklarının yoğun olduğu aylar olan Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında birer kez

olmak üzere toplam üç adet sulama yapılmıştır. İlk yılın sonunda kuruyan fidanlar, aynı klonla tamamlanmıştır. Denemelerde on yıl boyunca böcek ve mantar zararına rastlanmamıştır.

Çizelge 2. Deneme alanlarının bazı bilgileri.

Deneme Alanı	Kuzey Enlem	Doğu Boylam	Denizden Yükseklik (m)	Dikim Aralığı (m)	Klon adedi	Blok adedi	Fidan adedi	Ölçüm Yaşı
Kocaeli	40°45'14"	29°58'27"	5	5x5	17	6	306	10
Sakarya	40°41'37"	30°32'25"	70	5x5	20	5	300	10
Edirne	40°53'03"	26°14'08"	12	5x5	19	5	285	10
Tokat	40°16'03"	36°12'45"	525	5x5	20	6	360	10

Deneme alanlarının meteorolojik verileri ile toprak özellikleri Çizelge 3'te verilmiştir. Toprak analizi için deneme alanlarında 0-30 cm ve 30-60 cm derinlikten örnekler alınmış ve alınan örnekler bilgileri içerecek şekilde etiketlenmiştir. Toprak örnekleri Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü toprak laboratuvarında analiz edilmiştir.

Çizelge 3. Deneme alanlarına ait iklim verileri (MGM, 2022) ve toprak özellikleri

Deneme Alanı	Meteoroloji İstasyonları Rasat Yılları	Yıllık Ort. Yağış mm	Yıllık Ort. Sıc. (°C)	Ort. En Yüksek Sıc.(°C)	Ort. En Düşük Sıc (°C)	Ort. Nisbi nem (%)	Tekstür	Toprak Derinliği (cm)	pH	Kireç (%)	Organik Madde (%)
Kocaeli	İzmit 1991-2020	747	14.5	29	2.7	71	Tozlu Balçık	0-60	7.9	1.6	6.2
Sakarya	Sakarya 1991-2020	842	14.6	29.4	2.9	69	Tozlu Balçık	0-60	7.8	5.1	3.0
Edirne	İpsala 1991-2020	601	13.7	31.9	-0.6	67	Kumlu Balçık	0-60	7.1	1.5	1.7
Tokat	Tokat 1991-2020	435	12.5	29.8	-1.7	63	Killi Balçık	0-60	8.1	5.9	2.7

2.2. Yöntem

Deneme alanlarında rastlantı blokları deneme deseni kullanılmış, deneme alanının büyüklüğüne göre blok sayısı (Kocaeli ve Tokat deneme alanlarında altı blok, Edirne ve Sakarya deneme alanlarında 5 blok) belirlenmiştir. Kavak ağaçlandırmalarında yaygın olarak kullanılan Samsun ve I-214 klonları, kontrol olarak her deneme alanında kullanılmıştır. Onuncu yıl (2017) vejetasyon mevsimi sonunda klonların göğüs yüksekliği çapı, çap ölçer; boy ise lazer tipi boy ölçer ile toprak seviyesinden üst tomurcuğa kadar cm hassasiyetinde ölçülmüş ve elde edilen veriler SPSS istatistik programı kullanılarak değerlendirilmiştir. 2017 yılı (10.yıl) sonunda bloklarda her klon için her parselde bulunan

3 birey ölçülmüştür. Deneme alanlarında farklı klonlar olmasından dolayı deneme alanları tek tek analiz edilmiştir. Klon etkisi önemli olduğunda çoklu karşılaştırma testi (Duncan) yapılmıştır. Varyans bileşenlerinin hesabında ANOVA, Type III seçeneği kullanılmıştır.

Deneme alanlarında klonal kalıtım dereceleri (Falconer ve Mackay, 1996; Işık ve ark. 2017) ve karakterler arasında genetik korelasyonlar bulunmuştur. Klonlara ait ıslah değerlerinin tahmin edilmesinde Henderson (1975) tarafından geliştirilen BLUP yöntemi kullanılmıştır. BLUP yöntemi ile klonlarda tahmin edilen ıslah değerleri kullanılarak, kontrollerin (I-214 ve Samsun) ortalamasına göre genetik kazançlar hesaplanmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Kocaeli deneme alanı

Deneme alanından alınan verilerin çap ve boy için varyans analizinde, Kocaeli deneme alanında klonlar arası farklılık çap ve boy açısından istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Klonlar için Duncan testine göre oluşan homojen gruplar Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 4. Kocaeli deneme alanı çap ve boy için oluşan homojen gruplar.

Klon	Çap(cm) ve Homojen Gruplar*	Boy(m) ve Homojen Gruplar
L.Avanzo	36.7 (a)	29.4 (a)
89.M.060	36.0 (b)	28.8 (b)
89.M.063	33.7 (b)	26.9 (b)
89.M.050	33.5 (b)	26.8 (b)
89.M.047	33.1 (b)	26.5 (b)
Belloto	32.6 (bc)	26.1 (bc)
89.M.011	32.3 (bcd)	25.9 (bcd)
D.92.176	30.7 (bcde)	24.6 (bcde)
39/61	30.4 (bcdef)	24.3 (bcdef)
89.M.044	30.1 (bcdef)	24.2 (bcdef)
1//82	29.8 (cdef)	23.9 (cdef)
Lux	29.2 (def)	23.4 (def)
Samsun	27.9 (defg)	22.3 (defg)
140/85	27.5 (efg)	22.0 (efg)
İzmit	27.4 (fgh)	21.9 (fgh)
D.92.282	27.3 (gh)	21.9 (gh)
I-214	20.4 (h)	16.3 (h)
Genel ort.	30.51	24.42

* Farklı harfler, farklı grupları göstermektedir.

Kocaeli deneme alanında, çoklu karşılaştırma testinde (Çizelge 4) çap ve boyda en iyi gelişim yapan klon L. Avanzo olur iken 89.M.060, 89.M.063, 89.M.050 ve 89.M.047 klonları ise ikinci sıradaki homojen grubu oluşturmuştur. I-214 klonu ise çap ve boy kriterleri açısından en son sırada yer almıştır. Kocaeli deneme alanında kalıtım dereceleri çap için $0,86 \pm 0,05$, boy için $0,79 \pm 0,08$ olarak hesap edilmiştir. Genetik korelasyon ise çap-boy arasında $0,92 \pm 0,06$ çıkmıştır. Çap ve boy için başarılı olan L. Avanzo klonu seçildiği takdirde, göğüs çapı için kontrollere göre (Samsun ve I-214 klonlarının ortalaması) %52 (12,5 cm) daha fazla çap büyümesi (genetik kazanç), deneme alanındaki tüm klonların ortalamasına göre ise %20 (6,1 cm) daha fazla çap büyümesi olmuştur. Benzer genetik kazançlar boyda da görülmektedir. Bu durumda yeni ağaçlandırmalarda, Kocaeli yöresinde Samsun ve I-214 klonları yerine L. Avanzo klonu kullanılmalıdır.

Türkiye’de biyokütle üretimine yönelik 1990 yılında başlatılan çalışmalarda, Kocaeli’inde 30 klonla kurulan deneme alanında üçüncü yılın sonunda çap ve boy değerlerinde L. Avanzo klonu ilk sırada yer almıştır (Tunçtaner ve Tulukçu, 1992). O bakımdan bu çalışmada da Kocaeli deneme alanında onuncu yıl sonunda çap ve boy değerleri açısından L. Avanzo klonunun ilk sırada yer alması dikkat çekmiştir. Bu konunun erken seleksiyon olanakları açısından değerlendirilmesinde yarar bulunmaktadır.

3.2. Edirne deneme alanı

Deneme alanından toplanan verilerin çap ve boy için varyans analizinde Edirne deneme alanında klonlar arası farklılık çap ve boy açısından istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Klonlar için Duncan testine göre oluşan homojen gruplar Çizelge 5’te verilmiştir.

Çizelge 5. Edirne deneme alanı çap ve boy için oluşan homojen gruplar.

Klon	Çap(cm) ve Homojen Gruplar*	Boy(m) ve Homojen Gruplar
89.M.060	28.08 (a)	26.39 (ab)
D.92.282	27.25 (ab)	25.33 (bcd)
89.M.063	27.03 (bc)	26.14 (ab)
89.M.011	26.74 (bcd)	25.46 (bc)
D.92.176	26.50 (cde)	26.28 (ab)
89.M.061	26.21 (cdef)	26.11 (bc)
Lux	25.67 (cdef)	25.81 (bc)
89.M.047	25.60 (cdef)	26.54 (ab)

89.M.044	25.09 (cdefg)	25.82 (bc)
L.Avanzo	24.65 (cdefg)	23.70 (cdef)
1//82	24.62 (cdefg)	24.81 (bcde)
Samsun	24.06 (defgh)	23.24 (def)
89.M.066	23.89 (defgh)	25.83 (bc)
İzmit	23.86 (efgh)	22.72 (efg)
140/85	23.47 (fgh)	25.23 (bcd)
89.M.050	23.16 (fgh)	25.39 (bcd)
39/61	22.15 (gh)	22.03 (fg)
I-214	20.57 (gh)	20.80 (g)
89.M.258	19.21 (h)	22.73 (efg)
Genel ort.	24.62	24.76

* Farklı harfler, farklı grupları göstermektedir.

Edirne deneme alanında en fazla çap değeri 89.M.060; net olarak ayrışma olmamakla birlikte (D.92.176, 89.M.060 ve 89.M.063'te aynı grupta) en fazla boy büyümesi ise 89.M.047 klonunda olmuştur. Her iki özellik içinde kontrol olarak deneme alanında bulunan Samsun ve I-214 klonları son homojen gruplarda kalmıştır. Edirne deneme alanında kalıtım dereceleri çap için $0,76 \pm 0,09$, boy için $0,78 \pm 0,08$ olarak bulunmuştur. Genetik korelasyon, çap-boy arasında $0,83 \pm 0,11$ tahmin edilmiştir. Göğüs çapı açısından başarılı olduğu düşünülen 89.M.060 klonu seçildiği takdirde göğüs çapı için kontrollere göre %26 (5,8 cm) daha fazla çap büyümesi (genetik kazanç), deneme alanındaki tüm klonların ortalamasına göre ise %14 (3,5 cm) daha fazla çap büyümesi olmuştur. Benzer genetik kazançlar boyda da görülmektedir. Bu durumda yeni ağaçlandırmalarda, Edirne yöresinde Samsun ve I-214 klonları yerine 89.M.060 klonu kullanılmalıdır.

3.3. Tokat deneme alanı

Deneme alanından toplanan verilerin çap ve boy için varyans analizinde Tokat deneme alanında klonlar arası farklılık her iki özellik açısından istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Klonlar için Duncan testine göre oluşan homojen gruplar Çizelge 6'da gösterilmiştir.

Çizelge 6. Tokat deneme alanı çap ve boy için homojen oluşan gruplar.

Klon	Çap(cm)	Boy(m)
89.M.061	40.88 (a)	37.30 (a)
89.M.004	39.90 (a)	35.63 (abc)
89.M.063	35.28 (b)	36.47 (ab)
89.M.060	34.70 (bc)	35.65 (abc)
140/85	33.70 (bcd)	34.94 (abcd)
I-214	33.43 (bcd)	33.82 (bcde)
89.M.053	33.04 (bcde)	34.03 (bcde)
Samsun	32.70 (bcde)	33.07 (cde)
D.92.284	32.11 (cde)	34.17 (bcde)
158/85	32.04 (cde)	32.85 (de)
D.92.282	31.74 (cde)	32.01 (e)
İzmit	31.28 (def)	32.58 (de)
89.M.020	31.07 (def)	32.55 (de)
PE.3-71	30.73 (def)	32.32 (de)
190/85	30.12 (efg)	33.85 (bcde)
D.92.299	28.36 (fgh)	31.82 (e)
89.3.3	27.75 (ghi)	31.71 (e)
D.92.206	25.96 (hi)	26.44 (f)
89.M.007	25.54 (hi)	26.99 (f)
89.M.011	25.36 (i)	26.85 (f)
Genel ort.	31.79	32.75

* Farklı harfler, farklı grupları göstermektedir.

Tokat deneme alanında göğüs çapı değerinin en fazla olduğu klonlar 89.M.061 ve 89.M.004 iken, 89.M.011 klonu her iki özellik birlikte ele alındığında son sırada kalmıştır. Boy değerinin en fazla olduğu klon da 89.M.061 olmuştur. Tokat deneme alanında kalıtım dereceleri çap için $0,95 \pm 0,02$; boy için $0,88 \pm 0,04$ olarak hesaplanmıştır. Genetik korelasyon çap-boy arasında 0.94 ± 0.04 olmuştur. Göğüs çapı açısından başarılı olduğu düşünülen 89.M.061 klonu seçildiği takdirde göğüs çapı için kontrollere göre %24 (7,8 cm) daha fazla çap büyümesi (genetik kazanç), deneme alanındaki tüm klonların ortalamasına göre ise %29 (9,0 cm) daha fazla çap büyümesi olmuştur. Tokat deneme alanında Samsun ve I-214 klon ortalamalarının deneme alanı tüm klon ortalamalarının üzerinde çap gelişimi yapmış olduğu görülmektedir. Benzer genetik kazançlar boyda da görülmektedir.

3.4. Sakarya deneme alanı

Deneme alanından toplanan verilerin çap ve boy için varyans analizinde Sakarya deneme alanında klonlar arası farklılık her iki özellik açısından istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Klonlar için Duncan testine göre oluşan homojen gruplar Çizelge 7’de gösterilmiştir.

Çizelge 7. Sakarya deneme alanı çap ve boy için oluşan homojen gruplar.

Klon	Çap(cm)	Boy(m)
89.M.060	36.96 (a)	34.00 (ab)
89.M.047	35.93 (ab)	33.84 (abc)
89.M.061	34.95 (ab)	34.95 (a)
89.M.044	33.36 (bc)	31.23 (bcde)
89.M.063	33.01 (bc)	34.20 (ab)
89.M.050	32.40 (bcd)	35.10 (a)
L.Avanzo	31.21 (cde)	34.65 (a)
Samsun	31.13 (cde)	32.72 (abcd)
Lux	31.00 (cde)	33.57 (abcd)
İzmit	30.87 (cde)	32.96 (abcd)
140/85	30.80 (cde)	33.25 (abcd)
89.M.066	30.34 (cde)	29.49 (ef)
89.M.011	29.93 (cde)	30.70 (de)
1//82	29.92 (cde)	35.72 (a)
D.92.176	28.87 (def)	34.10 (ab)
Belletto	28.69 (def)	31.36 (bcde)
D.92.282	27.56 (ef)	30.90 (cde)
D.92.258	25.97 (f)	28.90 (ef)
39/61	25.73 (f)	29.69 (ef)
I-214	22.12 (g)	27.74 (f)
Genel ort.	30.54	32.45

* Farklı harfler, farklı grupları göstermektedir.

Sakarya deneme alanında çap değerinin en fazla olduğu klon 89.M.060 olur iken, boy büyümesinde net ayrışma olmamakla birlikte (89.M.061, L. Avanzo ve 89.M.050 klonları da aynı grupta) en fazla boy 1/82 klonunda bulunmuştur. I-214 klonu çap ve boy değerleri açısından son sırada yer alırken Samsun klonu, I-214’e göre üst sıralarda yer almıştır. Sakarya deneme alanında kalıtım dereceleri çap için $0,84\pm0,06$ ve boy için $0,78\pm0,08$ olarak

hesaplanmıştır. Genetik korelasyon, $\text{çap ile boy arasında } 0,78 \pm 0,10$ olarak çıkmıştır. Göğüs çapı açısından başarılı olduğu düşünülen 89.M.060 klonu seçildiği takdirde göğüs çapı için kontrollere göre %39 (10,3 cm) daha fazla $\text{çap büyümesi (genetik kazanç)}$, deneme alanındaki tüm klonların ortalamasına göre ise %21 (6,4 cm) daha fazla çap büyümesi gerçekleşmiştir. Sakarya deneme alanında Benzer genetik kazançlar boyda da görülmektedir. Bu durumda yeni ağaçlandırmalarda, Tokat yöresinde Samsun ve I-214 klonları yerine 89.M.061 klonu kullanılmalıdır.

Deneme alanlarında farklı klonlar başarı göstermesine karşın kontrol olarak bulunan Samsun ve I-214 klonları ise başarısız olan klonlar olmuştur. Özellikle I-214 Tokat deneme alanı hariç $\text{çap özelliğinde son sıralarda yer almıştır}$. Nitekim Kocaeli deneme alanında yalnızca I-214 kontrol olarak ele alındığında L.Avanzo klonu %80 (16.3 cm) daha fazla $\text{çap büyümesine ulaşabilmektedir}$. Benzer şekilde en düşük $\text{çap gelişimi yapan klonlara göre}$ Edirne deneme alanında 89.M.060 klonu %46 (8.9 cm), Tokat deneme alanında 89.M.061 klonu %61 (15.5 cm) ve Sakarya deneme alanında 89.M.060 klonu %67 (14.8 cm) daha fazla $\text{çap büyümesi yapmıştır}$. Bu sonuçlar yaklaşık 10 yıl süren genetik testler sonucunda ıslah çalışmaları ile birim alanda önemli oranda odun hammaddesi artışı sağlanabileceğini göstermektedir. Diğer yandan genetik çalışmalar sonunda seçilen klonlar için silvikültürel uygulamalar (gübreleme, bakım, budama, koruma) genetik potansiyelin ortaya çıkabilmesi için önem taşımaktadır (Alan, 2020). Ancak unutmamak gerekir ki seçilen klonların genleri, yaşadıkları sürece daha çok $\text{çap ve boy artışı yönünde çalışmalarına karşın, silvikültürel (gübreleme, bakım vb.) önlemlerin yinelenmesi gerekmektedir}$.

Yetiştirme ortamı koşullarından iklim ve toprak özellikleri ile klonların gelişimi arasında belirgin bir ilişki gözlenememiştir. En düşük yağışın olduğu Tokat (435 mm) deneme alanında en yüksek ortalama $\text{çap (31,79 cm) ve boy (32,75 m) gelişimi olurken}$, 601 mm yağışın olduğu Edirne deneme alanında ise en düşük ortalama $\text{çap (24,62 cm) ve boy (24,76 m) bulunmuştur}$. Diğer yandan en yüksek organik maddenin (%6,2) bulunduğu ve kendisine en yakın deneme alanının iki katı organik madde içeren Kocaeli deneme alanında ortalama $\text{çap (30,51) deneme alanları arasında üçüncü olurken}$, deneme alanları içinde en düşük ortalama boy (24,42) elde edilmiştir. Yetiştirme ortamı özelliklerini iyi bir şekilde açıklayabilmek daha ayrıntılı incelemek gerekir. Bununla birlikte deneme alanlarında klon sayılarının ve klon dağılımının da farklı olması ortalamalar üzerinde etkili olmuş olabilir. Ancak yetiştirme ortamı klon (genotip) ilişkilerinin daha iyi anlaşılması ve klon davranışlarının yetiştirme ortamına göre aydınlığa kavuşması için genotip çevre denemelerine gereksinim bulunmaktadır (Shelbourne, 1972; Burdon, 1977).

Deneme alanlarında çap (0,76-0,95) ve boy (0,78-0,88) için kalıtım dereceleri oldukça yüksek olmuştur. Türkiye’de *P. deltoides* türünde 14 klon ile kurulan denemede 4. yılda çap için kalıtım derecesi 0.95 bulunmuştur (Tunçtaner, 2008). Adana-Ceyhan ve Őanlıurfa-Birecik’te 40 klon ile yapılan bir denemede kalıtım derecesi çap için 0, 80 boy için 0,56 tahmin edilmiştir (Toplu, 2001). Diğerk yandan Pliura ve ark. (2007) 10-12 yaşıli hibrit klonlarda çap (0,49-0,72) ve boy (0,18-0,70) için daha düşük kalıtım dereceleri bulmuşlardır. Araştırmamızda kalıtım derecelerinin klonal düzeyde anılan çalışmalara benzer veya daha yüksek olması, bu klonlardan üretim yapıldığında sonraki jenerasyonda da büyük oranda klonların genetik özelliklerin sürdürecekleri, dolayısıyla genetik kazançların da sürekli olacağını göstermektedir. Diğerk yandan kavak ışlah programlarının mali açıdan sürdürülebilir olduğuna işaret etmektedir.

Genetik kazanç açısından kalıtım dereceleri ve seleksiyon yoğunluğu oldukça belirleyicidir. İsveç’te *P. x wettsteinii*’nin kullanıldığı denemede 9. yaş değerlendirmesinde kullanılan klonlar içinde en iyi klonların %10’nun seçilmesiyle hacimde %45 kazanç tespit etmiştir (Stener ve Karlson, 2004). Kanada’da *P. deltoides* x *P. simonii* ‘nin kullanıldığı denemede 6. yıl sonunda çap ve boyda sırasıyla 0.93 ve 0.95 kalıtım dereceleri elde edilmiş ve kullanılan klonlar içinde en iyi klonların %5’nin seçilmesi durumunda hacimde %51 kazanç elde edilmiştir (Wu ve ark., 1992). Finlandiya’ da *P. x wettsteinii* melez kavak türünde yapılan çalışmada 3. yaş çap karakterinde kalıtım derecesinin 0.52 olduğu ve kullanılan klonlar içinde en iyi klonların %12’nin seçiminde genetik kazancın %15 olduğunu tespit etmiştir (Yu ve Pulkkinen, 2003). Bu çalışmalarla genellikle genetik kazançları tahmin etmişlerdir. Bizim alışmamızda seçilen klonlar ve kontrol için ışlah değerlerinin olmasından dolayı, karşılaştırmalar gerçekleşen kazançları göstermektedir (Matziris 2000). rnek olarak Kocaeli deneme alanında 17 klon içinde başarılı olan bir kolon seçildiğinde seleksiyon yoğunluğu %5 olmaktadır. Bu deneme alanında kalıtım derecesi çap ve boy için sırasıyla 0,86 ve 0,79 olmaktadır. Tokat deneme alanında ise 20 klon içinde başarılı olan bir klon seçildiğinde seleksiyon yoğunluğu yine yaklaşık %5’tir. Tokat deneme alanında kalıtım dereceleri ise çap ve boy için 0,95 ve 0,88 olmaktadır. Yukarıda belirtilen çalışmalarda olduğu gibi her iki deneme alanı için genetik kazançlar, kalıtım derecesi ve seleksiyon yoğunluğu kullanılarak tahmin edildiğinde Tokat deneme alanında genetik kazanç yüksek çıkacaktır. Oysa kontrol olarak kullanılan I-214 ve Samsun klonları, Tokat deneme alanında en başarılı olan klonlara (89.M.60 ve 89.M.004) daha yakın (en sonlarda değil) ışlah değeri aldığı için gerçekleşen genetik kazanç Kocaeli deneme alanından daha düşük olmuştur. Dolayısıyla bizim çalışmamızda bulunan genetik kazanç (ap büyümesi) doğrudan üreticiye

yansıyacak genetik kazanç olmaktadır. O bakımdan yapılacak yeni kavak ağaçlandırmalarında çalışmamızda önerilen klonlar kullanılmalıdır.

Çap ile boy arasındaki genetik korelasyon tüm deneme alanlarında genel olarak yüksek (0,78-0,94) olmuş, Sakarya deneme alanı hariç (0,78) 1.00'e yaklaşmıştır. Pliura ve ark. (2007) hibrit kavaklarda çap ve boy arasında genetik korelasyonları 0,44 ile 1.00 arasında bulmuşlardır. Bizim çalışmamız ile Pliura ve ark. (2007) tarafından bulunan çap ve boy arasındaki genetik korelasyon değerleri uyumlu olmuştur. Diğer yandan özellikle bizim çalışmamızda çap veya boy özelliğinde genetik korelasyonların yüksek olması, özelliklerden birisinin ölçülmesi ile diğer özellik (çap veya boy) için seleksiyon yapılabileceğini göstermektedir.

Türkiye'de kavak ağaçlandırmalarının yapıldığı alanlarda yıllık ortalama 3,4 milyon m³ odun üretilmektedir. Bu üretimin %55'i, Melez kavak (*P. x euramericana*) ve Amerikan karakavağı (*P. deltoides*) türlerine ait klonlar (I-214, I-45 ve Samsun) ile tesis edilmiş ağaçlandırmalardan sağlanmaktadır. Diğer yandan Türkiye'de kavak ağaçlandırmalarında kullanılan I-214, I-45/51 ve Samsun klonlarının genellikle hektardaki yıllık hacim artımları 15-36 m³/yıl arasında değişmektedir (Tunçtaner ve ark. 1994). Mevcut dört deneme alanında (Kocaeli, Edirne, Tokat ve Sakarya) gerçekleştirilen araştırma sonuçlarında kontrol olarak kullanılan Samsun ve I-214 klonlarına göre başarılı olan klonlar önerilmiştir. Yörelere göre başarılı olan klonların kullanılması ile hektardaki artımlar çok daha yukarılara çıkabilecektir. Diğer yandan araştırma süresince (10 yıl) biyotik ve abiyotik önemli zararlılara rastlanmaması büyüme özellikleri yüksek, biyotik ve abiyotik zararlılara dayanıklılık yönünden başarılı Melez kavak ve Amerikan karakavağı klonları ile endüstriyel ağaçlandırmalar daha da verimli duruma getirilebilir. Kavaklar yakacak odun, kereste, kontrplak, ambalaj, yonga ve kâğıtlık için kullanımı yanında (IPC 2021), biyoenerji (Davis 2008; Allwright ve Taylor 2015) bakımından da oldukça elverişlidir. Bu kapsamda, Türkiye'de 3,5 milyon m³ yuvarlak kavak odunu üretildiği, bu üretimin 1,4 milyon m³'ü kesme ve soymalık, 93 bin m³'ü kâğıtlık, 1,8 milyon m³'ü kerestelik ve 191 bin m³'ü yakacak ve panel olduğu belirtilmektedir (IPC 2021). Dolayısıyla kavak üretiminde yapılacak artışın, bu ürünlerde de artış anlamına geldiği düşünülmektedir. Diğer yandan, Thakur ve ark. (2021) biyotik ve abiyotik etmenlere karşı direnç konusunda genetik mühendisliğin devreye girmesi ve genom teknolojisi ile kavak ıslahının hızlanabileceğine dikkat çekmektedir. Genetik mühendisliği Türkiye'deki kavak ıslahının da gündemine girebilir ve Türkiye'deki kavak ıslahı bu açıdan da değerlendirilebilir. Bu açıdan çalışmamızda genetik olarak

başarılı klonların seçilmesinin, Türkiye'deki kavak ıslahının ilerlemesine katkı sağlayacağı beklenmektedir.

4. Sonuçlar

Bu çalışmayla yüksek çap ve boy değerine sahip, zararlılara karşı dirençli kavak klonları tespit edilmiştir. Böylece kavak ağaçlandırmasında ve kavak odunu işleyen sanayi kollarında yörelere göre klon tercihi yapılabilecektir. Deneme alanlarında kontrol klonları olan Samsun ve I-214 ortalamalarına göre %24 (Tokat) ile %52 (Kocaeli) arasında değişen genetik kazanç sağlanabileceği ortaya çıkmıştır. Dahası özellikle çap ve boy açısından en düşük gelişme gösteren I-214'e göre en iyi gelişme yapan klonlar Kocaeli deneme alanında %80 ve Sakarya deneme alanında %68 daha fazla çap gelişmesi yapmışlardır. Dolayısıyla zaman yitirilmeden yeni kavak ağaçlandırmalarında başarılı olan söz konusu klonlar kullanılmalıdır.

Klonal kalıtım derecelerinin yüksek olması melez kavak ve Amerikan kavağı ıslah döngüsünün kurularak, ıslah stratejilerinin geliştirilmesi ve sürdürülmesinin önemini göstermektedir. Böylece her iki kavak türünde de genetik potansiyeli kullanarak uzun yıllar odun üretimini artırmaya (büyümeye) yönelik ıslah çalışmalarını yürütebilmek mümkün olacaktır.

Göğüs çapı ve boy arasında genetik korelasyonların yüksek olması, ölçümün daha kolay yapılabildiği özellik dikkate alınarak, ıslah çalışmalarının kullanışlı özellik (çap ve boy) üzerinden yürütülmesinin uygun olabileceği anlaşılmıştır. Bu konuda odun özelliği ile büyüme özelliklerinin genetik korelasyonlarını dikkate alan çok özellikli ıslah çalışmalarının da gündeme gelmesinde yarar bulunmaktadır.

Sonuç olarak; Kocaeli yöresinde L. Avanzo, Edirne yöresinde 89.M.060, Tokat yöresinde 89.M.061 ve 89.M.004 klonları ile Sakarya yöresinde 89.M.060, 89.M.047 ve 89.M.061 klonları büyüme ve hastalıklara dayanıklılık açısından diğer klonlara göre üstünlük sağlamışlardır. Bu nedenle sözü edilen yörelerdeki kavak yetiştirmeye uygun ağaçlandırma alanlarında bu kavak klonları kullanılmalıdır. Genetik olarak üstün olan bu klonlar ıslah döngüsünün devamlılığının sağlanması için daha ileri ıslah çalışmalarına (yapay döllemeler ve genetik testler kullanılarak) taşınmalıdır. Diğer yandan bu klonların yörelerindeki yayılışlarının sınırlarının belirlenmesi ve genotip çevre etkileşimi açısından test edilmeleri uygun olacaktır.

Teşekkür

Bu çalışma, Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nün "Türkiye'de Melez Kavak ve Amerikan Karakavağında Islah Çalışmaları" adlı Projesinden (Proje No: İZT-306) üretilmiştir. Çalışmada emeği geçen Enstitü personellerine teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Alan, M., (2020). Silviculture and tree breeding for planted forests. *Eurasian Journal of Forest Science*, 8(1), 60-69.
- Allwright, M. R., & Taylor, G., (2015). Molecular breeding for improved second generation bioenergy crops. *Trends in Plant Science*, 21(1), 43-54.
- Benetka, V., Novotná, K., & Štochlová, P. (2012). Wild populations as a source of germplasm for black poplar (*Populus nigra* L.) breeding programmes. *Tree Genetics & Genomes*, 8, 1073-1084.
- Burdon, R.D. (1977). Genetic correlation as a concept for studying genotype-Environment interaction in forest tree breeding, *Silvae Genetica*, 26(5/6), 168-175.
- Davis, J. M. (2008). Genetic improvement of poplar (*Populus* spp.) as a bioenergy crop. In W. Vermerris (Ed.), *Genetic improvement of bioenergy crops* (pp. 377–396). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-70805-8>
- FAO. (2016). *International Poplar Commission (IPC): Report of the 25th Session of the Commission and of the 48th Session of its Executive Committee*. Berlin. <http://www.fao.org/3/mt504e/mt504e.pdf>
- Falconer, D. S., & Mackay, T. F. C. (1996). *Introduction to quantitative genetics* (4th ed.). Addison Wesley Longman.
- Henderson, C. R. (1975). Best linear unbiased estimation and prediction under a selection model. *Biometrics*, 31(2), 423–447.
- IPC. (2021). *The International Commission on Poplars and Other Fast-Growing Trees Sustaining People and the Environment (IPC): Twenty-sixth session*. FAO, Rome.
- IPC. (2024). *Activities related to the cultivation and utilization of poplars, willows and other fast-growing trees 2020–2023*. International Commission on Poplars and Other Fast-Growing Trees Sustaining People and the Environment, FAO, Rome.
- Isik, F., Holland, J., & Maltecca, C. (2017). *Genetic data analysis for plant and animal breeding* (Vol. 400). Springer International Publishing.

- Karacic, A., Adler, A., Weih, M., & Christersson, L. (2021). An analysis of poplar growth and quality traits to facilitate identification of climate-adapted plant material for Sweden. *Bioenergy Research*, 14(2), 409–425.
- Koçer, S., & Diner, A. (2003). Ülkemizde kavakçılığın ekonomik görünümü. *Türkiye Milli Kavak Komisyonu VII. Olağan Kurulu Tebliğleri, Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü*, 60–83.
- Matziris, D. I. (2000). Genetic variation and realized genetic gain from Aleppo pine tree improvement. *Silvae Genetica*, 49(1), 5–10.
- MGM. (2022). <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler>
- OGM. (2013). *Endüstriyel ağaçlandırma çalışmaları eylem planı (2013–2023)*. Orman Genel Müdürlüğü. <https://www.ogm.gov.tr>
- OGM. (2023). *2023 Mayıs ayı verileri*. Orman Genel Müdürlüğü, İşletme Pazarlama Dairesi Başkanlığı. <https://www.ogm.gov.tr>
- Pliura, A., Zhang, S. Y., MacKay, J., & Bousquet, J. (2007). Genotypic variation in wood density and growth traits of poplar hybrids at four clonal trials. *Forest Ecology and Management*, 238(1–3), 92–106.
- Ranney, J. W., Wright, L. L., & Layton, P. A. (1987). Hardwood energy crops: The technology of intensive culture. *Journal of Forestry*, 85(9), 17–28.
- Riemenschneider, D. E., Isebrands, J. G., Berguson, W. E., Dickmann, D. I., Hall, R. B., Mohn, C. A., Stanosz, G. R., & Tuskan, G. A. (2001). Poplar breeding and testing strategies in the north-central US: Demonstration of potential yield and consideration of future research needs. *The Forestry Chronicle*, 77(2), 245–253.
- Shelbourne, C. J. A. (1972). Genotype-environment interaction: Its study and its implication in forest tree improvement. In *Proc. IUFRO Genetics-SABRAO Joint Symposium* (pp. 1–28). New Zealand Forest Service.
- Stener, L. G., & Karlsson, B. (2004). Improvement of *Populus tremula* × *P. tremuloides* by phenotypic selection and clonal testing. *Forest Genetics*, 11(1), 13–27.
- Thakur, A. K., Kumar, P., Parmar, N., Shandil, R. K., Aggarwal, G., Gaur, A., & Srivastava, D. K. (2021). Achievements and prospects of genetic engineering in poplar. *New Forests*, 52, 889–920.
- Toplu, F. (2001). Melez kavak birinci aşama klon denemesi sonuçları (Adana-Ceyhan). *Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 27, 59–70.

- Tunçtaner, K. (1988). Kavak genetik ve seleksiyon çalışmalarında gelişmeler ve ithal edilen bazı yeni kavak klonlarının fidanlık performansları ile ilgili karşılaştırmalar. *Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 3, 1–15.
- Tunçtaner, K. (2008). *Kavaklarda genetik ıslah çalışmaları* (Çeşitli Yayınlar Serisi No: 19). Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü.
- Tunçtaner, K., & Tulukcu, M. (1992). *Biokitle üretimine uygun kavak klonlarının seçimi üzerine araştırmalar* (Teknik Bülten No: 158). Kavak ve Hızlı Gelişen Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü.
- Tunçtaner, K., Tulukçu, M., & Toplu, F. (1994). *Bazı kavak klonlarının büyümeleri ve teknolojik özellikleri üzerine araştırmalar* (Teknik Bülten No: 170). Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü.
- Tuskan, G. A. (1998). Short-rotation woody crops supply system in the United States: What do we know and what do we need to know? *Biomass and Bioenergy*, 14(4), 307–315.
- Wu, R. L., Wang, M. X., & Huang, M. R. (1992). Quantitative genetics of yield breeding for *Populus* short rotation culture. I. Dynamics of genetic control and selection model of yield traits. *Canadian Journal of Forest Research*, 22(2), 175–182.
- Yu, Q., & Pulkkinen, P. (2003). Genotype-environment interaction and stability in growth of aspen hybrid clones. *Forest Ecology and Management*, 173(1–3), 23–35.