

Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Tohum Bahçesinde Mg ve Mn Element İçerikleri Bakımından Genetik Çeşitliliğin Belirlenmesi

Canan ÜNAL^{1*} 

Orhan KAVUNCU² 

Hakan ŞEVİK³ 

¹Genetik ve Biyomühendislik ABD, Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kastamonu / TÜRKİYE

²Genetik ve Biyomühendislik ABD, Kastamonu Üniversitesi Mimarlık ve Mühendislik Fakültesi, Kastamonu / TÜRKİYE

³Çevre Mühendisliği ABD, Kastamonu Üniversitesi Mimarlık ve Mühendislik Fakültesi, Kastamonu / TÜRKİYE

¹<https://orcid.org/0009-0001-9898-1083>

²<https://orcid.org/0000-0003-4391-9087>

³<https://orcid.org/0000-0003-1662-4830>

*Corresponding author (Sorumlu yazar): canannberber@gmail.com

Received (Geliş tarihi): 25.12.2023

Accepted (Kabul tarihi): 18.03.2024

ÖZ: Orman ağaçlarında verimliliği artırmanın etkin yollarından biri de ıslah çalışmalarıdır. Islah çalışmaları ile ormanların büyüme hızını artırmak, biyotik ve abiyotik zararlılara karşı dirençli bireyler yetiştirmek mümkün olmaktadır. Bunun için ormanların genetik çeşitliliğinin belirlenmesi büyük önem arz etmektedir. Bu uygulamaların yapıldığı genetik ıslah çalışmaları içerisinde tohum bahçeleri ayrı bir öneme sahiptir. Bu nedenle yapılan araştırma Taşköprü Tekçam sarıçam klonal tohum bahçesinde gerçekleştirilmiştir. Sarıçam türü hem ekonomik değeri olan hem de ıslahının yapılması öngörülen bir tür olmasından dolayı tercih edilmiştir. Yapılan bu çalışmada tohum bahçesinde 30 klonun 8 rametinden 3 tekerrürlü olarak toplam 240 adet ağaç rastgele örneklendirilmiştir. Ağaçların son yıl ibrelerinden örnekler alınarak laboratuvarında yıkama işlemine, ardından iki farklı kurutma işlemine tabi tutulmuştur. Daha sonra laboratuvara gönderilerek öncelikle eritiş yöntemi ile numuneler hazırlanmış, sonrasında ICP-OES cihazı ile Mg (Magnezyum) ve Mn (Mangan) element konsantrasyonları belirlenmiştir. Elde edilen veriler Minitab 18 paket programı yardımıyla varyans analizi ve Tukey testi ile değerlendirilerek klonlar arası ve klonlar içi genetik çeşitlilik element konsantrasyonlarına bağlı olarak belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışılan elementler bakımından klonlar arasında $p < 0,05$ olasılık düzeyinde önemli farklılıklar tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tohum bahçesi, genetik çeşitlilik, ibre, element, karbon.

Determination of Genetic Diversity in Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Seed Orchard in Terms of Mg and Mn Element Contents

ABSTRACT: One of the most basic ways to increase productivity in forestry is tree breeding. With breeding studies, it is possible to increase the growth rate of forests and to grow individuals resistant to biotic and abiotic pests. For this purpose, determining forests' genetic diversity is of great importance. In addition, genetic diversity is very important for species to adapt to global warming and rapidly changing environmental conditions. Seed orchards are one of the important breeding facilities established within the scope of tree breeding studies. Therefore, the most important issue in seed orchards is the protection of genetic diversity. Because genetic diversity is the insurance of the species against possible future risks, many studies have been conducted to determine genetic diversity in seed orchards. However, most of the studies were conducted using morphological characters. In this study, genetic diversity in the seed orchard was evaluated by looking at needle element concentrations. In this study, a total of 240 trees from 8 rameters of 30 clones were randomly sampled in Taşköprü Tekçam Sarıçam seed orchard. Magnesium (Mg), a macronutrient, and manganese (Mn), a micronutrient, which play a role in carbon fixation in plants and are used in chlorophyll production, were studied. Samples were taken from last year's needles of the trees and subjected to washing in the laboratory, followed by two different drying processes. Then, the samples were sent to the laboratory and firstly prepared by melting method and then element concentrations were determined by ICP-OES device. The data obtained were evaluated by analysis of variance and Tukey test with the help of Minitab 18 package program and genetic diversity between clones was determined depending on element concentrations. Significant differences were detected between clones in terms of the studied elements at the $p < 0.05$ probability level.

Keywords: Seed orchard, genetic diversity, needle, element, carbon.

GİRİŞ

Dünyada ve ülkemizde giderek artan nüfus ve buna bağlı olarak gelişen sanayileşme, doğal kaynaklar üzerinde büyük bir baskı oluşturmaktadır (Ghoma ve ark., 2022). Bunun yanında günümüzde küresel ısınma ile birlikte dünyanın birçok yerinde ortaya çıkan ekstrem hava olayları sonucunda, şiddetli fırtınalar, sel, sıcaklıklardaki ani iniş çıkışlar, kuraklık ile ortaya çıkan su yetersizliği hem insanlar hem de diğer canlıların hayati faaliyetleri üzerinde tehdit oluşturmaktadır, biyolojik çeşitliliği azalması gibi tehlikelere yol açabilmektedir. Bu durumdan diğer canlılarda olduğu gibi birçok ağaç ve bitki türü de olumsuz yönde etkilenmektedir (Kilicoglu ve ark., 2021; Varol ve ark., 2021; Cetin ve ark., 2023). Yakın gelecekte iklim krizinin neden olacağı kuraklık, sıcak-soğuk hava dalgaları ve buna bağlı yaşanacak büyük yangınlar, sel, böcek istilası vb. biyotik ve abiyotik faktörlerle karşılaşılma olasılığı yükselmektedir. Ayrıca küresel ısınma ile türlerin yetişme ortamları ve optimum koşulları değişmekte ve türler giderek yüksek rakımlı alanlara doğru çekilmektedir (Tekin ve ark., 2022; Varol ve ark., 2022a,b). İklim değişikliği ve nüfus artışının oluşturduğu tüm bu durumlar sonucunda odun hammaddesine olan ihtiyaç da giderek artmakta ve daha fazla doğal kaynağa ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle birim alandan daha fazla ve kaliteli odun hammaddesi üretebilmek ve orman alanlarının verimliliğini artırarak sürdürülebilirliğini sağlamak için orman ağaçlarında ıslah çalışmaları yapılmaktadır (Sevik ve ark., 2012).

Islah çalışmaları orman ağaçlarında verimliliği artırmanın en temel yollarından biridir. Bu uygulamaların yapıldığı genetik ıslah çalışmaları içerisinde tohum bahçeleri ayrı bir öneme sahiptir. Bu nedenle yapılan ıslah çalışmaları sonucunda elde edilen genetik kazancın uygulamaya dönüştürülmesinde en büyük rolü tohum bahçeleri oynamaktadır. Tohum bahçelerinin kuruluş amacı; en az maliyet ile en yüksek verim ve kalitede, orijini belli, bol miktarda tohum üretebilmektir. Bunun için orman ağaçlarında ıslah tesisleri kurulurken, yüksek verime sahip üstün genotiplerden kurulması ve böylece gen havuzunun daraltılarak (selektif ıslah) yüksek kazanç sağlanması amaçlanmaktadır (Imren ve ark., 2021; Yiğit ve ark., 2023). Ancak orman ekosisteminin çok

değişken koşullara sahip olmasından dolayı bu gen havuzundaki daralma istenilen genetik kazancın elde edilememesine sebep olabilmektedir. Bu nedenle kurulan ıslah tesislerinde genetik çeşitliliğin devamlılığını yeterli oranda garanti altına alacak tohum üretiminin yapılabilmesi gerekmektedir (Sevik ve ark., 2012). Özellikle son yıllarda yaşanan küresel ısınma ve iklim değişikliği karşısında değişen yetişme ortamı koşullarına, türlerin adaptasyon sağlayabilmesi için genetik çeşitlilik çok büyük bir öneme sahiptir. Bu sebeple genetik çeşitliliği zengin türler ekstrem yetişme ortamı koşullarına karşı doğal olarak uyum sağlayabilen dirençli türlerdir. Bu anlamda genetik çeşitlilik türün gelecek yıllarda karşılaşacağı olası risklere karşı neslinin devamlılığını sağlayacak bir güvence konumundadır. Bunun için gelecek yıllarda yaşanacak olası risklerin ve tehlikelerin önlenmesi, krizlerin çözülebilmesi için genetik çeşitliliğin korunması oldukça önem taşımaktadır (Varol ve ark., 2021; Cobanoğlu ve ark., 2023a).

Besin piramidinin temelini oluşturan orman ekosisteminin iklim değişikliğine karşı korunması ve türlerin neslinin devam ettirilmesi için bu değişimlere adaptasyon sağlaması oldukça önemlidir. Dünyada yaşanan iklim değişikliği ve nüfus artışına karşı hızla adaptasyon sağlayacak ve beklenen talebe cevap verebilecek türlerin belirlenmesi ve buna göre ülkelerin bir strateji geliştirmesi gerekmektedir. Bu nedenle hızla değişen yetişme ortamı koşullarına karşı türlerin adaptasyon sağlayabilmesi bakımından genetik çeşitlilik büyük önem arz etmektedir (Sevik ve ark., 2012; Tandoğan ve ark., 2023; Kurz ve ark., 2023).

Hem orman ağaçları ıslahı hem de koruma çalışmaları açısından popülasyonların genetik yapısının belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Orman ağaçları doğal popülasyonlarının genetik yapılarının araştırılmasında izoenzim analizleri, moleküler teknikler ve morfolojik karakterler gibi birçok yöntem kullanılmaktadır. İzoenzim analizleri gibi moleküler yöntemlerle daha kısa sürede ve daha az masrafla sonuç alınabilirken, buna karşılık morfolojik karakterler üzerinde yürütülen araştırmalar, ıslah amaçları için daha doğrudan sonuçlar vermektedirler (Işık ve Kaya, 1993).

Karaçamda (*Pinus nigra* J.F.Arnold) 2006 yılında yapılan bir çalışmada, 13 doğal popülasyondan tohum örnekleri toplanarak, fidan üretilmiştir. Toplanan tohumlarda morfolojik karakterler olan 1000 tane ağırlığı, çap, boy gibi karakterler ölçülürken, üretilen fidanlarda hipokotil ve kotiledon karakterlerinde ölçüm gerçekleştirilmiştir. Morfometrik ve elektroforetik analiz kullanılarak popülasyonlar arasında genetik çeşitliliğin olduğu ortaya konulmuştur (Turna ve ark., 2006).

Yine sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) türünde yapılan bir araştırmada 11 doğal popülasyondan toplanan tohum örnekleri ile bu örneklerden üretilen fidanlardaki morfolojik karakterlerde (çap, boy, hipokotil, yüksekliği, kotiledon sayısı) ölçümler gerçekleştirilerek, ayrıca elektroforetik analiz yöntemi kullanılmıştır. Morfolojik karakterler açısından popülasyonlar arasında farklılıkların olduğu, enzim analizlerinde ise yüksek farklılık çıkmadığı tespit edilmiştir (Turna, 2003).

Türkiye’de 1994 yılında başlayan Türkiye Milli Ağaç Islahı ve Tohum Üretimi Programı kapsamında başlatılan ıslah programında tür ile ilgili genetik parametrelerin ve genetik çeşitliliğin bilinmesi gerekmektedir. Çünkü uygulanan ıslah stratejileri, ağaç türünün üreme biyolojisine ve genetik parametrelerine göre belirlenmektedir. Genetik çeşitliliğin bilinmesi, uygulanan ıslah programının etkinliğini ve güvenilirliğini artırmaktadır (Velioglu ve ark., 2002).

Genetik çeşitliliğin korunması yönünde kurulan tohum bahçelerinin gelecekte uzun dönemde yüksek kazanımlar sağlayacağı düşünülmektedir. Fakat, ıslah çalışmalarında tohum bahçeleri tesis edilirken selektif ıslah uygulandığı için gen havuzu daraltılarak genetik çeşitlilik büyük ölçüde azaltılmaktadır. Gen havuzu daralan tohum bahçeleri uzun vadede kazançtan ziyade zarar getirebilir. Bu nedenle genetik çeşitliliğin tespit edilmesine yönelik yapılan çalışmalar tohum bahçelerinde ayrı bir öneme sahiptir. Yapılacak olan çalışmada ülkemizin önemli tohum bahçelerinden birisi olan Taşköprü Tekçam tohum bahçesindeki genetik çeşitliliğin ibre element konsantrasyonlarına bağlı olarak belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Üzerinde çalışılan tür olan sarıçam Türkiye’de ve dünyada ekonomik değeri olan bir türdür. Ayrıca Ülkemizin Milli Ağaç Islahı Programı’nda yoğun olarak ıslahı öngörülen hedef türlerden birisidir. Ancak Türkiye’de sarıçam üzerine yapılan az sayıda genetik araştırma bulunmaktadır. Element konsantrasyonlarına bağlı genetik varyasyon çalışması ise bu alanda yeni bir kavramdır.

Projenin çalışma alanını, Ulusal Kayıt Numarası TB 151 olan Taşköprü-Tekçam Sarıçam klonal tohum bahçesi (Şekil 1) oluşturmaktadır. Tohum bahçesi Kastamonu ilinde bulunmakta ve şehir merkezine 65 km uzaklıktadır. Bahçenin alanı 7 ha olup bahçe 1160 m rakımda bulunmaktadır. Tohum bahçesi Taşköprü Orman Fidanlığı içerisinde yer almakta olup orijini Araç- Dereyayla’dır.

Tohum bahçesi 1995 yılında Taşköprü Orman Fidanlığı içerisine tesadüf parselleri deneme desenine uygun olarak 6x6 m aralık-mesafe ile tesis edilmiştir. Bahçenin güncel durumunda toplam 30 klondan 1868 adet birey bulunmaktadır.

Yöntem

Çalışmada Araç-Dereyayla orijinli Taşköprü- Tekçam sarıçam tohum bahçesinden ibre örnekleri alınmış, ibrelerdeki element konsantrasyonlarına bakılarak genetik çeşitlilik belirlenmeye çalışılmıştır. Yapılan araştırmada bitkide karbon fiksasyonunda önemli rol alan, klorofil üretiminde kullanılan ve klorofilin yapı taşı olan Magnezyum (Mg) ve Mangan (Mn) elementleri üzerinde çalışılmıştır.

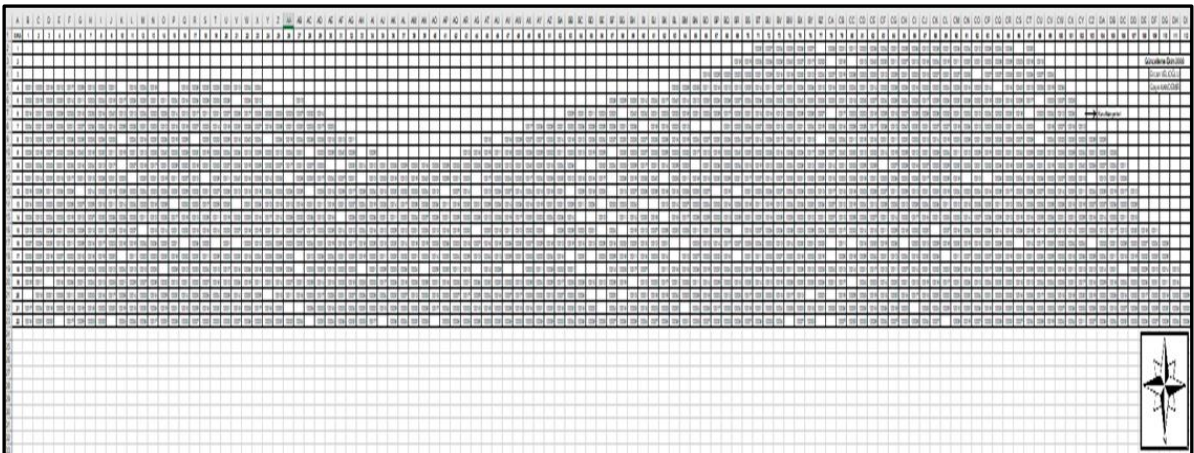
Bunun için Taşköprü- Tekçam Sarıçam tohum bahçesinde, 30 klon üzerinde çalışılmıştır. Her klonun 8 rametinden örnek alınmış ve 3 tekerrür olarak toplam 240 adet ağaç rastgele örneklenmiştir. Her rametten 3 örnek alınarak çalışma gerçekleştirilmiştir. Örneklem yapılırken bahçe, 30 klona ait her bireyi kapsayacak biçimde bloklara ayrılmış ve her bir bloktan rastgele 30 adet klona ait rametler örneklenmiş ve örneklenen ağaçlar bahçe krokisi (Şekil 2) üzerinde işaretlenmiştir. Daha sonra işaretlenen bireylerin son yıla ait ibrelerinden örnekler alınmıştır. Örnekler alınırken güney batı bakıda

olmasına ve birey üzerindeki en uzun daldan örnek alınmasına dikkat edilmiştir. Alınan örneklerin her biri şeffaf ve hava alan poşetlere konularak hem poşetin içine hem dış kısmına klon ve ramet numaralarını belirten etiketler takılmıştır. Örnekler alındıktan sonra laboratuvara getirilerek yıkama ve ayıklama işlemlerine tabi tutulmuştur. Temizlenen ve ayıklanan ibre örnekleri tekrar etiketlenerek kurutma kağıtları üzerinde iki hafta boyunca hava kurusu hale gelinceye kadar, 25°C’de kurumaları için bekletilmiştir. Bu esnada ibrelerin böcek, mantar, vb. patojene maruz kalıp kalmadıkları kontrol edilmiştir. İlk kurutma işlemleri tamamlanan ibre örnekleri daha sonra iki hafta boyunca 45°C sıcaklıkta etüvlerde ikinci bir kurutma işlemine tabi tutulmuştur.

Kontrol altında tutularak kurutulan ibreler, işlem bittikten sonra üniversitenin merkez laboratuvarına gönderilerek öncelikle eritiş yöntemi ile numuneler hazırlanmıştır. Daha sonra da ICP-OES cihazı ile Mg ve Mn elementlerinin konsantrasyonları ppm (parts per million) milyonda bir düzeyinde belirlenmiştir. Verilerin analizi için Minitab 18 istatistik paket programı kullanılmıştır. İncelenen elementler bakımından klonlar ve rametler arasında farklılık olup olmadığını irdelemek için varyans analizleri yapılmıştır. Varyans analizlerinde klonlar arası anlamlı düzeyde fark olması durumunda Tukey testi uygulanmıştır. Yapılan analizlerde, klonlar ve klonların rametleri çalışıldığı için Nested Anova kullanılmıştır.



Şekil 1. TB 151UKN (Ulusal Kayıt Numaralı) sarıçam tohum bahçesi.
Figure 1. TB 151UKN (National Registration Number) scots pine seed orchard.



Şekil 2. 151 UKN tohum bahçesi krokisi.
Figure 2. 151 UKN sketch of the seed orchard.

BULGULAR

Klonların İncelenen Element Konsantrasyonları Bakımından Karşılaştırılmasına İlişkin Bulgular

Çalışılan element konsantrasyonları bakımından klonlar arasında fark olup olmadığının tespit edilmesi amacı ile varyans analizi uygulanmış ve yapılan varyans analizinin sonuçları Çizelge 1’de verilmiştir.

Yapılan analiz sonrasında incelenen element konsantrasyon miktarları bakımından klonlar ve rametler arasında anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir. Bunun sonucunda elde edilen verilere klonları karşılaştırmak için Tukey testi uygulanmıştır.

Çizelge 1. İncelenen Mg ve Mn elementlerine ait varyans analizi sonuçları.
Table 1. Analysis of variance results for the Mg and Mn elements examined.

	Varyans kaynağı Variance source	Serbestlik derecesi Degrees of freedom	Kareler toplamı Sum of squares	Kareler ortalaması Mean squares	F-değeri F- value	P-değeri p- value
Mg	Klonlar	29	4463246	153905	1,51***	0,052
	Rametler (Klonlar)	210	21338712	101613	4161,3***	0,000
	Hata/ Error	480	11721	24		
Mn	Klonlar	29	7066494	243672	1,24***	0,197
	Rametler (Klonlar)	210	41320969	196767	11430,14***	0,000
	Hata/ Error	480	8263	17		

*0,05 ve ***0,001 olasılık düzeyinde farklı, ns:İstatistik olarak farklı değil.
Different at *0.05 and ***0.001 probability levels, ns: Not statistically different.

Klonlar arasında Mg element konsantrasyonunun karşılaştırılması

Yapılan araştırmada tohum bahçesindeki klonlarda Mg elementine ait birikimin değişkenliğini tespit edebilmek ve klonları birbirleri ile karşılaştırabilmek amacıyla ölçülen element birikim miktarlarının, aritmetik ortalamaları (\bar{x}), standart sapması (s) ve varyasyon katsayıları (Cv) hesaplanmıştır.

Her bir klonun Mg element konsantrasyonu bakımından hesaplanan istatistik değerleri Çizelge 2’de verilmiştir. Bulunan değerler incelendiğinde klonların Mg element konsantrasyonları bakımından değişkenlik gösterdiği gözlenmiştir.

Klonlar arasında en yüksek konsantrasyon değerine sahip olan 12 numaralı klon (1264,8 ppm) olurken, en düşük konsantrasyon ortalamasını 40 numaralı klon (909,7 ppm) göstermiştir. Klonların varyasyon katsayıları incelendiğinde en değişken klonun yine 12 numaralı klon (Cv=28,7) olduğu, en az değişkenlik gösteren klonun ise 37 numaralı klon (Cv= 4,1) olduğu tespit edilmiştir. Başka bir ifade ile Mg element birikimi bakımından klonlar incelendiğinde en değişken ve heterojen yapıya sahip klonun 12 numaralı klon olduğu, 37 numaralı klonun ise diğer klonlara oranla daha az değişkenlik gösterdiği gözlenmiştir.

Çizelge 2. Klonların Magnezyum (Mg) element konsantrasyon değerleri.

Table 2. Values for Magnesium (Mg) element concentration of clones.

Klon	Ölçülen örnek sayısı (n)	Ortalama (ppm) (\bar{x})	Standart hata (S _s)	En düşük (Minimum)	En yüksek (Maximum)	Varyasyon (Cv)
11	24	1011,6	31,3 ^C	941,1	1082,1	15,2
12	24	1264,8	74 ^A	1194,4	1335,3	28,7
13	24	1091,5	19,7 ^B	1021	1162	8,9
14	24	1088,3	52,8 ^A	1017,8	1158,8	23,8
15	24	1077,8	19 ^A	1007,3	1148,3	8,7
16	24	1095,8	24,9 ^A	1025,3	1166,3	11,1
17	24	1155,3	34,3 ^A	1084,8	1225,8	14,6
18	24	1019,5	24,1 ^C	949	1090	11,6
19	24	1028,9	14,3 ^B	958,4	1099,4	6,8
20	24	1117,9	24,2 ^A	1047,4	1188,4	10,7
21	24	1114,7	35,7 ^A	1044,2	1185,2	15,7
22	24	1172,1	41,5 ^A	1101,6	1242,6	17,4
23	24	1182,1	43,7 ^A	1111,6	1252,6	18,1
24	24	1101,6	27,3 ^A	1031,1	1172,1	12,1
25	24	1027,3	22,1 ^B	956,8	1097,8	10,5
26	24	1035,4	30,8 ^B	964,9	1105,9	14,6
27	24	1040,1	21,4 ^B	969,6	1110,6	10,1
28	24	1054,4	20,2 ^B	983,9	1124,9	9,4
29	24	1121,8	23,5 ^A	1051,3	1192,3	10,3
30	24	981,5	26,3 ^D	911,0	1052,0	13,2
31	24	1073	53,6 ^B	1002,5	1143,5	24,5
32	24	1131,1	47,1 ^A	1060,6	1201,6	20,4
33	24	1142,7	42,3 ^A	1072,2	1213,2	18,1
34	24	1213,8	62,4 ^A	1143,3	1284,3	25,2
35	24	931,4	39,1 ^E	860,9	1001,9	20,5
36	24	1094,0	19,8 ^A	1023,5	1164,5	8,9
37	24	1022,1	8,4 ^C	951,67	1092,6	4,1
38	24	1139,2	45,7 ^A	1068,7	1209,7	19,7
39	24	972,2	24,5 ^D	901,7	1042,7	12,4
40	24	909,7	29,1 ^F	839,2	980,2	15,7

*Ortalama sütununda bulunan harfler Tukey testi sonucu oluşan grupları gösterir. Aynı harfi taşıyan klonlar bir sütundaki ilgili karakter için birbirinden farklı değildir (p=0,05). Letters in the mean column indicate the groups formed as a result of the Tukey test. Clones bearing the same letter do not differ from each other for the corresponding character in a column (p = 0,05).

Mg element içeriği bakımından klon içi ramet konsantrasyonunun değerlendirilmesi

12 numaralı klonun rametlerine ait değerler

Magnezyum element konsantrasyon ortalamasında en yüksek değişkenliğe sahip olan 12 numaralı klonun, kendi rametleri arasında değişimi Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 3 incelendiğinde 12 numaralı klon içerisinde en yüksek Mg element konsantrasyon içeriğine sahip rametin 2 numaralı ramet olduğu görülmüştür. İncelenen parametre bakımından en yüksek değişkenliğe sahip rametin ise 5 numaralı (Cv =0,4) ramet olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 3. 12 numaralı klonun rametlerine ait Mg element konsantrasyonuna ilişkin değerler.
Table 3. Values related to Mg element concentration in the ramets of clone number 12.

Ramet	Ölçülen örnek sayısı (n)	Ortalama (ppm) (\bar{x})	Standart hata (S \bar{x})	En düşük (Minimum)	En yüksek (Maximum)	Varyasyon (Cv)
1	3	991,3	0,2 ^F	985,5	997,1	0,1
2	3	2006,8	2,8 ^A	2001	2012,6	0,3
3	3	1600,6	1,6 ^B	1594,8	1606,4	0,2
4	3	981,8	0 ^F	976	987,6	0
5	3	1115,1	2,6 ^D	1109,3	1120,9	0,4
6	3	1050,4	1,6 ^E	1044,5	1056,1	0,3
7	3	953,3	0,6 ^G	947,4	959	0,2
8	3	1419,5	6,3 ^C	1413,6	1425,2	0,8

*Ortalama sütununda bulunan harfler Tukey testi sonucu oluşan grupları gösterir. Aynı harfi taşıyan rametler bir sütundaki ilgili karakter için birbirinden farklı değildir (p=0,05). *Letters in the mean column indicate the groups formed as a result of the Tukey test. Ramets bearing the same letter do not differ from each other for the corresponding character in a column (p = 0,05).

37 numaralı klonun rametlerine ait değerler

Klonlar arasında yapılan değerlendirme sonucunda magnezyum element konsantrasyon ortalamasına ilişkin en düşük değişkenlik gösteren klon olan 37 numaralı klonun rametlerine ait değerler Çizelge 4'te verilmiştir.

Bulunan değerlere bakıldığında, 37 numaralı klonun en yüksek değişkenlik gösteren rametinin 2 numaralı ramet (Cv=0,5) olduğu tespit edilmiştir. Bu klona ait en az değişkenlik gösteren ramet ise 7 numaralı ramet olduğu görülmüştür.

Çizelge 4. 37 numaralı klonun rametlerine ait Mg element konsantrasyonuna ilişkin değerler.
Table 4. Values related to Mg element concentration of ramets of clone number 37.

Ramet	Ölçülen örnek sayısı (n)	Ortalama (ppm) (\bar{x})	Standart hata (S \bar{x})	En düşük (Minimum)	En yüksek (Maximum)	Varyasyon (Cv)
1	3	958,1	1,30 ^E	954,4	961,9	0,2
2	3	1058,3	5,37 ^B	1054,5	1061,9	0,5
3	3	1018,2	3,21 ^C	1014,5	1021,9	0,3
4	3	989,7	0,12 ^D	986,1	993,4	0,1
5	3	1090,5	4,37 ^A	1086,1	1094,2	0,4
6	3	1051,3	2,57 ^B	1047,6	1055,1	0,3
7	3	992,7	0,12 ^D	988,9	996,4	0,01
8	3	1018,5	2,77 ^C	1014,8	1022,3	0,3

*Ortalama sütununda bulunan harfler Tukey testi sonucu oluşan grupları gösterir. Aynı harfi taşıyan rametler bir sütundaki ilgili karakter için birbirinden farklı değildir (p=0,05). Letters in the mean column indicate the groups formed as a result of the Tukey test. Ramets bearing the same letter do not differ from each other for the corresponding character in a column (p = 0,

Klonlar arasında Mn element konsantrasyonunun karşılaştırılması

Çalışmada ölçülen Mn element konsantrasyonunun klonlara göre gösterdiği değişkenliğin tespit edilebilmesi amacıyla yapılan analiz sonuçları Çizelge 5'te verilmiştir. Mangan element konsantrasyonu bakımından klonlar incelendiğinde en yüksek konsantrasyon ortalamasına sahip klonun 34 numaralı

klon (706 ppm) olduğu, 11 numaralı klonun (309,2 ppm) ise en düşük element birikim ortalaması yapan klon olduğu tespit edilmiştir. En yüksek varyasyon katsayısına sahip klonun Cv = 79,2 ile 34 numaralı klon olduğu ve bunu 26 numaralı klonun takip ettiği görülmüştür. En az değişkenlik gösteren klonun ise 25 numaralı (Cv = 23,9) klon olduğu görülmüştür.

Çizelge 5. Klonların Mn element konsantrasyonuna ilişkin değerleri.

Table 5. Values related to Mn element concentration of clones.

Klon	Ölçülen örnek sayısı (n)	Ortalama (ppm) (\bar{x})	Standart hata (S \bar{x})	En düşük (Minimum)	En yüksek (Maximum)	Varyasyon (Cv)
11	24	309,2	24,6 ^E	211,1	4073,3	39
12	24	536,7	39,6 ^B	438,7	634,8	36,2
13	24	410,4	21,6 ^C	312,3	508,5	25,8
14	24	533	28,6 ^B	435	631,1	26,3
15	24	541,8	45,0 ^B	443,7	639,9	40,7
16	24	517,4	45,9 ^B	419,3	615,5	43,4
17	24	453,4	38,0 ^B	355,3	551,5	41,1
18	24	455,3	39,7 ^B	357,2	553,4	42,7
19	24	450,9	40,1 ^B	352,9	549	43,6
20	24	402,4	44,4 ^C	304,3	500,5	54
21	24	547,6	45,6 ^B	449,5	645,7	40,8
22	24	701,9	70,5 ^A	603,8	800	49,2
23	24	576,4	31,2 ^B	478,3	674,5	26,5
24	24	472,3	53,5 ^B	374,2	570,4	55,5
25	24	461,5	22,5 ^B	363,4	559,6	23,9
26	24	573,5	91,2 ^B	475,4	671,5	77,9
27	24	348,3	24,2 ^D	250,2	446,4	34,1
28	24	487,4	35,3 ^B	389,3	585,5	35,5
29	24	496	33,9 ^B	397,9	594	33,5
30	24	426,3	41,3 ^C	328,2	524,3	47,4
31	24	700,8	58,3 ^A	602,7	798,9	40,8
32	24	435,9	29,9 ^C	337,8	534	33,6
33	24	598,3	66,2 ^B	500,2	696,4	54,2
34	24	706	114,1 ^A	608	805	79,2
35	24	485,7	58,8 ^B	387,6	583,8	59,3
36	24	458,3	37,5 ^C	360,2	556,3	40,0
37	24	439,8	57,2 ^C	341,8	537,9	63,8
38	24	377,6	43,5 ^D	279,5	475,6	56,4
39	24	328,5	22,9 ^E	230,4	426,6	34,2
40	24	483,4	63,8 ^B	385,3	581,5	64,7

*Ortalama sütununda bulunan harfler Tukey testi sonucu oluşan grupları gösterir. Aynı harfi taşıyan klonlar bir sütundaki ilgili karakter için birbirinden farklı değildir (p=0,05). Letters in the mean column indicate the groups formed as a result of the Tukey test. Clones bearing the same letter do not differ from each other for the corresponding character in a column (p = 0,05).

Mn element içeriği bakımından klon içi ramet konsantrasyonunun değerlendirilmesi

34 numaralı klonun rametlerine ait değerler

Yapılan analizler sonucunda mangan element birikimi bakımından en yüksek değişkenliğe sahip 34 numaralı klonun rametlerine ilişkin yapılan analiz sonuçları Çizelge 6'da verilmiştir.

Yapılan analizde 34 numaralı klonun rametleri içerisinde en yüksek değişkenliği gösteren rametin 5 numaralı ramet olduğu (Cv = 8,1) tespit edilmiştir. Element konsantrasyon ortalaması en yüksek olan ramet ise 7 numaralı (1943,1 ppm) ramet olarak gözlenmiştir.

Çizelge 6. 34 numaralı klonun rametlerine ait Mn element konsantrasyonuna ilişkin değerler.
Table 6. Values related to Mn element concentration in the ramets of clone number 34.

Ramet	Ölçülen örnek sayısı (n)	Ortalama (ppm) (\bar{x})	Standart hata (S \bar{x})	En düşük (Minimum)	En yüksek (Maximum)	Varyasyon (Cv)
1	3	709,6	3,7 ^D	700,6	718,5	0,9
2	3	345	3,6 ^F	336,0	353,9	1,8
3	3	490,8	3,6 ^E	481,9	499,7	1,3
4	3	151,5	0,3 ^H	142,6	160,4	0,3
5	3	173,7	8,1 ^G	164,7	182,6	8,1
6	3	881,4	5,4 ^C	872,5	890,3	1,2
7	3	1943,1	2,4 ^A	1934,1	1952	0,2
8	3	956,6	1,2 ^B	947,6	965,5	0,2

*Ortalama sütununda bulunan harfler Tukey testi sonucu oluşan grupları gösterir. Aynı harfi taşıyan rametler bir sütundaki ilgili karakter için birbirinden farklı değildir (p=0,05). Letters in the mean column indicate the groups formed as a result of the Tukey test. Ramets bearing the same letter do not differ from each other for the corresponding character in a column (p = 0,05).

25 numaralı klonun rametlerine ait değerler

Tohum bahçesindeki klonlar içerisinde Mn element birikim ortalamasına ilişkin en az varyasyon gösteren 25 numaralı klona ait rametler için yapılan analize ilişkin değerler Çizelge 7’de verilmiştir.

Çizelge 7’deki değerler incelendiğinde mangan element konsantrasyonuna ilişkin varyasyon katsayısı en yüksek rametin 1 numaralı ramet olduğu, en düşük değişkenlik oranına ise 4 numaralı rametin sahip olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 7. 25 numaralı klonun rametlerine ait Mn element konsantrasyonuna ilişkin değerler.
Table 7. Values related to Mn element concentration in the ramets of clone number 25.

Ramet	Ölçülen örnek sayısı (n)	Ortalama (ppm) (\bar{x})	Standart hata (S \bar{x})	En düşük (Minimum)	En yüksek (Maximum)	Varyasyon (Cv)
1	3	433,5	2,1 ^D	431,1	435,9	0,8
2	3	425,3	1,2 ^E	422,9	427,7	0,5
3	3	428,6	0,5 ^E	426,2	431	0,2
4	3	403,9	0,3 ^F	401,5	406,3	0,1
5	3	541,2	1,2 ^C	538,8	543,6	0,4
6	3	574,7	1,0 ^B	572,3	577	0,3
7	3	625	1,3 ^A	622,6	627,4	0,4
8	3	259,7	0,3 ^G	257,3	262,6	0,2

*Ortalama sütununda bulunan harfler Tukey testi sonucu oluşan grupları gösterir. Aynı harfi taşıyan rametler bir sütundaki ilgili karakter için birbirinden farklı değildir (p=0,05).

Ramet grupları arasında Mg element konsantrasyonunun karşılaştırılması

Çalışmada tohum bahçesindeki farklı klonların rametlerinde Mg element konsantrasyon değişkenliğini tespit edebilmek ve rametleri birbirleri ile karşılaştırabilmek amacıyla ölçülen element

birikim miktarlarının, aritmetik ortalamaları (\bar{x}), standart sapması (s) ve varyasyon katsayıları (Cv) hesaplanmıştır.

Rametlerin Mg element konsantrasyonu bakımından hesaplanan istatistik değerleri Çizelge 8’de verilmiştir.

Çizelge 8. Ramet gruplarının Mg element konsantrasyonuna ilişkin değerleri.
Table 8. Values of Ramet groups regarding Mg element concentration.

Klon	Ölçülen örnek sayısı (n)	Ortalama (ppm) (\bar{x})	Standart hata (S \bar{x})	En düşük (Minimum)	En yüksek (Maximum)	Varyasyon (Cv)
1	90	985,2	1,2 ^D	951,7	1018,6	1,2
2	90	1269,7	27,7 ^A	1236,2	1303,2	20,7
3	90	1155,9	16,7 ^B	1122,4	1189,4	13,7
4	90	973,6	3,6 ^E	940,2	1007,1	3,5
5	90	1098,4	24,8 ^B	1064,9	1131,9	21,4
6	90	1046,8	14,9 ^C	1013,4	1080,3	13,5
7	90	969,5	8,2 ^E	936,0	1002,9	8,1
8	90	1144,1	19,0 ^B	1110,6	1177,5	15,7

*Ortalama sütununda bulunan harfler Tukey testi sonucu oluşan grupları gösterir. Aynı harfi taşıyan klonlar bir sütundaki ilgili karakter için birbirinden farklı değildir (p=0,05). Letters in the mean column indicate the groups formed as a result of the Tukey test. Clones bearing the same letter do not differ from each other for the corresponding character in a column (p = 0,05).

Mg element konsantrasyon ortalamalarına bakıldığında, element birikiminin rametlere göre değişkenlik gösterdiği görülmüştür. En yüksek ortalamaya sahip ramet grubunun 1269,7 ppm ile 2 numaralı rametler olduğu, en düşük ortalamasının ise 969,5 ppm ile 7 numaralı ramet grubuna ait olduğu tespit edilmiştir. Çizelgeye göre en fazla değişkenlik gösteren grubun Cv = 21,4 ile 5 numaralı ramet grubu olduğu görülürken, en düşük varyasyonu 1 numaralı ramet grubu göstermiştir.

Çizelge 9. Rametlerin Mn element konsantrasyonuna ilişkin değerleri.
Table 9. Values of ramets regarding Mn element concentration.

Klon	Ölçülen örnek sayısı (n)	Ortalama (ppm) (\bar{x})	Standart hata (S \bar{x})	En düşük (Minimum)	En yüksek (Maximum)	Varyasyon (Cv)
1	90	526,9	28,1 ^B	477,7	576,1	50,6
2	90	359,7	23,7 ^D	310,5	408,9	62,5
3	90	426,6	19,5 ^C	377,4	475,8	43,5
4	90	490,9	20,2 ^B	441,7	540,1	38,9
5	90	518,2	28,9 ^B	468,9	567,4	52,8
6	90	582,8	21,7 ^A	533,6	632,0	35,28
7	90	679,7	34,4 ^A	630,5	728,9	48,1
8	90	339,7	19,9 ^D	290,5	388,9	55,7

*Ortalama sütununda bulunan harfler Tukey testi sonucu oluşan grupları gösterir. Aynı harfi taşıyan klonlar bir sütundaki ilgili karakter için birbirinden farklı değildir (p=0,05). Letters in the mean column indicate the groups formed as a result of the Tukey test. Clones bearing the same letter do not differ from each other for the corresponding character in a column (p = 0,05).

Çalışılan element birikim ortalamaları bakımından ramet grupları arasında en yüksek konsantrasyon ortalamasına sahip grubun 6 numaralı grup olduğu, en düşük ortalamaya sahip olan grubun da 8 numaralı

Ramet grupları arasında Mn element konsantrasyonunun karşılaştırılması

Araştırmada, rametlerde Mn element birikiminin değişkenliğini tespit için her rametten alınan örnekler sonucunda, araştırılan karakter bakımından rametlere ait istatistiki değerler Çizelge 9’da verilmiştir.

grup olduğu tespit edilmiştir. Değişkenliği en yüksek olan ramet grubunun ise Cv = 62,5 ile 2. ramet grubu olduğu tespit edilmiştir.

SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışma ile hem bitkiler için hayati öneme sahip olan hem de yüksek oranlarda birikiminde toksik etki gösteren makro bitki besin elementlerinden magnezyum ve mangan üzerinde çalışılmıştır. Yapılan araştırma sonucuna göre Mg ve Mn elementlerinin tüm klonlar arasında farklılık gösterdiği tespit edilmiştir.

Tohum bahçelerinde genetik çeşitliliğin yanında bitki beslenmesi ve ağır metal birikimi de oldukça önemli konular arasındadır (Küçük ve Karaoğlu 2017). Çünkü bitkilerin bünyelerinde bulunan besin elementleri ve bu elementlerin yayınlılığı veya birikimi bitkiyi olumlu ya da olumsuz etkileyebilmektedir (Isinkaralar ve ark., 2023). Bitki besin elementlerinin bazıları bitki bünyesinde biriktiğinde toksik etkiye yol açabilmektedir (Cobanoğlu ve ark., 2023b). Bu nedenle tohum bahçelerinin yönetiminde bitki beslenmesi önemli bir role sahiptir. Ancak ülkemizde tohum bahçelerinin yönetiminde bitki beslenmesi ve ağır metal birikimi üzerine yapılan çok az sayıda çalışma bulunmaktadır.

Mg ve Mn gibi bazı ağır metaller bitkiler için hayati öneme sahip besin elementleri olmakla beraber yüksek konsantrasyonları bitkiler ve diğer canlılar için tehdit oluşturabilmektedir. Ağır metallerin zararları, metalin ve canlıların türüne göre değişiklik göstermektedir (Küçük ve Karaoğlu 2017; Isinkaralar ve ark., 2023; Kuzmina ve ark., 2023).

Bu çalışmada kullanılan yöntem daha önce bu tarz çalışmalarda, tohum bahçelerinde genetik çeşitliliğin belirlenmesi amacıyla kullanılmamış bir yöntemdir. Tohum bahçelerinin yönetiminde bitki beslenmesi ve genetik çeşitlilik oldukça önemli konulardır. Yapılan çalışmada ise bu iki konunun birbiriyle olan ilişkisinden faydalanılması hedeflenmiştir. Araştırmada Mg ve Mn elementlerinin konsantrasyonları klonal düzeyde izlenerek bu elementlerin klonlarda birikim oranlarına göre değerlendirilmesi ile genetik çeşitlilik ortaya konulmaya çalışılmış ve yeni bir yöntem geliştirilmesi amaçlanmıştır.

Bu çalışmanın sonucunda da her klonun Mg ve Mn elementini biriktirme potansiyelinin farklı olduğu

gözlenmiştir. Çalışma sonucuna göre Mg elementi bakımından en yüksek birikimi yapan klon 12 numaralı klon olurken, Mn elementi birikiminin en yoğun olduğu klon 34 numaralı klon olarak tespit edilmiştir. Yapılan çalışmada ayrıca magnezyum ve mangan element konsantrasyonları bakımından en fazla değişkenlik gösteren 12 (Cv= 28,67) ve 34 (Cv=79,18) numaralı klonların rametleri ve en az değişkenlik gösteren 37 (Cv=4,02) ve 25 (Cv=23,68) numaralı klonların rametleri de analiz edilerek aynı klonun rametleri arasındaki varyasyon ortaya konulmaya çalışılmıştır. Bunun yanında çalışılan elementlere ait birikimin tohum bahçesinde değişkenliğini tespit edebilmek ve ramet gruplarını birbirleri ile karşılaştırabilmek için bu gruplara ait varyasyon katsayıları da hesaplanmıştır.

Mg element birikimi bakımından ele alınan 12 numaralı klona ait rametlerde yapılan analiz sonucunda en fazla değişkenlik gösteren rametin 5 numaralı ramet olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca yapılan analizler sonucunda ramet grupları arasında Mg konsantrasyon içeriği bakımından da en fazla değişkenlik gösteren grubun da 5 numaralı ramet grubu olduğu bulunmuştur.

Mn elementi için yapılan analizlerde, 34 numaralı klona ait en yüksek konsantrasyona sahip rametin yine 5 numaralı ramet olduğu tespit edilmiştir. Ancak ramet grupları arasında yapılan analizlerde en yüksek değişkenliği gösteren 2 numaralı ramet grubu olduğu gözlenmiştir.

Mavi ladinde (*Picea pungens*) 2013 ve 2019 yılları arasında yapılan bir çalışmada alınan ibre örneklerinde Mg içeriğinin 989,7 ppm ile 728,2 ppm arasında değiştiği, Mn içeriğinin ise 38,7 ppm ile 20,9 ppm arasında değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir (Ateya ve ark., 2023). Yapılan çalışmada ise sarıçamda tespit edilen Mg değerleri, bulunan değerlere yakın iken Mn değerlerinin daha yüksek olduğu görülmüştür.

Doğadaki ağır metaller bozulmadan uzun süre kalabilmekte ve buldukları ortamdan uzaklaştırılmaları zor olduğu için ortamdaki konsantrasyonları giderek artabilmektedir (Cobanoğlu ve ark., 2023b; Ghoma ve ark., 2023). Sarıçamda 2020 yılında yapılan bir çalışmada Mg ve Mn

elementlerinin iki yaşındaki ibrelerde birikiminin bir yaşındaki ibrelere göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Alaouari ve ark., 2020).

İklim krizinden kaynaklanan ekstrem yetiştirme ortamı koşullarına türlerin adaptasyon sağlayabilmesi için genetik çeşitlilik oldukça önem arz etmektedir. Nitekim Polonya’da sarıçam da yapılan bir araştırma sonucunda, genetik çeşitliliği yüksek olan popülasyonların değişen yetiştirme ortamı koşullarına karşı daha iyi adaptasyon sağladığı ve bu popülasyonların büyümesinde hava kirliliğinin daha az etkili olduğu görülmüştür (Oleksyn ve ark., 1994).

2006 yılında sarıçamda yapılan başka bir çalışmada, sarıçam popülasyonunun genetik olarak ağır metal kirliliğine karşı toleranslı ve duyarlı olduğu ve ağır metal iyonlarının genetik yapı üzerinde önemli bir etkisi olduğu gözlenmiştir (Prus-Głowacki ve ark., 2006).

Bitkiler için toksik seviyelerdeki ağır metallerin, nükleer proteinler ve DNA gibi birçok hayati hücrel biyomolekül ile etkileşime girme kapasitesine sahip olduğu yapılan farklı çalışmalar ile tespit edilmiştir (Emamverdian ve ark., 2015; Key ve ark., 2023; Koc ve ark., 2023). Karaçamda 2023 yılında yapılan başka bir çalışmada ise hava kirliliğine maruz kalan popülasyonlarda genetik çeşitliliğin azaldığı görülmüştür. Tolerans gösteren popülasyonların ise tolerans göstermek için genetik olarak farklılaşabileceği tahmin edilmiştir (Katsidi ve ark., 2023).

Yapılan çalışmalar da göstermektedir ki bitkilerdeki ağır metal birikimi ve ağır metal toksitesine karşı olan tolerans bitkilerin genetik yapıları ve çevresiyle olan ilişkileri ile doğrudan ilgilidir (Yayla ve ark., 2022; Sulhan ve ark., 2023). Bu nedenle hava kirliliği ve ağır metal birikimi bitkilerde genetik farklılaşmalara sebep olabilmektedir. Bu farklılaşmalar bitkilerin beslenmesinden savunma mekanizmalarına kadar tüm hayati faaliyetlerini etkileyebilmektedir (Erdem ve ark., 2023).

Yapılan çalışmada sarıçam türünde ilk defa klonal ve ramet bazında Mg ve Mn element içerikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Mg ve Mn elementinin klonlar ve rametlerde farklı miktarlarda birikim

yaptığı gözlenmiştir. Çalışma klonal tohum bahçesinde gerçekleştirilmiştir. Bunun nedeni aynı klona ait bireylerin genomlarının da aynı olmasıdır. Böylece sarıçamda klonal düzeyde Mg ve Mn elementlerini biriktirme miktarlarındaki değişimler ve doğal olarak hangi oranda farklılık gösterdikleri hakkında bilgi vermiştir. Böylece sarıçam türüne ait farklı klonların ve rametlerin farklı oranlarda birikim yapabildiği tespit edilmiştir.

Yapılan bu çalışmada aynı klona ait rametler arasında, her iki element bakımından $p < 0.01$ düzeyinde farklılık olduğu hesaplanmıştır. Rametler arasındaki bu farklılığın bir sebebi, klonların bazılarının genetik varyasyona sahip olması, henüz tam homozigotlaşmamış olması olabilir. Diğer bir sebep de rametlerin lokasyonları arasında her iki elementin birikim düzeylerini etkileyen toprak farklılıkları olabilir. Bu iki sebebin etkilerinin karışmış olması (confounding) da mümkündür. Aynı klonlardan tohum bahçeleri oluşturularak, tohum bahçeleri arasındaki varyasyonu hesaplayarak rametler arası farkın toprak farklılığından ileri gelen kısmı ayırt edilebilir.

Klonal tohum bahçeleri tesis edilirken, tohum meşcerelerinden seleksiyonla seçilen üstün nitelikli bireylerden alınan aşı kalemleri kullanılmaktadır. Aşı kalemlerinin alındığı her birey bir klonu temsil etmektedir. Üretim popülasyonunda, ortalama frekansta olan (0,25-0,75) alleller, en yüksek etkiyi gösteren allellerdir (Falconer ve Mackay, 1996). Tohum bahçelerindeki genetik kazancın düşmemesi ve genetik çeşitliliğin sürdürülebilmesi için etkisi yüksek ortalama frekansa sahip allellerin tohum bahçesinin gen havuzunda bulunması gerekmektedir. Üretim popülasyonundaki ortalama allel frekansını ıslah popülasyonunda koruyabilmek için tohum bahçelerinde, 30-50 klon bulunması yeterli olmaktadır (Namkong ve ark., 1988).

Araştırma yapılan Taşköprü Tekçam sarıçam tohum bahçesinin gelecek yıllarda takip edilerek farklı ibre element konsantrasyonlarına bakılmasının, bahçedeki genetik çeşitliliğin detaylı olarak tespit edilebilmesi açısından daha faydalı olacağı tahmin edilmektedir. Farklı element konsantrasyonları incelenerek bahçedeki klonlar ve rametler üzerinde adaptif

karakterlere yönelik çalışmaların yapılmasının ıslah çalışmaları bakımından önemli olacağı düşünülmektedir.

Tohum bahçesinde mevcut 1868 ağaç 30 klondan elde edilmiştir. Yeni kurulacak tohum bahçelerinde klon sayısını mümkün olduğu kadar artırıp her klondan 25-30 ağaç yetiştirmek, genetik çeşitliliği daha net ortaya koymak bakımından üzerinde durulması gereken bir husustur. Farklı yörelerde oluşturulacak tohum bahçelerinde aynı klonlardan ağaçlar yetiştirerek genetik farklılıkların farklı ekolojilerde değişip değişmediğini de gözlemlemek daha yararlı olacaktır.

LİTERATÜR LİSTESİ

- Alaouari, H. A. A., C. O. Genc., B. Arıcak, N. Kuzmina, S. Menshikov, and M. Cetin. 2020. The possibility of using Scots pine needles as biomonitor in determination of heavy metal accumulation. *Environmental Science and Pollution Research International*.
- Ateya, T. A. A., O. Y. Bayraktar ve İ. Koç. 2023. havadaki metal kirliliğinin (Ca, Mg, Mn) tespitinde kent merkezindeki mavi ladin (*Picea pungens*) ağacının yaprak ve dallarının biyomonitör olarak kullanılabilirliği. *Bartın Orman Fak. Dergisi* 25 (2): 255–264 doi: 10.24011/barofd.1210376.
- Cetin, M., H. Sevik, I. Koc, and I. Z. Cetin. 2023. The change in biocomfort zones in the area of Muğla province in near future due to the global climate change scenarios. *Journal of Thermal Biology* 112: 103434.
- Cobanoglu, H., H. Sevik, and İ. Koç. 2023b. Do annual rings really reveal Cd, Ni, and Zn pollution in the air related to traffic density? An example of the Cedar tree. *Water, Air, & Soil Pollution* 234 (2): 65.
- Cobanoglu, H., U. Canturk, İ. Koç, Ş. Kulaç, and H. Sevik. 2023a. Climate change effect on potential distribution of anatolian chestnut (*Castanea sativa* Mill.) in the upcoming century in Türkiye. *Forestist* 73 (3): 247-256.
- Emamverdian, A., Y. Ding, F. Mokhberdorani, and Y. Xie. 2015. Heavy metal stress and some mechanisms of plant defense response. *The Scientific World Journal* 2015:18. <http://dx.doi.org/10.1155/2015/756120>.
- Erdem, R., B. Arıcak, M. Cetin, and H. Sevik. 2023. Change in some heavy metal concentrations in forest trees by species, organ, and soil depth. *Forestist* 73(3):257-263.
- Falconer, D.S., and T.F.C. Mackay. 1996. *Introduction to Quantitative Genetics*. Longman Group Ltd.
- Ghoma, W. E. O., H. Sevik, and K. Isinkaralar. 2022. Using indoor plants as biomonitors for detection of toxic metals by tobacco smoke. *Air Qual Atmos Health* 15: 415-424. <https://doi.org/10.1007/s11869-021-01146-z>.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Kastamonu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (Proje No: KÜBAP – 03 / 2022-01) kapsamında desteklenmiştir. Kastamonu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğüne teşekkür ederiz. Yapılan çalışma Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Genetik ve Biyomühendislik ABD’da Prof. Dr. Orhan KAVUNCU’nun danışmanlığını yaptığı, Orman Yük. Müh. Canan ÜNAL’ın doktora tezinden üretilmiştir.

- Ghoma, W. E. O., H. Sevik, and K. Isinkaralar. 2023. Comparison of the rate of certain trace metals accumulation in indoor plants for smoking and non-smoking areas. *Environmental Science and Pollution Research* 1-9.
- İmren, E., R. Kurt, C. Yucedag, N. Bilir, H. B. Ozel, M. Cetin, and H. Sevik. 2021. Selection of superior clones by the multi-dimensional decision making techniques in scots pine seed Orchard, *Journal of Forests* 8(1): 13-22.
- Isinkaralar, K., O. Isinkaralar, İ. Koç, H. B. Özel, and H. Şevik. 2023. Assessing the possibility of airborne bismuth accumulation and spatial distribution in an urban area by tree bark: A case study in Düzce. *Türkiye. Biomass Conversion and Biorefinery* 1-12.
- İşık, F., and Z. Kaya. 1993. The Pattern of genetic variation in populations sampled along Taurus Mountains. *Western Mediterranean Forestry Research Institute Journal*, 1:79.
- Katsidi, E. C., E. V. Avramidou, I. Ganopoulos, E. Barbas, A. Doulis, A. Triantafyllou, F.A. Aravanopoulos. 2023. Genetics and epigenetics of *Pinus Nigra* populations with differential exposure to air pollution. *Front. Plant Sci., Sec. Functional Plant Ecology*. 14–2023. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1139331>.
- Key, K., Ş. Kulaç, İ. Koç, and H. Sevik. 2023. Proof of concept to characterize historical heavy metal concentrations in atmosphere in North Turkey: Determining the variations of Ni, Co and Mn concentrations in 180-year-old *Corylus colurna* L. (Turkish hazelnut) annual rings. *Acta Physiologiae Plantarum* (In press).
- Kilicoglu, C., M. Cetin, B. Arıcak, and H. Sevik. 2021. Integrating multicriteria decision-making analysis for a GIS-based settlement area in the district of Atakum, Samsun, Turkey. *Theor Appl Climatol*. 143: 379–388. <https://doi.org/10.1007/s00704-020-03439-2>.
- Koc, I., H. Cobanoglu, U. Canturk, K. Key, S. Kulac, and H. Sevik. 2023. Change of Cr concentration from past to present in areas with elevated air pollution. *International Journal of Environmental Science and Technology* 1-12.

- Kurz, M., A. Koelz, J. Gorges, B. P. Carmona, P. Brang, Y. Vitasse, M. Kohler, F. Rezzonico, Theo H.M. Smits, J. Bauhus, A. Rudow, O. K. Hansen, M. Vatanparast, H. Sevik, P. Zhelev, D. Gömöry, L. Paule, C. Sperisen, and K. Csilléry. 2023. Tracing the origin of Oriental beech stands across Western Europe and reporting hybridization with European beech—Implications for assisted gene flow. *Forest Ecology and Management* 531: 120801.
- Kuzmina, N., S. Menshchikov, P. Mohnachev, K.Zavyalov, I. Petrova, H. B. Ozel, B. Aricak, S. M. Onat, and H. Sevik. 2023. Change of aluminum concentrations in specific plants by species, organ, washing, and traffic density, *BioResources* 18(1):792-803.
- Küçük, C., and M. Karaoğlu. 2017. Elements and heavy metals. pp. 27-36. In: *Proceedings Book of II. International Iğdır Symposium (IGDIRSEMP)*. Iğdır, Türkiye.
- Namkong, G., H. C. Kang, and J. S. Brouard. 1988. *Tree breeding: principles and strategies*. Springer, New York, USA.
- Oleksyn, J., W. P. Glowacki, M. Giertych, and P. B. Reich. 1994. Relation between genetic diversity and pollution impact in a 1912 experiment with East European *Pinus sylvestris* provenances. *Canadian Journal of Forest Research* 24 (12): 2390-2394. <https://doi.org/10.1139/x94-308>.
- Prus-Głowacki, W., E. Chudzińska, A. Wojnicka-Połtorak, L. Kozacki, and K. Fagiewicz. 2006. Effects of heavy metal pollution on genetic variation and cytological disturbances in the *Pinus sylvestris* L. population. *J Appl Genet.* 47(2): 99–108. doi: 10.1007/BF03194607.
- Sevik, H., Z. Yahyaoglu, and I. Turna. 2012. Determination of genetic variation between populations of *Abies nordmanniana* subsp. *bornmulleriana* Mattf according to some seed characteristics. *Genetic Diversity in Plants* 12: 231-248.
- Sulhan, O. F., H. Sevik, and K. Isinkaralar. 2022. Assessment of Cr and Zn deposition on *Picea pungens* Engelm. in urban air of Ankara, Türkiye. *Environ Dev Sustain* (2022). <https://doi.org/10.1007/s10668-022-02647-2>.
- Tandoğan, M., H. B. Özel, F. T. Gözet, and H. Şevik. 2023. Determining the taxol contents of yew tree populations in western Black Sea and Marmara regions and analyzing some forest stand characteristics. *BioResources* 18 (2): 3496-3508.
- Tekin, O., M. Cetin, T. Varol, H. B. Ozel, H. Sevik, and I. Zeren Cetin. 2022. Altitudinal migration of species of fir (*Abies spp.*) in adaptation to climate change. *Water, Air, & Soil (Water Air Soil Pollut)* 233: 385. doi: 10.1007/s11270-022-05851-y
- Turna, İ. 2003. Variation of some morphological and electrophoretic characters of 11 populations of Scots pine in Turkey. *Israel Journal of Plant Sciences* (51) 3: 223-230.
- Turna, İ., Z. Yahyaoglu, F. Yüksek, A. Ayaz, and D. Güney. 2006. Morphometric and electrophoretic analysis of 13 populations of Anatolian black pine in Turkey. *Journal of Environmental Biology* 27(3): 491-497.
- Varol, T., M. Cetin, H. B. Ozel, H. Sevik, I. Zeren Cetin. 2022a. The Effects of climate change scenarios on *Carpinus betulus* and *Carpinus orientalis* in Europe. *Water Air Soil Pollut* 233: 45. <https://doi.org/10.1007/s11270-022-05516-w>.
- Varol, T., U. Canturk, M. Cetin, H. B. Ozel, and H. Sevik. 2021. Impacts of climate change scenarios on European ash tree (*Fraxinus excelsior* L.) in Turkey. *Forest Ecology and Management* 491 (2021). 119199. DOI: 10.1016/j.foreco.2021.119199
- Varol, T., U. Canturk, M. Cetin, HB. Ozel, H. Sevik, I. Zeren Cetin. 2022b. Identifying the suitable habitats for Anatolian boxwood (*Buxus sempervirens* L.) for the future regarding the climate change. *Theoretical and Applied Climatology (Theor Appl Climatol)* (2022). doi: 10.1007/s00704-022-04179-1.
- Velioglu, E., Y. İçgen, B. Çengel, H. Öztürk ve Z. Kaya. 2002. Moleküler Belirteçler Yardımıyla Kızılcım (*Pinus brutia* Ten.) Tohum Meşcerelerinde, Tohum Bahçelerinde ve Ağaçlandırmalarında Bulunan Genetik Çeşitliliğin Karşılaştırılması. *Orman Ağaçları ve Tohumları İslah Araştırma Müdürlüğü. Teknik Bülten No:10, Orman Bakanlığı Yayın No: 189 ISBN: 975-8273-50-7, Müdürlük Yayın No: 22, Ankara.*
- Yayla, E. E., H. Sevik, and K. Isinkaralar. 2022. Detection of landscape species as a low-cost biomonitoring study: Cr, Mn, and Zn pollution in an urban air quality. *Environmental Monitoring and Assessment* 194 (10): 1-10.
- Yiğit, N., A. Öztürk, H. Sevik, H. B. Özel, F. E. R. Kshkush, and B. Işık. 2023. Clonal variation based on some morphological and micromorphological characteristics in the Boyabat (Sinop/Turkey) black pine (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) seed orchard. *BioResources* 18(3): 4850-486.