ÇANKIRI KARATEKİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

GEÇİŞ İKLİM ZONUNDA FARKLI SARIÇAM (*PINUS SYLVESTRIS* L.) POPULASYONLARININ TOHUM / FİDAN MORFOLOJİK VE BİYOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ İLE EKOLOJİK FAKTÖRLERİN İLİŞKİLENDİRİLMESİ

Özlem MEŞE

ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ÇANKIRI
2022

Her hakkı saklıdır

TEZ ONAYI

Özlem MEŞE tarafından hazırlanan **"Geçiş İklim Zonunda Farklı Sarıçam (*Pinus sylvestrıs* L.) Populasyonlarının Tohum/Fidan Morfolojik ve Biyokimyasal Özellikleri ile Ekolojik Faktörlerin İlişkilendirilmesi"** adlı tez çalışması 19/08/2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalında **Doktora Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman **:** Prof. Dr. M. Nuri ÖNER

Jüri Üyeleri **:**

Başkan **:** Prof. Dr. Sabit ERŞAHİN
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı
Iğdır Üniversitesi

Üye **:** Prof. Dr. M. Nuri ÖNER
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı
Çankırı Karatekin Üniversitesi

Üye **:** Prof. Dr. Sezgin AYAN
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı
Kastamonu Üniversitesi

Üye **:** Prof. Dr. Ahmet SIVACIOĞLU
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı
Kastamonu Üniversitesi

Üye **:** Doç. Dr. Alkan GÜNLÜ
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı
Çankırı Karatekin Üniversitesi

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. İbrahim ÇİFTÇİ

Enstitü Müdürü

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Çankırı Karatekin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğine göre hazırlamış olduğum "**Geçiş İklim Zonunda Farklı Sarıçam (*Pinus sylvestrıs* L.) Populasyonlarının Tohum/Fidan Morfolojik ve Biyokimyasal Özellikleri ile Ekolojik Faktörlerin İlişkilendirilmesi**" konulu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı, tezin içerdiği yenilik ve sonuçları başka bir yerden almadığımı, tezde kullandığım eserleri usulüne göre kaynak olarak gösterdiğimi, tezin Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nden başka bir bilim kuruluna akademik amaç ve unvan almak amacıyla vermediğimi ve bu çalışmanın Çankırı Karatekin Üniversitesi tarafından kullanılan "Bilimsel İntihal Tespit Programı'yla tarandığını, "intihal içermediğini" beyan ederim. Çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması halinde ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara razı olduğumu bildiririm. Çankırı Karatekin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca gereğinin yapılmasını arz ederim (19/08/2022).

Özlem MEŞE

Bu çalışma, Çankırı Karatekin Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından OF061218D03 nolu proje ile desteklenmiştir.

ÖZET

Doktora Tezi

GEÇİŞ İKLİM ZONUNDA FARKLI SARIÇAM (*PINUS SYLVESTRIS* L.) POPULASYONLARININ TOHUM / FİDAN MORFOLOJİK VE BİYOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ İLE EKOLOJİK FAKTÖRLERİN İLİŞKİLENDİRİLMESİ

Özlem MEŞE

Çankırı Karatekin Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. M. Nuri ÖNER

Bu çalışmada; farklı yöre ve yükseltilerdeki meşcerelerden toplanan Sarıçam tohumlarının karakteristikleriyle yetişme ortamı özellikleri arasındaki ilişkilerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Sarıçam tohumlarında bazı kimyasal bileşenler analiz edilmiştir. Bu analizler; prolin, protein, glikoz, fruktoz, sukroz gibi çözülebilir şekerler, malondialdehit (MDA), hidrojen peroksit (H_2O_2) ve antioksidan enzimlerden süperoksit dismutaz (SOD) ve peroksidaz (POD) enzim aktiviteleri ölçülmüştür. Bununla birlikte toplanan tohumlardan 2+0 yaşında tüplü sarıçam fidanları yetiştirilmiştir. Bu fidanların ibrelerinde de kimyasal bileşen olarak fotosentetik pigmentler (klorofil a, klorofil b ve karotenoid), fidan kalitesini ortaya koyabilmek için morfolojik ölçümler yapılmıştır. Bu morfolojik ölçümler fidan boyu (FB), kök boğazı çapı (KBÇ), kök taze ağırlığı (KTA), kök kuru ağırlığı (KKA), gövde taze ağırlığı (GTA), gövde kuru ağırlığı (GKA), terminal sürgün boyu (TSB), yan kök sayısı (Yankök) ve yan dal sayısı (YDS)'dır. Ayrıca bu çalışma kapsamında tohumların toplandığı ağaçların etrafından üç farklı derinlikten (0-15 cm, 15-30 cm ve 30-60 cm) toprak örnekleri alınmıştır. Bu toprak örneklerinde pH, elektriksel iletkenlik (EC), kireç, organik madde, tekstür ve bitkiye yarayışlı fosfor (P_2O_5) analizleri yapılmıştır. Elde edilen verilerle yetişme ortamı özellikleri, tohum kimyasal özellikleri, toprak özellikleri ve fidanların morfolojik özellikleri arasındaki ilişkiler korelasyon ve faktöriyel ANOVA analizleriyle belirlenmiştir. Bayramören populasyonu, bin dane ağırlığı, çimlenme yüzdesi, glikoz, fruktoz ve H_2O_2 açısından diğer populasyonlara göre en düşük, Çankırı populasyonları MDA ve H_2O_2 bakımından en yüksek miktarda bulunmuştur. En yüksek çimlenme yüzdesi Yenice populasyonlarında, 1701-1800 m yükseltide ve güneybatı bakısında olduğu tespit edilmiştir. Tohum kalitesi ile çevresel faktörler arasındaki ilişkiler değerlendirilerek tohum kalitesinin tahmininde önemli olan değişkenler ortaya konulmuştur.

2022, 170 sayfa

ANAHTAR KELİMELER: Sarıçam, Kimyasal bileşim, Fidan, Fidan kalitesi, Tohum

ABSTRACT

PhD Thesis

ASSOCIATION OF SEED / SAPLING MORPHOLOGICAL AND BIOCHEMICAL PROPERTIES WITH ECOLOGICAL FACTORS OF DIFFERENT SCOTS PINE (*PINUS SYLVESTRIS* L.) POPULATIONS IN THE TRANSITION CLIMATE ZONE

Özlem MEŞE

Çankırı Karatekin University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Forest Engineering

Advisor: Prof. Dr. M. Nuri ÖNER

In this study, we evaluated some characteristics of the Scots pine seeds as related to the topographical features of stand sties. Soluble sugars such as glucose, fructose and sucrose, proline, protein, malondialdehyde (MDA), hydrogen peroxide (H_2O_2) and superoxide dismutase (SOD) and peroxidase (POD) enzyme activities from antioxidant enzymes were measured in the seeds. In addition, 2+0 years old tubed scots pine seedlings were grown from the collected seeds. Photosynthetic pigments (chlorophyll a, chlorophyll b and carotenoid) were determined in the needles of seedlings, and morphological measurements of seedling height (FB), root collar diameter (KBD), root fresh weight (KTA), root dry weight (KKA), stem fresh weight (GTA), stem dry weight (GKA), terminal shoot length (TSB), lateral roots (Yankok) and lateral shoots (YDS) were measured in seedlings. Also, soil samples were taken from three different depths (0-15 cm, 15-30 cm and 30-60 cm) around the trees, from which the seeds were collected. pH, electrical conductivity (EC), $CaCO_3$, organic matter, texture and plant-available phosphorus (P_2O_5) were determined in the soil samples. The relationships between the data obtained and the characteristics of the site, seed chemical properties, soil properties and morphological characteristics of the seedlings were analyzed by correlation and factorial ANOVA analyses. Bayramören sample area was the lowest in terms of thousand grain weight, germination percentage, glucose, fructose and H_2O_2 compared to other populations, Çankırı populations were the highest amount in terms of MDA and H_2O_2. The highest germination percentage was found in Yenice populations, at an altitude of 1701-1800 m and in the southwest aspect. By evaluating the relationships between seed quality and environmental factors, the variables that are important in the estimation of seed quality are confessed.

2022, 170 pages

Keywords: Scots pine, Chemical composition, Seed, Seedling, Seedling quality

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

"Geçiş İklim Zonunda Farklı Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Populasyonlarının Tohum/Fidan Morfolojik ve Biyokimyasal Özellikleri ile Ekolojik Faktörlerin İlişkilendirilmesi" adlı bu çalışma 2015-2022 yılları arasında hazırlanarak Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsüne "Doktora Tezi" olarak sunulmuştur.

Doktora tezimin planlanması, yürütülmesi ve yazım sürecinde her zaman ilgili, özverili ve yol gösterici olan danışman hocam Prof. Dr. M. Nuri ÖNER'e teşekkürü bir borç bilirim. Tez izleme süreçlerinde değerli görüş ve önerileriyle tezimin planlanmasında, yürütülmesinde, tezime katkı sağlayan; Prof. Dr. Sezgin AYAN ve Prof. Dr. Sabit ERŞAHİN hocalarıma saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Arazi çalışmaları sürecinde imkân ve olanaklarıyla yardımlarını esirgemeyen Çankırı, Ilgaz ve Çerkeş Orman İşletme Müdürlüklerine, Orman İşletme şeflerine ve işçilerine; Çankırı Fidanlık Müdürlüğüne, Fidanlık şefi, çavuşlara ve işçilere teşekkür ederim. Çalışmanın toprak analizleri aşamasında Dr. Öğr. Üyesi Ebru GÜL'e ve Arş. Gör. Dr. Ülkü YILMAZ'a, ARCGIS haritaların oluşturulmasında Prof. Dr. B. Cemil BİLGİLİ ve Doç. Dr. Alkan GÜNLÜ'ye, tez aşamasında bilgi ve yardımlarını esirgemeyen Dr. Öğr. Üyesi Gülay KARAHAN, Arş. Gör. Dr. Ferhat BOLAT ve Arş. Gör. Dr. Sinan BULUT'a, analiz ölçümlerinde Orm. Yük. Müh. Eda DEMİR, Orm. Yük. Müh. Dilek AKKAYA ve Orm. Müh. Kutay KAYA'ya yardımları için teşekkür ederim.

Bu aşamaya gelmemde bana emeği geçen ve çalışma sürecinde yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen aileme sonsuz teşekkür ederim. Çalışmamın her safhasında bana yardımcı olan, anlayışı ve desteği için sevgili eşim Orm. Müh. İbrahim MEŞE'ye ve oğlum Mert MEŞE'ye teşekkür ederim.

Özlem MEŞE

Çankırı, Ağustos 2022

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **i**
ABSTRACT ..... **ii**
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR ..... **iii**
İÇİNDEKİLER ..... **iv**
SİMGELER DİZİNİ ..... **vii**
KISALTMALAR ..... **viii**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **ix**
ÇİZELGELER DİZİNİ ..... **xi**
1. GİRİŞ **1**
2. LİTERATÜR ÖZETİ **5**
2.1 Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Genel Özellikleri **5**
2.2 Tohum Özelliklerine İlişkin Çalışmalar **9**
2.3 Fidan Kalitesine İlişkin Çalışmalar **23**
3. MATERYAL VE METOT **26**
3.1 Populasyonların Tanıtımı **26**
3.1.1 Populasyonların coğrafik konumu **26**
3.1.2 Populasyonların topoğrafik özellikleri **28**
3.1.3 Populasyonların iklim verileri **29**
3.2 Yöntem **35**
3.2.1 Arazi çalışmaları **35**
3.2.2 Fidanların yetiştirilmesi ve bakımı **40**
3.2.3 Laboratuvar çalışmaları **43**
3.2.4 Tohumlarda kimyasal analizlerin belirlenmesi **45**
3.2.5 Fidanlarda yapılan morfolojik ölçümler **53**
3.2.6 Fidanlarda kimyasal analizlerin belirlenmesi **57**
3.2.7 Toprak özelliklerinin belirlenmesi **59**
3.2.8 Verilerin değerlendirilmesi ve istatistiksel analizler **61**
4. BULGULAR **70**
4.1 Tohum ve Toprak Özelliklerinin Tanımlayıcı Temel İstatistikleri **70**
4.1.1 Tohum biyokimyasal özelliklerine ilişkin tanımlayıcı temel istatistikler **70**

4.1.2 Toprak özelliklerine ilişkin tanımlayıcı temel istatistikler 72

4.1.3 Fidanların morfolojik özelliklerine ve fotosentetik pigmentlerine ilişkin tanımlayıcı temel istatistikler 73

4.2 Tohum Özelliklerine İlişkin Korelasyon Analizleri 76

4.2.1 Topografya özellikleri ile tohum özellikleri arasındaki ilişkilerin korelasyon analizleri 76

4.2.2 Toprak özellikleri ile tohum özelliklerine arasındaki ilişkilerin korelasyon analizleri 78

4.2.3 Topografya özellikler ile toprak özellikleri arasındaki ilişkilerin korelasyon analizleri 80

4.3 Fidanların morfolojik özelliklerine ilişkin korelasyon analizleri 82

4.3.1 Fidan morfolojik özellikleri ile topografya özellikler arasındaki korelasyon analizi 82

4.3.2 Fidanların morfolojik özellikleri ile toprak değişkenleri arasındaki korelasyon analizi 84

4.4 Tohum Biyokimyasal Özelliklerine İlişkin Faktör Analizleri 86

4.4.1 Tohum biyokimyasal özellikleri, topografya ve toprak özelliklerine ilişkin faktör analiz sonuçları 86

4.4.2 Fidanların morfolojik özellikleri, topografya özellikleri ve toprak değişkenlerinin faktör analiz sonuçları 89

4.5 Tohum Özelliklerine İlişkin Faktöriyel Anova Analizleri 91

4.6 Tohum Biyokimyasal Özelliklerinin Uzaysal Değişimin Modellenmesi ve Haritalanması 101

4.6.1 Bin dane ağırlığı 102

4.6.2 Çimlenme yüzdesi (%) 105

4.6.3 Prolin içeriği 106

4.6.4 Protein içeriği 108

4.6.5 Glikoz içeriği 110

4.6.6 Fruktoz içeriği 112

4.6.7 Malondialdehid (MDA) içeriği 114

4.6.8 H_2O_2 içeriği 116

4.6.9 SOD enzim akivitesi 118

4.6.10 POD enzim aktivitesi 120

5. TARTIŞMA 123

5.1 Tohumda Yapılan Analizlere İlişkin Tartışma 123

5.2 Fidanlarda Yapılan Analizlere İlişkin Tartışma 127

5.2.1 Fotosentetik pigmentlerin değerlendirilmesi 127

5.2.2 Fidan kalite değerlendirmeleri 127

5.3 Topografya ve Toprak Özellikleri ile Tohum Biyokimyasal Özellikleri İlişkilerinin Değerlendirilmesi 131

5.4 Tohum kimyasal özelliklerinin jeoistatistiksel analizlerine ilişkin bulguların tartışılması 132

6. SONUÇ VE ÖNERİLER 137

KAYNAKLAR 141

EKLER 159

ÖZGEÇMİŞ 168

SİMGELER DİZİNİ

%	Yüzde
ºC	Santigratderece
<	Küçüktür
>	Büyüktür
µg	Mikrogram
µL	Mikrolitre
ATP	Adenozin trifosfat
BSA	Bovin serum albümin
CO_2	Karbondioksit
cm	Santimetre
dk	Dakika
dS/m	DesiSiemens metre
gr	Gram
H_2O_2	Hidrojen peroksit
HCL	Hidroklorik asit
KH_2PO_4	Mono potasyum fosfat
KI	Potasyum iyodür
l	Litre
M	Molar
MDA	Malondialdehit
m	Metre
mg	Miligram
mL	Mililitre
mm	Milimetre
mM	Milimolar
Na_2HPO_4	Disodyum fosfat
NADPH	Nikotinamid adenin dinükleototid fosfat
NaH_2PO_4	Monosodyum fosfat
$NaHCO_3$	Sodyum bikarbonat
NaOH	Sodyum hidroksit
Nm	Nanometre
O_2	Oksijen
O_2^-	Süperoksit molekülü
$OH^\bullet$	Hidroksil radikalleri
rpm	Dakikadaki devir sayısı
r	Korelasyon katsayısı
R^2	Semivaryogram modeli regresyon katsayısı

KISALTMALAR

DKİ	Dickson kalite indisi
EDTA	Etilen diamin tetra asetik asit
EC	Elektriksel İletkenlik
FB	Fidan boyu
FKA	Fidan kuru ağırlığı
FTA	Fidan taze ağırlığı
Gİ	Gürbüzlük indisi
GKA	Gövde kuru ağırlığı
GTA	Gövde taze ağırlığı
KBÇ	Kök boğazı çapı
Kar.	Karotenoid
Kla	Klorofil a
Klb	Klorofil b
Kİ	Katlılık indisi
KKA	Kök kuru ağırlığı
KTA	Kök taze ağırlığı
NBT	Nitro Blue Tetrazolium Kloridin
POD	Peroksidaz
ROS	Reaktif Oksijen Türevleri
RSS	Hata Kareler Toplamı
SOD	Süperoksit Dismutaz
TBA	Thiobarbütirik Asit
TCA	Trichloro Asetik Asit
TSB	Terminal sürgün boyu
YDS	Yan dal sayısı
YKS	Yan kök sayısı
KKök	Kuru kök yüzdesi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Sarıçamın Anadolu'daki yayılış alanları (Atalay ve Efe 2012) 6
Şekil 3.1 a: Bölge Müdürlükleri, b: Ankara Orman Bölge Müdürlüğü ve Çankırı, Ilgaz ve Çerkeş Orman İşletme Müdürlükleri, c: Çankırı, Ilgaz ve Çerkeş Orman İşletme Müdürlükleri şeflik sınırları ve sınırlar içerisinde belirlenen saf, doğal sarıçam meşcereleri 27
Şekil 3.2 Populasyonların iklim diyagramları 31
Şekil 3.3 Populasyonların belirlenmesi 36
Şekil 3.4 Tohum toplanan bazı alanlara ait görüntüler (a: Yapraklı, b: Çatak, c: Çerkeş, d: Kurtçimeni populasyonları) 37
Şekil 3.5 Toplanan kozalakların etiketlenmesi ve kozalakların açılmaları için oda sıcaklığında bekletilmesi 38
Şekil 3.6 Tohumların elle çıkarılması (a) ve yabancı maddelerden ayrılması (b) 39
Şekil 3.7 Toprak burgusuyla toprak örneği alınması 40
Şekil 3.8 Nisan ayında yapılan ekim 41
Şekil 3.9 Ekilen tohumların çimlenmesi 41
Şekil 3.10 Tamamlama ekimlerinden sonra çimlenenler 42
Şekil 3.11 Yabani otların temizlenmesi 42
Şekil 3.12 Çimlendirme testine alınan tohumlar 45
Şekil 3.13 Çimlendirme testi sonucu çimlenen tohumlar 45
Şekil 3.14 Prolin standart grafiği 47
Şekil 3.15 Protein standart grafiği 48
Şekil 3.16 Glikoz standart grafiği 49
Şekil 3.17 Fruktoz standart grafiği 49
Şekil 3.18 Sukroz standart grafiği 50
Şekil 3.19 MDA standart grafiği 51
Şekil 3.20 H_2O_2 standart grafiği 52
Şekil 3.21 Bir fidanın şematik görünümü (Rigney ve Kranzler 1996'dan değiştirilmiş olarak Deligöz 2007) 55
Şekil 3.22 Çalışmada kullanılan cetvel ve dijital kumpas 56
Şekil 3.23 Fidanlarda morfolojik ölçümler için yapılan aşamalar 57
Şekil 3.24 İğne yapraklarda fotosentetik pigmentlerin miktarlarının tayini 58
Şekil 3.25 Toprak örneklerinin kurutulması 59
Şekil 3.26 Tipik bir semivaryogram parametreleri 66
Şekil 3.27 Başlıca semivaryogram modelleri 66
Şekil 3.28 Çalışma sırasında yapılan ve yukarıda anlatılan işlemlerin şematik aşamaları 69
Şekil 4.1 Topografya özellikler, biyokimyasal analizler ve toprak değişkenlerinin (30-60 cm) faktör analizi çizgi grafiği 86

Şekil 4.2 Fidanların morfolojik özellikleri, topografya ve toprak değişkenlerine ilişkin faktör analizi çizgi grafiği....89
Şekil 4.3 Populasyonların yükselti grupları....102
Şekil 4.5 Bin dane ağırlığının uzaysal değişim deseni....104
Şekil 4.7 Çimlenme yüzdesinin uzaysal değişim deseni....106
Şekil 4.8 Tohumların prolin içeriğine ilişkin semivaryogram modeli (a) ve çapraz değerlendirme sonuçları (b)....107
Şekil 4.9 Prolin içeriğinin populasyonlar arası uzaysal değişim deseni....108
Şekil 4.10 Tohumların protein içeriğine ilişkin semivaryogram modeli (a) ve çapraz değerlendirme sonuçları (b)....109
Şekil 4.11 Protein içeriğinin populasyonlar arası uzaysal değişim deseni....110
Şekil 4.12 Tohumların glikoz içeriğine ilişkin semivaryogram modeli (a) ve çapraz değerlendirme sonuçları (b)....111
Şekil 4.13 Glikoz içeriğinin populasyonlar arası uzaysal değişim deseni....112
Şekil 4.14 Tohumların fruktoz içeriğine ilişkin semivaryogram modeli (a) ve çapraz değerlendirme sonuçları (b)....113
Şekil 4.15 Fruktoz içeriğinin populasyonlar arası uzaysal değişim deseni....114
Şekil 4.16 Tohumların MDA içeriğine ilişkin semivaryogram modeli (a) ve çapraz değerlendirme sonuçları (b)....115
Şekil 4.17 MDA içeriğinin populasyonlar arası uzaysal değişim deseni....116
Şekil 4.18 Tohumların H_2O_2 içeriğine ilişkin semivaryogram modeli (a) ve çapraz değerlendirme sonuçları (b)....117
Şekil 4.19 H_2O_2 içeriğinin populasyonlar arası uzaysal değişim deseni....118
Şekil 4.20 Tohumların SOD enzim aktivitesine ilişkin semivaryogram modeli (a) ve çapraz değerlendirme sonuçları (b)....119
Şekil 4.21 SOD enzim aktivitesinin populasyonlar arası uzaysal değişim deseni....120
Şekil 4.22 Tohumların POD enzim aktivitesine ilişkin semivaryogram modeli (a) ve çapraz değerlendirme sonuçları (b)....121
Şekil 4.23 POD enzim aktivitesinin populasyonlar arası uzaysal değişim deseni....122

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1 Populasyonların konumları ve meşcere tipleri....28
Çizelge 3.2 Tohum toplanan populasyonlara ait genel bilgileri 29
Çizelge 4.1 Tohum biyokimyasal özelliklerinin tanımlayıcı temel istatistikleri (n=95) 70
Çizelge 4.2 Populasyonların tohum özelliklerinin varyans analizi sonuçları (n:95) 71
Çizelge 4.3 Toprak özelliklerinin tanımlayıcı temel istatistikleri (n=95)....72
Çizelge 4.4 2+0 yaşındaki fidanların morfolojik özelliklerinin tanımlayıcı temel istatistikleri (n=1900)....73
Çizelge 4.5 2+0 yaşındaki fidanlarda fotosentetik pigmentlerinin tanımlayıcı temel istatistikleri (n=95)....74
Çizelge 4.6 2+0 yaşlı fidanların morfolojik özelliklerinin ve fotosentetik pigmentlerin varyans analizi sonuçları (n=1900)....75
Çizelge 4.7 Topografya özellikler ile tohum özelliklerine ilişkin korelasyon analizleri (n=95)....77
Çizelge 4.8 Toprak (30-60 cm derinlik) değişkenleri ile tohum biyokimyasal özellikleri arasında korelasyon analizi sonuçları (n=95) 79
Çizelge 4.9 Topografya özellikler ile toprak değişkenlerine ait korelasyon analizi (n=95) 81
Çizelge 4.10 Fidan morfolojik özellikleri ile meşcere tipi ve topografya özellikler arasındaki korelasyon analizi sonuçları (n=95) 83
Çizelge 4.11 Populasyonlara ait fidan morfolojik özellikleri ile toprak değişkenleri arasındaki korelasyon analizi sonuçları (n=95) 85
Çizelge 4.12 Topografya özellikler, biyokimyasal analizler ve toprak değişkenlerinin (30-60 cm) faktör analizi 87
Çizelge 4.13 Topografya, tohum ve toprak değişkenlerine ilişkin faktörler....88
Çizelge 4.14 Fidanların morfolojik özellikleri, topografya ve toprak değişkenlerinin faktör analizi 90
Çizelge 4.15 Fidanların morfolojik özellikleri, topografya ve toprak değişkenlerinin faktör analiz sonuçlarına ait faktör sayısı ve tanımlamaları 91
Çizelge 4.16 Biyokimyasal özellikler için populasyonlara göre oluşturulmuş alt gruplar (Duncan testi) (α: 0.05)....93
Çizelge 4.17 Biyokimyasal özellikler için meşcere tipine göre oluşturulmuş alt gruplar (Duncan testi) (α: 0.05)....94
Çizelge 4.18 Biyokimyasal özellikler için boy faktörüne göre oluşturulmuş alt gruplar (Duncan testi) (α: 0.05)....95
Çizelge 4.19 Biyokimyasal özellikler için çap faktörüne göre oluşturulmuş alt gruplar (Duncan testi) (α: 0.05)....95
Çizelge 4.20 Biyokimyasal özellikler için yaş faktörüne göre oluşturulmuş alt gruplar (Duncan testi) (α: 0.05)....96

Çizelge 4.21 Biyokimyasal özellikler için eğime göre oluşturulmuş alt gruplar (Duncan sınıflaması) (α: 0.05)....97
Çizelge 4.22 Biyokimyasal özellikler için bakıya göre oluşturulmuş alt gruplar (Duncan testi) (α: 0.05)....98
Çizelge 4.23 Biyokimyasal özellikler için yükseltiye göre oluşturulmuş alt gruplar (Duncan testi) (α: 0.05)....99
Çizelge 4.24 Değişkenlerin ve faktörlerin multivariate analiz sonuçlarının önemlilik düzeyleri (Sig/P) 100
Çizelge 4.25 Bin dane ağırlığına ilişkin izotropik semivaryogram model parametreleri ve çapraz değerlendirme sonuçları 103
Çizelge 4.26 Çimlenme yüzdesine ilişkin izotropik semivaryogram model parametreleri ve çapraz değerlendirme sonuçları 105
Çizelge 4.27 Prolin içeriğine ilişkin izotropik semivaryogram model parametrelerive çapraz değerlendirme sonuçları 107
Çizelge 4.28 Protein içeriğine ilişkin izotropik semivaryogram model parametreleri ve çapraz değerlendirme sonuçları 109
Çizelge 4.29 Glikoz içeriğine ilişkin anizotropik semivaryogram model parametreleri ve çapraz değerlendirme sonuçları 111
Çizelge 4.30 Fruktoz içeriğine ilişkin izotropik semivaryogram model parametreleri ve çapraz değerlendirme sonuçları 113
Çizelge 4.31 MDA içeriğine ilişkin izotropik semivaryogram model parametreleri ve çapraz değerlendirme sonuçları 115
Çizelge 4.32 H_2O_2 içeriğine ilişkin izotropik semivaryogram model parametreleri ve çapraz değerlendirme sonuçları 117
Çizelge 4.33 SOD enzim aktivitesine ilişkin izotropik semivaryogram model parametreleri ve çapraz değerlendirme sonuçları 119
Çizelge 4.34 POD enzim aktivitesine ilişkin izotropik semivaryogram model parametreleri ve çapraz değerlendirme sonuçları 121

1. GİRİŞ

Orman ekosisteminin devamlılığı, ormanı oluşturan bitkilerin ve özellikle ağaçların sağlıklı bir şekilde çoğalmasına, bu durumda sağlıklı ve uygun nitelikli tohumların kullanımıyla mümkün olmaktadır. Bu nedenle yapılacak ağaçlandırmalarda kullanılacak tohumların niteliklerinin bilinmesi yapılacak çalışmaların başarısı açısından önemlidir.

Tohum kalitesinin, ağaçlandırma çalışmalarının başarısındaki önemli bir rolü vardır ve en önemli tohum karakteristiği tohumun kimyasal bileşimidir. Tohumun kimyasal bileşimi, tohum kaynağı populasyonunun genetik orijiniyle de değişebildiğinden ağaç populasyonların uygun tohum kaynakları seçimine gereken önem verilmelidir. Bu yüzden silvikültürcüler, tohumların orijini ve seçilen populasyonlar arasındaki genetik çeşitliliğe ilişkin parametreleri de dikkate almalıdırlar (Güney vd. 2013).

Tohumlar, hem insanlar hem de hayvanlar için besin kaynağıdır. Ayrıca ilaç ve hapların da önemli kaynağı olmalarına rağmen insanların ve hayvanların besinini olumsuz olarak etkileyen çeşitli antimetabolitler içerirler ve çeşitli sanayi amaçlar için de kullanışlı hammadde kaynağıdırlar. Bu nedenle, tohumların kimyasal bileşiminin bilinmesi önem arz eder (Copeland and McDonald 2001). Tohumların kimyasal yapılarında ne içerdiklerini bilmek özellikle yaban hayatı beslenmesi açısından önemli görülmektedir. En önemlisi de tohumların kimyasal bileşimi, o tohumun fizyolojisi hakkında birçok ipucunu verebilir.

Tohum; embriyo, besin dokusu ve tohum kabuğundan oluşmaktadır. Embriyo bir veya daha fazla sayıda kotiledon, plumula, hipokotil ve radikula bulunmaktadır. Tohum karbonhidrat, yağ ve protein gibi değişik oranlarda besin içermekte olup, besin kotiledonlar da bulunabildiği gibi embriyoyu çevreleyen dokuda (endosperm) da bulunabilmektedir. Farklı türlerin tohumları değişik oranlarda yağ, protein ve karbonhidrat içermektedir (Bonner and Vozzo 1987, Ürgenç 1998, Tilki 2004, Yüksek 2007).

Tohumun kimyasal bileşimi üzerinde esas faktör genetiktir. Genetik faktörün yanında çevresel faktörlerin de etkisi söz konusudur. Tohumun kimyasal bileşimini etkileyen başlıca çevre faktörleri suya ulaşım, sıcaklık, toprak verimliliği ve yetiştirme tekniğine bağlı uygulamalar sayılabilir (Copeland and McDonald 2001, Yılmaz 2008).

Tohum oluşumu ve gelişimi sırasındaki çevresel stres faktörleri (su noksanlığı, düşük veya yüksek sıcaklık, besin maddesi eksikliği, gölge durumu, vs.) tohum miktarını, kalitesini, iç ağırlığını ve kimyasal kompozisyonunu etkilemektedir. Bu çevresel stres faktörlerinin biri veya birkaçı beraber etkin olabilmekte olup, tohum canlılığı (ömrü) ve tohum gücünü olumsuz yönde etkiyebilmektedir (Bewley and Black 1994).

Bitkilerin stres koşullarına cevap verme yetenekleri onların coğrafik dağılımları üzerinde de etkilidir. Özellikle ekstrem toprak ve iklim koşulları sonucu oluşan stres faktörlerine karşı iyi bir savunma geliştiren bitkiler hayatta kalırken, geliştiremeyenler büyük oranda zarar görebilmekte ya da ölmektedir. Bu nedenle stresin oluşturduğu zararın ve bitkilerin bu streslere verdikleri tepkilerin fizyolojik olarak da belirlenmesi tarım ve ormancılık çalışmalarında bitkilerin ıslahı için önem taşımaktadır (Kramer 1986, Dirik 1994, Kozlowski and Pallardy 1996, Özen ve Onay 2007).

Bazı türlerde kuraklığa bağlı oluşan stres, karbonhidrat birikmesini artırır (Munns and Weir 1981, Thomas 1990, Guehl vd. 1993) ve stres altındaki bitkilerde nişasta ve sukroz gibi karbonhidrat sentezleri değişime uğrar (Vassey and Sharkey 1989). Ayrıca, kuraklık stresine bağlı olarak fotosentetik ürünlerin tüketimi, üretimlerini aşar ve fotosentezde bozulmalar meydana gelir. Bu durum ise, karbon ve enerji metabolizmasını, yapısal olmayan karbonhidrat rezervlerine bağlı kılar (Guehl *et al.* 1993).

Kurak ve yarı kurak mıntıkalarda yapılacak ağaçlandırmalar oldukça zor, yoğun çaba ve gayret gerektirmektedir. Bu tip sahalar ülkemizde ve dünyada büyük alanları kapsamaktadır (Ürgenç 1998). Kurak ve yarıkurak mıntıkaların ağaçlandırma çalışmalarının yanında yangın ve diğer tahrip faktörlerinin etkisiyle bozulmuş ve

kaybedilmiş verimsiz ormanların nitelik ve nicelik bakımından verimli hale getirmek için de rehabilitasyon ve ağaçlandırma çalışmaları önem arz etmektedir (Keleş 2007).

Ağaçlandırma çalışmalarının başarısında tohum kalitesinin önemli olmasının yanında bu tohumlardan yetiştirilen fidanların kalitesi de o derecede önemlidir. Kalite ve kantite yönünden en yüksek verimde ve yetişme ortamlarına en iyi uyum sağlayan ormanların yetiştirilmesi ve devamlılığının sağlanmasıyla amacıyla ağaçlandırma çalışmalarında, uygun tür seçimi ile yetişme ortamına uygunluğu belirlenmiş, nitelik ve nicelik bakımından en yüksek verimi sağlayan tohumlardan yetiştirilen sağlıklı, kaliteli fidanlar kullanılmalıdır (Öcal 2002). Ağaçlandırma çalışmalarında yetişme ortamına uyum sağlayabilen kaliteli fidan kullanıldığında başarı artmaktadır (Davis and Jacobs 2005).

Modern silvikültürün kuralı ve ana amaçlarından biri nitelik ve nicelik bakımından en yüksek artımı sağlayan ve yetişme ortamına en iyi uyum sağlayan ormanların yetiştirilmesidir. Bu amaç iyi nitelikte tohum kullanmaya bağlıdır (Üçler 1988). Değişen iklim koşulları altında ağaç türlerinin ve bu türlerin populasyonlarının etkilenme, dayanıklılık, stresten kaçınma, uyum ve göç gibi tepkilerinin araştırılması ve türe özgü silvikültürel stratejilerin geliştirilmesi her geçen gün daha da acil ve elzem bir konu halini almıştır.

Bu çalışmada; farklı yörelerdeki Sarıçam populasyonlarından toplanan tohumların karakteristikleriyle yetişme ortamı özellikleri arasındaki ilişkilerin belirlenmesi ve farklı populasyonlara ait tohumlardan yetiştirilen fidanların morfolojik ve fizyolojik özlliklerinin ortaya konması amaçlanmıştır. Bu amaçla; sarıçam tohumlarında prolin, protein, glikoz, fruktoz, sukroz gibi çözülebilir şekerler, lipid peroksidasyon olan malondialdehit (MDA), H_2O_2 ve antioksidan enzimlerinden süperoksit dismutaz (SOD) ve peroksidaz (POD) enzim aktiviteleri gibi bazı biyokimyasal bileşenler analiz edilmiştir. Bu çalışmanın diğer aşamasında ise toplanan tohumlarından yetiştirilen 2+0 yaşında tüplü sarıçam fidanlarında fotosentetik pigmentler (klorofil a, klorofil b ve karotenoid) ile fidan morfolojik özellikleri; fidan boyu (FB), kök boğazı çapı (KBÇ), kök taze ağırlığı (KTA), kök kuru ağırlığı (KKA), gövde taze ağırlığı (GTA), gövde kuru ağırlığı (GKA), terminal sürgün boyu (TSB), yan kök sayısı (Yankök) ve yan dal

sayısı (YDS) tespit edilmiştir. Ayrıca, bu çalışma kapsamında tohumların toplandığı ağaçların etrafından üç farklı derinlikten (0-15 cm, 15-30 cm ve 30-60 cm) toprak örnekleri alınmıştır. Bu toprak örneklerinde pH, elektriksel iletkenlik (EC), kireç, organik madde, tekstür ve bitkiye yarayışlı fosfor (P_2O_5) analizleri yapılmıştır. Elde edilen verilerle yetişme ortamı özellikleri, tohum biyokimyasal özellikleri, toprak özellikleri ve fidanların morfolojik özellikleri arasındaki ilişkiler korelasyon analiziyle belirlenmeye çalışılmıştır. Tohum kalitesini bulunduğu lokasyon, iklim özellikleri, toprak özellikleri, abiyotik ve biyotik etkiler vb. gibi birçok etmen etkilemektedir. Bu çalışmada da tohum toplanacak ağaç bireylerinin hangi yükselti, bakıdan alınması gerektiğini, toprak özelliklerinin tohumu ne kadar etkilediği, iklim özelliklerinin tohum kalitesi üzerine etkisi var mıdır gibi sorularına cevaplamaya çalışılmıştır. Sonuç olarak tohumların 1400-1500 m yükseltilerde, batı ve kuzeybatı yamaçlarında, cd2 ve cd3 meşcere tipindeki meşcerelerde III. yaş sınıfında ağaçlardan toplanacak tohumların istatistiksel anlamda daha kaliteli olduğu ortaya konulmuştur. Tohum kalitesi ile çevresel faktörler arasındaki ilişkiler değerlendirilerek tohum kalitesinin tahmininde önemli olan değişkenler ortaya konulmuştur. Buna göre Çankırı ve çevresi için hangi tohumların daha kaliteli olduğu belirlenerek fidanlıklarda fidan üretiminde ve ağaçlandırma çalışmalarında faydalı olacağı düşünülmektedir.

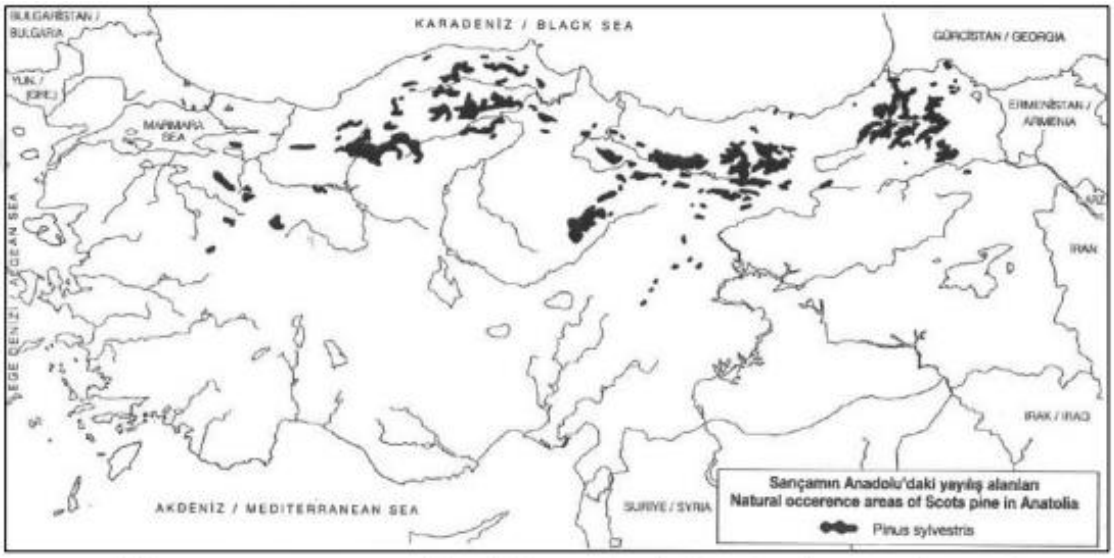
2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1 Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Genel Özellikleri

Önemli orman ağaçlarımızdan biri olan sarıçam, sistematikte Gymnospermae'lerin konifer sınıfından Pinaceae familyasının *Pinus* cinsinin bir türüdür ve yaygın olarak *Pinus slyvestris* L. diye belirtilmektedir (Anonim 1993, Anonim 1986, Tilki 2002, Atalay ve Efe 2012). Pravdin, coğrafi ırklarının varyasyonlarına göre sarıçamı beş alt türe ayrılmaktadır. Bu alt türlerden *Pinus sylvestris* subsp. *hamata* (Steven) Fomin var. *kochiana* (Klotsch) Ukrayna, Kırım, Kafkasya ve Türkiye'de yayılış göstermektedir (Anonim 1993, Tilki 2002).

Türkiye'de sarıçam, kuzeyde Sinop/Ayancık, güneyde Kayseri/Pınarbaşı, doğuda Kars/Kağızman ve batıda Bursa/Orhaneli arasında yayılış göstermektedir (Anşin vd. 1993, Genç 2012). Genç vd. (1998)'e göre Kayseri/Pınarbaşı'ndaki yayılışının dışında güneydeki en uç yayılışı ise Afyon/İhsaniye'dedir. Sarıçamın Türkiye'deki yayılış alanları Şekil 1.1'de verilmiştir.

Ülkemizde geniş yayılışa sahip olan sarıçamın dikey yayılışı ortalama 1000-2500 m rakımlar arasındadır. Doğu Karadeniz'de Trabzon/Sürmene-Çamburnu'nda deniz seviyesinde, Sarıkamış-Ziyarettepe'de 2700 m'ye kadar çıkmaktadır (Saatçioğlu 1976, Atay 1982, Anonim 1993, Genç 2012).



Şekil 2.1 Sarıçamın Anadolu'daki yayılış alanları (Atalay ve Efe 2012)

Sarıçam farklı yetişme ortamlarında 20-40 m boylanabilen, narin gövdeli, sivri tepeli ve ince dallı ya da dolgun ve düzgün gövdeli, yayvan tepeli ve kalın dallı herdem yeşil bir ağaçtır. Bu ağacın bazen fakir topraklarda ve kayalıklar üzerinde, aktrik bölgelerde çalı halinde, bodur formları görülebilmektedir (Anşin ve Özkan 2006, Sarıbaş 2008).

Sarıçamın karakteristik bir tanı özelliği olan kabuk, genç bireylerde ve yaşlı ağaçların üst kısımlarında tilki sarısı, kirli sarı ya da kırmızımsı kahverengidedir. Gövdenin altlarında ve yaşlı ağaçlarında önceleri sarı olan renk koyulaşarak gri kahverengi rengini almakta ve kalın ve çatlaklıdır. Genç sürgünler yeşilimsi renkten ikinci yaştan itibaren kahverengini alır ve çıplaktır (Anşin ve Özkan 2006, Sarıbaş 2008).

Sarıçam, tipik bir ışık ağacıdır ve ışıksızlığa tahammülü olmadığından uzun yıllar sipere dayanamaz (Saatçioğlu 1976, Genç 2012). İyi bonitetlerde 0,2-0,3 kapalılıkta 20-30 yıl deforme olmadan kalabildiği (Genç 2011), fotosentez sırasında bol ışığa ihtiyaç duyduğu istisna durumlarda yarı gölgede yetişebildiği, ışık kompensasyon noktasının 28,7 olduğu açıklanmıştır (Çepel 1995).

Sarıçam, nemli bölgelerde güneye bakan yamaçlarda, kuraklığın olduğu bölgelerde ise kuzeye bakan yamaçlarda yaygın olarak bulunmaktadır. Bunun yanısıra hem çok eğimli

(%18-36) hem de orta eğimli (%10-17) yamaçlarda görülmektedir (Çepel vd. 1977). Ilıman iklimden kaçar, tipik Akdeniz iklimine uygun değildir (Saatçioğlu 1976). Yani hem deniz hem de karasal iklimin olduğu yerlerde yayılış göstermektedir (Aksoy 1994, Genç 2012). Sarıçamın yayılış alanlarında ortalama yıllık toplam yağışın 361-2510 mm arasında olduğu tespit edilmiştir (Genç 2012). Yetiştiği yerlerde vejetasyon süresinin 2-9 ay arasında değiştiği ve yıllık ortalama sıcaklığın 4-14,3 ℃ arasında olduğu saptanmıştır (Pamay 1962'e atfen Atalay ve Efe 2012).

Toprak istekleri bakımından kanaatkâr bir tür olan sarıçam istekleri için gevşek, derin, nemli, kum topraklar çok uygundur (Saatçioğlu 1976). Mineral madde ve nem istekleri yüksek olmayıp kurak, fakir, kayalık yerlerde bile yetişebilmektedir. Fakat yumuşak ve kumlu, derin toprakları daha çok severler yani hafif kumlu toprakların ağacıdır (Anşin ve Özkan 2006).

Sarıçam genellikle sağlam ve kuvvetli kazık kök geliştirirler (Saatçioğlu 1969, Anşin ve Özkan 2006). İnce tekstürlü, taban suyunun yüksek olduğu ve sığ topraklarda kazık kök geliştiremediklerinden uzun yıllar silvikültürel müdahaleler yapılmayan ve akabinde kapalılığa yapılan küçük bir müdahale bile kar, rüzgâr ve fırtına devriklerine neden olmaktadır (Genç 2012).

Sarıçam azmanlaşma eğilimi gösteren bir türdür. Ancak, yeteri kadar sık yetiştirildiği takdirde düzgün, dolgun ve dalsız gövdeler geliştirir. Sıkışık, hatta normal kapalı meşcerelerde tepe çevresi sıklaşır ve dar tepeler oluşur. Bu tepe elastikiyetini 100-120 yaşlarından sonra genellikle çok azalır. Bu nedenle gençleştirme çalışmaları yapılırken tohumlama kesimlerinde kapalılığın 0,6-0,7'nin altına düşürülmemelidir (Genç 2011, Genç 2012). Sarıçamın idare süresi I. bonitet sahalar için 80 yıl, II. ve III. bonitetler için de 100 yıl olarak belirtilmiştir (Anonim 1978'e atfen Genç 2012).

Sarıçam, diğer önemli orman ağaçlarımızdan Doğu ladini, Doğu Karadeniz göknarı, Uludağ göknarı, Anadolu karaçamı, Doğu kayını ve Meşe türleri ile beraber karışıma girer. Toros sediri, Doğu kayını ve Meşe türleri ile Tokat-Erbaa'da karışık meşcereler kurar (Kalay vd. 1991, Genç 2011; 2012).

Orman Genel Müdürlüğü'nün son verilerinde ormanlık alanların asli ağaç türleri dağılımına bakıldığında sarıçam, Türkiye'de iğne yapraklı türler arasında kızılçam, karaçam ve ardıç türlerinden sonra dördüncü sırada yer almaktadır. Türkiye'deki sarıçam ormanlık alanı 890238 ha normal ve 519939 ha boşluklu kapalı olarak toplamda 1410177 ha alana sahiptir ve genel ormanlık alanımızın % 6,15'lik kısmını kapsamaktadır (Url-2).

Sarıçam bir cinsli bir evcikli bir tür olup tozlaşma rüzgârla gerçekleşir (Gezer ve Yücedağ 2013). Çiçeklenme mayıs sonu- haziran başına denk gelir ve çiçeklenme dönemi orijinden orijine değişkenlik gösterebilir. Dişi çiçekler 0,6-0,7 cm boya erişince gerçekleşen tozlaşma yaz başında meydana gelmektedir. Tozlaşmadan bir yıldan biraz fazla bir süre sonra döllenme olur. Döllenme olduğunun belirtisi kozalakçık renginin devetüyü renginden yeşile dönmeye başlamasıdır. Döllenmeden hemen sonra haziran ayında kozalak hızla büyümekte olup, yaklaşık iki yaşına geldiğinde ekim ayı başında tohum ve kozalak olgunlaşmış olur (Genç 2012).

Sarıçam tohum vermeye 6-8 yaşlarında başlayabilir ama düzenli olarak tohum verimine 20 yaşından sonra başlar (Matthews 1971, Gezer ve Yücedağ 2013). Türkiye şartlarında sarıçam 2-3 yılda bir zengin (bol) tohum yılı yaşar (Saatçioğlu 1971, Genç 2012). Türkiye'de özellikle alçak ve gevşek kapalılığı olan yerlerde sarıçam her yıl, Orta Avrupa'da 3-4 yılda bir bol tohum yapar (Atay 1971). Pamay (1962) göre ise meşcere içinde en erken 25 yaşından itibaren tohum vermeye başladığını, açık alanda ise 10. yaştan itibaren iyi kalitede kozalak tuttuğunu belirtmektedir (Boydak vd. 2011). Boydak vd.'nin (2011) Eskişehir–Çatacık yöresindeki sarıçamların tohum verimi üzerine yaptıkları çalışmada sarıçam populasyonlarının tohum veriminin 40 yaşından küçük populasyonlardadaha düşük olduğunu, 80-140 yaşları arasında en yüksek olduğunu, yaşlı meşcerelerin de oldukça yüksek tohum verimine işaret ettiğini belirtmiştir.

Sarıçamın kozalak ve tohumu iki yılda bir olgunlaşır. Tohum dökümü yaz, sonbahar ve az seviyede kışın gerçekleşir. Genel olarak tohum dökümü zengin ilkbahar yağışları ile aynı döneme rastlayabilir. Kozalak ve tohumu eylül sonu-ekim başında olgunlaşırsa en yaygın tohum dökümü nisan ayında olmaktadır (Gezer ve Yücedağ 2013). Pamay

(1962)'e göre sarıçamda tabii tohum dökümünün büyük kısmı nisan-mayıs aylarında gerçekleşir (Atay 1971).

ISTA (Uluslararası Tohum Test Birliği), sarıçam tohumlarının çimlendirilmesi için 20-30 ℃ değişken sıcaklık önermiştir. Ancak, Kamra (1969) tarafından 1970'li yıllarda yapılan çalışmalarında 20 ℃ sabit sıcaklıkta yapılan çimlendirmenin de 20-30 ℃ değişken sıcaklıkta yapılan çimlendirme kadar iyi sonuç verdiğini bildirmiştir (Tilki 2002).

Sinop-Ayancık, Vezirköprü-Kunduz, Boyabat-Göktepe ve Eskişehir-Çatacık ormanlarında yetişen sarıçamlar Türkiye'deki en değerli odun ürününü veren meşcerelerdir. Bunlardan başka Oltu-Göle, Sarıkamış, Dumanlı ve Köse dağlarında da iyi kalitede sarıçam ormanları bulunmaktadır (Anşin ve Özkan 2006).

Sarıçam odununun kolayca işlenen, düzgün olması, özel boya cila ve tutkalı kolay emme ve iyi çivi tutma gibi özelliklerine sahip olduğundan çeşitli kullanım alanlarında kullanılmaktadır (Url-1). Bu sebeple odun hammaddesi bakımından ticari yönden de oldukça önemli ağaç türüdür.

Ekonomik değerinin yanında Türkiye'nin kara iklimli yüksek ve kurak mıntıkaları ile antropojen step sahalarının ağaçlandırılmasında en başta gelen ağaç türlerindendir. Sarıçam, İç Anadolu'nun step kenarlarına kadar sokulabilmekte, donlara ve kuraklığa karşı dayanıklıdır (Saatçioğlu 1969).

2.2 Tohum Özelliklerine İlişkin Çalışmalar

Tohumun genel özellikleri olarak bin dane ağırlıkları ve çimlenme yüzdeleri ele alınmıştır. Bin dane ağırlığı fazla ve büyük olan tohumlar, kuvvetli bir embriyoya ve endospermde fazla miktarda besin maddelerine sahip olduklarından dolayı bu tohumlardan yetişen fidanlar ilk yıllarda daha büyük olurlar ve fidanların abiyotik faktörlere (kuraklık vb.) karşı daha dayanıklı oldukları kabul edilmektedir.

Finlandiya'da 37 sarıçam orijininin ortalama bin dane ağılığı 4,54 gr olarak tespit edilirken, Türkiye'de ise 14 orijinde ortalama 10,28 gr olduğu ortaya konulmuştur (Ürgenç 1998). Bin dane ağırlığı tohum orijinine, enleme, yükseltiye, ağacın yaşına ve meşcerelerdeki sosyal durumuna bağlı olarak değişmektedir ve sarıçam tohumunun ortalama bin dane ağırlığı 9,6 gr'dır (Gezer ve Yücedağ 2013).

Boydak (1977) Eskişehir- Çatacık yöresinde tohum verimi üzerine yaptığı çalışmasında bin dane ağırlığının tepenin üst kısmına göre hafif azalma olduğunu ve tepenin kuzeyindeki tohumların (9,36 gr) güney tarafa (9,58 gr) göre daha düşük değerler gösterdiğini ortaya koymuştur.

Saatçioğlu (1971) 15 sarıçam orijininin tohumlarının bin dane ağırlıklarının genel ortalamasının 10,28 gr olduğunu belirtmiştir. Sevimsoy (1993) aynı populasyon içindeki sarıçam tohumlarının bin dane ağırlıklarının 7,07 gr ile 10,74 gr arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Yılmaz ve Yüksel (2010) Malatya yöresinde sarıçamın yayılış gösterdiği alanlardan toplanan kozalak ve tohum özelliklerini incelediği çalışmalarında; Boğazören, Köylü ve Çayköy'ün bin dane ağırlıklarını sırasıyla 8,94 gr, 10,15 gr ve 11,67 gr olarak saptamıştır.

Üçler (1991) üç sarıçam tohum meşceresinde yaptığı çalışmasında ise bin dane ağırlığını ortalama 9,3 gr olduğunu; Turna (2003) on bir adet tohum meşceresi tohumlarının 1000 dane ağırlığının 8,08 ile 10,55 gr arasında değiştiğini ve ortalama 9,86±0,07 gr olduğunu belirtmiştir. Şevik (2005) dokuz sarıçam tohum meşceresi üzerinde gerçekleştirdiği yüksek lisans tez çalışmasında, ortalama bin dane ağırlığını 10.08 gr olarak ve 8.77 ve 10,54 gr arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Farklı sarıçam tohum meşcerelerinden toplanan tohumların bin dane ağırlıklarını; Ilgaz- Yenice için 10,19 gr, Eskipazar-Ulupınar için 10,40 gr, Çamlıdere-Benliyayla'da iki tohum meşceresi için 10,40 ve 9,97 gr, Akyazı-Dokurcun için 10,35 gr, Aladağ-Aladağ için 9,78 gr, Daday-Ballıdağ için 10,44 gr, Daday Sarıçam için 8,77 gr ve Beypazarı-Eğriova için 10,54 gr olarak ortaya çıkmıştır (Şevik 2005, Şevik vd. 2010). Sıvacıoğlu ve Ayan (2008), 13 yaşındaki klonal tohum bahçesinde kozalak ve tohum özelliklerini inceledikleri çalışmalarında bin dane ağırlıklarını 8,6-13 gr arasında ve ortalama 10,9 gr

olarak tespit etmişlerdir. Sıvacıoğlu (2010) çalışmalarında Taşköprü/Kastamonu'da sarıçam tohum bahçesi kozalak ve tohum özelliklerini belirlememeye amaçlanmış olup bin tohum ağırlığını ortalama 10,91 gr olarak saptamışlardır. Bilir vd. (2008) üç sarıçam tohum bahçesinde (Söğütlü-Adapazarı, Mengen-Bolu ve Taşköprü-Kastamonu) ortalama bin dane ağırlığını 11 gr olarak ve Kaya (2008) Taşköprü-Kastamonu'da klonal sarıçam tohum bahçesinde ortalama 12 gr olarak bin dane ağırlıklarını ortaya koymuşlardır.

Karlsson ve Örlander (2000) yıl bazında tohumların bin dane ağırlıklarını verirken 1993 ve 1996 yılları için ortalama 2,4 gr, 1992 yılında toplanan tohumlar için ise 4,1 gr olarak saptamışlardır. Prescher *et al.* (2005), İsveçteki bazı sarıçam tohumlarının bin dane ağırlıklarını tohum meşceresinden 3,82 gr olarak bulurken tohum bahçesinde 6,180 gr olarak bulmuştur.

Ağaçlandırma çalışmalarının başarısı büyük ölçüde tohum kalitesine bağlıdır. Tohum kullanılmadan önce tohumun ağırlığı (bin dane ağırlığı), tohum hayatiyeti (çimlendirme testi) gibi bazı kontroller yapılmaktadır. Ancak bunların yanında önemli tohum karakteristiği olan tohumun kimyasal bileşimi de önem arz etmektedir. Ayrıca tohumun kimyasal bileşimi tohumun fizyolojisi hakkında da bildi verebilir.

Batkhuu *et al.* (2020), Kuzey Moğolistan'ın farklı orijinlerinden elde edilen tohumların bin dane ağırlıklarının ortalamasının 5,75 gr olduğunu ve 4,6 ile 7,1 gr arasında değiştiğini ve çimlenme yüzdesini ise % 68 olarak belirtmiştir.

Bradbeer (1988)'e göre lipitler, karbonhidratlar ve proteinler tohumların ana rezervleridir. Bunlardan lipitler ve karbonhidratlar, embriyo büyümesi ve embriyo büyümesinde yer alan tüm süreçler için enerji sağlar (Güney vd. 2013).Hem tohum biyokütlesinin ana bileşeni hem de yeni fidenin çimlenmesini, erken gelişimini ve hayatta kalmasını sağlayan enerji kaynağı, tohumda depolanan karbonhidrat bileşimidir (Güney vd. 2013).

Kulaç (2010) Sircelj *et al.* (2005)'e atfen kuraklığın, çözünebilir şeker ve prolin miktarlarını etkilediğini açıklamıştır. Bitkiler, hücrelerindeki metabolik hasarlarını onarmak için prolin ve şeker miktarlarını artırmaktadırlar.

Çözünür şeker içeriği yüksek olan tohumlardan elde edilen fidanlar, ekstrem iklim şartlarına dayanıklıdır ve böyle alanların ağaçlandırılmasında bu fidanların kullanılması başarıyı artırmaktadır (Güney vd. 2013). Fotosentez, nitrat asimilasyonu ve nişasta ile lipitlerin depolanması gibi fizyolojik ve gelişimsel süreçlerde yer alan birçok genin düzenlenmesinde çözünebilir şekerler önemli rol oynarlar (Graham 1996, Koch 1996, Smeekens and Rook 1997, Güney vd. 2013).

Işık kullanarak sentez anlamına gelen fotosentez, bitkiler ve fotosentez yapan bakteriler tarafından güneş enerjisinin depolanmasıdır. Bitkilerde fotosentezde en aktif doku yaprakların mezofilidir ve kloroplasta sahiptir (Taiz and Zeiger 2008). Kloroplastlar, mezofil tabakasında bitki yapraklarının ortasında bulunur ve klorofilleri içerirler. Kloroplastlar yeşil klorofil pigmenti içeren tilakoid membranlara sahiptir (Pareek *et al.* 2018, Akınoğlu ve Korkmaz 2021). Klorofil, fotosentez sürecinde ışık enerjisinin kimyasal bağların enerjisine dönüşmesini sağlayan biyosentez süreçlerinde rol oynar ve biyokütle verimini etkileyebilir. Bitki renginin yoğunluğunu belirleyen klorofil pigmentlerinin içeriği ayrıca bitkilerin kimyasal bileşimini de etkiler ve fizyolojilere ve kimyasına atıfta bulunan çeşitli istatistiksel korelasyonlarda kullanılır (Zielewicz *et al.* 2020, Akınoğlu ve Korkmaz 2021). Klorofil içeriği, bitki tür ve çeşidine özgü bir özellik olmasının yanında bitkilerin habitat, hava durumu, antropojenik koşullara verdikleri tepkilerin bir göstergesi olarak da kabul edilebilir (Selzer and Busso 2016).

Klorofillerin yanı sıra karotenoidler de en yaygın bitki pigmentleri grubunda yer alır ve tüm fotosentetik organizmalarda bulunabilirler. Bitkilerin ikincil metabolitleri olan karotenoidler fotosentezde yardımcı pigmentlerdir (Zielewicz *et al.* 2020, Akınoğlu ve Korkmaz 2021). Karotenoidler, ışık zarlarından korunmada da önemli bir role sahiptirler. Fotokimyasal olarak depolanabilecek olandan daha fazla ışık pigmentler tarafından soğurulunca fotosentezde yer alan zarlar kolayca zarar görebilir ve bu nedenle koruyucu bir mekanizmaya ihtiyaç vardır (Taiz and Zeiger 2008).

Fotosentez yapan sistemler yüksek miktarda ışık enerjisini soğurmak ve onu kimyasal enerjiye dönüştürmek üzere düzenlenmiştir. Bu aşırı ışık enerjisi güvenli bir biçimde dağıtılmadığında çok fazla ışık enerjisi süperoksit, tekli oksijen ve peroksit gibi zararlı oksijen türlerinin oluşumuna yol açabilir (Taiz and Zeiger 2008). Klorofil, bitkinin sağlıklı olup olmadığını ve büyüme ve gelişmenin ne derecede iyi olduğunu gösteren pigment olarak bitkilerin metabolizmasında yer alırlar (Mencarelli and Saltenit 1988, Nacakcı 2021). Fotosentezden sorumlu olan klorofil, bitki durumunun fizyolojik bir göstergesi olarak önemli bir biyokimyasal bileşendir. Pigmentler yaprakların fizyolojik işleviyle bütünleşik olarak ilişkilidir ve pigment içeriğindeki değişiklikler yaprakların fizyolojik durumu hakkında bilgi sağlayabilir. Bitkiler stres altındayken veya yaprak yaşlanması sırasında klorofil karotenoidlerden daha hızlı azalma eğilimi gösterir (Sims and Gonan 2002). Klorofil ve diğer bitki pigment göstergeleri (karotenoidler, klorofil a/b ve klorofillerin karotenoidlere oranı) bitki örtüsünün durumunu ortaya koymak için değerlendirilmesi esastır (Kancheva *et al.* 2014).

Dennis and Blakeley (2000) belirttiğine göre, fotosentez ve onun uzantısı olan biyosentez tepkimelerinde tohumun kimyasal içeriğini oluşturan bileşikler üretilmektedir ve sentezlenen şekerlerin bir kısmı floem aracılığıyla köklere, gelişmekte olan yapraklara, meyvelere tohuma, rizom ve soğan gibi depo organlara taşınırlar. Kalan kısmı ise solunum reaksiyonlarında parçalanarak ATP üretimi, büyüme ve gelişmede kullanılacak karbon iskeletleri, aminoasitler, nükleotidler, porfirin pigmentleri, lipitler, steroller, karotenoitler, antosiyaninler, alkaloitler, hormonlar ve çeşitli aromatik bileşiklerin öncülerini oluştururlar (Turfan vd. 2016b).

Bitkiler, fotosentezden sağladıkları karbonu, indirgenmiş halde enerji depolamak amacıyla kullanırlar ve karbonhidratlar, proteinler ve yağlar başlıca depolama formlarıdır. En kullanışlı enerji saklama formu olan yağlar, karbonhidrat ve proteinlerden yaklaşık iki kat daha fazla enerji sağlarlar. Bu yüzden birçok bitki, tohumlarında çimlenme faaliyetlerinde enerji kaynağı olarak kullanılmak üzere yağ sentezlerler (Miquel and Browse 1995, Yılmaz 2008).

Su stresi altında çözünebilir şekerlerin artmasına katkıda bulunduğu öne sürülen faktörler, şekerlerin yapraklardaki şeker translokasyonlarının azalması, büyümenin yavaşlamasından dolayı şeker kullanımındaki azalış ve nişasta hidrolizi gibi diğer değişikliklerdir (Kameli and Lösel, 1996). Çimlenme ve fide oluşumunda gelişimsel olarak düzenlenmiş gen ekspresyonunu sukroz ve glikoz gibi şekerler engelleyebilir (Brusslan and Tobin 1992, Güney vd. 2013).

Bitkileri etkileyen stres faktörleri biyotik ve abiyotik stres faktörleri olarak ikiye ayrılmaktadır. Abiyotik stres faktörleri olarak tuzluluk, kuraklık, sıcaklık, ağır metaller gibi stresler sayılabilir. Abiyotik faktörler stresin şiddetine bağlı olarak bitkilerin büyümesini ve gelişimini sınırlar ve bitkilerde stres tepkimesi olarak OH, O_2, H_2O_2 gibi reaktif oksijen türlerini (ROS) üretimini uyarır (Hayat vd. 2012). Abiyotik stres faktörleri reaktif oksijen türlerinin (ROS) oluşmasına ya da oksidatif strese neden olabilir. Oksidatif stres sırasında bitki hücrelerinin mitokondri, kloroplast, peroksizom ve nukleus gibi farklı hücrelerinde ROS oluşumu hasara ve hücre ölümüne neden olmaktadır (Mano 2002). Normal koşullarda ROS belirli bir düzeyde üretildiğinde sinyalizasyon görevindedir, normalden fazla üretildiğinde veya fazla üretimi engellenmediği durumlarda ise bitkilerde zararlanmalar ve hücresel ölüm oluşmaktadır (Apel and Hirt 1999, Suzuki and Mittler 2006, Cansev 2008).

Salehi-Lisar ve Bakhshayeshan-Agdam (2016)'a göre ROS birikimi DNA hasarına, aminoasitlerin, proteinlerin ve fotosentetik pigmentlerin oksidasyonuna ve lipid peroksidasyonu gibi yıkım süreçlerine neden olduğundan bitkiler bu hasarı önlemek için savunma sistemi oluştururlar. Enzimatik ve enzimatik olmayan bileşenleri içeren antioksidan savunma sistemini oluştururlar. Enzimatik antioksidan savunma sisteminde süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT), peroksidaz (POD), askorbat peroksidaz (APX) ve glutatyon redüktaz (GR) gibi önemli enzimler yar almaktadır. Enzimatik olmayan savunma sisteminde ise glutatyon, askorbik asit, karotenoidler ve α-tokoferol gibi bileşenler yer almaktadır (Kılıç 2020).

Bitkilerin biyotik ve abiyotik streslere maruz kalması sonucunda ROS türleri lipitler, proteinler ve karbonhidratlarla reaksiyona girebilir (Kurcan vd. 2020). Basit proteinler

asit, baz veya enzimler tarafından hidrolize edilerek yapı taşları α-aminoasitlere parçalanmakta olup, bu α-aminoasitler; α-karbon atomu bir amino grubu ($-NH_2$), bir hidroksil grubu (-COOH), bir hidrojen atomu (H) ve α- karbona bağlı herhangi bir dördüncü yapının (-R) bağlanmasıyla ortaya çıkan bileşiklerdir. Proteinler; şekil, büyüklük, yük, hidrojen bağı yapma kapasitesi ve farklı R grupları bulunduran yirmi çeşit aminoasitten oluşur (Keha ve Küfrevioğlu 2012).

Proteinlerin yapısında bulunan prolin, pirolidin iskeletindeki beş karbon atomu taşıyan 20 α-amino asitten biridir (Srivastava *et al.* 2017). Prolin diğer aminoasitlerdeki primer amino grubu yerine sekonder amino grubu taşıdığından bir imino asittir (Keha ve Küfrevioğlu 2012).

Bitkiler yaşamları boyunca kuraklık, tuzluluk, aşırı sıcaklıklar gibi çeşitli çevresel faktörlere maruz kaldıklarından bitkilerin büyümesi ve gelişimi olumsuz etkilenmektedir. Bitkiler stres koşullarına maruz kaldıklarında bitki metabolizması ve gelişiminde önemli rol oynayan aminoasitler bir dizi metabolit biriktirirler. Prolin de amino asitlerden biri olduğundan çeşitli stres koşullarına maruz kalan bitkilerde önemli rolü vardır. Su eksikliği, tuzluluk, düşük sıcaklık, ağır metallere maruz kalma ve UV radrasyonları vb. stres koşulları altında prolin birikimi söz konusudur (Ashraf and Foolad 2007).

Prolin, serbest radikalleri temizleme, hücre altı yapıları (örneğin zarlar ve proteinler) stabilize etme, stres koşulları altında hücresel redoks potansiyelini tamponlama ve ayrıca ozmotik ayarlama için ozmoliz görevi görmektedir (Ashraf and Foolad 2007, Hayat vd. 2012). Stres altındaki bitkilerde prolin birikimi stres toleransı ile ilişkilendirilmiş olup, strese dayanıklı bitkilerde strese duyarlı bitkilere göre genellikle daha yüksek konsantrasyonunun olduğu görülmüştür (Ashraf and Foolad 2007).

Hare ve Cress (1997)'e göre prolin birikimi uyumlu bir ozmolit olarak hareket etmesi ve karbon ile nitrojen depolama görevi olduğunu belirtmiş ve ayrıca, proteinlerin yapısını sağlamlaştırma görevi bulunmaktadır. Bitkilerde prolin birikimi türden türe değişmektedir (Verbruggen and Hermans 2008). Prolinin birincil hedeflerinden biri su

eksikliğinde fotosentetik performansını artırmak, dolaylı olarak da klorofil bozulmasıyla ilgili gen aktivitelerini baskılamaktır (Altuntaş vd. 2020).

Prolinin bitki gelişimdeki işlevi özellikle dokuların kendiliğinden dehidrasyona uğradığı polen gelişimi ve embriyogenez gibi gelişimsel süreçlerde, gelişmekte olan hücrelerin ozmotik hasarlardan korunması olabilir (Mattioli *et al.* 2009). Ozmotik uyum sağlayarak gelişmekte olan hücreleri ozmotik hasardan korumak prolinin birincil işlevi olarak görülmektedir. Bu işlevinin yanında stres altında aşırı üretilen ROS türlerinin temizlemek için antioksidan rolü, protein sentezi sırasında belirli düzenleyici işlevlerine sahiptir. Ayrıca, bitkileri çeşitli çevresel streslerden korur ve bir sinyal molekülü olarak görev yapar (Szabados and Savouré 2010, Hayat vd. 2012, Altuntaş vd. 2020). Mattioli *et al.* (2008) yürüttüğü çalışmalarında elde edilen veriler ışığında prolinin düşük konsantrasyonda çiçek geçişinde bir sinyal molekülü olarak rol oynadığını ifade etmiştir. Sinyal molekülü olarak prolin gen ekspresyonu ve sinyal iletimini düzenlemede yer alabilir (Mattioli *et al.* 2008, Mattioli *et al.* 2009, Kılıç 2020).

"*Prolin, abiyotik ve biyotik stres cevaplarını düzenlemenin yanı sıra çeşitli genlerin ifade edilmesini kontrol eden bitki büyüme ve gelişmesini etkileyen bir metabolik sinyaldir. Ayrıca, artan prolin biyosentezinin strese adaptasyonda önemli bir faktör olduğu düşünülmektedir*" (Kulaç, 2010). Prolin, bitkilerde stres toleransını artırmak için uygulanan koruyucu bileşiklerden biridir. Prolin ozmolit görevinin yanında aynı zamanda bir metal şelatör, bir antioksidan savunma molekülü ve bir stres sırasında sinyal molekülü olarak üç ana rolü vardır (Hayat vd. 2012, Demiralay vd. 2017). Prolinin protein bütünlüğünü koruyabilen ve farklı enzimlerin aktivitelerini geliştirebilen moleküler bir şaperon olarak işlev görmektedir (Szabados and Savouré 2010). Prolin çeşitli stres koşulları altında birçok bitki türünde biriken uyumlu bir çözünen olarak kabul edilmektedir (Claussen 2005).

SOD ilk defa Mann ve Keilis (1938) tarafından izole edilmiş olup, başta bir bakır proteini olduğu düşünülmüştür. Bu enzimin katalitik fonksiyonu McCord ve Fridovich (1969) tarafından keşfedilene kadar ise eritocuprein, indofenol oksidaz ve tetrazolium oksidaz gibi isimlerle adlandırılmıştır. SOD enzimi, süperoksit serbest radikalinin

hidrojen peroksit (H_2O_2) ve oksijene dönüşümünü katalizler ve metalloproteindir (Durmuş 2003).

SOD, bir süperoksit radikalini O_2 molekülüne yükseltgeyip, diğer bir süperoksit radikalini de hidrojen perokside (H_2O_2) indirgenmesini katalize eden ROS ve süperoksit anyon radikallerine karşı en önemli antioksidan savunma enzimidir (Arslankoç vd. 2019). SOD enziminin temel işlevi, süperoksit (O_2^-) iyonlarını hidrojen peroksite (H_2O_2) katalize etmektir. Katalize edilen hidrojen peroksiti (H_2O_2) katalaz (CAT) enzimi tarafından su ve oksijene dönüştürür (Chelikani *et al*. 2004). Bitkilerde SOD enzimi, oksidatif stres altında artan süperoksit radikalinin H_2O_2 ve O_2'ye dönüşümünü katalizlerken diğer antioksidan enzimlerden APX, CAT ve POD enzimleri de H_2O_2'yi temizlerler. Yani antioksidan savunma enzimlerinin birlikte hareket etmesi bitkideki oksidatif hasarın azaltılması açısından önemlidir (Akar 2015).

POD, hem grubunu (demir içeren metalloporfirinler) kapsayan oksidaz grubu enzimlerdir ve bitkilerde yaygın olarak bulunmaktadır. Hu and Van Huystee (1989) tarafından bitki peroksidazları protein kısmına bağlanan ve enzimin kararlılığında etkisi olan oligosakkarit zincirlerinin varlığı ile karakterize edilen glikoprotein olarak ifade edilmiştir (Durmuş 2003). Miller vd. (2010), peroksidazların ana işlevini H_2O_2 uzaklaştırılması yanında patojenlere karşı savunma, oksin metabolizması, lignin ve süberin oluşumu, hücre duvarlarında proteinlerin çapraz bağlanması, hücre uzaması gibi fizyolojik olaylarla da önemli işlevinin bulunduğunu belirtmişlerdir (Demirbaş ve Balkan 2016).

Biyolojik sistemlerde süperoksitin (O_2^-) nonenzimatik veya süperoksit dismutaz (SOD) katalizli reaksiyon ile hidrojen peroksit (H_2O_2)'e dönüşmektedir (Öcal Özdamar vd. 2016). H_2O_2, aerobik canlılarda SOD enzimi tarafından katalizlenmesiyle oluşur (Agada 1974 atfen Büyük vd. 2012).

H_2O_2, bitkilerin kuraklık, yoğun ışık, UV radyasyonu gibi çeşitli stres koşullarında üretilen reaktif oksijen türlerinden (ROS) birisidir (Ogawa and Iwabuchi 2001). Seçkin vd. (2010)'a göre H_2O_2, hücresel toksisite için önemli bir ajan ya da çevresel stres ve

strese cevap veren potansiyel bir sinyal molekülü olarak ifade etmiştir ve hücre içerisinde sayısız enzim tarafından düzenlenmektedir (Torun ve Ayaz 2019).

Hidrojen peroksit (H_2O_2), bitkilerde metabolizma faaliyetlerinde, bunun yanında bitkilerde normal metabolizma faaliyetleri NADPH (Nikotinamid Adenin Dinükleotit Fosfat) oksidaz ve süperoksit dismutaz gibi enzim etkinlikleri ile üretilebilirler. Bitki herhangi bir şekilde strese maruz kaldığında stres sinyali olarak üretimi arttığından hücrede H_2O_2 seviyesi artar (Hung *et al.* 2005).

Serbest radikaller hücre membranındaki doymamış yağ asitleri ile reaksiyona girerek lipid peroksidasyonunu meydana getirir. Lipid peroksidasyonu doymamış yağ asidi zincirinden bir hidrojen atomunun uzaklaştırması ile başlar. Doymamış yağ asidi peroksidasyonun ana ve en çok çalışılan ürünü malondialdehit (MDA)'tir (Aslankoç vd. 2019). Hodges *et al.* (1999)'a göre MDA, çoklu doymamış yağ asitlerinin peroksidasyonunun ikincil bir son ürünü olduğunu belirtmiştir. Lipid peroksidasyonunun en önemli ürünü olan MDA, oksidatif hasarın önemli biyobelirteçlerinden biridir (Kaya ve İnan 2017). Ayrıca, bitki hücrelerinde, farklı biyotik ve abiyotik stresler altında hücresel hasarın başlıca nedenlerinden biri olduğu belgelenmiştir (Yu *et al.* 2017). Oksidatif hasara neden olan önemli mekanizmalardan biri olan MDA'nın hücresel yıkımın bir göstergesi olarak görülmektedir. Lipid peroksidasyonu ve oksidatif hasarı belirleyebilmek için MDA ölçülmektedir (Özden 2009).

Bazı çalışmalarda kuraklık stresi sonucu MDA içeriğinin arttığı gözlemlenmiştir. *Quercus aucheri* yaprak ve gövdelerinde tüm kuraklık stres gruplarında (Özden 2009), *Glycyrrhiza uralensis* Fisch bitkisinde 96 saatlik kuraklık stresi sonucu MDA içeriğinin azaldığı ve stres süresinin artışa bağlı olarak MDA düzeyinin de arttığı (Pan vd. 2006), Coffea türlerinde bir çalışmada ise orta şiddetli kuraklık stresinin MDA içeriğine etki etmeyip ancak ciddi kuraklık stresi sonucunda arttığı gözlemlenmiştir (Cai *et al.* 2009).

Tohum kimyasal bileşenlerine yönelik çalışmalar çoğunlukla biyoloji ve ziraat alanında yapılmakta olup, ormancılık çalışmalarında çok fazla çalışma bulunamamıştır. Tohum

kimyasal bileşenleri tohum karakteristiği açısından önemli olduğunu ifade ettikten sonra bu konuyla ilgili bazı çalışmalar aşağıda verilmiştir.

Besbes *et al.* (2004) Tunus'tan iki hurma (*Phoenix dactylifera* L.) çeşidinin; Deglet Nour ve Allig'in tohumlarının ana kimyasal bileşimlerini belirlemek amacıyla yapmış oldukları çalışmasında Deglet Nour çeşidinin %5,56 protein, %10,19 yağ, %1,15 kül ve %83.1 toplam karbonhidrat, Allig çeşidinin ise %5,17 protein, %12,67 yağ, %1,12 kül ve %81 toplam karbonhidrat içerdiğini bulmuşlardır.

Kim *et al.* (2005) *Pinus pumila*'nın ekstrem koşullarda hayatta kalabilmek için yapısal adaptasyonunun yanı sıra fizyolojik ve biyokimyasal özelliklerini ortaya koymak amacıyla yaptıkları bu çalışmada *P. pumila*'nın yaprak, tomurcuk ve iç kabuklarında fotosentetik organları, şeker konsantrasyonu, antioksidan enzim ve lipid peroksidasyon içeriklerini analiz ederek mevsimsel değişikliklerini incelemişlerdir. Nisan ayında yapraklarda sukroz, glikoz, fruktoz ve indirgeyici şeker konsantrasyonları en yüksek düzeyde iken tomurcuk ve iç kabuklarında şeker konsantrasyonları, sıcaklık değişimine duyarlı bir şekilde tepki vermediğini, ayrıca tüm dokularda SOD, Nisan ayında yüksek aktivite gösterdiğini bulmuşlardır. Bu sonuca göre düşük sıcaklıklarda *Pinus pumila,* ekstrem çevre koşullarında hayatta kalmak için dokulardaki çözünür şeker konsantrasyonunu ve SOD aktivitesini arttırdığını, yazın yüksek sıcaklığa karşı stres savunma sistemi bozulabildiğinden üç dokudaki MDA içeriğinin artmasına neden olduğunu belirtmişlerdir.

Yılmaz (2008), Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) tohumlarının kimyasal bileşimi ve yağ asitleri kompozisyonu belirlemek amacıyla yapmış olduğu çalışmasında tohumun % 48,69 yağ, % 29,04 protein, % 3,16 nişasta ve % 4,10 kül içerdiğini belirtmiştir.

Nehdi *et al.* (2010), olgunlaşmış *Phoenix canariensis* hurma tohumlarının kimyasal bileşenleri ve ekstrakte edilen tohum yağının özelliklerini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada; hurma çekirdeklerinin %10,20 nem, %1,18 kül, %72,59 karbonhidrat %5,67 protein ve %10,36 yağ içerdiğini ve ayrıca tohumların

konsantrasyon miktarına göre sırasıyla miktarda potasyum, magnezyum, kalsiyum, fosfor, sodyum ve demir gibi önemli mineraller içerdiğini belirtmişlerdir.

Yılmaz (2013), kızılçam ve sarıçam türlerinde farklı mevsimlere göre prolin içeriğini araştırdığı çalışmasında; kızılçam ve sarıçam iğne yapraklarında prolin içeriğinin kış mevsiminin ilkbahar mevsimine göre daha fazla olduğunu, kızılçamın prolin içeriği %50 oranın azalma gösterirken sarıçamda %5 oranında bir düşüş olduğu sonucuna varmıştır. Bu azalma oranlarının açıklaması olarak yaz mevsiminde büyümenin devam ettiğinden azota olan talebin de yüksek olmasından dolayı iki çam türü için düşük prolin seviyelerinin olabileceğini belirtmiştir. Turfan vd. (2016a) yaşa bağlı yaptığı çalışmada 18 yaşındaki sarıçam iğne yapraklarında pigment ve prolin değerlerinin 30 yaşındaki Sarıçamlara göre daha fazla bulmuştur.

Yu *et al.* (2017) *Populus simoni* x *Populus nigra*'nın yapraklarında H_2O_2'ye tepki veren mekanizmaları anlamak amacıyla yapılan çalışmada; kavak yapraklarında 50 günlük H_2O_2 stresi altında fidelerde fotosentetik hızın azalması, ozmolitlerin yükselmesi, antioksidan birikiminin yanı sıra çeşitli ROS süpürücü enzim aktivitelerinin artması gibi çeşitli stresli fenotipler sergilediğini belirtmişlerdir. Ayrıca, H_2O_2'ye duyarlı 81 protein olduğunu tespit etmişlerdir.

Turfan vd. (2017), ön işlem olarak uygulanan manyetik alanın Doğu kayını tohumlarının kimyasal bileşenlerine etkisini belirlemek amacıyla yapmış oldukları çalışmada; tohumun protein, lipid, α amilaz ve sukroz değerlerini pozitif yönde etkilerken, nişasta, glikoz ve fruktoz değerlerini negatif yönde etkilediğini belirtmişlerdir. Ayrıca, manyetik alan uygulamasının APX ve GuPX antioksidan enzimleri üzerinde azaltıcı, CAT ve SOD enzimlerinde ise arttırıcı etkisinin olduğunu belirtmişlerdir.

Ayan vd. (2018), Toros sedirinin çekirdek ve marjinal populasyonlarının araştırma materyali olarak kullandıkları çalışmalarında; en yüksek prolin içeriği Anamur ve Pozantı popülasyonlarında tespit edilmiş olup, diğer popülasyonlara göre dona karşı daha dayanıklı olduğunu ifade etmişlerdir. Buna göre İç Anadolu bölgesi antropojen

bozkırlarında strese karşı daha dayanıklı olan Anamur ve Pozantı meşcerelerinden elde edilen orman üreme materyalleri kullanıldığında ağaçlandırma çalışmalarında başarı performansının artırabileceğini belirtmişlerdir.

Turfan vd. (2019) Kastamonu'da doğal yayılış gösteren doğu kayınının yapraklarında kimyasal içeriklerine göre yaşa bağlı değişimi araştırdıkları çalışmalarında; klorofil a içeriğinin en genç yaş grubunda olduğunun ve MDA ve H_2O_2 konsantrasyonlarının ise sadece ağaç yaşına bağlı olmayıp, genotipe, çevresel koşullara ve metabolik faaliyetlere bağlı olarak da değişiklik gösterdiği sonuçlarına varılmıştır.

Zhou *et al.* (2019), *Carpinus turczaninowii* L. fidelerinin çeşitli tuzluluk stres uygulamalarına (NaCl: 0, 17, 34, 51, 68, ve 85 mM) karşı ekofizyolojik tepkilerini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada, büyüme parametreleri ve biyokimyasal belirteçlerde stres kaynaklı değişiklikleri belirleyip 42 gün boyunca incelemişlerdir. Çalışmada, tuzluluk stresinin hem morfolojik hem de fizyolojik olarak incelenen tüm parametre değerlerini etkilediğini, bitki büyümesinin inhibisyonuna, fotosentetik kapasitenin ve stoma davranışının bozulmasına, fotosentetik pigment içeriğinde ve bağıl su içeriğinde bir azalmaya, MDA içeriğinde ve bağıl elektrolitik iletkenlikte bir artışa ve Na+ ve Cl- içeriğinin birikmesine neden olduğunu belirtmişlerdir.

Turfan vd. (2020a) farklı yaş gruplarındaki kestane ağaçlarının gelişim fizyolojilerini araştırmak amacıyla yaprak örneklerinde fotosentetik pigmentler, toplam çözülebilir protein, prolin, glikoz, sukroz, toplam çözülebilir karbonhidrat ve nişasta değerleri, MDA ve H_2O_2 konsantrasyonları ve ayrıca APX, CAT ve SOD enzim aktivite ölçümleri yapmışlardır. Çalışma sonucunda genç ağaçlarda klorofil a yüksek iken, daha yaşlı ağaçlarda ise klorofil b düşük bulunmuştur, MDA içeriği yaşlı ağaçlarda yüksek, glikoz, sukroz, toplam çözülebilir karbonhidrat ve nişasta değerleri en yüksek ≥400 yaşındaki bireylerde, APX ve CAT aktiviteleri genç ağaçlarda yüksek, SOD aktivitesi en düşük ≥400 yaşındaki bireylerde bulunmuştur.

Turfan vd. (2020b) farklı yaş gruplarındaki Adi ceviz yapraklarında fotosentetik pigmentler (klorofil a, klorofil b ve karotenoit), askorbat peroksidaz (APX), katalaz

(CAT), süperoksit dismutaz (SOD) enzim aktiviteleri, prolin, toplam çözünür protein, toplam fenolik bileşikleri, flavonoid, glikoz ve sukroz miktarı ile toplam çözünür şeker miktarları, lipit peroksidasyon (malondialdehit-MDA) ve hidrojen peroksit (H_2O_2) konsantrasyonları değişkenlikleri belirlemeyi çalışmışlardır. Çalışma sonucunda ağaç yaşı artıkça fotosentetik pigmentlerin, glikoz ve nişastanın artış gösterdiğini, sukroz ve SOD aktivitenin ise azalış gösterdiğini belirtmişlerdir.

Bal (2020) farklı Doğu kayını populasyonlarının tohum kimyasal kompozisyonuna etkisini belirlemek amacıyla yapmış olduğu yüksek lisans tez çalışmasında altı farklı populasyondan toplanan tohumlarda protein, şeker, nişasta tayinleri, toplam fenolik bileşikler, toplam flavanoid maddeler ve toplam antioksidan kapasite analizlerini yapmıştır. Bu çalışma sonucunda; kuru ağırlık üzerinden protein miktarı en yüksek Sinop-Ayancık tohumlarında (%21,75), Sinop-Türkeli populasyonunda en yüksek toplam antioksidan kapasitesi (2,95 mg AE/g) ve en yüksek şeker miktarı (%4,22), nişasta oranları ise en yüksek %80 olarak Sinop-Türkeli ve Kastamonu-Bozkurt tohumlarında bulunmuştur.

Shibata *et al.* (2020) *Araucaria angustifolia* tohumlarının farklı tohum gelişim aşamalarında çimlenme, nem içeriği, kuru madde miktarı, karbonhidrat, nişasta, protein ve lipid değişikliklerini değerlendirmek amacıyla yaptıkları çalışmada öncelikli tohum gelişimine göre beş safhaya (kotiledon safhası, I, II, III, IV) ayırmıştır. Elde edilen verilere göre; çimlenme, nişasta ve çözünür karbonhidrat içeriği en yüksek IV. gelişim safhasında, lipid içeriğinde gelişme safhalarına göre herhangi bir fark olmadığını ve çözünebilir protein içeriği kotiledon safhasından III. gelişme safhasında düşmesine rağmen, IV. safhada embriyoda bir artış olduğu, en yüksek kuru madde ve çözülebilir karbonhidrat içeriğinin IV. safhada olduğunu bulmuştur. Buna göre bu bileşiklerin, bu aşamada daha hızlı ve daha yüksek çimlenme için birlikte çalıştıklarını belirtmiştir.

Ayan vd. (2022) etkili mikroorganizmaların (EM)Toros sediri fidanları fizyolojik özellikleri üzerine etkili olduğunu, EM 5 çeşidinin fidanların klorofil a, klorofil b, toplam klorofil, birikimli transpirasyon ve nispi nem özellikleri üzerinde en yüksek değerlerin oluşumuna neden olduğunu belirtmişlerdir.

2.3 Fidan Kalitesine İlişkin Çalışmalar

Ağaçlandırma çalışmalarında tohum kalitesine bağlı olarak fidan kalitesi büyük önem arz etmektedir. Bu konuda yapılmış çalışmalara aşağıda yer verilmiştir.

Tolay (1986)'a göre kaliteli fidan; ağaçlandırmada yüksek tutma başarısı gösterebilen ve ilk yıllarda aktif bir şekilde yaşamını sürdürebilen, çok iyi büyüme gösteren ve ekonomik yönden avantajlı fidanlardır. Genç ve Yahyaoğlu (2007)'e göre kaliteli fidan, kullanılacağı mekân ve zaman bağlamında genetik uyumu mükemmel; morfolojik niteliklerle birlikte fizyolojik bakımdan da amaçlarımıza uygun bir fidan olarak tanımlamaktadır. Fidan kalitesini belirlemede kullanılan kriterler ise genetik uyum ve üretim materyali özellikleri, morfolojik ve fizyolojik özellikler olmak üzere üç grup altında toplanmıştır (Genç ve Yahyaoğlu 2007). Fidan materyalinin kalitesi için önem sırasına göre tohum orijini, fizyolojik özellikler ve morfolojik özellikler dikkate alınmalıdır. Ancak, pratik ve kolay uygulanabilme özelliğine sahip olduklarından dolayı fidan kalite sınıflaması çalışmalarında daha çok morfolojik özellikler kullanılmaktadır (Şimşek 1987, Avanoğlu vd. 2005).

Üçler (1988), diri örtünün yoğun olduğu alanlarda boylu fidan kullanılmasının ağaçlandırmalarda başarıyı artırdığını ve kurak yetişme yerlerinde yapılan ağaçlandırmalarda kalın çaplı fidanların daha iyi başarı sağladığını ifade etmiştir.

Tosun vd. (1993), sarıçam fidanlarının kalite sınıflarının belirlenmesi üzerine yaptığı çalışmasında, Bolu ve Sarıkamış yöresinde 2+0 ve 2+1 yaşlı sarıçam fidanlarında morfolojik ölçümler yapmışlardır ve yaşama yüzdeleri bakımından 2+0 yaşında fidanların 2+1 yaşındaki fidanlara göre daha yüksek olduğunu bulmuşlardır.

Tetik (1993)'in, Sarıkamış Fidanlığı'nda ekim sıklığının sarıçam fidanlarının kalitesine ve dikimdeki başarısına etkileri üzerine yaptığı bir çalışmada, değişik sıklıkta yetiştirilen 2+0 yaşlı çıplak köklü sarıçam fidanlarının fidan boyları 5,54- 5,91 cm

arasında, fidan çapları ise 2,76- 3,00 mm arasında değiştiğini ve en fazla boy ve çap gelişiminin m² de 400 fidan sıklığında olduğunu bulmuştur.

Selek (1995) yapmış olduğu yüksek lisans tezinde, Kasım 1993 tarihinde sökümü yapılan, Hendek Fidanlığı'nda değişik orijin ve yaşlarda bulunan; Kayın, Karaçam, Sarıçam ve Göknar fidanlarında boy ve kalite sınıflaması yapmıştır ve ayrıca şaşırtılmış fidanların, çıplak köklü fidanlara oranla daha kaliteli olduğu belirlenmiştir.

Güney (2003) çalışmasında, Trabzon yöresi sarıçam populasyonlarında farklı beş yükseltiden elde edilen tohumlardan yetiştirdiği 1+0 yaşındaki fidanlarda morfolojik özellikleri belirlemiştir ve ölçülen tüm özelliklerin gerek populasyonlar arasında gerekse populasyonlar içindeki ağaçlar arasında bir varyasyona sahip olduğunu belirlemiştir.

Demircioğlu vd. (2004) tarafından, Kastamonu-Taşköprü Orman fidanlığında yetiştirilen Daday-Koldandere orijinli 2+0 çıplak köklü sarıçam fidanlarının morfolojik özellikleri hem TS 2265/Şubat 1988 standardına göre hem de yeni oluşturulan kalite sınıflamasına göre değerlendirilmiştir.

Lermioğlu (2007)'de kap tipi, tüp dolgu materyali, orijin ve gübrelemenin sarıçam fidanlarının gelişimine etkisini belirlemek amacıyla yapmış olduğu çalışmasında 1+0 yaşındaki sarıçam fidanlarının morfolojik karakterlerinin çoğunun üzerinde tüp dolgu materyali ve orijinin etkili olduğu, gübrelemenin fidanların kök boğazı çapına olumlu etki ettiği sonucuna varılmıştır.

Aytaş (2009) çalışmasında, Erzurum Orman Fidanlığı'nda yetiştirilen 1+0 ve 2+0 yaşlı iki farklı kap tipinde (Enso 45-Köşeli ve Roket tip) ve 2+0 yaşlı çıplak köklü sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) fidanlarının ilkbahar ve sonbahar dikim zamanını takiben Erzurum-Tortum Çiftlik Köyü erozyon kontrolü ve uygulama sahasında 1 yıllık dikim performanslarını (yaşama yüzdesi, çap ve boy) ortaya koymuştur. Çalışma sonucuna

göre, yarı kurak alanlarda erozyon kontrolü amaçlı ağaçlandırma sahalarında 2+0 roket tip kaplı fidanların ilkbahar dikimi önerilmektedir.

Eskiömer (2022) nanopartiküllerin çıplak köklü 2+0 yaşlı sarıçam fidanlarında morfolojik karakterler üzerine etki derecesini belirlemek amacıyla yapmış olduğu tez çalışmasında; nanopartiküllerin sarıçam fidan üretiminde fidan kalitesini arttırabileceği ve sarıçam ile yapılan ağaçlandırma çalışmalarında adaptasyon yeteneğini ve fidan gelişimini olumlu etkilediğini belirtmiştir.

Çelen (2022) karaçam, sarıçam ve Toros sediri türlerinin vejetasyon süresince periyodik morfolojik ve fizyolojik fidan karakterlerinin değişimini belirlemek amacıyla yapmış olduğu tez çalışmasında; TSE standartlarına göre fidanların morfolojik karakterler bakımından I. sınıfta yer aldıklarını belirtmiştir.

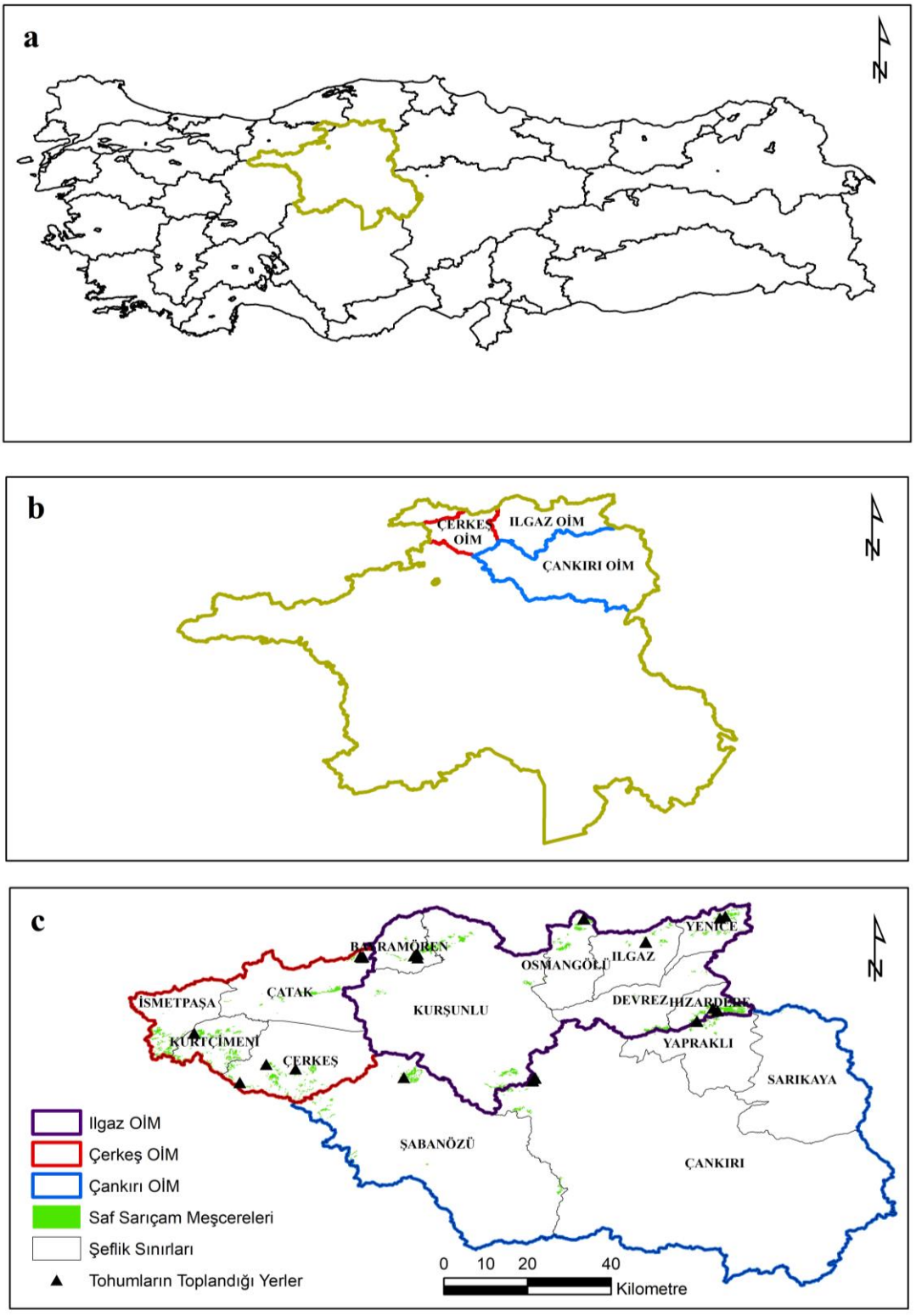
3. MATERYAL VE METOT

3.1 Populasyonların Tanıtımı

Çalışmanın materyalini Ankara Orman Bölge Müdürlüğü'ne bağlı Çankırı, Ilgaz ve Çerkeş Orman İşletme Müdürlükleri sınırları içerisinde yer alan saf, doğal sarıçam meşcereleri olmak üzere toplam 19 farklı populasyon ile bu populasyonlardan toplanan tohumlar oluşturmuştur. Bu çalışma, farklı orijin ve meşcere tiplerinden toplanan tohumlar ve bu tohumlardan yetiştirilen fidanlar üzerinde yürütülmüştür.

3.1.1 Populasyonların coğrafik konumu

Çalışma alanları, Ankara Orman Bölge Müdürlüğü'ne bağlı Çankırı, Ilgaz ve Çerkeş Orman İşletme Müdürlükleri bünyesindeki işletme şeflikleri sınırları içerisinde yer alan saf, doğal sarıçam meşcereleridir. Bu işletme şeflikleri, Çankırı Orman İşletme Müdürlüğü'nde Çankırı, Yapraklı ve Şabanözü; Ilgaz Orman İşletme Müdürlüğü'nde Ilgaz, Osmangölü, Yenice, Hızardere, Bayramören; Çerkeş Orman İşletme Müdürlüğü'nde Çerkeş, Çatak ve Kurtçimeni olmak üzere toplamda 11 orman işletme şefliğidir (Şekil 3.1). Bu şefliklerin bazılarında en az 1 en fazla 3'er alanda olmak üzere toplamda 19 populasyonda çalışma yürütülmüştür. Belirlenen bu populasyonların konumları ve meşcere tipleri Çizelge 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1 a: Bölge Müdürlükleri, b: Ankara Orman Bölge Müdürlüğü ve Çankırı, Ilgaz ve Çerkeş Orman İşletme Müdürlükleri, c: Çankırı, Ilgaz ve Çerkeş Orman İşletme Müdürlükleri şeflik sınırları ve sınırlar içerisinde belirlenen saf, doğal sarıçam meşcereleri

Çizelge 3.1 Populasyonların konumları ve meşcere tipleri

Populasyon No	Orman İşletme Müdürlüğü	Orman İşletme Şefliği	Meşcere tipi	Kuzey Enlemleri	Doğu Boylamları
1	Çankırı	Çankırı	Çscd2	53°30'95"-53°32'08"	45°05'240"-45°05'348"
2			Çsd2	53°26'52"-53°27'60"	45°04'603"-45°04'733"
3		Yapraklı	Çscd2	56°23'39"-56°24'69"	45°19'307"-45°19'356"
4		Şabanözü	Çscd2	50°92'73"-50°93'80"	45°05'336"-45°05'394"
5	Ilgaz	Osmangölü	Çscd2	54°16'82"-54°18'84"	45°44'240"-45°44'333"
6		Hızardere	Çscd2	56°60'88"-56°61'74"	45°21'953"-45°22'007"
7			Çsd2	56°52'79"-56°53'05"	45°22'616"-45°22'666"
8		Bayramören	Çscd2	51°64'46"-51°64'98"	45°39'073"-45°39'136"
9		Yenice	Çscd3	56°63'33"-56°63'55"	45°44'681"-45°44'698"
10			Çsd2	56°73'02"-56°73'61"	45°45'147"-45°45'170"
11		Ilgaz	Çscd3	55°29'86"-55°30'31"	45°38'602"-45°38'669"
12			Çsd2	55°29'66"-55°30'47"	45°38'700"-45°38'772"
13	Çerkeş	Çatak	Çsd2	50°18'27"-50°19'49"	45°34'866"-45°34'942"
14			Çscd2	50°16'54"-50°17'50"	45°34'723"-45°34'821"
15			Çscd3	50°13'49"-50°14'86"	45°34'947"-45°35'006"
16		Çerkeş	Çsc3	48°43'21"-48°43'45"	45°08'568"-45°08'635"
17			Çscd3	48°96'31"-48°96'62"	45°07'438"-45°07'471"
18			Çscd2	47°94'95"-47°95'50"	45°04'097"-45°04'238"
19		Kurtçimeni	Çscd3	47°12'61"-47°13'27"	45°16'224"-45°16'343"

3.1.2 Populasyonların topoğrafik özellikleri

Populasyonlar belirlenirken c-d meşcere gelişim çağlarında, 2 ve 3 kapalılığında saf sarıçam doğal meşcereler seçilmiştir. Ayrıca ağaçlardan tohum toplandığı için çok eğimli alanlara gidilmemiştir, bunun yerine daha az eğimli alanlara gidilmiştir. Belirlenen populasyonlar hakkında önemli bazı bilgiler (enlem, boylam, yükselti, bakı, ağaç boyu, çapı vb.) arazi karnesine kaydedilmiştir (Çizelge 3.2).

Çizelge 3.2 Tohum toplanan populasyonlara ait genel bilgileri

Populasyon No	Boy (m)	Çap (cm)	Ortalama Yaş	Bakı	Yükselti	Eğim (%)
1	17,2	37,9	51	KD-KB	1530,2	21,02
2	16,04	39,1	124,8	K-KB	1583,6	25,21
3	19,36	41,2	93,4	K-KD	1678,6	6,72
4	13,7	37,8	114,2	KB	1374,8	26,30
5	8	25	44	G-KB	1782,4	15,17
6	17,4	33	92,6	D, GD, G	1638	5,59
7	21,4	31	67,8	GD	1672,6	36,85
8	22,8	37,4	109,8	K	1514	23,92
9	27,54	37,6	100,6	GD-G	1440	19,99
10	22,32	47,2	119,2	G	1710	25,37
11	24	34,4	97,6	GB	1712,2	14,93
12	24,2	35,2	113,2	GB	1722,2	21,77
13	17,6	46,8	119,4	KD-GD	1521	4,29
14	14,6	36,4	68,6	G	1527	10,55
15	16,2	46,4	86,4	D, GD, G	1547,8	6,59
16	11,36	23,6	82,4	KB	1358	20,17
17	25,64	33,6	131,8	KD-D	1468	15,48
18	11,1	26	69	K-KD	1555,8	22,33
19	18.2	35.2	87	GB-B	1499.4	22,64

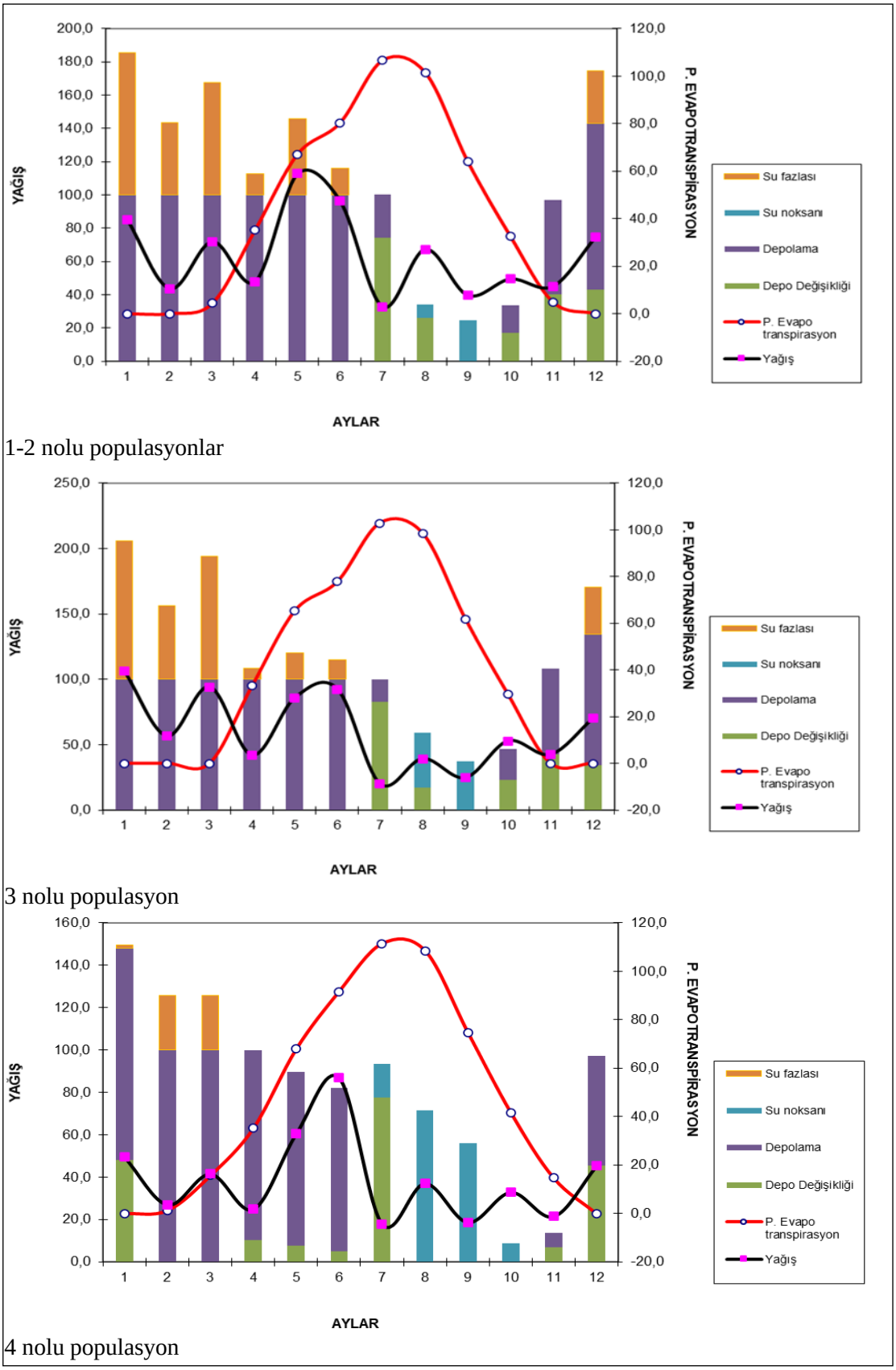
3.1.3 Populasyonların iklim verileri

Populasyonların iklim bültenlerini oluşturmak için Meteoroloji genel Müdürlüğü'nden Çankırı ve ilçelerinin 2015-2019 yıllarına ait meteoroloji istasyon verileri temin edilmiştir. Populasyonların iklimi Thorntwaite yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Populasyonlara göre meteoroloji istasyonlarının yükseltileri dikkate alınarak Thorntwaite yönteminde iklim diyagram ve bilançoları oluşturulmuştur. Populasyonlara yakın yerde meteoroloji istasyonu bulunan alanlar o meteoroloji istasyonunun verilerine göre, bulunmayan alanlarda ise en yakın meteoroloji istasyonuna göre enterpole edilerek iklim verileri hesaplanmıştır. Bunları sırasıyla vermek gerekirse; 1 ve 2 nolu populasyonlar için Çankırı/Merkez meteoroloji verileri, 3 nolu populasyon için Çankırı/Yapraklı ilçesine ait meteoroloji istasyonu 1667 m'ye enterpole edilerek, 4 nolu populasyon için Çankırı/Orta ilçesi meteoroloji istasyonu, 5 nolu populasyon için Çankırı/Bayramören meteoroloji istasyonu 1785 m'ye enterpole edilerek, 6 ve 7 nolu populasyonları için Yapraklı meteoroloji istasyonu 1650 m'ye enterpole edilerek, 8 nolu populasyon için Bayramören meteoroloji istasyonu, 9 nolu populasyon için

Çankırı/Ilgaz meteoroloji istasyonu 1460 m için enterpole edilerek, 10, 11 ve 12 nolu populasyonları için Ilgaz meteoroloji istasyonu 1700 m'ye enterpole edilerek, 13, 14 ve 15 nolu populasyonları için Bayramören meteoroloji istasyonu, 16 nolu populasyon için Çankırı/Çerkeş meteoroloji istasyonu 1360 m'ye enterpole edilerek, 17 ve 19 nolu popülasyonları için ise Çerkeş meteoroloji istasyonu 1450 m'ye enterpole edilerek, 18 nolu populasyon için Çerkeş meteoroloji istasyonu 1540 m'ye enterpole edilerek hesaplanmıştır (Şekil 3.2).

Populasyonların en yüksek sıcaklık değerleri Ağustos ayında olduğu görülmüştür. En düşük sıcaklık değerleri çoğunlukla Şubat ayında gerçekleşirken, 4, 8, 13, 14 ve 15 nolu populasyonlarda Ocak ayında görülmüştür. Populasyonlarda en düşük yağış miktarları Temmuz ve Eylül alarında gerçekleşirken, en yüksek yağış miktarları ise çoğunlukla Haziran ayında olmuştur. Ancak, 1 ve 2 nolu populasyonlar için Mayıs ayında, 3, 6 ve 7 nolu populasyonların ise Ocak ayında en yüksek yağış miktarları bulunmuştur (Şekil 3.2).

Thornthwaite yöntemine göre iklim sınıflandırılması Çepel (1995)'e göre belirlenmiştir. Çankırı, Osmangölü, Yenice, Ilgaz, Çerkeş (Çscd3 ve Çscd2 meşcereleri) ve Kurtçimeni populasyonları BC'r simgeleri ile gösterilen "*nemli, mikrotermal, su eksikliği yok veya pek az bulunan*" bir iklim tipine, Yapraklı ve Hızardere populasyonları BC's simgesiyle gösterilen "*nemli, mikrotermal, yazın orta derecede su eksikliği bulunan*" iklim tipine, Şabanözü, Bayramören ve Çatak populasyonları C_1C's simgesiyle gösterilen "*yarı nemli-yarı kurak, mikrotermal, yazın orta derecede su eksikliği bulunan*" iklim tipine ve Çerkeş $Çsc_3$ populasyonu ise C_2C'r simgesiyle gösterilen "*yarı nemli, mikrotermal, su eksikliği yok veya pek az bulunan*" bir iklim tipine sahip oldukları ortaya çıkmaktadır.

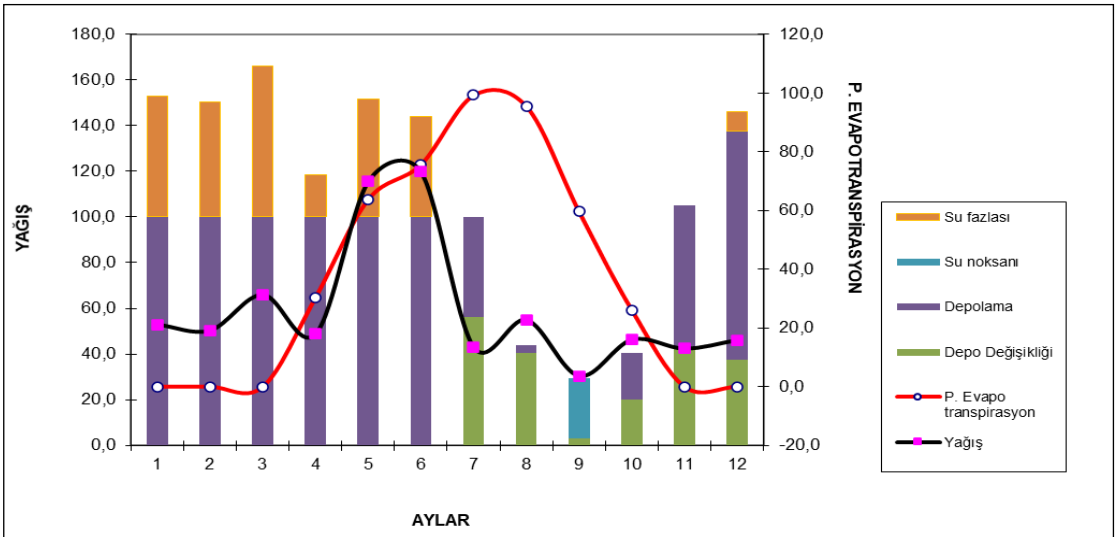


1-2 nolu populasyonlar

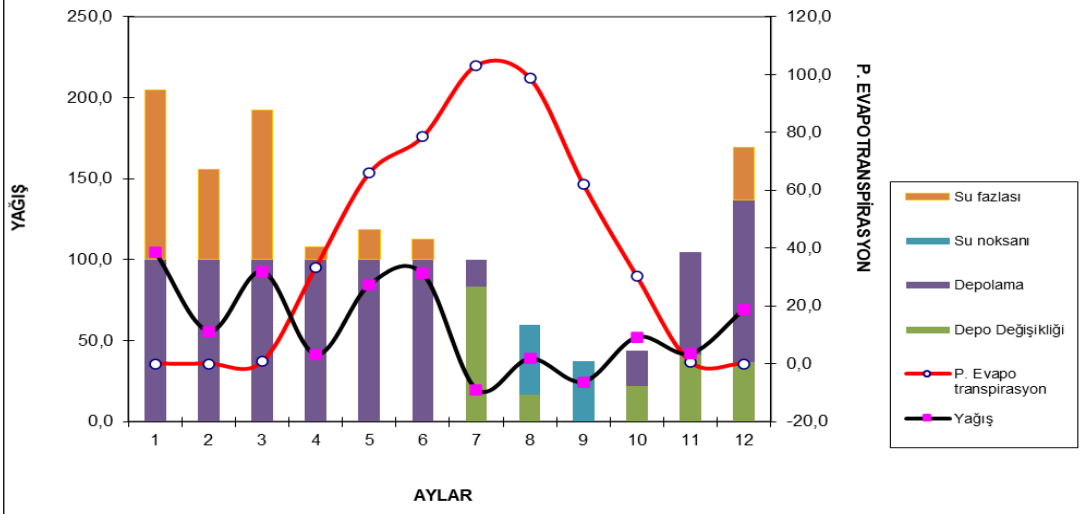
3 nolu populasyon

4 nolu populasyon

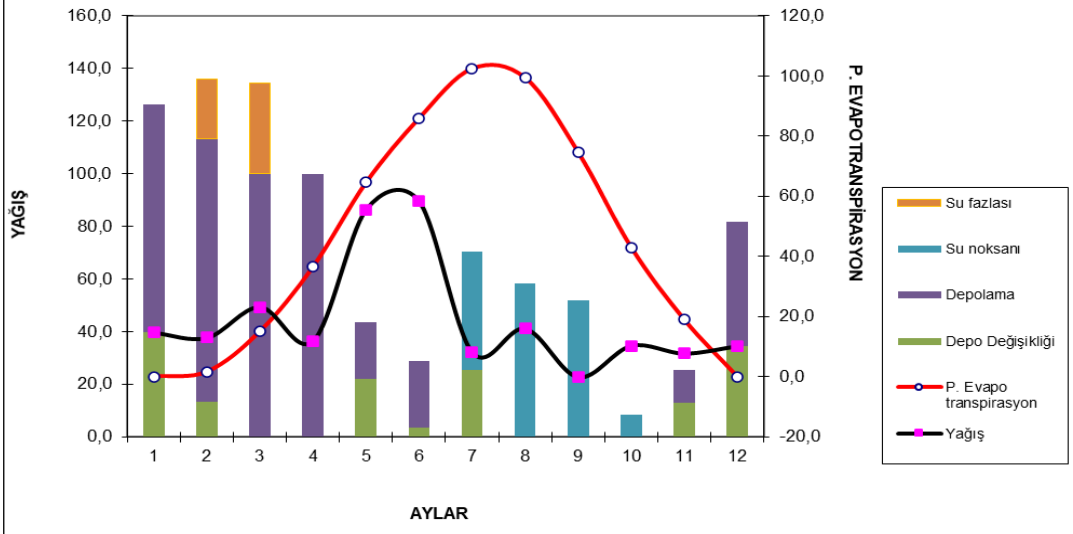
Şekil 3.2 Populasyonların iklim diyagramları



5 nolu populasyon

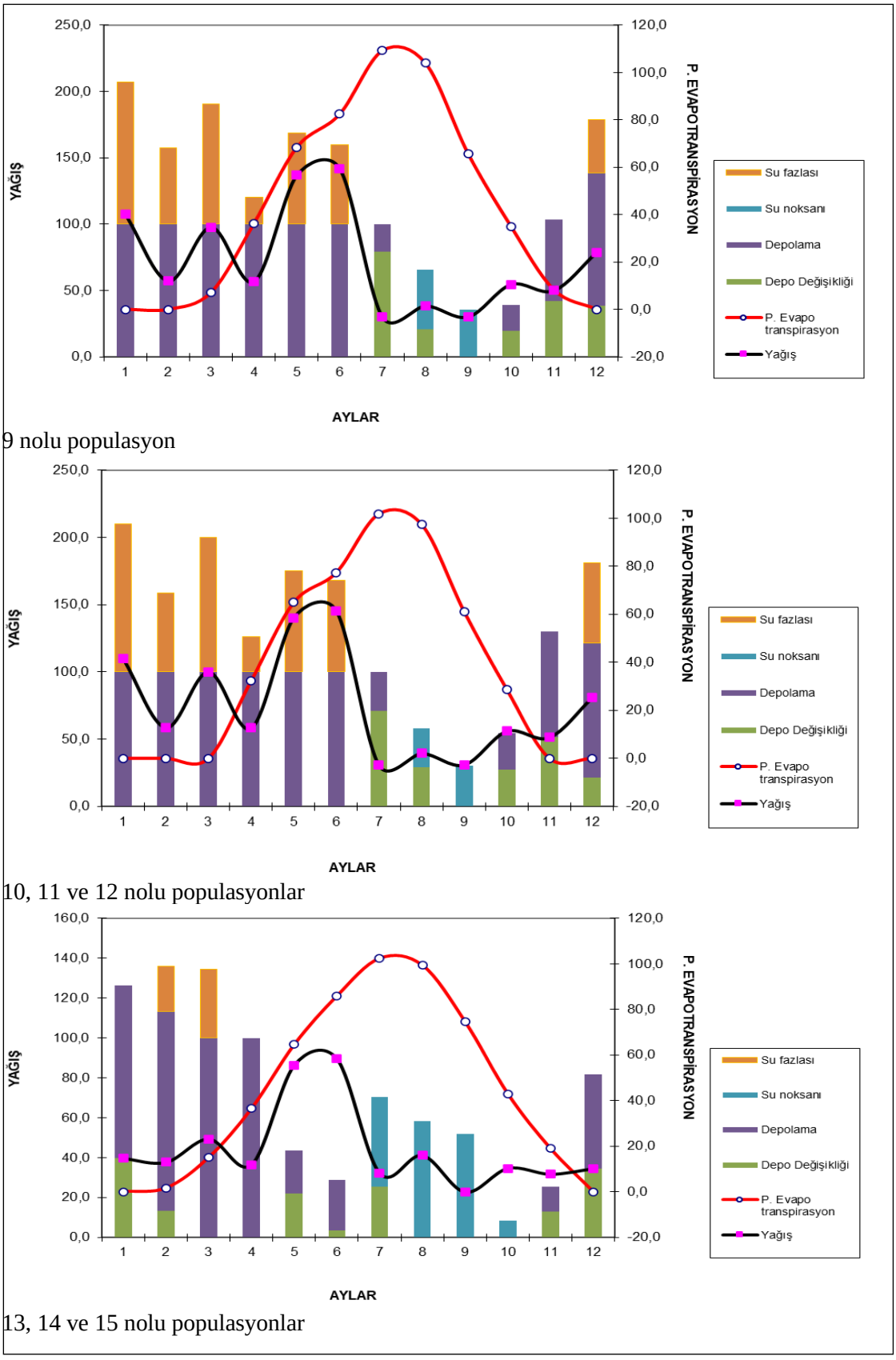


6 ve 7 nolu populasyonlar



8 nolu populasyon

Şekil 3.2(devamı) Populasyonların iklim diyagramları

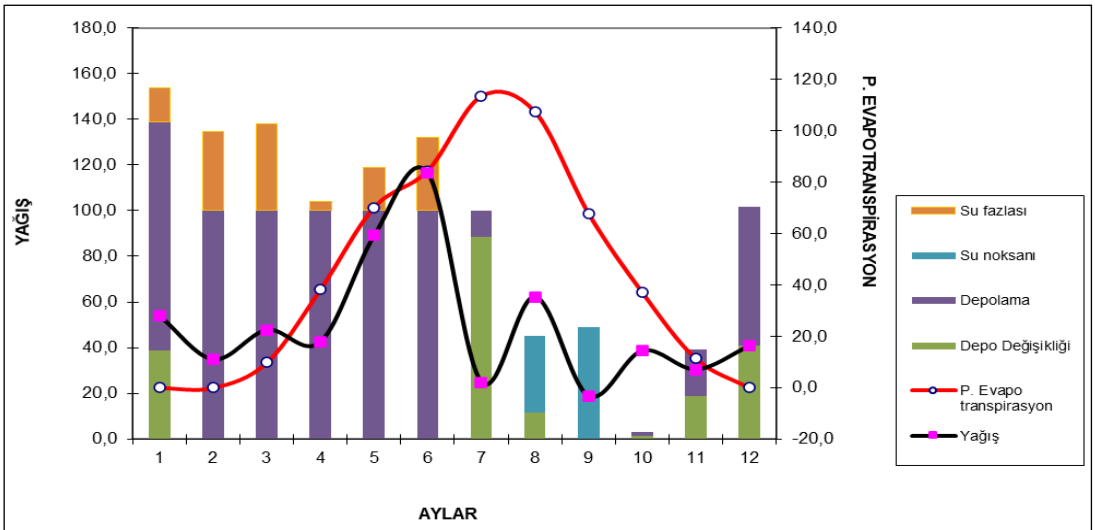


9 nolu populasyon

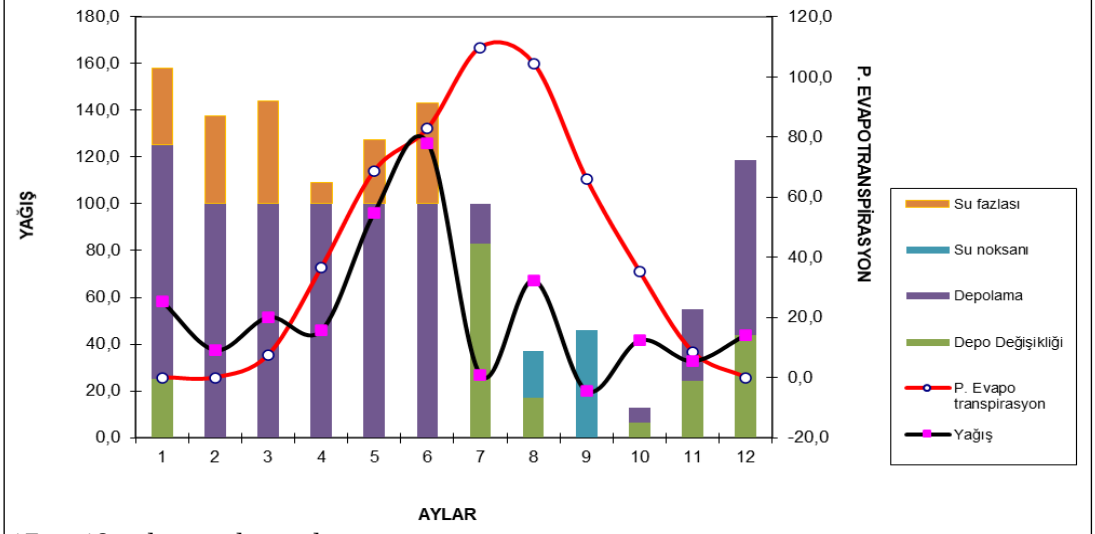
10, 11 ve 12 nolu populasyonlar

13, 14 ve 15 nolu populasyonlar

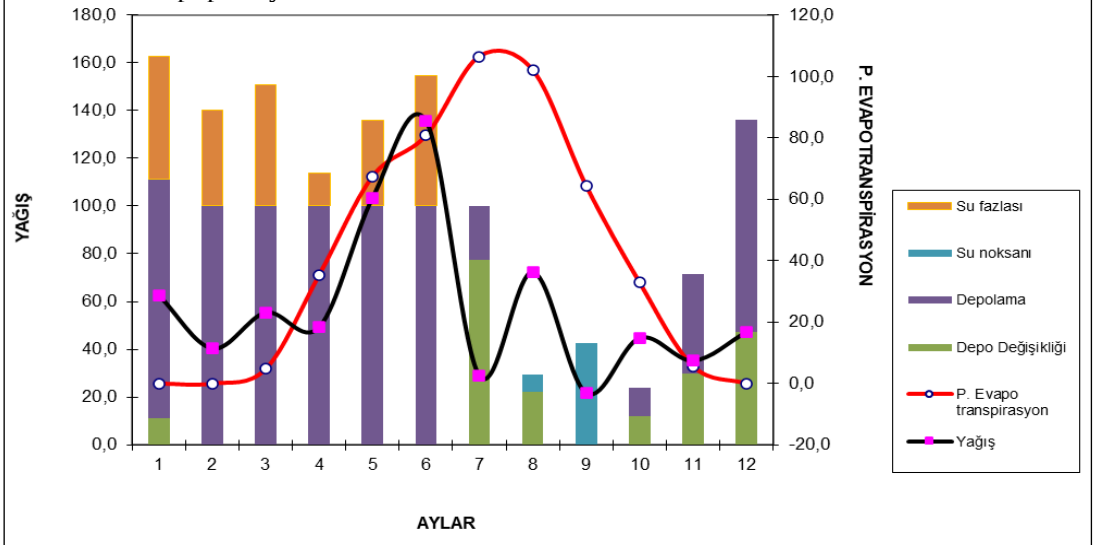
Şekil 3.2(devamı) Populasyonların iklim diyagramları



16 nolu populasyon



17 ve 19 nolu populasyonlar



18 nolu populasyon

Şekil 3.2(devamı) Populasyonların iklim diyagramları

3.2 Yöntem

3.2.1 Arazi çalışmaları

3.2.1.1 Populasyonların belirlenmesi

Bu çalışmaya konu olan populasyonların seçiminde sarıçamın İç Anadolu Bölgesi, Çankırı ve çevresinde yapılacak ağaçlandırma çalışmalarına katkı sağlaması amacıyla Çankırı, Ilgaz ve Çerkeş Orman İşletme Müdürlükleri sınırları içerisinde yer alan saf ve doğal sarıçam meşcereleri olmak üzere toplam 19 farklı populasyon belirlenmiştir.

Bu 19 farklı populasyon belirlenirken meşcere tiplerine de dikkat edilmiştir. Sarıçam 6-8 yaşlarında çimlenip tohum verebilir fakat 20 yaşından sonra düzenli tohum verimi başlamaktadır (Gezer ve Yücedağ 2013). Buna göre meşcere tipleri olarak c ve d çağları arasında 2 ve 3 kapalılıklarındaki meşcereler seçilmiştir (Şekil 3.3). Şefliklerin sınırları içerisindeki mevcut olan Çsc3, Çscd2, Çscd3 ve Çsd2 meşcere tiplerine sahip olan populasyonlardan tohum temin edilmiştir.

3.2.1.1.1 Populasyonlardaki ağaçların seçimi ve tohum temini

Türkiye'de yapılmış araştırmalara göre, sarıçamda kozalak hasadı eylül ayı sonundan itibaren yapılabilir (Tosun vd. 1997'e atfen Genç 2012). En iyi hasat dönemi ise Kasım ayı içinde, kar yağmadan önceki dönemdir (Saatçioğlu 1971'e atfen Genç 2012). Buna göre 31 Ekim-10 Aralık 2018 tarihleri arasında belirlenen meşcerelere gidilerek kozalak toplama işlemi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.3 Populasyonların belirlenmesi

Eskişehir-Çatacık ormanlarında sarıçamlarda polen hareketlerini belirlemek amacıyla 1550 m yükseltiye iki polen yakalayıcısı yerleştirilmiş ve bu araştırma sonucunda bir bireye yaklaşık 100 m uzaktaki bireylerden gelen polen miktarının %5'in altında kalacağı belirtilmiştir (Boydak 1975, 1977 atfen Boydak ve Çalışkan 2014). Ayrıca, bu çalışmada sarıçamda kendileşmenin var olduğu vurgulanmıştır. Bir ağacın dişi çiçeklerinin kendi ağacın polenleri veya yakın akraba ağaçlarının polenleri ile döllenmesine (polenleşmesine) kendileşme, polenleşme miktarına ise kendileşme oranı denilmektedir. Kendileşme sonucu yetişen fidanlar daha zayıf ve yavaş büyüme görülmektedir (Boydak ve Çalışkan 2014, Gezer ve Yücedağ 2013).

Buna nedenle bu tez kapsamında tohum toplamada öncelikle ağaçların arasında 100-150 m mesafe olmasına dikkat edilmiştir. Bu mesafe aralıklarında olup, gövde formu düzgün ve iyi gelişme gösteren ağaçlar belirlenip işaretlenmiştir. Ayrıca, arazide gözlem

yapılarak bol tohum tutan ağaçlar belirlenip, işaretlenmiştir. Her bir alandan en az 5'er ağaç seçilerek, bu ağaçlardan kozalaklar toplanmıştır (Şekil 3.4). Kozalak toplanan her bir ağaç için önemli bazı bilgiler (yükselti, bakı, ağaç boyu çapı vb) arazi karnesine kayıt edilmiştir.



(a) (b)

(c) (d)

Şekil 3.4 Tohum toplanan bazı alanlara ait görüntüler (a: Yapraklı, b: Çatak, c: Çerkeş, d: Kurtçimeni populasyonları)

Toplama işleminin ardından her bir ağaçtan toplanan kozalaklar hem populasyon bazında hem de ağaç bazında ayrı ayrı çuvallara konularak gerekli etiketleme işlemleri yapılmıştır. Tohum bırakma güçlüğü bulunmayan sarıçam kozalakları, açık alanda ve oda sıcaklığında taze ağırlıklarının %14-20'sini kaybettiklerinde tohumlarını 5-6 günde

bırakmaktadırlar (Gezer ve Yücedağ 2013). Laboratuvara getirilen kozalaklar karpelleri açılıncaya kadar oda sıcaklığında bekletilmiştir. Bu işlem sırasında ayrı ağaçlardan toplanan kozalaklar birbirine karışmaması için ayrı kasalarda tutulmuşlardır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5 Toplanan kozalakların etiketlenmesi ve kozalakların açılmaları için oda sıcaklığında bekletilmesi

Kozalakların karpellerinin açılmasından sonra el ile tohum çıkarma işlemi yapılmıştır (Şekil 3.6). Ardından tohumlar kanatlarından ve yabancı maddelerden temizlenip, tohum saklama kaplarına konularak +4°C'de analiz aşamasına kadar muhafaza edilmişlerdir.



a b

Şekil 3.6 Tohumların elle çıkarılması (a) ve yabancı maddelerden ayrılması (b)

2.2.1.1.2 Toprak örneklerinin alınması

Populasyonlara ait toprak örnekleri (0-15 cm, 15-30 cm, 30-60 cm derinliklerden) 2018 yılında Ekim-Aralık ayları arasında alınmıştır. Toprak özelliklerini belirlemek için her bir populasyonun tohum toplanan ağaçların altından toprak burgusuyla toprak örneklemesi alınmıştır (Şekil 3.7). Her ağacın çevresinden üç farklı derinlikten (0-15 cm, 15-30 cm ve 30-60 cm) toprak örneği alınarak toplamda 285 (95 ağaç x 3 derinlik) toprak örneği alınmıştır. Her bir toprak örneğinin alındığı noktalara ait koordinatlar, bakı ve yükseklik değerleri GPS kullanılarak kaydedilmiştir. Toprak örneklemesi ağacın ana gövdesinden 1-1,5 m uzaklığındaki mesafeden yapılmıştır. Ayrıca ağacın dört farklı yönünden (kuzey, güney, doğu ve batı) 0-15 cm, 15-30 cm ve 30-60 cm derinliklerinden kompoze olacak şekilde toprak örneği alınmıştır (Şekil 3.7). Alınan toprak örnekleri polietilen torbalara konularak, torbaların üzerine populasyonların isimleri yazılmıştır.



Şekil 3.7 Toprak burgusuyla toprak örneği alınması

3.2.2 Fidanların yetiştirilmesi ve bakımı

Tohumlar kozalaklarından çıkarılıp, kanatlarından ayrıldıktan sonra Çankırı (Kenbağ) Orman Fidanlığı'nda tohum ekimi yapılmıştır. Ekim yapılmadan önce kuş zararlılarına karşı tohumlarda ön işlem olarak pomalsel forte ilaçlaması yapılmıştır. Tohum ekimleri, 26-27 Nisan 2019 tarihleri arasında 11x25 cm boyutlarında polietilen tüplerde yapılmıştır (Şekil 3.8). Tüp harcı olarak % 60 orman toprağı, %3 büyükbaş hayvan gübresi, %20 humus (göknar ağacından) ve %17 tarım ponzası karışımı hazırlanmıştır.

Ekimlerde her bir tüpe en az 3'er tane tohum atılarak, 1-1.5 cm derinliğinde yapılmıştır. Her bir populasyon için 20 adet tüpe ekim yapılmıştır ve populasyonlar tesadüfi şekilde yerleştirilerek tesadüf parselleri deneme deseni oluşturulmuştur. Ekimlerden yaklaşık 15-20 gün sonra ilk çimlenmeler gözlemlenmiştir (Şekil 3.9). Ancak, bazı polietilen tüplerde çimlenmeyen tohum olduğundan 13.05.2019 tarihinde çimlenmeyen tüplerde tamamlama ekimi yapılmıştır. Sonradan ekilen tüplerde de çimlenmeler gözlemlenmiş (Şekil 3.10) ve yabani otlar fidanlardan uzaklaştırılmıştır (Şekil 3.11).



Şekil 3.8 Nisan ayında yapılan ekim



Şekil 3.9 Ekilen tohumların çimlenmesi



Şekil 3.10 Tamamlama ekimlerinden sonra çimlenenler



Şekil 3.11 Yabani otların temizlenmesi

3.2.3 Laboratuvar çalışmaları

3.2.3.1 Tohumların genel özellikleri

3.2.3.1.1 Tohumların saflık yüzdesi, bin dane ağırlığı ve çimlendirme testi

Laboratuvara getirilen tohumlar öncelikle yabancı maddelerinden temizlenip, tohumların saflık yüzdesi, bin dane ağırlığı ölçümleri yapılmıştır.

Saflık yüzdesi; tohum içerisinde bulunan yabancı maddelerinden (kozalak pulu parçaları, kanat kırıkları, dal ve ibre parçaları) arındırılmış tohum ağırlığının yüzde olarak ifadesidir.

$$\text{Saflık}(\%)=\frac{\text{Saf tohum ağırlığı(gr)}}{\text{Çalışma örneğinin toplam ağırlığı(gr)}}\text{x}100 \qquad (3.1)$$

Bin dane ağırlığı; hava kurusu haldeki sağlam ve saf tohumlardan dolu tane olarak 1000 adedinin ağırlığına denir. Bin dane ağırlığının hesaplanmasında rastgele seçilen 8x100 = 800 tohum kullanılmıştır. Rastgele toplanan tohumlar düz zemine serpilerek ve farklı alanlardan 100 tanesi sayılarak elektronik hassas terazide tartıldı. Daha sonra, 8 yinelemenin ortalaması alınıp 10 ile çarpılarak bin dane ağırlıkları hesaplanmıştır (ISTA 1996).

$$x = \frac{\sum_{i=1}^{n} xi}{8}\, x10 \qquad (3.2)$$

xi: 100'er adetlik tohum yinelemelerin ağırlıkları
n: Yineleme sayısı (n=8)

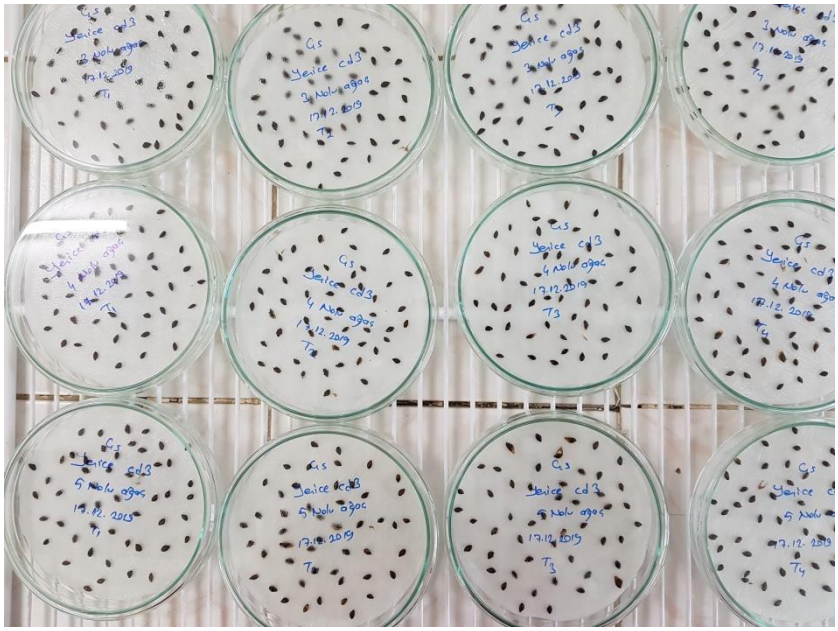
Tohumlarda çimlendirme testi; toprak, kum, perlit ve filtre kağıtları gibi değişik ortamlarda yapılabilmektedir. Çimlendirme testleri, her yinelemede 100 adet tohum ve istatistiksel olarak değerlendirilmesi için en az 4 tekrar olmak üzere toplamda en az 400 adet tohumla yapılması gerektiği vurgulanmaktadır (Boydak ve Çalışkan 2014).

Bu çalışmada tohumlar laboratuvar şartlarında çimlendirme testine tabi tutulmuştur. Çimlendirme testlerinde 19 populasyondan toplanan tohumlar her 5 ağaç (toplamda 95 ağaç) için 4 tekrarlı olarak ve 100'er tohum ile gerçekleştirilmiştir. Çimlendirme testine başlamadan önce 12 cm çapındaki petri kapları önce saf sudan geçirilerek daha sonra kurutma fırınında 105 ±2 °C'de 30 dakika bekletilerek sterilize edilmiştir. Çimlendirme dolapları da mantar enfeksiyonlarına karşı etil alkol ile dezenfekte edilmiştir. Kullanılacak tohumlar, önce saf su içerisinde 8 saat bekletilerek hem üzerlerindeki toz uzaklaştırılmış hem de tohumların daha kolay çimlenebilmesi için şişmesi sağlanmış olmuştur. Petri kaplarına 2 kat filtre kağıtları konulmuş ve saf su ile yeterince nemlendirilmiştir (Şekil 3.12). Petri kapları *lovibond* marka çimlendirme dolaplarında 20 °C'de 21 gün bekletilmiştir (Tilki 2002). Her iki günde bir tohumlar çimlendirme dolabından alınarak havalandırılmış ve suyu eksik olan filtre kâğıtlarına saf su ilave edilmiştir. Çimlenme süresince kökçüğü en az tohum boyu kadar uzayan tohumlar çimlenmiş olarak kabul edilmiştir (Boydak 1981, Tilki 2002), ve petri kabından uzaklaştırılmıştır (Şekil 3.13).

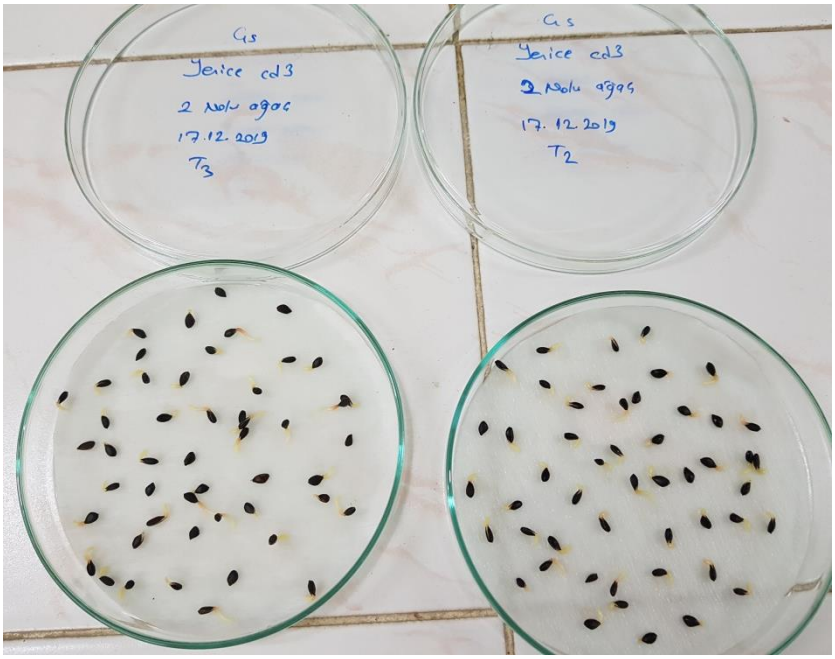
Çimlenme testlerinin başlangıcından itibaren ilk 4, 7 ve 10. günlerdeki çimlenme değerleri çimlenme hızını (çimlenme enerjisi), toplam bekletilen süre sonuna kadar çimlenen tohumların yüzde olarak ifade edilmesi de tohumların çimlenme yüzdesini göstermektedir (Boydak ve Çalışkan 2014).

$$GP\ (\%)=\frac{\sum ni}{N} x100 \qquad (3.3)$$

GP(%): Çimlenme yüzdesi
ni: i. Gündeki çimlenen sayısı
N: Teste konulan toplam tohum sayısı



Şekil 3.12 Çimlendirme testine alınan tohumlar



Şekil 3.13 Çimlendirme testi sonucu çimlenen tohumlar

3.2.4 Tohumlarda kimyasal analizlerin belirlenmesi

Tohumlardaki toplam çözünür protein miktarı Bradford (1976), prolin miktarı Bates vd. (1973), toplam karbonhidrat (glikoz, fruktoz ve sukroz) miktarının belirlenmesi Pearson

vd. (1976)'nin Anthron yöntemi kullanılarak, lipid peroksidasyonu (MDA) Lutts vd. (1996), Hidrojen peroksit (H_2O_2) ekstraksiyonu Velikova vd. (2000) tarafından kullanılan yöntemlere göre belirlenmiştir.

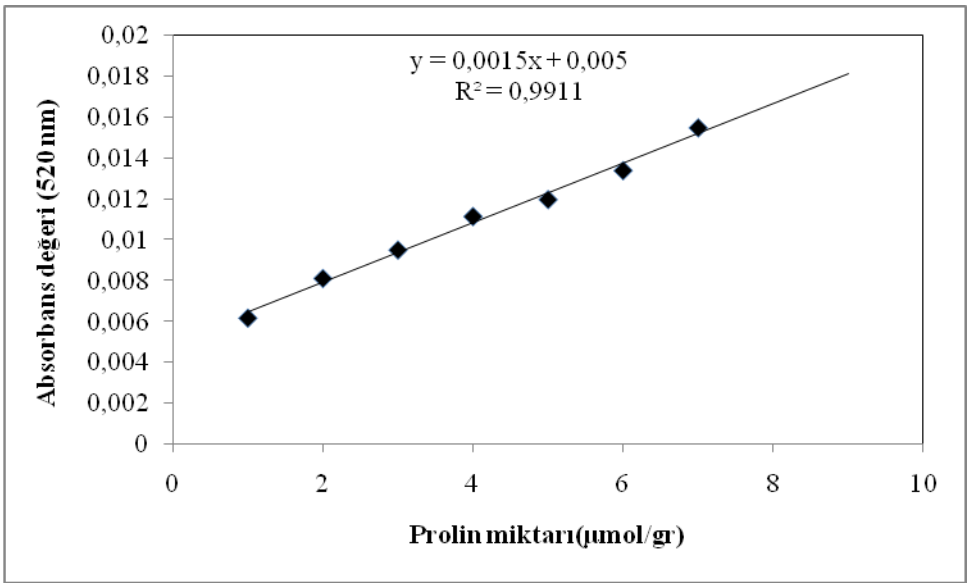
Enzim aktivitelerinden; peroksidaz (POD) enzim aktivitesi spektrofotometrik yöntemle, süperoksit dismutaz (SOD) enzim aktivitesi ise Çakmak (2002) tarafından uygulanan yönteme göre belirlenmiştir.

Yetiştirilen fidanlar 2+0 yaşına geldiğinde morfolojik ölçümleri (kök boğazı çapı, fidan boyu) ve fotosentetik pigment (klorofil a, klorofil b ve karotenoid) analizleri yapılmıştır. Toplam klorofil miktarının belirlenmesinde Arnon denklemi (Arnon 1949) kullanılmıştır.

3.2.4.1 Prolin miktar tayini

Sarıçam tohumlarında prolin miktarı Bates vd. (1973) metoduna göre belirlenmiştir. 0,5 gr tohum örneği, 10 mL %3'lük sülfosalisilik asit çözeltisi ile homojenize edilmiş ve + 4 ºC'de bekletilmiştir. Örnekler 12000 rpm'de 10 dakika santrifüj edildikten sonra çift kat kurutma kağıdı ile süzülmüştür. Elde edilen süzüntüden 2 mL ekstrat alınıp, cam tüplere konulmuş ve üzerine 2 mL glasiyal asetik asit ve 2 mL ninhidrin (asidik ninhidrin: tartılan 1,25 gr ninhidrin 30 mL glasiyal asetik asit (%96) içerisinde eritilmiştir ve üzerine 20 mL 6 M ortofosforik asit ilave edilmiştir) eklenmiştir. Tüm tüpler 90-100 ºC'de sıcak su banyosunda 1 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyonun ardından buzlu ortamda soğutulmuştur. Soğuyan örneklere 4 mL soğuk toluen ilave edilmiştir. Toluen eklendiğinde iki ayrı faz oluşmuştur. Üstteki faz kuvarz küvete alınarak 520 nm'de absorbans değerleri kaydedilmiştir. Spektrofotometreyi dengelemek için kör olarak toluen kullanılmıştır. Prolin miktarı ((µmol/g), prolin (Merck) standartlarından oluşturulan standart eğriden elde edilen formüle göre hesaplanmıştır (Şekil 3.14).

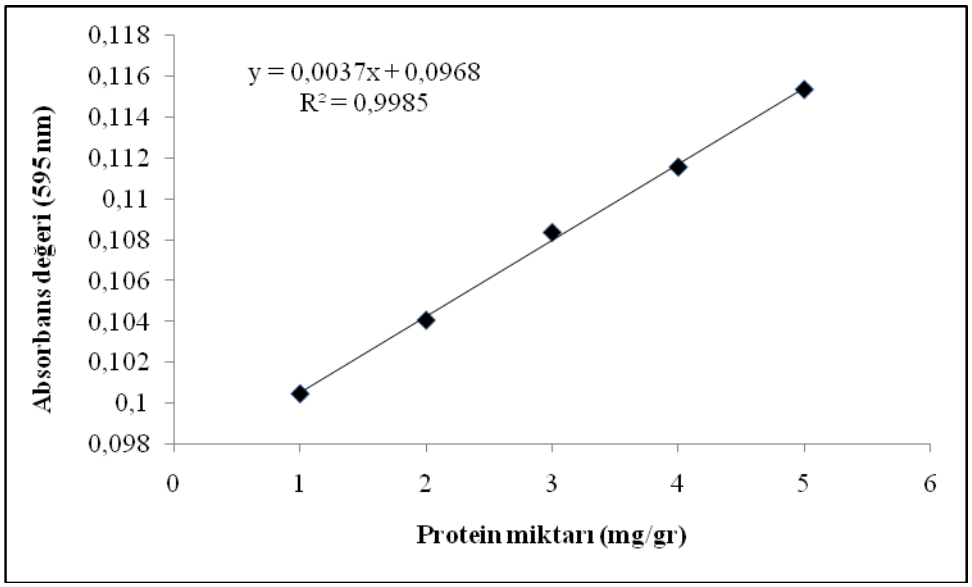
Prolin µmol: µg prolin x mL (toluen) /115,5/örnek (gr)/5 (3.4)



Şekil 3.14 Prolin standart grafiği

3.2.4.2 Protein miktarının belirlenmesi

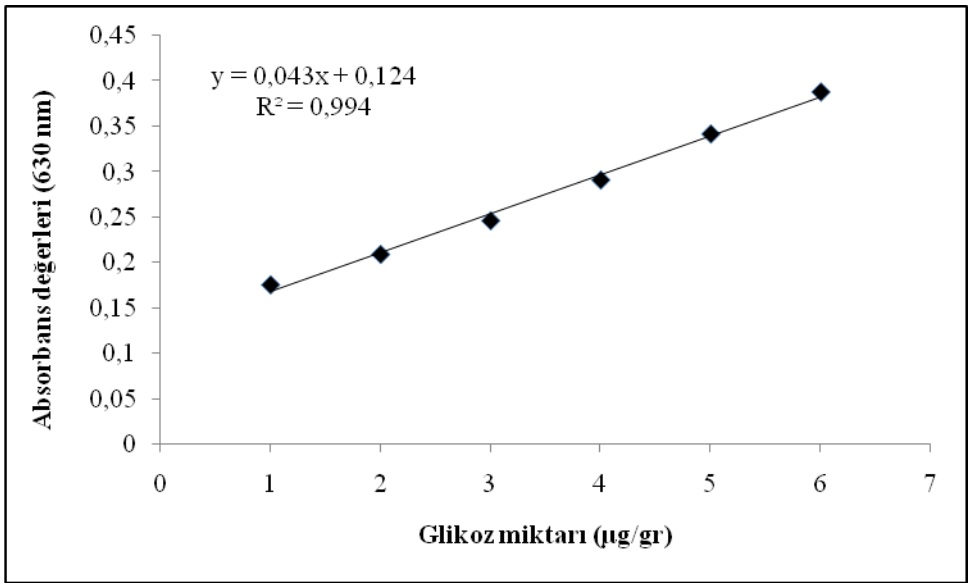
Tohumlarda protein miktarı Bradford (1976) yöntemine göre belirlenmiştir. Tohum örneğinden 0,5 gr tartılarak 5 mL 50 mM potasyum fosfat tamponuyla iyice ezilip süzülmüştür. Daha sonra süzüntüler ependorf tüplere aktarılarak +4 ºC'de 10.000'de 15 dk santrifüjlenmiştir. Santrifüjlenen örneklerden 300 µL alınıp üzerine sırasıyla 200 µL saf su ve 500 µL brillant blue reagent reaktifi eklenmiştir. Örnekler kısa süre vortekslenerek 10 dk karanlık ortamda bekletilmiştir. Bekletilen örnekler sonra 595 nm'de spektrofotmetrede absorbanslar değerleri kaydedilmiştir. Bovin Serum Albümin (BSA) ile protein standartları (0,01; 0,02; 0,04; 0,08; 0,16; 0,32 mg/mL) hazırlanmıştır. Standarttan elde edilen grafik yardımıyla tohumlardaki protein miktarı mg/gr olarak belirlenmiştir (Şekil 3.15).



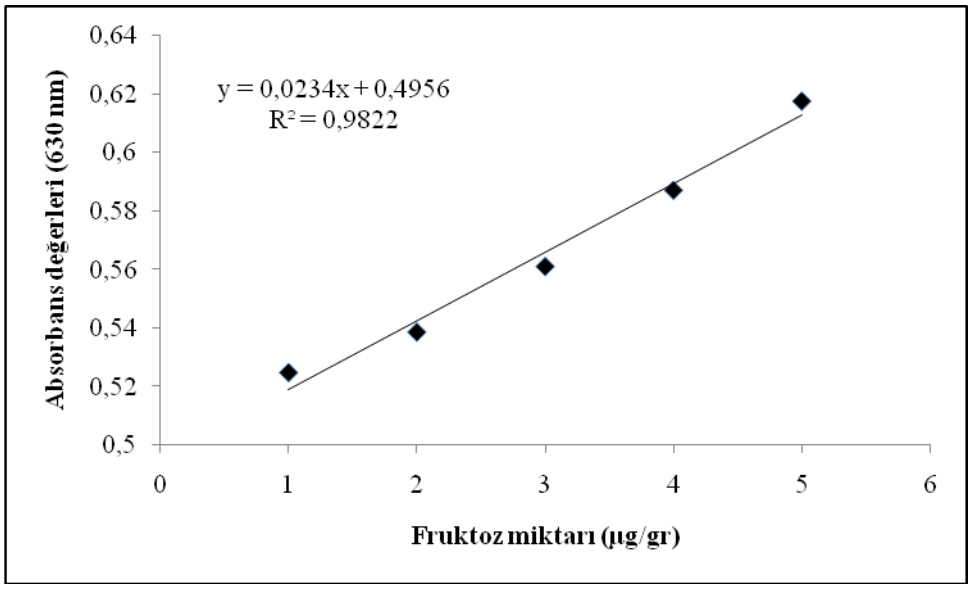
Şekil 3.15 Protein standart grafiği

3.2.4.3 Glikoz, fruktoz ve sukroz tayini

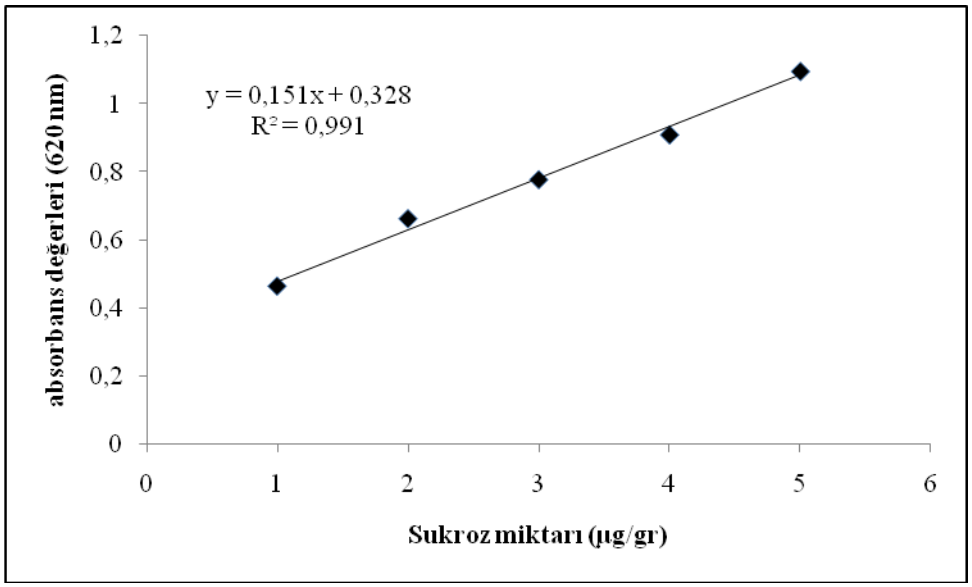
Glikoz, fruktoz ve sukroz miktarının belirlenmesi Pearson vd. (1976) Anthron metoduna göre belirlenmiştir. Glikoz, fruktoz ve sukroz miktarının belirlenmesi için 1 gr tohum örneği üzerine 30 mL % 80'lik ethanol eklenmiş ve 24 saat +4°C'de bekletilmiştir. Glikoz analizi için çift katlı filtre kağıdından süzülmüştür (Süzüntü-1). Süzülen homojenant ethanolü 2-3 mL kalacak şekilde 60 ºC'lik su banyosunda buharlaştırılmıştır. Kalan posa üzerine 30 mL saf su eklenerek tekrar 24 saat +4°C'de bekletilmiştir. Karışım süzülmüş ve süzüntü-2 fruktoz analizinde kullanılmıştır. Yine kalan posa üzerine 30 mL %52'lik periklorik asit ilave edilerek +4 ºC'de 24 saat bekletilmiştir. Karışım süzülmüş ve bu süzüntü-3 ise sukroz analizinde kullanılmıştır. Glikoz, fruktoz ve sukroz analizleri için elde edilen süzüntülerden 2 mL alınarak cam tüplere aktarılmıştır. Tüpler kısa süreli vortekslenip üzerine 5 mL anthron ilave edilmiştir. Karışım 10 dk sıcak su banyosunda inkübasyona bırakıldıktan sonra buzlu ortamda oda sıcaklığına soğutulmuştur. Soğutulmuş örnekler, glikoz ve fruktoz için 630 nm, Sukroz için ise 620 nm'de absorbans değerleri kaydedilmiştir. Glikoz, fruktoz ve sukroz miktarlar söz konusu bileşiklere ilişkin hazırlanmış standart grafik yardımıyla µg/gr olarak hesaplanmıştır (Şekil 3.16-3.18).



Şekil 3.16 Glikoz standart grafiği



Şekil 3.17 Fruktoz standart grafiği

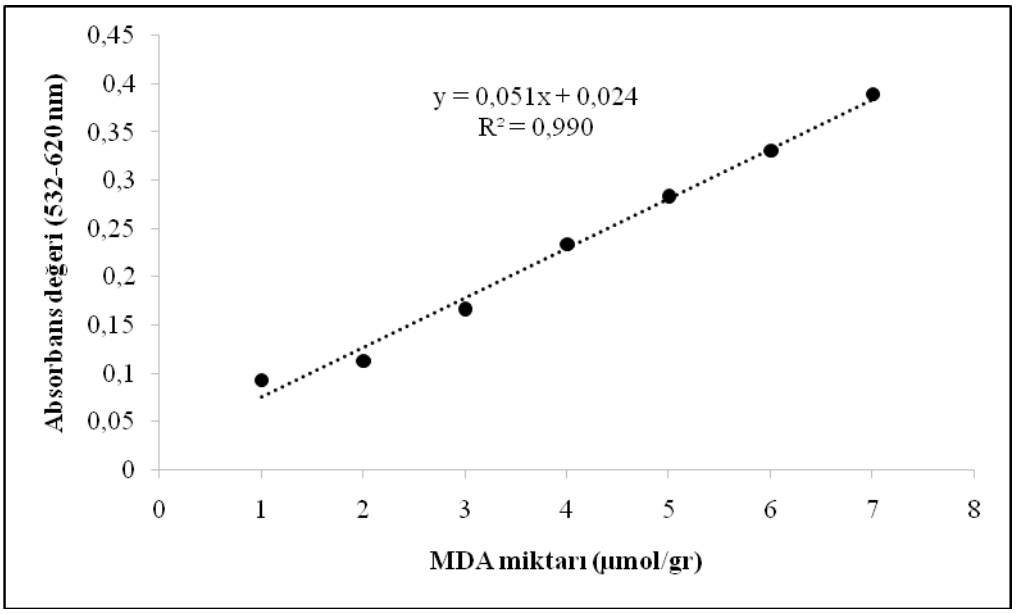


Şekil 3.18 Sukroz standart grafiği

3.2.4.4 Malondialdehid miktar tayini

Sarıçam tohumlarında malondialdehid (MDA) miktarı Lutts, Kinet and Bouharmont (1996) tarafından önerilen yöntemine göre yapılmıştır. Lipid peroksidayonunun bir ölçütü olan MDA miktarını belirlemek için 0,5 gr tohum örneği 5 mL %1'lik trikloroasetik asit (TCA) homojenize edilmiştir. Örnekler kısa süre vortekslenerek çift kat filtre kağıdı ile cam tüplere süzülmüştür. Homojenat 10.000 rpm devir hızında 10 dakika süreyle santrifüjlenmiştir. Süpernatanttan 1 mL alınarak üzerine 1 mL TBA (0,5 gr TBA %20'lik TCA içerisinde çözündürülmüştür) ilave edilmiştir. 95 ºC'deki sıcak su banyosunda 1 saat inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonunda buz banyosunda soğutulan örnekler, spektrofotometrede 532 ve 600 nm dalga boylarında absorbans değerleri okunmuştur. Spektrofotometreyi dengelemek için ise kör olarak içerisinde %20 TBA bulunan % 0,1'lik TCA kullanılmıştır. Tohumlardaki MDA miktarı, "soğurma katsayısı" olan 155 $mMcm^{-1}$ kullanılarak µmol/gr olarak hesaplanmıştır (Şekil 3.19).

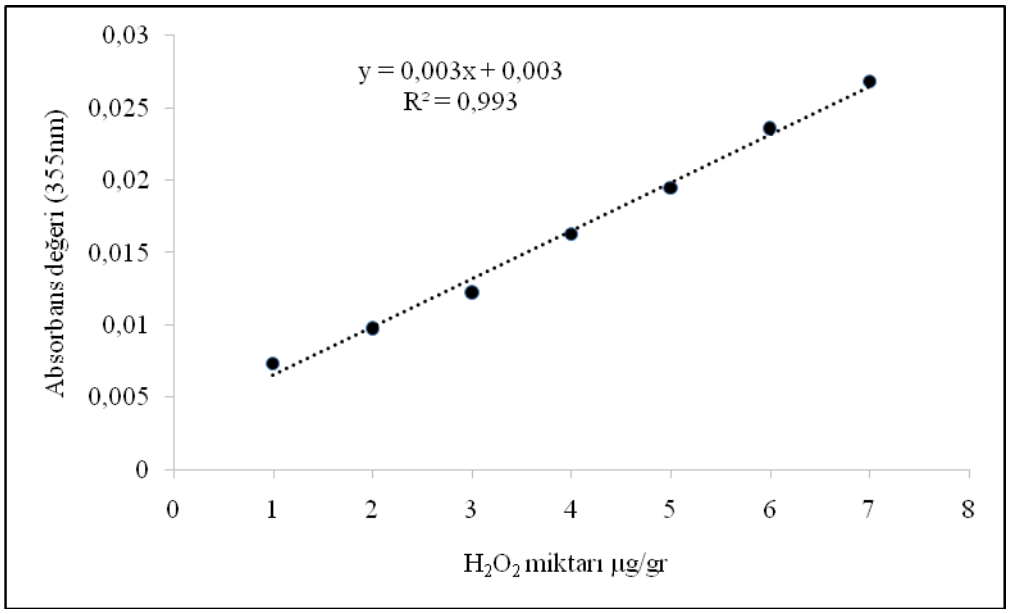
MDA: (A532-A600) x ekstrakt hacmi (mL)/155/cm x örnek miktarı (mg) (3.5)



Şekil 3.19 MDA standart grafiği

3.2.4.5 Hidrojen peroksit miktar tayini

Sarıçam tohumlarında hidrojen peroksit (H_2O_2) miktarları Velikova vd. (2000) yöntemine göre yapılmıştır. H_2O_2 miktarının belirlenmesi için 0,5 gr tohum örneği 5 mL %1'lik trikloroasetik asit (TCA) ile hazırlanan tampon içerisinde homojenize edilmiştir. Örnekler 10000 rpm'de 10 dk santrifüjlenmiştir. 0,5 mL süpernatant üzerine 10 mM (pH :7) potasyum fosfat tamponu ve 1 M potasyum iyodür (KI) ilave edilmiştir. Karışım, 355 nm'de absorbans değerleri kaydedilmiştir. Daha sonra 2, 4, 8, 16, 20 ve 24 µL konsantrasyonlarında hazırlanan standartlardan elde edilen grafik yardımıyla H_2O_2 miktarı belirlenmiştir (Şekil 3.20).



Şekil 3.20 H_2O_2 standart grafiği

3.2.4.6 Enzim aktivitelerinin belirlenmesi ve ekstraktların hazırlanması

Örneklerin enzim aktivitelerinin belirlenmesinde enzim ekstratları hazırlanmıştır. Enzim ekstraktlarını hazırlamak için; 0,5 gr tohum örneği 50 mM'lık (içinde 0,1 mM Na-EDTA bulunan, pH 7,6) fosfat tampon çözeltisi ile (5 mL) homojenize edilmiştir. Homojenize edilen örnekler 15 dk süre 10000 rpm ve + 4'de 15 dk santrifüj edilmiştir. Elde edilen süpernatantta POD ve SOD enzimlerinin aktiviteleri ölçülmüştür.

3.2.4.6.1 Süperoksid distumaz enzim aktivitesinin belirlenmesi

Süperoksit dismutaz (SOD) aktivitesi, nitro blue tetrazoliumun (NBT) süperoksit radikalleri ile mavi renkli formazona fotokimyasal indirgenmesi reaksiyonunun SOD enzimi tarafından engellenmesi diye ifade etmiştir (Esim ve Atıcı 2014). Reaksiyon karışımı (SOD çözeltisi), 50 mM KH_2PO_4 (pH: 7,8), 13 mM metiyonin, 63 µM NBT, 13 µM riboflavin ve 0,1 mM EDTA içermektedir. Bu çözeltiyi hazırlarken riboflavin en son ekleneceğinden karışıma eklenmemiştir. Tüplere alınan bu çözeltinin üzerine 30 µL enzim ekstraktı eklenmiştir. Daha sonra üzerine 390 µL pipetlenip riboflavin çözeltisi eklenmiştir. Riboflavin de eklenip, karıştırıldıktan sonra reaksiyona girmesi için beyaz

ışık kaynağının karşısında 15-20 dk bekletilmiştir. Renkleri değişen örnekler sonra 30 sn aralıklarla 2 dk boyunca 560 nm dalga boyunda ölçüm yapıldı. Yani 0 sn, 30 sn, 60 sn, 90 sn ve 120 sn olmak üzere 5 farklı değer okundu. SOD aktivitesi birimi EU/ mg Protein'dir (Agarwal and Pandey 2004, Esim ve Atıcı 2014, Akar 2015).

3.2.4.6.2 Peroksidaz enzim aktivitesinin belirlenmesi

POD enzim aktivitesi ölçümü için 0.1 M NaH_2PO_4 (pH: 5.5) ve 5 mM guaikol ve 5mM H_2O_2 içeren substrat çözeltisi hazırlanmıştır. Tüplere alınan bu çözeltinin üzerine 10 µL enzim ekstraktı eklenmiştir. Spektrofotometre küvetine konulan örnekler 30 sn aralıklarla 2 dk boyunca 470 nm dalga boyunda ölçüm yapıldı (Esim ve Atıcı 2014, Akar 2015). Enzim aktivitesi "enzim ünitesi" cinsinden verilmektedir. Enzim ünitesi ise 25°C'de ve optimal şartlarda 1 mikromol substratı bir dakikada ürüne dönüştüren enzim miktarında denilmektedir ve EU veya U şeklinde gösterilmektedir (Keha ve Küfrevioğlu 2012).

3.2.5 Fidanlarda yapılan morfolojik ölçümler

Yetiştirilen 2+0 yaşındaki fidanlarda morfolojik özellikleri ve bu morfolojik özellikler arasındaki ilişkileri belirlemek üzere fidan örneklerinde,

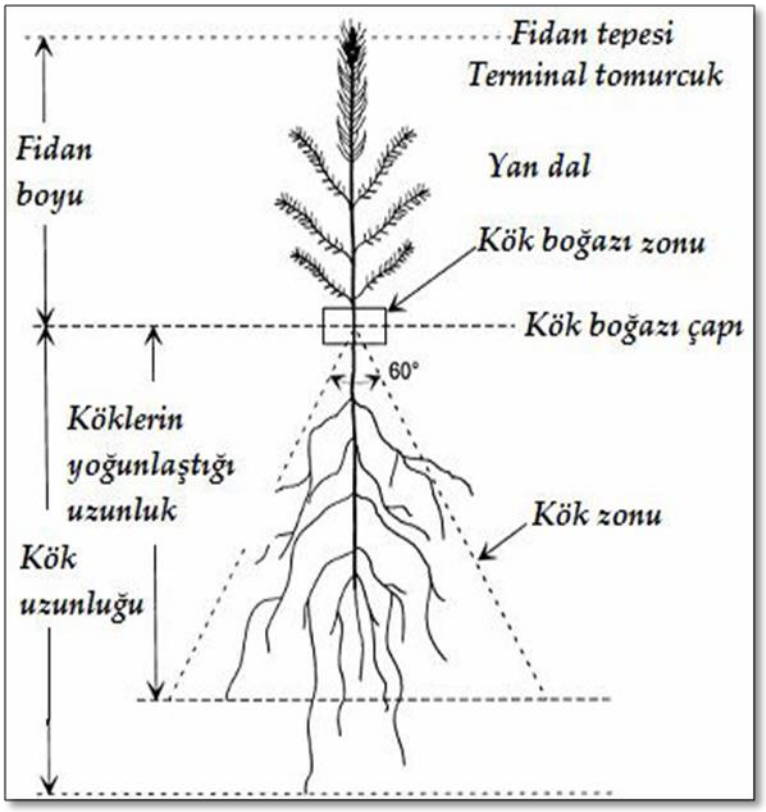
- Fidan boyu (cm)
- Kök boğazı çapı (mm)
- Kök taze/kuru ağırlıkları (gr)
- Gövde taze/kuru ağırlıkları (gr)
- Terminal sürgün boyu
- Yan kök sayısı ölçülmüştür.

Bulunan değerlerden gürbüzlük indisi (Gİ), katlılık indisi (Kİ) ve Dickson kalite indeksi (DKİ) hesaplanmıştır.

Fidanlar üzerinde yapılan morfolojik özelliklere Şekil 3.21'de gösterilmiştir. Morfolojik özellikleri tanımlamak amacıyla ölçümü yapılan fidan karakteristikleri (Semerci 2002);

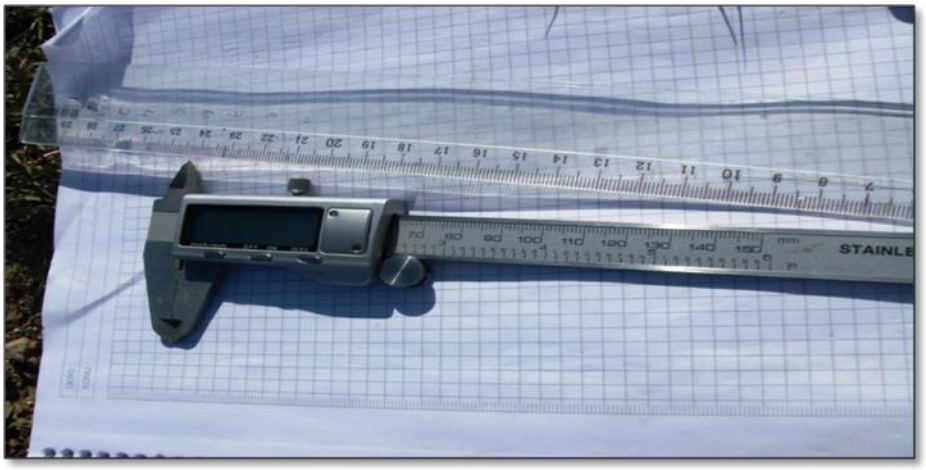
- **Fidan Boyu (cm) (FB):** Kök boğazı çapı hizasından tepe tomurcuğunu kadar olan uzunluk
- **Kök Boğazı Çapı (mm) (KBÇ):** Fidanın kök ve gövde kısımlarının birbirinden ayrıldıkları noktada ölçülen çap değeri
- **Yan Kök Sayısı (yankök):** Kök boğazı çapı hizasından kök kesimlerinin uygulandığı 25 cm'lik mesafeye kadar ana kökten ayrılan yan köklerin sayısı
- **Yan Dal Sayısı (adet) (YDS):** Gövde üzerinde bulunan 1 cm'den uzun yan dal sayısı.
- **Terminal Sürgün Boyu (TSB):** Terminal sürgüne ait terminal tomurcuğun boyu
- **Gövde Taze Ağırlığı (gr) (GTA):** Fidanın toprak üstü organlarının sökümden sonraki ağırlığı.
- **Fidan Taze Ağırlığı (FTA):** Gövde ve kök taze ağırlıklarının toplanmasıyla elde edilen değer.
- **Kök Taze Ağırlığı (gr) (KTA):** KBÇ'nın ölçüldüğü yerden kesilerek gövdeden ayrılan kök kısımlarının sökümden sonraki ağırlığı.
- **Kök Kuru Ağırlığı (gr) (KKA):** Kök boğazı çapı hizasından kesilen fidanların kurutma fırınında kurutulan kök kısımlarına ait ağırlık değerleri
- **Gövde Kuru Ağırlığı (gr) (GKA):** Kök boğazı çapı hizasından kesilen fidanların kurutma fırınında kurutulan gövde kısımlarına ait ağırlık değerleri
- **Fidan kuru ağırlığı (FKA):** Gövde ve kök kuru ağırlıklarının toplanmasıyla elde edilen değer.
- **Gürbüzlük İndisi (Gİ) = [FB (mm) / KBÇ (mm)]:** FB değerinin KBÇ değerine bölünmesi sonucu elde edilen oransal değer.
- **Katlılık indisi (Kİ) = [GKA (gr) / KKA (gr)]:** Gövde kuru ağırlığının kök kuru ağırlığına bölünmesiyle elde edilen oransal değer.
- **Kuru Kök Yüzdesi (%K Kök) = [KKA (gr) / FKA (gr) x 100]:** KKA değerinin FKA değerine bölünmesiyle elde edilen oransal değerin yüzdesi.

- **Dickson Kalite İndeksi (DKİ) = [FKA (gr) / [(FB (cm) / KBÇ (mm)) + (GKA (gr) / KKA(gr)]]:** FKA değerinin, FB (cm) / KBÇ (mm) ile katlılık değerlerinin toplamına bölünmesiyle elde edilen değer.



Şekil 3.21 Bir fidanın şematik görünümü (Rigney ve Kranzler 1996'dan değiştirilmiş olarak Deligöz 2007)

Fidanların boy ölçümlerinde 0,1 cm duyarlıktaki cetvel, kök boğazı çapı ölçümlerinde 0,1 mm duyarlıktaki dijital kumpas kullanılmıştır (Şekil 3.22).



Şekil 3.22 Çalışmada kullanılan cetvel ve dijital kumpas

Yetiştirilen 2+0 yaşındaki sarıçam fidanlarından her bir populasyonu temsil edecek rastgele şekilde 20'şer adet fidan seçilmiştir. Seçilen fidanlar laboratuvara getirilmiş ve diğer morfolojik ölçümler yapılmıştır. Öncelikle fidan kökleri zarar görmeyecek şekilde su içerisinde çözündürülerek topraklardan arındırılmıştır ve kalan toprak kalıntıları su ile yıkanıp, temiz hale getirilmiştir. Bu işlem sırasında kök kaybı oluşmaması için özen gösterilmiştir. Kalan toprak kalıntılarından da arındırıldıktan sonra fidanlar emici kâğıtların yardımıyla fazla sularından kurutularak hava kurusu haline getirilip, ölçümlere başlanılmıştır (Şekil 3.23). Fidan kök boğazı çapı hizasından 25 cm uzunluğuna kadar olan yan kökleri sayılmıştır (Semerci 2002). Kök boğazı çapı hizasından kesilerek fidanların kök ve gövde kısımları ayrılmış olup, ölçüm hassasiyeti 0.001g olan dijital terazide kök ve gövde kısmının taze ağırlıkları ölçülmüştür. Kök ve gövde kuru ağırlıklarını ölçmek için ise etüvde 105 ^{0}C (± 2)' de 24 saat bekletilmiştir. Etüvden çıkartılan gövde ve kök kısımları tekrar tartılmıştır ve kuru ağırlık değerleri ölçülmüştür.



Şekil 3.23 Fidanlarda morfolojik ölçümler için yapılan aşamalar

3.2.6 Fidanlarda kimyasal analizlerin belirlenmesi

Yetiştirilen 2+0 yaşındaki sarıçam fidanlarından her bir populasyonu temsilen 20'şer adet fidan laboratuvara getirilmiştir. Her populasyonun kendi aralarında dört grup oluşturularak fidanların ibrelerinde klorofil a ve b, karotenoid tayini yapılmıştır.

3.2.6.1 Klorofil ve karotenoid miktarının tayini

Fidanlarda klorofil ve karotenoid miktarlarının belirlenmesi için 0,5 gr taze iğne yaprak sıvı azot içerisinde ezilip üzerine 10 mL %80'lik aseton ile homojenize edilmiştir. Homojenatlar eppendorf tüplerine alınıp, 3000 rpm'de 10 dakika santrüfüj edilmiştir. Daha sonra, süpernatantlar alınarak üç farklı spektrofotometre değerinde (450, 645, 663 nanometre (nm)) ölçümler yapılmıştır. Deneyler dört tekrarlı yapılmıştır (Şekil 3.24). Arnon denklemi (Arnon 1949) yardımıyla toplam klorofil miktarı, Jaspars formülü (Witham vd. 1971) ile de karotenoid miktarları hesaplanmıştır.

Klorofil a mg /gr örnek:

$$[(12,7 \times A663)] - [(2.69 \times A645)] \times [(V/1000 \times W)] \quad (3.6)$$

Klorofil b mg/gr örnek:

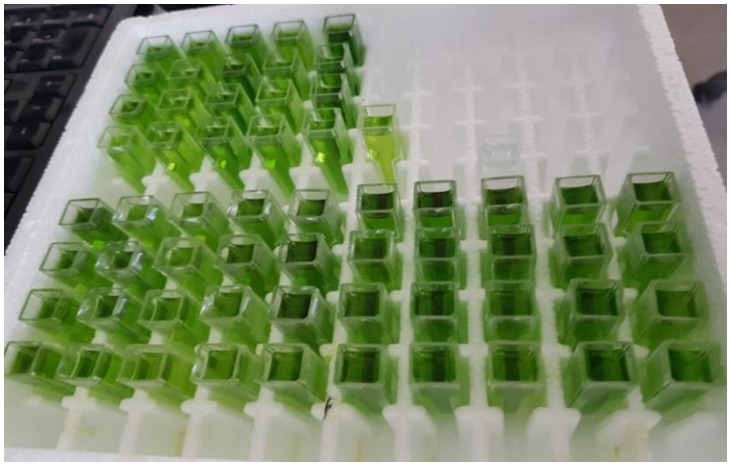
$$[(22,9 \times A645)] - [(4.68 \times A663)] \times [(V/1000 \times W)] \quad (3.7)$$

Toplam klorofil mg/gr örnek:

$$(a+b)=[(20,2 \times A645)] + [(8,02 \times A663)] \times (V/1000 \times W)] \quad (3.8)$$

Toplam karotenoid mg/gr örnek:

$$[(4.07 \times D450)] – [(0,0435 \times \text{klorofil a} + 0.367 \times \text{klorofil b})] \quad (3.9)$$



Şekil 3.24 İğne yapraklarda fotosentetik pigmentlerin miktarlarının tayini

3.2.7 Toprak özelliklerinin belirlenmesi

3.2.7.1 Toprak örneklerinin analize hazırlanması

Örnekleme noktalarından üç farklı derinlikten alınan toplamda 285 adet toprak örneği laboratuvara getirilmiştir (Şekil 3.25). Laboratuarda hava kuru hale getirilmiş, tokmak yardımıyla dövülmüş ve 2 mm'lik elekten elenen örnekler toprak analizlerine hazır hale getirilmiştir. Analize hazır hale gelen toprak örneklerinin pH, EC, tekstür, kireç ve organik madde miktarları belirlenmiştir.



Şekil 3.25 Toprak örneklerinin kurutulması

3.2.7.2 Toprak analizleri

Populasyonlardan alınan toprak örnekleriyle seçilen ağaç bireylerinin tohum- toprak ilişkisini ortaya koymak amacıyla toprak reaksiyonu (pH), elektriksel iletkenlik, toprak tekstürü, toprak organik maddesi, kireç miktarı analizleri yapılmıştır. Bu analizlere ait yöntemler aşağıda verilmiştir.

Toprak Reaksiyonu (pH): Toprak reaksiyonu 1:5 oranında toprak-saf su karışımda pH metre ile (Hartlange Multimetre PHC 101 probu kullanılarak) ölçülmüştür (McLean 1982).

Elektriksel İletkenlik (EC): Elektriksel iletkenlik 1:5 oranında toprak-saf su karışımda (Hartlange Multimetre CDC 101 probu kullanılarak) ölçülmüştür (McLean 1982).

Toprak reaksiyonu (pH) ve elektriksel iletkenlik (EC) ölçümlerinde 20 gr toprak örneği üzerine 100 mL saf su eklendikten sonra 30 dk çalkalayıcıda çalkalanmıştır, daha sonra 1 gece bekletildikten sonra ölçümler yapılmıştır.

Toprak Tekstürü: Populaayonlara ait topraklar örneklerinin kum, kil ve toz (silt) içeriklerini yüzde olarak belirlemek için Hidrometre yöntemi (Gee and Bauder 1986) kullanılmıştır. Daha sonra bulunan değerler ile tekstür üçgeni (Soil Survey Staff 1993) kullanılarak toprak tipleri belirlenmiştir.

Organik Madde: Toprakların organik madde miktarı, 0,5 gr tartılan toprak örneği Walkley-Black ıslak yakma yöntemi ile yapılmıştır (Kaçar 1995, Nelson and Sommers 1982).

Kireç ($CaCO_3$) miktarı: Scheibler kalsimetre metoduna göre ölçülmüş ve yüzde olarak ifade edilmiştir (Pansu and Gautheyrou, 2006). 0,5 gr toprak örneği tartıldıktan sonra %10'luk HCL asit ile muamele edilerek kalsimetrede tayin edilmiştir (Kacar 1995).

Bitkiye Yarayışlı Fosfor (P_2O_5): Numune kapları içerisine alınan toprak örneğinin üzerine 0,5 M Sodyum Bikarbonat ($NaHCO_3$) ile eklenerek ekstrakte edildi. Buradan elde edilen süzüntü üzerine askorbik asit eklendi. Daha sonra askorbik asit ile mavi renk elde edilerek ve ışık absorbsiyonu 660 nm dalga boyunda spektrofotometre kullanılarak yarayışlı fosfor içeriği belirlendi (Olsen *et al.* 1954).

3.2.8 Verilerin değerlendirilmesi ve istatistiksel analizler

2.2.5.1 İstatistiksel analizler

Laboratuvarda yapılan tohum kimyasal özellikleri (prolin, protein, glikoz, fruktoz, sukroz, MDA, H_2O_2, SOD, POD), toprak özellikleri (pH, EC, organik madde, kireç ($CaCO_3$) miktarı, kum, kil, silt yüzdeleri) ve fidan özelliklerine (morfolojik özellikler ve klorofil a/b, toplam klorofil, karotenoid miktarları) ilişkin veriler kullanılarak tanımlayıcı temel istatistikler (çarpıklık, basıklık, aritmetik ortalama, minimum, maximum, standart sapma, varyasyon katsayısı) SPSS 20 paket programı kullanılarak hesaplanmıştır. Tanımlayıcı istatistiklere göre veriler normal dağılım gösterip göstermediğine bakılmıştır. Çarpıklık katsayısı;|0-0,5| arasında ise hafif çarpık, |0,5-1,0| arasında ise orta düzeyde çarpık ve |1,0<| ise şiddetli çarpık olduğunu kısacası verilerin dağılımında ne kadar sağa ya da sola çarpık olduğunun bir göstergesidir. Çarpıklık değerinin 0,5'den küçük olduğunda herhangi bir dönüşüme (transformasyona) gereksinim duyulmamaktadır. Çarpıklık değeri 0,5-1 aralığında ise karekök dönüşümüne, 1'den büyük ise logaritmik dönüşüme ihtiyaç duyulmaktadır (Webster 2001). Buna göre veriler çarpıklık katsayısı dikkate alınarak dönüştürülmüştür.

Tanımlayıcı temel istatistik analizlerinden sonra tohumlarda yapılan kimyasal analizler ile toprak özellikleri arasındaki ilişkiyi değerlendirmek için Spearman korelasyon analizleri yapılmıştır. Korelasyon analizleri yapılırken tohum kimyasal özellikleri-toprak özellikleri ilişkisine bakılırken toprak derinliklerine göre 4 ayrı grupta (0-15 cm, 15-30 cm, 30-60 cm ve bu üç derinliğin ortalaması) olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca, topografya- tohum kimyasal özellikleri, fidan morfolojik özellikleri-topografya özellikler, fidan morfolojik özellikleri-toprak özellikleri ve fidan morfolojik özellikleri-topografya-toprak özellikleri olmak üzere toplamda 8 ayrı değişken grubunda korelasyon analizi yapılmıştır. Ayrıca, korelasyon analizlerinde tohum özellikleri-toprak değişkenleri arasındaki ilişkiyi hangi derinlik grubunun daha iyi sonuç verdiği tespit edilmiştir.

Faktör analizinde amaç birbirleriyle ilişkili değişkenlerden oluşan veri setini, daha az sayıda yeni değişkenler içeren veri setlerine dönüştürmek ve oluşturulan bu veri setindeki değişkenleri gruplayarak önemli ortak faktörleri belirlemektir. Önemli faktörlerin belirlenmesinde ya secree (eleme) grafiği, ya eigen değeri (özdeğer) ya da her ikisi birlikte dikkate alınır. Özdeğerin dikakte alınması halinde özdeğeri 1'den büyük olan faktörler genelde esas alınır (Mucuk 1978). Eleme grafiği (Scree plot) dikkate alındığında ise grafikteki eğimin göz kararı önemli hale geldiği noktaya karşılık gelen faktör dahil, x-ekseninde bu noktanın soluna düşen faktörler dikkate alınır. Değişkenlerin faktörlerle olan ilişkisi faktör yük değeri katsayısıyla açıklanabilmektedir. Faktör yük değerlerinin yüksek olması istenmektedir. Genel olarak değişkenin işaretine bakılmaksızın 0,6 ve üstü yüksek faktör yük değerine sahip; 0,3-0,59 arası orta düzeyde faktör yük değerine sahip olduğunu açıklamaktadır (Büyüköztürk 2002). Bazen birden fazla faktöre dolan değişken sayısını azaltmak için döndürme işlemi gerekebilir. Yaygın olarak kullanılan döndürme işlemleri Varimax, Equimax, Quartimax, Orthomax, Promax rotasyonlarıdır (Özdamar 2010). Bu çalışmada genelde en fazla tercih edilen Varimax rotasyonu kullanılmıştır. Yukarıdaki açıklamlara göre bu çalışmada yapılan faktör analizleri topografya-tohum özellikleri, tohum-toprak özellikleri, topografya-tohum-toprak özellikleri ve fidan morfolojik-topografya-toprak özellikleri olarak ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Faktör yüklemesi olarak 0,6 ve daha yüksek olan değişkenler önemli kabul edilmiştir ve önemli faktörler scree plot grafiği kullanılarak belirlenmiştir.

İkiden daha fazla grupların ortalamalarını karşılaştırmak istenildiğinde kullanılan istatistik yöntemlerden biri varyans analizidir (ANOVA; Analysis of Variance). Etkileşim etkisini değerlendirmek için çoklu karşılaştırmalardan biri olan faktöriyel ANOVA analizleri yapılmıştır. Faktöriyel analizlerinin yapılması için topografya özelliklerine göre faktör grupları oluşturulmuş olup, bu faktör gruplarının değerlendirebilmek için kodlama yapılmıştır. Belirlenen faktörler populasyon, meşcere tipi, boy, çap, yaş, bakı derecesi, eğim yüzdesi ve yükselti olmak üzere toplamda 8 ayrı faktör belirlenmiştir. Bu faktör grupları;

1. Populasyon (Çankırı-Çscd2, Çankırı-Çsd2 Yapraklı-Çscd2, Şabanözü-Çscd2, Osmangölü-Çscd2, Hızardere-Çscd2, Hızardere-Çsd2, Bayramören-Çscd2, Yenice-Çscd3, Yenice-Çsd2, Ilgaz-Çscd3, Ilgaz-Çsd2 Çatak-Çsd2, Çatak-Çscd2, Çatak-Çscd3, Çerkeş-Çsc3, Çerkeş-Çscd3, Çerkeş-Çscd2 ve Kurtçimeni-Çscd3)
2. Meşcere tipi (Çscd2, Çsd2, Çscd3 ve Çsc3)
3. Boy (6-10 m, 11-15 m, 16-20 m, 21-25 m, 26-30 m)
4. Çap (20.1-35,9 cm, 36-51,9 cm ve >52 cm)
5. Yaş (II. yaş (21-40), III. yaş (41-60), IV. yaş (61-80), V. yaş (81-100), VI. yaş (101-120), VII. yaş (121-140) ve VIII. yaş (141-165))
6. Bakı (K, KD, KB, D, GD, G, GB, B)
7. Eğim yüzdesi (%2-6, %7-12, %13-20, %21-30, %31-45)
8. Yükselti (1301-1400 m, 1401-1500 m, 1501-1600m, 1601-1700m, 1701-1800m)

Bu faktör gruplarına göre tohum kimyasal özellikleri ile topografya özellikler arasındaki ikili etkileşim ilişkileri analiz edilmiştir. Daha sonra gruplararası fark olduğundan, farklılıkların hangi gruplardan kaynaklandığını ortaya koyabilmek için post-hoc çoklu karşılaştırma testleri yapılmıştır (Köklü vd. 2006, Roscoe 1975, Kayri 2009).

Post hoc testi olarak grup ortalamaları karşılaştırılırken ortalamaların büyüklüklerine göre sıralanışlarındaki yerini dikkate alan ve en çok kullanılan yöntemlerden biri olan DUNCAN post hoc testi uygulanmıştır (Kesici ve Kocabaş 1998).

3.2.8.1 Jeoistatiksel analizler

Klasik istatistik, arazide örneklerin birbirinden bağımsız olduğunu ve örnekleme ortalamasının populasyonu en iyi şekilde temsil ettiğini varsayar (Mardia and Marshall 1984, Başbozkurt vd. 2013). Jeoistatistik ise arazide birbirlerine yakın olan örneklerin daha uzak olanlara nazaran daha benzer olduğunu ve bu benzerliğin mesafe arttıkça azaldığını varsayar (Isaaks and Srivastava 1989, Erşahin ve Karahan 2015). Klasik istatistik yöntemlerinden farklı olarak, jeoistatistik; örneklerin alındıkları koordinatları da hesaba katarak örnekler arası ilişkiyi istatistiksel olarak hesaplama metodudur (Clark 1979, Yeşilkanat vd. 2014)

Jeoistatistik, Güney Afrika'daki maden endüstrisinde maden cevherlerindeki altın miktarını tahmin etmek amacıyla ilk olarak D.G. Krige (1951, 1960) tarafından geliştirilmiştir. Daha sonra, George Matheron bu yöntemi "bölgeselleştirilmiş değişkenler teorisi" diye birleştirmiştir. Bu teori ile ilgili değişkenin örneklenmemiş noktalardaki tahmini için temel yöntemleri kapsamaktadır (Trangmar *et al.* 1985, Erşahin ve Karahan 2015). Aynı zamanda ilgili değişkenin örneklenmemiş noktalardaki değerlerini tahmin etmek jeoistatistiğin temel amaçlarından biridir (Zhang 2011, Webster and Oliver 2007). Bu nedenle jeoistatistik, uzaysal veya zamansal olayları karakterize etmek için kullanılan önemli bir tekniktir (Zhang 2011).

Jeoistatistiğin uygulanabilmesi için, veri çiftleri arasında mesafeye bağlı bir benzerliğin olması ve benzerliğin tüm alana uygulanabilir olması gerekir. Jeoistatistik analiz, tanımlayıcı temel istatistik, uzaysal yapının modellenmesi (variogramın modellenmesi) ve uzaysal enterpolasyon (krigleme, ortak-krigleme, indikatör krigleme vs.) olmak üzere üç aşamadan oluşmaktadır (Erşahin ve Karahan 2015).

Semivaryogram; herhangi bir değişkenin uzaysal bağımlılık yapısını ifade eder. Örnek çiftleri arasındaki *h* uzaklığına bağlı olarak değişkenlerin arasındaki farkların varyansını ifade eder ve "γ (h)'' olarak ifade edilir. Diğer bir ifadeyle, iki nokta arasındaki varyansın büyüklüğü noktalar arasındaki mesafenin büyüklüğüne bağlıdır (Yeşilkanat vd. 2014). Uzaklık değerlerinin varyansının grafikte gösterimi semivaryogram olarak

tanımlanır. Belirli bir h mesafesi ile ayrılmış örnek çiftlerine ilişkin deneysel semivaryans (γ (h)), Eşitlik (3.10) kullanılarak hesaplanabilir (Isaaks and Srivastava 1989).

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N}\sum_{i=1}^{N}\left(z(x) - z(x+h)\right)^2 \qquad (3.10)$$

Eşitlikte;

h : lag

γ (h) : h uzaklığı için semivaryans

z (xi) : x noktasında ölçülmüş değer

z (xi+h) : x+h noktasında ölçülmüş değer

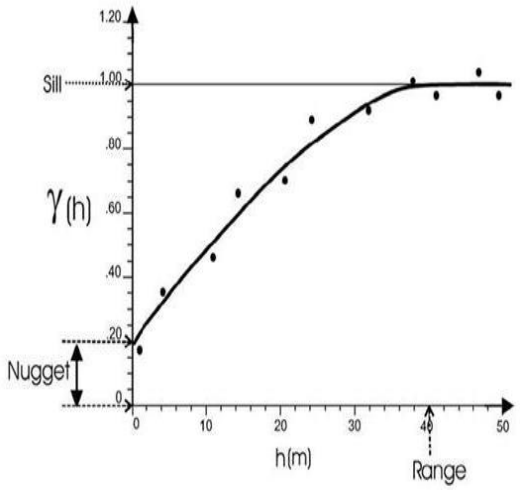
N : Toplam çift sayısı

Semivaryogramlar genelde geçişli ve geçissiz diye ikiye ayrılmaktadır. Geçissiz semivaryogramda örnekleme alanında aritmetik ortalama ve varyansın alanın genişliğinden bağımsız olduğunu varsayar (Erşahin ve Karahan 2015).

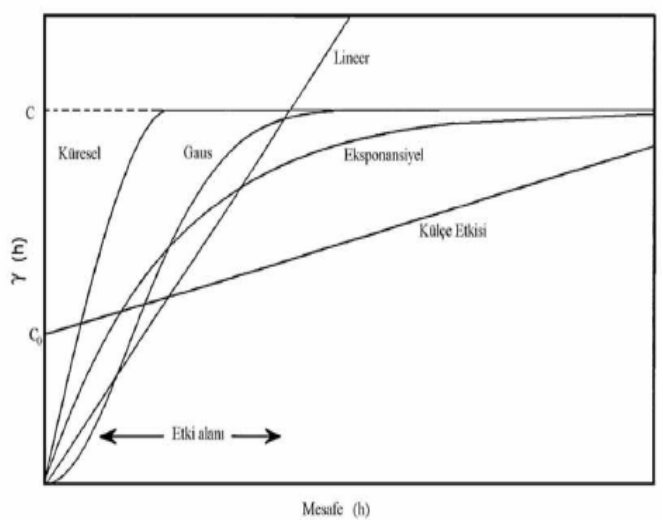
Semivaryogram grafiğinde ayırma mesafesi (lag mesafesi-h) arttıkça semivaryans değerleri de artmaktadır. Grafik başta hızlı olarak artarken daha sonra yavaş yavaş artarak belli bir değere ulaşır. Bu mesafeden sonra grafik artış göstermeyip düz bir şekilde devam eder. Grafiğin ulaştığı en yüksek semivaryans değerine (y ekseni üzerindeki değer) "sill'', sill değerinin x ekseninde denk geldiği mesafeye ise "range'' değeri denilmektedir. Range değerine kadar örnekler arasında uzaysal bir ilişki vardır, range değerinden daha uzun mesafelerle birbirinden ayrılmış örnekler arasında uzaysal bir ilişki söz konusu değildir. Semivaryogram bazen sıfır noktasından başlamayabilir, başladığı y eksenini kestiği yerdeki değer de "nugget'' olarak adlandırılmaktadır. Deneysel semivaryogram modellenerek bu parametreler (sill, range, nugget) elde edilir

(Şekil 3.26) ve bu değerlere göre ilgili değişkenin uzaysal yapısı belirlenir (Erşahin ve Karahan 2015).

Deneysel semivaryogram modellenmesinde, Küresel (spherical), Gaussian, Üssel (exponential) ve Linear olmak üzere farklı modeller mevcuttur (Şekil 3.27).



Şekil 3.26 Tipik bir semivaryogram parametreleri



Şekil 3.27 Başlıca semivaryogram modelleri

Semivaryogramın modellenmesinde hangi modelin uygulanacağı önemlidir. Model seçiminde bazı kriterler esas alınmaktadır. Genellikle regresyon katsayısının r^2 en

büyük, RSS (hata kareler toplamı (Residual Sum of Squares)) ise en küçük yapan model en uygun model olarak kabul edilir (Erşahin ve Karahan 2015). Bu sebeple; Yang vd. (2011)'a göre r^2 değerinin 1'e yakın ve RSS değerinin ise 0'a yakın olmasına dikkat edilerek en iyi modele karar verilmelidir. Semivaryans değerleri belli bir sill değerinde sabit kalmayıp azalış ve artışlar olduğunda ise bu değişimleri kapsayacak şekilde aktif lag mesafelerinin artırılıp azaltılarak uygun semivaryogram modeline karar verilmektedir (Akbaş 2004).

Semivaryogram modellenmesinde bir veri çiftini oluşturan iki nokta arasındaki mesafeye "lag" denilmektedir ve bu lagları oluşturan veri çiftlerinin birbirlerine benzerliği lag mesafesi artmasına bağlı olarak azalmaktadır (Erşahin ve Karahan 2015).

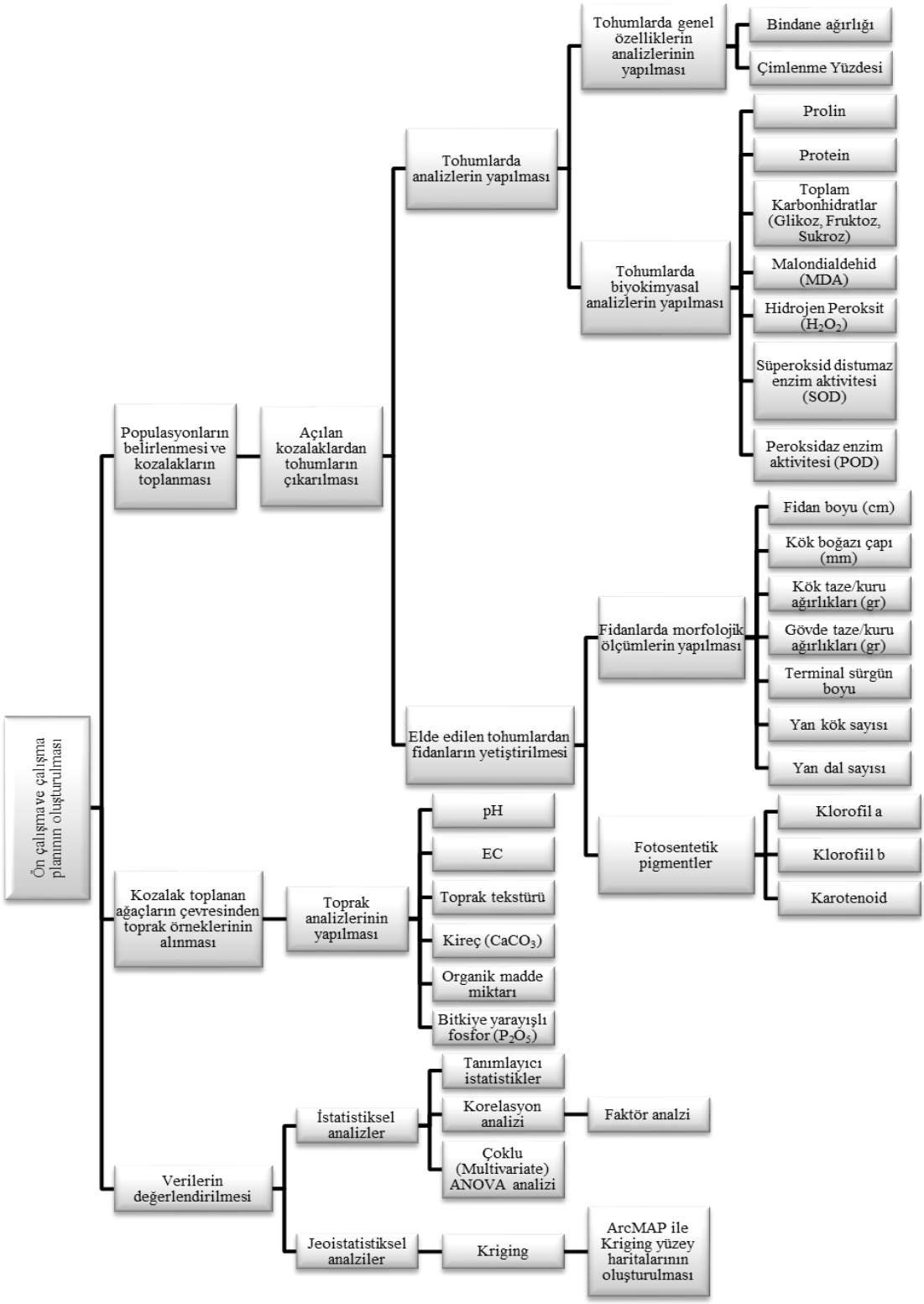
Uzaysal bağımlılığın yönle değişmesi halinde yönsel (unizotropic) semivariogramlar kullanılmalıdır (Ongun 2008). Yönsel (anizotropi) analizinde; genellikle yön olarak kuzey (0◦), kuzeydoğu (45◦), doğu (90◦) ve güneybatı (135◦) kullanılır. Belirli bir semivariogram değeri için uzunluklar alınıp, bir eksen üzerinde gösterilir. Daha sonra belirlenen mesafeler bir elips şeklinde gösterilir ve bu şekil "gül (rose) diyagramı" olarak adlandırılır. İzotropik semivaryogramda tüm yönler aynı range değerine sahiptir. Anizotropik semivaryogramda ise kuzeydoğu yönündeki 45°'lik açı ile gösterilen mesafeye "major range" ve buna 90◦'lik açı eklendiğinde güneybatı yönünde 135◦'lik açı oluşur ve bu mesafeye de "minör range" olarak adlandırılmaktadır (Erşahin ve Karahan 2015). Maksimun range ile minimum range oranı 1,4'ten daha düşük ise izotropik, 1,4'ten daha büyük olduğunda ise anizotropi olduğu kabul edilmektedir (Başbozkurt vd. 2013).

Krigleme (kriging), bir değişkenin herhangi bir noktadaki bilinmeyen değeri, bu noktanın çevresindeki noktalardaki bilinen değerler ile jeoistatistiksel olarak tahmin etme tekniğidir (Trangmar *et al.* 1985). Ancak, tahmin etmede komşu değerlerin hangisine ne kadar ağırlık vereceği önemli bir husustur ve buna ilgili semivaryogram kullanarak karar verilmesi yapılacak tahminin tarafsız ve optimal olmasına avantaj sağlar (Erşahin ve Karahan 2015). Krigleme işlemini yapabilmek öncelikle en uygun semivaryogram modeli ve bu modele ait çapraz değerlendirmenin yapılması gereklidir.

Çapraz değerlendirme, kriglemede yapılan varsayımları test etmek amacıyla kullanılmaktadır. Semivaryogram modelinin bileşenleri (range, sill, nugget, lag sayısı), kullanılan krigleme yöntemi ve nokta tahmininde bulunurken seçilen komşu sayısı gibi birçok faktör çapraz değerlendirmeyi etkilemektedir (Akbaş 2004). Ölçülmüş ve tahmin edilmiş değerler arasındaki korelasyon (r) sayısı modelin tahmin başarısını göstermektedir. Korelasyon katsayısı artıkça yapılan tahminin de o derece geçerli olmaktadır (Trangmar *et al.* 1985). Genelde yer bilimlerinde ve çevre ile ilgili çalışmalarda %70'lik başarı (r=0,70 ve üzeri) yeterli kabul edilmektedir (Erşahin ve Karahan 2015).

Bu çalışma kapsamında öncelikle tanımlayıcı temel istatistik yapılarak tohum özelliklerinin normal dağılım gösterip göstermediğine bakılmıştır. Normal dağılım göstermeyen veri setlerinde logaritma veya karekök dönüşümleri yapılmıştır. Dönüşüm yapıldığı halde halen normal dağılım göstermeyen veri setlerinde bazı veriler göz ardı edilerek normal dağılım sağlanmıştır. Tanımlayıcı temel istatistiklerin ardından her bir tohum özelliğine ilişkin semivaryogramlar elde edilmiştir. Semivaryogram modellenmesi, y ekseninde bağımlı değişken olarak hesaplanan semivaryans değerleri ve x ekseninde bağımsız değişken olarak örnek çiftler arasındaki uzaklıklar (lag) yerleştirerek oluşturulmuştur. Lag mesafelerinin her birinde örnek çifti olacak şekilde ve en iyi semivaryogramı elde etmek amacıyla tek tek denenerek yerleştirilmiştir. Tohum özelliklerine ait semivaryogramlar oluşturulurken modelin uygunluğunu gösteren R^2 ve RSS değerlerine bakılarak karar verilmiştir. R^2, RSS ve lag mesafelerinin yanı sıra sill, nugget varyans ve range parametreleri de dikkate alınmıştır. Semivaryogram modellenmesinden sonra çapraz değerlendirme yapılmıştır. Ancak, çapraz değerlendirmede semivaryogram modellemesinde maksimun range ile minimum range oranı 1,4'ten daha büyük olduğu değişkenlerde anizotropik semivaryogramlar tercih edilmiştir. Krigleme başarısının değerlendirilmesinde çapraz değerlendirme korelasyon katsayısı (r) dikkate alınmıştır. Trangmar *et al.* (1985), korelasyon katsayısı ne kadar yüksek ise tahminin de o derece geçerli olduğunu ifade etmiştir. Çapraz değerlendirmede komşu sayısı en az 10 en fazla 15 ile sınırlandırılmıştır. Daha önce GS+7.0 ile elde edilen model tipi, sill, nugget ve range değerleri ArcMAP 10.6 paket programında kullanılarak değişkenlerin krigleme yüzey haritaları elde edilmiştir.

Çalışma kapsamında yapılan analizler aşamalar halinde Şekil 3.28'de verilmiştir.



Şekil 3.28 Çalışma sırasında yapılan ve yukarıda anlatılan işlemlerin şematik aşamaları

4. BULGULAR

4.1 Tohum ve Toprak Özelliklerinin Tanımlayıcı Temel İstatistikleri

4.1.1 Tohum biyokimyasal özelliklerine ilişkin tanımlayıcı temel istatistikler

Sarıçam tohumlarında yapılan biyokimyasal özelliklerinin tanımlayıcı temel istatistikleri Çizelge 4.1'de verilmiştir. Çizelge 4.1'e bakıldığında tohum biyokimyasal özelliklerde en yüksek varyasyon kaysayısı MDA (%80,57) ve en düşük varyasyon katsayısı SOD (%10,46) için bulunmuştur. Çarpıklık katsayısına göre; bin dane ağırlığı, çimlenme yüzdesi, protein ve POD hafif çarpık, glikoz ve SOD sağa orta düzeyde çarpık, prolin ve sukroz sola şiddetli çarpık, MDA ve H_2O_2 ise sağa şiddetli çarpık bir dağılım göstermektedir.

Çizelge 4.1 Tohum biyokimyasal özelliklerinin tanımlayıcı temel istatistikleri (n=95)

Değişkenler	Min.	Mak.	AO	SS	VK %	Çarpıklık	Basıklık
Bin dane ağırlığı (gr)	5,08	12,87	8,46	1,44	17,05	0,18	0,23
Çimlenme yüzdesi (%)	19,00	95,50	68,15	17,45	25,52	-0,50	-0,64
Prolin (µmol/gr)	49,86	117,54	97,37	13,17	13,48	-1,19	1,82
Protein (mg/gr)	104,12	332,01	229,69	62,99	27,33	-0,39	-1,31
Glikoz (µg/gr)	0,45	0,87	0,62	0,10	15,56	0,85	-0,32
Fruktoz (µg/gr)	0,21	1,22	0,82	0,21	26,19	-0,58	-0,18
Sukroz (µg/gr)	0,07	0,25	0,21	0,03	12,56	-3,30	13,81
MDA (µmol/gr)	0,25	30,68	5,33	4,31	80,57	3,31	14,46
H_2O_2 (µmol/gr)	26,63	276,17	114,84	64,80	56,23	1,27	0,43
SOD (EU/mg Protein)	181,66	287,03	220,81	23,19	10,46	0,53	-0,13
POD (EU/mg Protein)	0,07	0,59	0,41	0,15	36,08	-0,44	-1,04

Max.: Maksimum, Min.: Minimum, AO.: Aritmetik Ortalama, SS: Standart Sapma, VK: Varyasyon Katsayısı.

Tohum biyokimyasal özelliklerin tanımlayıcı temel istatistikleri ağaç adedi bazında değerlendirilmiştir. Tohumlarda yapılan ölçümlerinin tek yönlü varyans analizi sonuçları populasyon bazında ise Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.2 Populasyonların tohum özelliklerinin varyans analizi sonuçları (n:95)

Populasyon No	Bin dane Ağırlığı (gr)	Çimlenme yüzdesi (%)	Prolin (µmol/gr)	Protein (mg/gr)	Glikoz (µg/gr)	Fruktoz (µg/gr)	Sukroz (µg/gr)	MDA (µmol/gr)	H_2O_2 (µmol/gr)	SOD (EU/mg Protein)	POD (EU/mg Protein)
1	9,66	77,20	98,31	169,07	0,78	0,87	0,22	16,43	147,91	202,47	0,30
2	8,34	58,20	99,21	147,57	0,80	0,82	0,21	7,32	123,23	216,56	0,37
3	8,55	72,60	92,40	163,66	0,76	0,73	0,16	6,91	247,16	212,26	0,19
4	7,99	64,80	80,47	146,37	0,76	0,90	0,18	4,91	251,51	211,81	0,46
5	9,55	78,85	105,65	204,64	0,57	1,00	0,21	5,08	66,85	226,10	0,48
6	9,35	65,50	79,44	245,39	0,52	0,62	0,22	2,99	73,75	250,19	0,44
7	8,85	74,70	83,69	221,64	0,55	0,77	0,22	1,36	73,74	198,73	0,51
8	6,66	52,70	96,06	282,80	0,53	0,47	0,20	5,00	66,86	228,05	0,43
9	8,94	86,30	106,53	206,70	0,60	0,99	0,22	3,81	92,68	213,47	0,52
10	9,01	78,20	98,51	142,10	0,57	1,01	0,23	4,59	123,87	198,39	0,48
11	6,88	71,80	96,77	228,76	0,60	0,99	0,22	7,13	128,69	207,88	0,55
12	8,95	77,90	88,95	243,53	0,64	0,99	0,24	4,48	239,47	199,91	0,40
13	7,31	44,30	90,72	303,08	0,53	0,51	0,21	3,34	74,73	214,03	0,50
14	6,33	43,20	96,54	280,00	0,54	0,62	0,20	4,48	79,65	233,72	0,46
15	8,80	56,70	103,40	277,21	0,58	0,68	0,22	5,21	72,47	238,99	0,22
16	7,98	71,40	110,70	268,83	0,59	0,86	0,22	4,38	104,31	240,50	0,33
17	9,70	67,90	104,37	283,34	0,59	0,85	0,22	5,86	73,17	214,82	0,36
18	9,62	80,00	109,29	271,02	0,63	0,89	0,22	2,91	63,69	234,95	0,42
19	8,30	72,50	109,05	278,41	0,60	1,00	0,21	5,05	78,19	252,53	0,37
F	*4,12*	*3,63*	*4,25*	*10,05*	*21,99*	*6,50*	*2,78*	*4,01*	*44,32*	*4,61*	*3,04*
P	*0,00**	*0,00**	*0,00**	*0,00**	*0,00**	*0,00**	*0,00**	*0,00**	*0,00**	*0,00**	*0,00**

**p<0,05* önem düzeyinde anlamlı

Tohumun biyokimyasal özelliklerin ortalama değerleri; bin dane ağırlığı (8,46±0,15), çimlenme yüzdesi (68,15±1,79), prolin (97,37±1,35 µmol/gr), protein (229,69±6,46 mg/gr), glikoz (0,62±0,01 µg/gr), fruktoz (0,82±0,02 µg/gr), sukroz (0,21±0,00 µg/gr), MDA (5,33±0,44 µmol/gr), H_2O_2 (114,84±6,65), SOD enzimi (220,81±2,38 EU/mg Protein) ve POD enzimi (0,41±0,01 EU/mg Protein) olarak saptanmıştır (Çizelge 4.1). Tohuma ilişkin ölçüm ve analizi yapılan 11 değişkenin; bin dane ağırlığı, çimlenme yüzdesi, prolin, protein, glikoz, fruktoz, sukroz, MDA, H_2O_2, SOD ve POD enzim aktivitesi özellikleri populasyon faktörü baz alınarak yapılan varyans analizi sonuçlarına göre $p<0,05$ önem düzeyinde anlamlı farklılıklar göstermiştir (Çizelge 4.2).

4.1.2 Toprak özelliklerine ilişkin tanımlayıcı temel istatistikler

Toprak özelliklerinin tanımlayıcı temel istatistikleri Çizelge 4.3'te verilmiştir. Çizelge 4.3'e göre toprak özelliklerinden en fazla varyasyon katsayısı fosfor (%82,43) ve en az varyasyon katsayısı pH (%9,33) için bulunmuştur. Çarpıklık katsayısına göre kum (%) ve silt (%) hafif çarpık, pH ve kil orta düzeyde çarpık, EC, OM, $CaCO_3$ (%) ve fosfor ise sağa şiddetli çarpık bir dağılımdadır.

Çizelge 4.3 Toprak özelliklerinin tanımlayıcı temel istatistikleri (n=95)

Değişkenler	Min.	Mak.	AO	SS	VK %	Çarpıklık	Basıklık
pH	4,26	6,92	5,41	0,50	9,33	0,72	0,30
EC (dS/m)	0,00	6,00	1,59	1,09	68,56	1,12	1,20
$CaCO_3$ (%)	0,00	15,85	1,98	1,55	77,86	5,20	34,15
OM (%)	0,04	34,46	7,04	5,10	72,43	1,67	4,70
Kum (%)	17,50	79,80	51,45	11,11	21,59	-0,16	-0,15
Kil (%)	12,70	67,95	31,17	8,93	28,65	0,77	1,08
Silt (%)	2,50	38,40	17,38	6,04	34,78	0,26	0,07
Fosfor (ppm)	0,00	0,48	0,09	0,07	82,43	2,30	7,90

Mak.: Maksimum, Min.: Minimum, AO.: Aritmetik Ortalama, SS: Standart Sapma, VK: Varyasyon Katsayısı, EC: Elektriksel iletkenlik, OM; Organik madde.

4.1.3 Fidanların morfolojik özelliklerine ve fotosentetik pigmentlerine ilişkin tanımlayıcı temel istatistikler

Fidanlarda yapılan morfolojik özelliklerinin tanımlayıcı temel istatistikleri Çizelge 4.4'te, fotosentetik pigmentlerin tanımlayıcı temel istatistikleri ise Çizelge 4.5'te verilmiştir. Çizelge 4.4 dikkate alındığında fidan morfolojik özelliklerinde en fazla varyasyon katsayıları gövde taze ağırlığı (GTA) (%24,81) ve gövde kuru ağırlığı (GKA) (24,98)'de, en az varyasyon katsayısı ise yan kök sayısında (%10,70) için bulunmuştur. Çarpıklık katsayısına göre yan dal, kök taze ağırlığı (KTA) ve katlılık indisi (Kİ) orta düzeyde çarpık; kuru kök yüzdesi (%) sağa şiddetli çarpık, diğer morfolojik özellikler ise hafif çarpık bir dağılım görülmüştür.

Çizelge 4.4 2+0 yaşındaki fidanların morfolojik özelliklerinin tanımlayıcı temel istatistikleri (n=1900)

Değişkenler	Min.	Mak.	AO	SS	VK%	Çarpıklık	Basıklık
KBÇ (mm)	2,75	5,18	3,89	0,48	12,33	0,40	-0,09
FB (cm)	5,32	14,06	9,48	1,66	17,49	0,43	0,07
Yan Kök (adet)	16,18	31,27	23,96	2,56	10,70	-0,24	0,57
Yan Dal (adet)	1,40	6,44	3,15	0,87	27,51	0,58	1,01
TSB (mm)	0,76	1,73	1,14	0,15	13,63	0,46	1,47
KTA (gr)	2,60	8,56	4,67	1,06	22,66	0,81	1,38
GTA (gr)	2,02	6,88	4,13	1,02	24,81	0,44	-0,23
KKA (gr)	1,00	2,35	1,65	0,29	17,73	0,32	-0,56
GKA (gr)	0,63	2,79	1,63	0,41	24,98	0,47	0,10
FKA (gr)	1,41	5,09	3,27	0,70	21,47	0,20	-0,11
Gİ (mm)	1,77	3,35	2,44	0,30	12,23	0,39	0,29
Kkök (%)	43,83	116,48	52,20	7,51	14,38	6,89	58,23
Kİ (gr)	0,47	1,57	0,99	0,15	15,05	0,53	3,10
DKİ	0,37	1,55	0,96	0,19	19,50	0,22	0,74

Mak.: Maksimum, Min.: Minimum, AO.: Aritmetik Ortalama, SS: Standart Sapma, VK: Varyasyon Katsayısı, KBÇ: Kök boğazı çapı, FB: Fidan boyu, TSB: Terminal sürgün boyu, KTA: Kök taze ağırlığı, GTA: Gövde taze ağırlığı, KKA: Kök kuru ağırlığı, GKA: Gövde kuru ağırlığı, FKA: Fidan kuru ağırlığı, Gİ: Gürbüzlük indisi, %Kkök: kuru kök yüzdesi, Kİ: katlılık indisi, DKİ:Dickson kalite indisi.

Bu morfolojik ölçümlere göre FB (5,32-14,06 cm), KBÇ (2,75-5,18 mm), Yan kök (16,18-31,27), Yan dal (1,40-6,44), TSB (0,76-1,73 cm), KTA (2,60-8,56 gr), GTA (2,02-6,88 gr), KKA (1,00-2,35gr), GKA (0,63-2,79 gr), FKA (1,41-5,09 gr), Gİ (17,7-33,5), %KKök (43,83-116,48), Kİ (0,47-1,57) ve DKİ (0,37-1,55) değerlerinde bulunmuştur (Çizelge 4.4). Morfolojik ölçümlerin ortalama değerleri; FB 9,48±0,17 cm, KBÇ 3,89±0,05 mm, Yan kök 23,96±0,26, Yan dal 3,15±0,09, TSB 1,14±0,02 cm, KTA 4,67±0,11 gr, GTA 4,13±0,11 gr, KKA 1,65±0,03 gr, GKA 1,63±0,04 gr, FKA 3,27±0,07 gr, Gİ 2,44±0,03, %KKök 52,20±0,77, Kİ 0,99±0,02 ve DKİ 0,96±0,02 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.5'e göre en yüksek varyasyon katsayısı klorofil b (45,02) ve en düşük varyasyon katsayısı ise karotenoid (28,87) göstermektedir. Çarpıklık katsayısını göre Klorofil b sağa şiddetli çarpık dağılımı gösterirken diğerleri hafif çarpık dağılım göstermiştir.

Çizelge 4.5 2+0 yaşındaki fidanlarda fotosentetik pigmentlerinin tanımlayıcı temel istatistikleri (n=95)

Değişkenler	Min.	Mak.	AO	SS	VK %	Çarpıklık	Basıklık
Kl*a* (mg/gr)	0,03	0,15	0,09	0,03	30,56	-0,08	-0,53
Kl*b* (mg/gr)	0,01	0,08	0,03	0,01	45,02	1,32	2,79
Karotenoid (mg/gr)	2,68	10,44	6,29	1,82	28,87	0,17	-0,36

Mak.: Maksimum, Min.: Minimum, AO.: Aritmetik Ortalama, SS: Standart Sapma, VK: Varyasyon Katsayısı, Kla: Klorofil a, Klb: Klorofil b.

İbrelerde yapılan fotosentetik pigment analizlerine göre ortalama klorofil a değeri 0,09±0,003 mg/gr, ortalama klorofil b değeri 0,03±0,001 mg/gr ve ortalama karotenoid değeri 6,29±0,186 mg/gr olarak bulunmuştur (Çizelge 4.5). Populasyonlar bazında fidanların morfolojik ve fotosentetik pigmentlerinin tek yönlü varyans analiz sonuçları Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.6 2+0 yaşlı **f**idanların morfolojik özelliklerinin ve fotosentetik pigmentlerin varyans analizi sonuçları (n=1900)

Populasyon No	KBÇ (mm)	FB (cm)	Yan Kök (adet)	Yan Dal (adet)	TSB (mm)	KTA (gr)	GTA (gr)	KKA (gr)	GKA (gr)	FKA (gr)	Gi (mm)	Kkök (%)	Kİ (gr)	DKİ	Klorofil *a* (mg/gr)	Klorofil *b* (mg/gr)	Karotenoid (mg/gr)
1	4,03	9,41	25,93	2,99	1,14	5,75	4,22	1,83	1,67	3,50	23,35	53,32	0,92	1,10	0,09	0,03	6,24
2	3,75	9,24	23,20	3,23	1,07	4,59	3,83	1,60	1,50	3,10	24,64	54,40	0,90	0,92	0,10	0,03	6,96
3	3,67	8,88	25,41	2,23	1,04	3,66	3,56	1,38	1,43	2,81	24,20	50,70	1,00	0,82	0,11	0,03	7,37
4	3,85	9,21	23,63	3,75	1,18	4,48	4,01	1,55	1,57	3,11	23,92	51,39	1,06	0,92	0,08	0,02	5,76
5	3,66	8,87	24,70	2,80	1,13	4,41	3,84	1,60	1,54	3,14	24,23	51,92	0,96	0,95	0,09	0,03	6,06
6	3,80	9,16	24,22	2,96	1,15	4,67	3,94	1,59	1,57	3,16	24,11	51,64	0,99	0,95	0,08	0,02	5,83
7	3,90	9,61	24,24	2,94	1,18	4,33	4,03	1,56	1,54	2,83	24,64	63,98	0,96	0,83	0,10	0,03	6,50
8	3,98	9,79	23,07	3,01	1,10	4,66	4,06	1,61	1,54	3,15	24,60	52,10	0,97	0,92	0,08	0,02	5,90
9	4,15	11,39	24,08	3,53	1,37	5,28	5,15	1,98	2,07	4,06	27,45	50,04	1,02	1,08	0,11	0,03	7,62
10	3,81	10,57	22,89	3,52	1,25	4,61	4,29	1,73	1,72	3,46	27,74	51,89	0,97	0,93	0,09	0,03	6,29
11	3,61	7,82	24,39	2,57	1,17	4,48	3,44	1,48	1,35	2,84	21,66	52,93	0,92	0,94	0,09	0,04	6,43
12	4,36	10,81	23,30	3,52	1,12	4,80	4,90	1,82	1,99	3,81	24,79	48,67	1,09	1,08	0,09	0,03	5,76
13	3,95	8,94	20,68	2,67	1,10	4,17	3,88	1,50	1,55	3,05	22,63	50,34	1,08	0,93	0,08	0,02	5,56
14	3,62	9,20	24,01	3,34	1,07	4,55	4,14	1,55	1,59	3,14	25,41	50,53	1,02	0,88	0,08	0,03	5,47
15	4,06	9,64	24,30	4,00	1,14	5,42	4,55	1,85	1,81	3,66	23,74	51,74	0,97	1,09	0,09	0,03	5,86
16	3,87	9,30	23,02	2,66	1,02	4,77	4,18	1,69	1,71	3,39	24,03	50,76	1,02	1,00	0,09	0,04	6,55
17	3,93	9,87	24,07	3,06	1,20	4,81	4,24	1,61	1,63	3,24	25,11	50,87	1,02	0,92	0,09	0,03	5,52
18	3,85	8,95	25,36	3,92	1,10	4,34	3,80	1,63	1,53	3,17	23,25	52,42	0,94	0,98	0,10	0,03	6,99
19	3,98	9,49	24,82	3,18	1,09	5,05	4,33	1,77	1,72	3,50	23,84	52,20	0,96	1,05	0,10	0,03	6,89
F	*4,09*	*6,31*	*5,48*	*10,36*	*8,22*	*6,67*	*4,44*	*6,13*	*4,99*	*6,24*	*5,26*	*9,57*	*2,08*	*5,34*	*0,57*	*0,67*	*0,57*
P	*0,00**	*0,00**	*0,00**	*0,00**	*0,00**	*0,00**	*0,00**	*0,00**	*0,00**	*0,00**	*0,00**	*0,00**	*0,00**	*0,00**	*0,91* ^{ns}	*0,83* ^{ns}	*0,91* ^{ns}

KBÇ: Kök boğazı çapı, FB: Fidan boyu, TSB: Terminal sürgün boyu, KTA: Kök taze ağırlığı, GTA: Gövde taze ağırlığı, KKA: Kök kuru ağırlığı, GKA: Gövde kuru ağırlığı, FKA: Fidan kuru ağırlığı, Gİ: Gürbüzlük indisi, %Kkök: kuru kök yüzdesi, Kİ: katlılık indisi, DKİ:Dickson kalite indisi, Kl*a*: Klorofil *a*, Kl*b*: Klorofil *b*.
**p<0,05* önem düzeyinde anlamlı, ^{ns} *p<0,05* önem düzeyinde anlamlı değil

Fidanlara ait bütün morfolojik özellikler ve fotosentetik pigment değerleri, populasyonlar arasında *p<0,05* önem düzeyinde anlamlı farklılık göstermemiştir (Çizelge 4.6).

4.2 Tohum Özelliklerine İlişkin Korelasyon Analizleri

4.2.1 Topografya özellikleri ile tohum özellikleri arasındaki ilişkilerin korelasyon analizleri

Topografya özellikleri ile tohum biyokimyasal özellikleri arasında yapılan korelasyon analizi sonuçları Çizelge 4.7'de verilmiştir. Çizelge 4.7'ye göre hem topografya özellikleri ile tohum özellikleri, hem de tohum özelliklerinin kendi aralarındaki ilişkileri değerlendirilmiştir. *p<0,01* önem düzeyinde populasyon ile prolin, protein ve SOD enzimi özellikleri arasında kuvvetli pozitif ilişki; populasyon ile glikoz ve H_2O_2 arasında ise negatif ilişki bulunmuştur. Meşcere tipi ile boy ve prolin, yaş ile boy ve çap, bakı ile fruktoz arasında pozitif ilişki (*p<0,01*) bulunmuştur. Ayrıca bakı ile protein ve SOD enzimi arasında ise negatif ilişki (*p<0,01*) görülmüştür.

Tohum özelliklerinin aralarındaki ilişkiler Çizelge 4.7 görülmektedir. Tohumların bin dane ağırlığı ile çimlenme yüzdesi ve sukroz özellikleri, glikoz ile ile MDA ve H_2O_2 ve fruktoz ile çimlenme yüzdesi arasında *p<0,01* önem düzeyinde pozitif ilişki tespit edilmiştir. *p<0,01* önem düzeyinde protein ile glikoz, H_2O_2 ile SOD enzim aktivitesi arasında negatif ilişki ortaya çıkmıştır. POD enzim aktivitesi ile bin dane ağırlığı arasında *p<0,05* önem düzeyinde negatif ilişki saptanmıştır. Klorofil a iel klorofil b ve karotenoid arasında *p<0,01* önem düzeyinde pozitif ilişki bulunmuştur.

Çizelge 4.7 Topografya özellikler ile tohum özelliklerine ilişkin korelasyon analizleri (n=95)

	P	MT	Boy	Çap	Yaş	Bakı	Yük.	Eğim	BA	ÇY	Prolin	Protein	Glikoz	Fruktoz	Sukroz	MDA	H_2O_2	SOD	POD	Kla	Klb	Kar.
P	1,000																					
MT	0,334**	1,000																				
Boy (m)	-0,181	0,403**	1,000																			
Çap (cm)	-0,222*	0,094	0,424**	1,000																		
Yaş (adet)	-0,131	0,270**	0,495**	0,496**	1,000																	
Eğim (%)	-0,142	-0,007	0,079	-0,178	0,001	1,000																
Bakı	-0,195	0,047	-0,123	-0,051	0,084	0,273**	1,000															
Yük. (m)	-0,377**	-0,199	0,048	0,011	-0,146	-0,097	-0,037	1,000														
BA (gr)	-0,021	0,039	-0,026	-0,199	-0,141	0,038	-0,201	0,118	1,000													
ÇY (%)	-0,122	0,092	0,135	-0,127	-0,108	0,167	-0,065	0,163	0,449**	1,000												
Prolin (µmol/gr)	0,373**	0,297**	-0,135	-0,196	-0,211*	0,090	-0,025	-0,222*	0,133	0,146	1,000											
Protein (mg/gr)	0,612**	0,155	0,015	-0,016	0,066	-0,331**	-0,190	-0,229*	-0,224*	-0,279**	0,111	1,000										
Glikoz(µg/gr)	-0,505**	-0,031	-0,002	0,054	0,095	0,250*	0,118	-0,048	0,115	0,148	0,078	-0,455**	1,000									
Fruktoz (µg/gr)	-0,131	0,229*	0,033	-,249*	0,002	0,327**	0,097	0,134	0,186	0,364**	0,223*	-0,317**	0,210*	1,000								
Sukroz(µg/gr)	0,023	0,287**	0,209*	-0,045	0,022	-0,056	-0,102	0,235*	0,323**	0,236*	-0,053	-0,011	-0,069	0,163	1,000							
MDA (µmol/gr)	-0,342**	-0,033	-0,015	0,056	0,099	-0,022	0,202*	0,003	-0,074	-0,062	0,149	-0,205*	0,367**	0,136	-0,093	1,000						
H_2O_2 (µmol/gr)	-0,651**	-0,063	0,152	0,242*	0,209*	0,129	0,241*	0,116	-0,062	0,133	-0,288**	-0,444**	0,533**	0,199	0,068	0,203*	1,000					
SOD (EU/mg Protein)	0,514**	0,013	-0,297**	-0,118	-0,111	-0,190	0,036	-0,269**	-0,165	-0,217*	0,124	0,280**	-0,234*	-0,257*	-0,069	-0,103	-0,448**	1,000				
POD (EU/mg Protein)	0,033	0,045	0,111	-0,033	0,077	0,100	0,007	0,049	-0,254*	-0,021	-0,147	0,085	-0,218*	0,087	-0,015	-0,084	0,000	-0,098	1,000			
Kl*a* (mg/gr)	-0,051	0,073	-0,017	-0,011	-0,053	-0,011	-0,191	0,032	0,267**	0,270**	0,148	-0,104	0,088	0,105	0,174	0,129	0,059	-0,036	-0,104	1,000		
Kl*b* (mg/gr)	0,024	0,064	-0,068	-0,074	-0,157	0,014	-0,166	0,089	0,267**	0,232*	0,186	-0,057	0,023	0,087	0,175	0,061	0,094	-0,046	0,032	0,814**	1,000	
Kar. (mg/gr)	-0,034	0,038	-0,044	-0,055	-0,082	0,015	-0,128	0,014	0,201	0,163	0,155	-0,097	0,074	0,094	0,133	0,125	0,057	0,056	-0,082	0,934**	0,807**	1,000

P: Populasyon, MT: Meşcere tipi, Yük: Yükselti, BA: Bin dane ağırlığı, ÇY: Çimlenme yüzdesi, MDA: Malondialdehid miktarı, H_2O_2: Hidrojen peroksit miktarı, SOD: Süperoksid distumaz enzim miktarı, POD: Peroksidaz enzim miktarı
* Korelasyon 0,05 düzeyinde anlamlıdır. ** Korelasyon 0.01 düzeyinde anlamlıdır.

4.2.2 Toprak özellikleri ile tohum özelliklerine arasındaki ilişkilerin korelasyon analizleri

Toprak ve tohum özellikleri arasındaki ilişkiyi incelemek için toprak derinliklerine göre ayrı ayrı korelasyon analizleri yapılmıştır. Korelasyon analizleri 0-15 cm, 15-30 cm, 30-60 cm ve bu üç derinliğin ortalamalarına göre yapılmıştır. Korelasyon analiz sonuçlarına göre 30-60 cm derinliğinde değişkenler arasındaki ilişkiler daha yüksek bulunmuştur. Bu nedenle tohum özellikleri ile 30-60 cm derinlik için toprak özellikleri arasında yapılan korelasyon analizi sonuçları Çizelge 4.8'de toplu olarak verilmiştir. Korelasyon analizi yapıldıktan sonraki faktör analizleri ve faktöriyel anova analizleri de 30-60 cm derinliğindeki ölçümlere göre değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.8'e göre; $p<0,05$ önem düzeyinde çimlenme yüzdesi ile pH arasında, organik madde ile prolin ve SOD enzimi arasında, glikoz ile $CaCO_3$ arasında, sukroz ile EC arasında pozitif ilişki, bin dane ağırlığı ile kil arasında ise negatif ilişki bulunmuştur. $p<0,01$ önem düzeyinde ise fruktoz ile silt arasında ve MDA ile $CaCO_3$ arasında pozitif ilişki bulunurken protein ile kum ve fosfor özellikleri arasında ve H_2O_2 ile organik madde arasında negatif ilişki bulunmuştur.

Çizelge 4.8 Toprak (30-60 cm derinlik) değişkenleri ile tohum biyokimyasal özellikleri arasında korelasyon analizi sonuçları (n=95)

	BA	ÇY	Prolin	Protein	Glikoz	Fruktoz	Sukroz	MDA	H_2O_2	SOD	POD	Kla	Klb	Kar.	pH	EC	$CaCO_3$	OM	Kum	Kil	Silt	Fosfor
BA (gr)	1,000																					
ÇY (%)	0,449**	1,000																				
Prolin (µmol/gr)	0,133	0,146	1,000																			
Protein (mg/gr)	-0,224*	-0,279**	0,111	1,000																		
Glikoz (µg/gr)	0,115	0,148	0,078	-0,455**	1,000																	
Fruktoz (µg/gr)	0,186	0,364**	0,223*	-0,317**	0,210*	1,000																
Sukroz (µg/gr)	0,323**	0,236*	-0,053	-0,011	-0,069	0,163	1,000															
MDA (µmol/gr)	-0,074	-0,062	0,149	-0,205*	0,367**	0,136	-0,093	1,000														
H_2O_2 (µmol/gr)	-0,062	0,133	-0,288**	-0,444**	0,533**	0,199	0,068	0,203*	1,000													
SOD (EU/mg Protein)	-0,165	-0,217*	0,124	0,280**	-0,234*	-0,257*	-0,069	-0,103	-0,448**	1,000												
POD (EU/mg Protein)	-0,254*	-0,021	-0,147	0,085	-0,218*	0,087	-0,015	-0,084	0,000	-0,098	1,000											
Kl*a* (mg/gr)	0,267**	0,270**	0,148	-0,104	0,088	0,105	0,174	0,129	0,059	-0,036	-0,104	1,000										
Kl*b* (mg/gr)	0,267**	0,232*	0,186	-0,057	0,023	0,087	0,175	0,061	0,094	-0,046	0,032	0,819**	1,000									
Kar. (mg/gr)	0,201	0,163	0,155	-0,097	0,074	0,094	0,133	0,125	0,057	0,056	-0,082	0,936**	0,812**	1,000								
pH	0,079	0,237*	0,044	-0,115	0,179	0,298**	0,120	0,068	0,173	-0,080	0,175	0,187	0,149	0,198	1.000							
EC (dS/m)	0,080	0,047	0,233*	0,285**	0,019	0,139	0,268**	0,044	-0,138	0,160	-0,067	0,069	0,106	0,085	0,540**	1.000						
$CaCO_3$	-0,126	0,015	-0,050	-0,194	0,503**	0,089	0,052	0,306**	0,386**	-0,102	-0,077	0,185	0,116	0,189	0,439**	0,268**	1.000					
OM (%)	0,060	-0,056	0,238*	0,287**	-0,440**	0,043	0,164	-0,076	-0,497**	0,257*	0,152	-0,055	0,003	-0,036	-0.018	0,312**	-0,261*	1.000				
Kum (%)	0,208*	0,042	-0,085	-0,382**	0,251*	-0,056	-0,121	0,184	0,184	-0,087	-0,121	0,050	0,003	0,058	-0.125	-0,417**	0.133	-0,283**	1.000			
Kil (%)	-0,263*	-0,113	0,036	0,358**	-0,207*	-0,141	-0,005	-0,159	-0,113	0,136	0,055	-0,066	0,044	-0,062	0.052	0,318**	-0.123	0.188	-0,855**	1.000		
Silt (%)	0,018	0,090	0,121	0,173	-0,211*	0,357**	0,240*	-0,098	-0,179	-0,082	0,147	0,049	-0,034	0,043	0.159	0,332**	-0.133	0,338**	-0,551**	0.089	1.000	
Fosfor (ppm)	0,204*	0,207*	0,012	-0,220*	0,353**	0,152	-0,020	0,264**	0,200	-0,141	-0,094	0,111	0,084	0,113	0,386**	0,218*	0,467**	0.053	0,257*	-0,318**	-0.026	1.000

BA: Bin dane ağırlığı, ÇY: Çimlenme yüzdesi, MDA: Malondialdehid miktarı, H_2O_2: Hidrojen peroksit miktarı, SOD: Süperoksid distumaz enzim miktarı, POD: Peroksidaz enzimmiktarı, EC: Elektriksel iletkenlik, OM; Organik madde, $CaCO_3$: Kireç, * Korelasyon 0,05 düzeyinde anlamlıdır. ** Korelasyon 0.01 düzeyinde anlamlıdır.

4.2.3 Topografya özellikler ile toprak özellikleri arasındaki ilişkilerin korelasyon analizleri

Topografya özellikler ile toprak özellikleri arasındaki korelasyon analizi sonuçları Çizelge 4.9'da verilmiştir. Çizelge 4.9'a göre hem topografya özellikler arasındaki ilişki hem de topografya-toprak değişkenleri arasındaki ilişkiler değerlendirilmiştir. $p<0,01$ önem düzeyinde populasyon ile organik madde, meşcere tipi ile silt, yaş ile boy ve çap, bakı ile eğim, eğim ile fosfor özellikleri arasında pozitif ilişki bulunmuştur. Toprak özelliklerinin aralarındaki korelasyon analizi sonuçlarına göre; $p<0,01$ önem düzeyinde EC ile pH ve organik madde, $CaCO_3$ ile fosfor arasında pozitif ilişki görülürken, kum ile EC, silt ve kil arasında ve kil ile fosfor değişkenleri arasında negatif ilişki görülmüştür.

Çizelge 4.9 Topografya özellikleri ile toprak değişkenlerine ait korelasyon analizi (n=95)

	Populasyon	Meşcere tipi	Boy	Çap	Yaş	Eğim	Bakı	Yükselti	pH	EC	$CaCO_3$	OM	Kum	Kil	Silt	Fosfor
Populasyon	1,000															
Meşcere tipi	0,334**	1,000														
Boy (m)	-0,181	0,403**	1,000													
Çap (cm)	-0,222*	0,094	0,424**	1,000												
Yaş (adet)	-0,131	0,270**	0,495**	0,496**	1,000											
Eğim (%)	-0,142	-0,007	0,079	-0,178	0,001	1,000										
Bakı	-0,195	0,047	-0,123	-0,051	0,084	0,273**	1,000									
Yükselti	-0,377**	-0,199	0,048	0,011	-0,146	-0,097	-0,037	1,000								
pH	-0,155	0,085	0,226*	-0,168	-0,005	0,235*	0,036	0,150	1,000							
EC (dS/m)	0,181	0,313**	0,114	-0,170	0,005	0,095	-0,104	0,201	0,540**	1,000						
$CaCO_3$	-0,366**	-0,038	0,042	-0,029	0,131	0,166	0,076	0,003	0,439**	0,268**	1,000					
OM (%)	0,481**	0,211*	-0,044	-0,038	-0,019	-0,038	-0,124	0,135	-0,018	0,312**	-0,261*	1,000				
Kum (%)	-0,303**	-0,177	-0,169	0,046	-0,098	0,085	0,094	-0,149	-0,125	-0,417**	0,133	-0,283**	1,000			
Kil (%)	0,258*	-0,056	0,003	-0,013	0,030	-0,201	-0,081	0,154	0,052	0,318**	-0,123	0,188	-0,855**	1,000		
Silt (%)	0,187	0,482**	0,317**	-0,036	0,179	0,044	-0,050	0,161	0,159	0,332**	-0,133	0,338**	-0,551**	0,089	1,000	
Fosfor (ppm)	-0,267**	-0,020	0,083	-0,024	0,061	0,324**	0,106	0,139	0,386**	0,218*	0,467**	0,053	0,257*	-0,318**	-0,026	1,000

OM; Organik madde, $CaCO_3$: Kireç, * Korelasyon 0,05 düzeyinde anlamlıdır. ** Korelasyon 0.01 düzeyinde anlamlıdır.

4.3 Fidanların morfolojik özelliklerine ilişkin korelasyon analizleri

4.3.1 Fidan morfolojik özellikleri ile topografya özellikler arasındaki korelasyon analizi

Fidanlarda yapılan morfolojik ölçümler ile tohumların toplanıldığı ağaçların özellikleri ve topografya özellikler arasındaki ilişkiyi incelemek için yapılan korelasyon analizi sonucu Çizelge 4.10'da verilmiştir. Bu çizelgeye göre yaş faktörü, gürbüzlük indisi hariç diğer tüm morfolojik özellikler $p<0,01$ önem düzeyinde ilişkili bulunmuştur. Sadece kuru kök yüzdesi negatif yönde ilişkili olurken diğer özellikler pozitif ilişkili bulunmuştur. Ayrıca bakı faktörü ile terminal sürgün boyu ($p<0,05$) arasında negatif ilişki bulunmuştur. Fidanların morfolojik özellikleri arasında genellikle $p<0,01$ önem düzeyinde pozitif ilişki ortaya çıkmıştır. Kuru kök yüzdesi ile tüm morfolojik özellikler (TSB, KTA ve Gİ özellikleri hariç) arasında negatif ilişki bulunmuştur.

Çizelge 4.10 Fidan morfolojik özellikleri ile meşcere tipi ve topografya özellikler arasındaki korelasyon analizi sonuçları (n=95)

	P	MT	Boy	Çap	Yaş	Eğim	Bakı	Yük.	KBÇ	FB	TSB	KTA	GTA	KKA	GKA	FKA	Gİ	%Kkök	Kİ	DKİ
P	1,000																			
MT	0,334**	1,000																		
Boy (m)	-0,181	0,403**	1,000																	
Çap (cm)	-0,222*	0,094	0,424**	1,000																
Yaş (adet)	-0,131	0,270**	0,495**	0,496**	1,000*															
Eğim (%)	-0,142	-0,007	0,079	-0,178	0,072	1.000														
Bakı	-0,195	0,047	-0,123	-0,051	-0,195	0,273**	1.000													
Yük. (m)	-0,377**	-0,199	0,048	0,011	-0,087	-0,097	-0,037	1.000												
KBÇ (mm)	0,029	0,133	0,171	0,164	0,369**	0,077	-0,051	-0,101	1.000											
FB (cm)	0,029	0,104	0,162	0,062	0,348**	0,167	-0,001	-0,137	0,666**	1,000										
TSB (mm)	-0,066	-0,067	-0,057	-0,103	0,378**	0,118	-0,220*	0,045	0,170	0,376**	1.000									
KTA (gr)	0,095	0,049	-0,068	-0,033	0,273**	0,079	0,140	-0,139	0,483**	0,494**	0,238*	1,000								
GTA (gr)	-0,117	0,127	0,186	0,058	0,443**	0,057	-0,037	-0,110	0,817**	0,832**	0,344**	0,593**	1,000							
KKA (gr)	0,063	0,158	0,035	0,109	0,493**	0,065	-0,024	-0,092	0,735**	0,706**	0,359**	0,743**	0,869**	1,000						
GKA (gr)	0,054	0,138	0,107	0,069	0,487**	0,036	-0,072	-0,101	0,848**	0,772**	0,308**	0,537**	0,958**	0,871**	1,000					
FKA (gr)	0,039	0,169	0,118	0,110	0,510**	0,046	-0,034	-0,102	0,817**	0,755**	0,337**	0,636**	0,945**	0,946**	0,972**	1,000				
Gİ (mm)	0,052	0,143	0,091	0,097	0,132	0,159	-0,010	-0,082	0,097	0,767**	0,399**	0,266**	0,419**	0,335**	0,328**	0,326**	1,000			
Kkök (%)	0,035	0,144	0,086	0,101	-0,293**	0,038	0,053	0,025	-0,596**	-0,485**	-0,089	-0,005	-0,603**	-0,269**	-0,678**	-0,533**	-0,157	1,000		
Kİ (gr)	-0,021	0,041	0,182	0,059	0,274**	-0,043	-0,073	-0,066	0,583**	0,496**	0,068	0,016	0,590**	0,276**	0,680**	0,529**	0,185	-0,967**	1,000	
DKİ	-0,059	-0,052	-0,036	-0,014	0,436**	0,008	-0,032	-0,067	0,796**	0,422**	0,214*	0,592**	0,751**	0,876**	0,817**	0,868**	-0,089	-0,339**	0,328**	1.000

P: Populasyon, MT: Meşcere tipi, Yük. Yükselti, KBÇ: Kök boğazı çapı, FB: Fidan boyu, TSB: Terminal sürgün boyu, KTA: Kök taze ağırlığı, GTA: Gövde taze ağırlığı, KKA: Kök kuru ağırlığı, GKA: Gövde kuru ağırlığı, FKA: Fidan kuru ağırlığı, Gİ: Gürbüzlük indisi, %Kkök: kuru kök yüzdesi, Kİ: katlılık indisi, DKİ:Dickson kalite indisi, * Korelasyon 0,05 düzeyinde anlamlıdır. ** Korelasyon 0.01 düzeyinde anlamlıdır.

4.3.2 Fidanların morfolojik özellikleri ile toprak değişkenleri arasındaki korelasyon analizi

Fidanlar, polietilen tüplerde % 60 orman toprağı, %3 büyükbaş hayvan gübresi, %20 humus ve %17 tarım ponzası olan aynı toprak karışımında yetiştirilmiştir. Tüm fidanlar aynı toprak karışımında yetiştirildiğinden tohumların toplandığı populasyonların toprak özelliklerinin fidanlardaki morfolojik özellikleri arasında herhangi bir ilişkisi olup olmadığına belirlemek amacıyla yapılan korelasyon analizi sonuçları Çizelge 4.11'de verilmiştir. Çizelge 4.11'e göre sadece $CaCO_3$ değişkeni ile fidan boyu ve gürbüzlük indisi ($p<0,05$) arasında negatif ilişki olduğu görülmüştür. Diğer fidan morfolojik özellikleri ile toprak özellikleri arasında ilişki bulunamamıştır.

Çizelge 4.11 Populasyonlara ait fidan morfolojik özellikleri ile toprak değişkenleri arasındaki korelasyon analizi sonuçları (n=95)

	KBÇ	FB	Yan kök	Yan Dal	TSB	KTA	GTA	KKA	GKA	FKA	Gİ	% Kkök	Kİ	DKİ	pH	EC	$CaCO_3$	OM	Kum	Kil	Silt	Fosfor
KBÇ (mm)	1.000																					
FB (cm)	0,67**	1.000																				
Yan Kök (adet)	0,082	0,141	1.000																			
Yan Dal (adet)	0,37**	0,35**	-0,050	1.000																		
TSB (mm)	0,170	0,38**	0,099	0,38**	1.000																	
KTA (gr)	0,48**	0,49**	0,316**	0,27**	0,238*	1,000																
GTA (gr)	0,82**	0,83**	0,185	0,44**	0,34**	0,59**	1.000															
KKA (gr)	0,73**	0,71**	0,198	0,49**	0,36**	0,74**	0,87**	1,000														
GKA (gr)	0,85**	0,77**	0,109	0,49**	0,31**	0,54**	0,96**	0,87**	1,000													
FKA (gr)	0,82**	0,75**	0,164	0,51**	0,34**	0,64**	0,94**	0,95**	0,97**	1,000												
Gİ (mm)	0,097	0,77**	0,061	0,132	0,40**	0,27**	0,42**	0,33**	0,33**	0,33**	1,000											
Kkök (%)	-0,60**	-0,48**	0,066	-0,29**	-0,089	-0,005	-0,60**	-0,27**	-0,68**	-0,53**	-0,16	1,000										
Kİ (gr)	0,58**	0,49**	-0,079	0,27**	0,068	0,016	0,59**	0,27**	0,68**	0,53**	0,185	-0,97**	1,000									
DKİ	0,79**	0,42**	0,124	0,46**	0,214*	0,59**	0,75**	0,88**	0,82**	0,87**	-0,09	-0,34**	0,33**	1,000								
pH	0,063	-0,042	0,092	0,119	0,095	0,041	-0,040	0,115	-0,027	0,028	-0,14	0,122	-0,158	0,163	1.000							
EC (dS/m)	0,101	-0,038	0,056	0,152	0,026	-0,028	0,019	0,111	0,043	0,081	-0,18	-0,004	-0,035	0,184	0,54**	1.000						
$CaCO_3$	-0,107	-0,23*	0,051	0,054	-0,042	-0,092	-0,144	-0,054	-0,126	-0,078	-0,25*	0,157	-0,167	0,027	0,44**	0,268**	1,000					
OM (%)	-0,100	-0,035	-0,130	0,193	0,001	-0,017	-0,040	-0,023	-0,036	-0,044	0,002	0,020	-0,028	-0,04	-0.018	0,312**	-0,261*	1,000				
Kum (%)	-0,004	0,035	0,156	0,001	0,059	0,159	0,013	0,092	0,008	0,042	0,011	0,167	-0,163	0,058	-0.125	-0,417**	0,133	-0,283**	1,000			
Kil (%)	-0,028	-0,093	-0,136	-0,098	-0,102	-0,138	-0,044	-0,120	-0,037	-0,072	-0,06	-0,142	0,150	-0,08	0.052	0,318**	-0,123	0,188	-0,855**	1,000		
Silt (%)	0,097	0,082	-0,112	0,152	0,073	-0,071	0,093	0,048	0,093	0,079	0,029	-0,150	0,111	0,087	0.159	0,332**	-0.133	0,338**	-0,551**	0,089	1.000	
Fosfor (ppm)	-0,121	-0,084	0,151	-0,033	-0,056	0,022	-0,131	-0,023	-0,112	-0,073	-0,06	0,194	-0,187	-0,03	0,38**	0,218*	0,467**	0,053	0,257*	-0,318**	-0,026	1,000

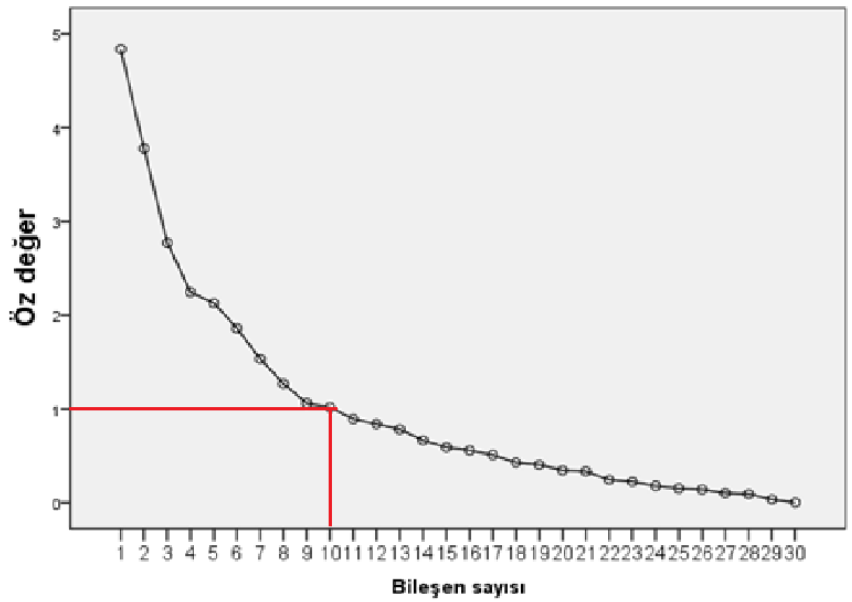
KBÇ: Kök boğazı çapı, FB: Fidan boyu, TSB: Terminal sürgün boyu, KTA: Kök taze ağırlığı, GTA: Gövde taze ağırlığı, KKA: Kök kuru ağırlığı, GKA: Gövde kuru ağırlığı, FKA: Fidan kuru ağırlığı, Gİ: Gürbüzlük indisi, %Kkök: kuru kök yüzdesi, Kİ: katlılık indisi, DKİ:Dickson kalite indisi, EC: Elektriksel iletkenlik, OM; Organik madde, CaCO3: Kireç, * Korelasyon 0,05 düzeyinde anlamlıdır. ** Korelasyon 0.01 düzeyinde anlamlıdır.

4.4 Tohum Biyokimyasal Özelliklerine İlişkin Faktör Analizleri

Tohumlara ilişkin özellikler, topografya ve toprak özellikleri ile birlikte ve ayrı ayrı faktör analizi ile değerlendirilmiştir. Faktör analizinde, öz değeri 1 olan noktaya veya çizgi grafiğinde eğimin azaldığı noktaya karşılık gelen sayı faktör sayısı olarak ifade edilmektedir (Kalaycı 2010). Bu çalışmada ise öz değeri 1 olan noktaya gelen sayı faktör sayısı olarak belirlenmiştir.

4.4.1 Tohum biyokimyasal özellikleri, topografya ve toprak özelliklerine ilişkin faktör analiz sonuçları

Tohum özelliklerini topografya ve toprak değişkenleriyle birlikte yapılan faktör analizi sonucu Çizelge 4.12'de ve eğim grafiği Şekil 4.1'de gösterilmiştir. Faktör analizi çizgi eğim grafiğine göre faktör sayısı 10 olarak belirlenmiştir (Şekil4.1). Faktörlere yüklenen topografya ve tohum özellikleri toprak değişkenleri için kritik faktör yükü de 0,6 olarak alınmıştır.



Şekil 4.1 Topografya özellikler, biyokimyasal analizler ve toprak değişkenlerinin (30-60 cm) faktör analizi çizgi grafiği

Çizelge 4.12 Topografya özellikler, biyokimyasal analizler ve toprak değişkenlerinin (30-60 cm) faktör analizi

Değişkenler	Faktör									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Populasyon	0,821									
Protein (mg/gr)	0,655									
Glikoz (µg/gr)	-0,769									
H_2O_2 (µmol/gr)	-0,846									
OM (%)	0,705									
Klorofil a (mg/gr)		0,934								
Klorofil b (mg/gr)		0,898								
Karotenoid (mg/gr)		0,958								
Boy (m)			0,828							
Çap (cm)			0,698							
Yaş (adet)			0,778							
Kum (%)				-0,852						
Kil (%)				0,782						
Eğim (%)					0,779					
pH					0,687					
$CaCO_3$ (%)					0,867					
Fruktoz (µg/gr)						0,648				
Bin dane ağırlığı (gr)							0,795			
Çimlenme yüzdesi (%)							0,690			
Prolin (µmol/gr)								0,779		
Yükselti (m)									0,871	
Fosfor (ppm)										0,614
Varyans (%)	13,416	9,151	8,129	8,072	7,897	7,695	5,915	5,244	5,084	4,394
Birikimli Varyasyon (%)										74,996

$CaCO_3$: Kireç

Tohum özelliklerinin topografya özellikleri ve toprak değişkenleriyle beraber yapıldığı faktör analizi sonucuna göre en yüksek değerli fotosentetik pigmentler (klorofil a, klorofil b ve karotenoid), en düşük değerli ise fosfor değişkeni olmuştur (Çizelge 4.12). Faktör 1'de populasyon, organik madde ve tohum özelliklerinden ise protein, glikoz ve H_2O_2, toplanmıştır ve Faktör 1 toplam varyansın %13,42'lik kısmını açıklamaktadır. Faktör 1'e çoğunlukla tohum özellikler yüklendiğinden bu faktör "populasyon ve tohum biyokimyasal faktörü" olarak adlandırılmıştır. Populasyon, protein ve organik madde birbirleriyle pozitif ilişkili; glikoz ve H_2O_2 ise negatif ilişkilidir. Faktör 2'ye klorofil a, klorofil b ve karotenoid değişkenleri yüklenerek varyansın %9,15'lik kısmını

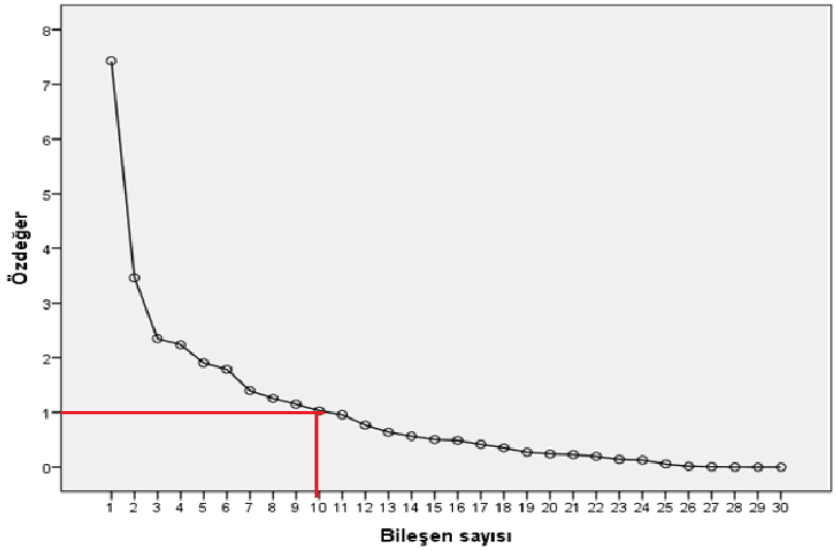
tanımlamışlardır. Faktör 2, "fotosentetik pigmentler faktörü" olarak adlandırılmıştır. Fotosentetik pigmentlerin hepsi birbirleriyle pozitif ilişkili bulunmuştur. Faktör 3'e, boy, çap ve yaş değişkenleri yüklenmiş olup bu faktör "ağaç faktörü" olarak adlandırılmıştır. Faktör 3, toplam varyansın %8,13'lük kısmını açıklamıştır ve bu özellikler birbirleri ile pozitif ilişkilidir. Faktör 4'e, kum ve kil yüklenmiş olup, "tekstür faktörü" olarak adlandırılan Faktör 4 toplam varyansın %8,07'lik kısmını tanımlamıştır. Burada kum negatif, kil pozitif ilişkili bulunmuştur. Faktör 5'e eğim, pH ve kireç değişkenleri yüklenerek varyansın %7,90'lık kısmını tanımlamışlardır. Faktör 5, "eğim ve toprak kimyası faktörü" olarak adlandırılmıştır. Faktör 6'ya sadece fruktoz miktarı yer aldığından "fruktoz faktörü" olarak adlandırılmış ve toplam varyansın %7,69'luk kısmını açıklamıştır. Faktör 7'de bin dane ağırlığı ve çimlenme yüzdesi atanmış olup "tohumun genel özellikleri faktörü" olarak adlandırılmıştır. Faktör 7 toplam varyansın 5,91'lik kısmını açıklamıştır. Faktör 8'de sadece prolin, Faktör 9'da yükselti ve Faktör 10 da ise sadece fosfor değişkeni yüklenmiştir ve bu faktörlere bu değişkenlere göre adlandırılmıştır. Prolin faktörü (Faktör 8) toplam varyansın %5,24'lük kısmını, yükselti faktörü (Faktör 9) toplam varyansın %5,08'lik kısmını ve fosfor faktörü (faktör 10) ise toplam varyansın 4,39'luk kısmını açıklamıştır. Topografya, tohum ve toprak değişkenlerine ait faktör analizi sonuçları Çizelge 4.13'de özetlenmiştir.

Çizelge 4.13 Topografya, tohum ve toprak değişkenlerine ilişkin faktörler

Faktör numarası	Faktör tanımlaması
1	Populasyon ve tohum biyokimyası faktörü
2	Fotosentez faktörü
3	Ağaç faktörü
4	Tekstür faktörü
5	Eğim ve toprak kimyası faktörü
6	Fruktoz faktörü
7	Tohum faktörü
8	Prolin faktörü
9	Yükselti faktörü
10	Fosfor faktörü

4.4.2 Fidanların morfolojik özellikleri, topografya özellikleri ve toprak değişkenlerinin faktör analiz sonuçları

Fidanların morfolojik özelliklerini, topografya özellikleri ve toprak değişkenleriyle birlikte yapılan faktör analizi sonucu Çizelge 4.14'de ve eğim grafiği Şekil 4.2'de gösterilmiştir. Faktör analizi çizgi eğim grafiğine göre faktör sayısı 10 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.2). Faktörlere yüklenen topografya ve tohum özellikleri toprak değişkenleri için kritik faktör yükü de 0,6 olarak alınmıştır.



Şekil 4.2 Fidanların morfolojik özellikleri, topografya ve toprak değişkenlerine ilişkin faktör analizi çizgi grafiği

Çizelge 4.14 Fidanların morfolojik özellikleri, topografya ve toprak değişkenlerinin faktör analizi

Değişkenler	Faktör									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
KBÇ (mm)	0,885									
FB (cm)	0,716									
KTA (gr)	0,601									
GTA (gr)	0,927									
KKA (gr)	0,902									
GKA (gr)	0,950									
FKA (gr)	0,978									
DKİ	0,890									
Eğim (%)		0,771								
pH		0,784								
$CaCO_3$ (%)		0,826								
Kum (%)			-0,847							
Kil (%)			0,920							
Gİ (mm)				0,880						
Meşcere tip					0,766					
Silt (%)					0,810					
Boy (m)						0,604				
Çap (cm)						0,848				
Kİ (gr)							-0,622			
OM (%)								0,892		
Bakı									0,843	
Yükselti (m)										0,933
Varyans (%)	23,425	8,401	7,321	6,974	6,783	6,732	5,326	5,307	5,043	4,692
Birikimli Varyasyon(%)										80,005

KBÇ: Kök boğazı çapı, FB: Fidan boyu, KTA: Kök taze ağırlığı, GTA: Gövde taze ağırlığı, KKA: Kök kuru ağırlığı, GKA: Gövde kuru ağırlığı, FKA: Fidan kuru ağırlığı, Gİ: Gürbüzlük indisiKİ: katlılık indisi, DKİ:Dickson kalite indisi, $CaCO_3$: Kireç

Fidan morfolojik özellikleriyle, topografya ve toprak değişkenleriyle beraber yapıldığı faktör analizi sonucuna göre en yüksek değerli fidan kuru ağırlığı (FKA) ve gövde kuru ağırlığı (GKA), en düşük değerli ise kök taze ağırlığı (KTA) olmuştur (Çizelge 4.14). Faktör 1'de kök boğazı çapı (KBÇ), fidan boyu (FB), kök taze ağırlığı (KTA), gövde taze ağırlığı (GTA), kök kuru ağırlığı (KKA), gövde kuru ağırlığı (GKA), fidan kuru ağırlığı (FKA) ve Dickson kalite indisi (DKİ) yüklenmiştir ve toplam varyansın %23,42'lik kısmını açıklamaktadır. Faktör 1'e genel olarak fidan morfolojik özellikleri yüklendiğinden bu faktör "fidan morfoloji faktörü" olarak adlandırılmıştır. Fidan morfolojik özellikleri tümü birbirleriyle pozitif ilişkili bulunmuştur. Faktör 2'de eğim, pH ve kireç değişkenleri toplanmıştır ve "eğim ve toprak kimyası faktörü" olarak adlandırılmıştır. Faktör 2, toplam varyansın %8,40'lık kısmını açıklamaktadır ve

değişkenler birbirleriyle pozitif ilişkili bulunmuştur. Faktör 3, kum ve kil yüklenmiş olup, "tekstür faktörü" olarak adlandırılan faktör toplam varyansın %7,32'lik kısmını tanımlamıştır. Faktör 4'e gürbüzlük indisi (Gİ) yüklenmiş olup toplam varyansın 6,97'lik kısmını tanımlamıştır. Faktör 5'e meşcere tipi ve silt değişkeni yüklenmiş olup toplam varyansın 6,78'lik kısmını açıklamıştır. Faktör 6'ya boy ve çap değişkenleri yüklenmiş olup bu faktör "ağaç faktörü" olarak adlandırılmıştır. Faktör 6, toplam varyansın %6,73'lük kısmını açıklamıştır ve bu özellikler birbirleri ile pozitif ilişkilidir. Faktör 7'ye kalite indisi yer almaktadır ve toplam varyansın %5,33'lük kısmını açıklamıştır. Ayrıca Kİ negatif ilişkilidir. Faktör 8'e organik madde, Faktör 9'a bakı ve Faktör 10'a yükselti değişkenleri yüklenmiştir ve sırasıyla toplam varyansın %,31, %5,04 ve %4,69'luk kısmını açıklamaktadırlar. Fidan morfolojik özellikleri, topografya, tohum ve toprak değişkenlerine ait faktör analizi sonuçları Çizelge 4.15'de özetlenmiştir.

Çizelge 4.15 Fidanların morfolojik özellikleri, topografya ve toprak değişkenlerinin faktör analiz sonuçlarına ait faktör sayısı ve tanımlamaları

Faktör numarası	Faktör tanımlaması
1	Fidan morfoloji faktörü
2	Eğim ve toprak kimyası faktörü
3	Tekstür faktörü
4	Gürbüzlük faktörü
5	Meşcere tipi ve silt faktörü
6	Ağaç faktörü
7	Kalite indisi faktörü
8	Organik madde faktörü
9	Bakı faktörü
10	Yükselti faktörü

4.5 Tohum Özelliklerine İlişkin Faktöriyel Anova Analizleri

Bu çalışma kapsamında topografya özellikler açısından tohum biyokimyasal özelliklerini değerlendirmek için faktöriyel anova testi yapılmıştır. Öncelikle tohum toplanan ağaç bireylerinin ve topografya özelliklere göre faktörler belirlenmiştir. Ağaç bireyine göre; ağaç boyu, çapı ve yaşı, topografya özellikleri ise; populasyon, meşcere tipi, eğim yüzdesi, bakı ve yükselti olmak üzere toplamda sekiz faktör belirlenmiştir.

Populasyon, meşcere tipi, boy, çap, yaş, eğim yüzdesi, bakı ve yükselti faktörlerinin bağımsız değişkenler (tohum biyokimyasal özellikleri) üzerindeki ana etkileri üzerindeki sonuçları ayrı ayrı verilmiştir. Faktöriyel anova ile post-hoc testi Duncan uygulanmıştır. Duncan testi ile tohum biyokimyasal özellikleri belirlenen faktörlere göre alt gruplara ayrılmıştır (Çizelge 4.16).

Çizelge 4.16'ya göre populasyonlar arasında değerlendirme yapıldığında en yüksek miktarlar; bin dane ağırlığında 1, 5, 6, 17 ve 18 nolu, çimlenme yüzdesi 18 nolu, glikoz miktarı 1-4 nolu, glikoz miktarı 2 nolu, fruktoz miktarı 5 nolu, sukroz miktarı 12 nolu, prolin miktarı 16 nolu, protein miktarı 13 nolu, MDA miktarı 1 nolu, H_2O_2 miktarı 4 nolu, SOD miktarı 19 ve POD miktarı 11 nolu populasyonlarda olduğu belilenmiştir. Fotosentetik pigmentler ise (klorofil a, klorofil b ve karotenoidde) populasyonlara göre herhangi farklılık göstermemiştir. Ayrıca, populasyona göre 14 nolu populasyon, hem bin dane ağırlığı hem de çimlenme yüzdesi miktarları diğer alanlara göre en düşük miktarda bulunmuştur.

Çizelge 4.16 Biyokimyasal özellikler için populasyonlara göre oluşturulmuş alt gruplar (Duncan testi) (α: 0.05)

Değişkenler/ Populasyon	Bin dane ağırlığı	Çimlenme yüzdesi	Glikoz (µg/gr)	Fruktoz (µg/gr)	Sukroz (µg/gr)	Prolin (µmol/gr)	Protein (mg/gr)	MDA (µmol/gr)	H_2O_2 (µmol/gr)	SOD (EU/mg Protein)	POD (EU/mg Protein)	Klorofil *a* (mg/gr)	Klorofil *b* (mg/gr)	Karotenoid (mg/gr)
1	9,66^{e}	77,2^{cde}	0,783^{f}	0,873^{cd}	0,219^{c}	98,31^{bcdef}	169,07^{ab}	16,43^{c}	147,91^{d}	202,47^{abc}	0,30^{abc}	0,094^{a}	0,032^{a}	6,244^{a}
2	8,34^{cde}	58,2^{abcd}	0,805^{f}	0,821^{bcd}	0,214^{bc}	99,21^{cdef}	147,57^{a}	7,32^{b}	123,23^{cd}	216,56^{abcdefg}	0,37^{abcde}	0,101^{a}	0,028^{a}	6,963^{a}
3	8,55^{de}	72,6^{bcde}	0,761^{f}	0,730^{bc}	0,159^{a}	92,40^{abcde}	163,66^{ab}	6,91^{b}	247,16^{e}	212,26^{abcde}	0,19^{a}	0,111^{a}	0,035^{a}	7,371^{a}
4	7,99^{bcde}	64,8^{bcde}	0,755^{f}	0,897^{cd}	0,183^{ab}	80,47^{a}	146,37^{a}	4,91^{ab}	251,51^{e}	211,81^{abcde}	0,46^{cde}	0,083^{a}	0,022^{a}	5,758^{a}
5	9,55^{e}	78,9^{de}	0,568^{abcd}	1,003^{d}	0,214^{bc}	105,65^{def}	204,64^{bc}	5,08^{ab}	66,85^{a}	226,10^{bcdefgh}	0,48^{cde}	0,086^{a}	0,031^{a}	6,060^{a}
6	9,35^{e}	65,5^{bcde}	0,520^{a}	0,621^{ab}	0,225^{c}	79,44^{a}	245,39^{cde}	2,99^{ab}	73,75^{ab}	250,19^{hı}	0,44^{cde}	0,083^{a}	0,024^{a}	5,828^{a}
7	8,85^{de}	74,7^{cde}	0,546^{abc}	0,766^{bc}	0,215^{bc}	83,69^{ab}	221,64^{cd}	1,36^{a}	73,74^{ab}	198,73^{a}	0,51^{de}	0,097^{a}	0,032^{a}	6,501^{a}
8	6,66^{ab}	52,7^{ab}	0,529^{ab}	0,474^{a}	0,203^{bc}	96,06^{bcdef}	282,80^{ef}	5,00^{ab}	66,86^{a}	228,05^{cdefghı}	0,43^{cde}	0,080^{a}	0,021^{a}	5,896^{a}
9	8,94^{de}	86,3^{e}	0,599^{cde}	0,993^{d}	0,219^{c}	106,53^{ef}	206,70^{bc}	3,81^{ab}	92,69^{ab}	213,47^{abcdef}	0,52^{de}	0,11^{a}	0,031^{a}	7,622^{a}
10	9,01^{de}	78,2^{cde}	0,566^{abcd}	1,014^{d}	0,231^{c}	98,51^{bcdef}	142,10^{a}	4,59^{ab}	123,87^{cd}	198,39^{a}	0,48^{cde}	0,093^{a}	0,032^{a}	6,29^{a}
11	6,88^{abc}	71,8^{bcde}	0,603^{cde}	0,990^{d}	0,221^{c}	96,77^{bcdef}	228,76^{cde}	7,13^{b}	128,69^{cd}	207,88^{abcd}	0,55^{e}	0,092^{a}	0,037^{a}	6,432^{a}
12	8,95^{de}	77,9^{cde}	0,635^{e}	0,993^{d}	0,235^{c}	88,95^{abc}	243,53^{cde}	4,48^{ab}	239,47^{e}	199,91^{ab}	0,40^{bcde}	0,086^{a}	0,027^{a}	5,76^{a}
13	7,31^{abcd}	44,3^{a}	0,528^{a}	0,514^{a}	0,213^{bc}	90,72^{abcd}	303,08^{f}	3,34^{ab}	74,73^{ab}	214,03^{abcdef}	0,50^{de}	0,081^{a}	0,023^{a}	5,561^{a}
14	6,33^{a}	43,2^{a}	0,543^{abc}	0,624^{ab}	0,202^{bc}	96,54^{bcdef}	280,00^{ef}	4,48^{ab}	79,65^{ab}	233,72^{defghı}	0,46^{cde}	0,076^{a}	0,026^{a}	5,468^{a}
15	8,80^{de}	56,7^{abc}	0,580^{abcde}	0,677^{abc}	0,222^{c}	103,40^{cdef}	277,21^{ef}	5,21^{ab}	72,47^{a}	238,99^{fghı}	0,22^{ab}	0,087^{a}	0,026^{a}	5,855^{a}
16	7,98^{bcde}	71,4^{bcde}	0,593^{cde}	0,857^{cd}	0,220^{c}	110,70^{f}	266,83^{def}	4,38^{ab}	104,31^{bc}	240,50^{ghı}	0,33^{abcd}	0,093^{a}	0,038^{a}	6,545^{a}
17	9,70^{e}	67,9^{bcde}	0,591^{bcde}	0,851^{cd}	0,224^{c}	104,37^{cdef}	283,34^{ef}	5,86^{ab}	73,17^{a}	214,82^{abcdefg}	0,36^{abcde}	0,088^{a}	0,025^{a}	5,522^{a}
18	9,62^{e}	80,0^{e}	0,626^{de}	0,893^{cd}	0,218^{c}	109,29^{f}	271,02^{def}	2,91^{ab}	63,69^{a}	234,95^{efghı}	0,42^{cde}	0,102^{a}	0,033^{a}	6,994^{a}
19	8,30^{cde}	72,5^{bcde}	0,602^{cde}	0,995^{d}	0,214b^{c}	109,05^{f}	278,41^{ef}	5,05^{ab}	78,19^{ab}	252,53^{ı}	0,37^{abcde}	0,099^{a}	0,028^{a}	6,894^{a}

Aynı sütunda yer alan farklı harflerle etiketlenmiş ortalamalar %5 düzeyinde farklıdır.

Populasyonların meşcere tipine göre tohum biyokimyasal analizlerinin ortalamaları arasında önemli bir farkın olup olmadığını anlamak için faktöriyel anova testi ve Duncan testi yapılmıştır (Çizelge 4.17). Çizelge 4.17'ye göre meşcere tipleri arasında değerlendirme yapıldığında en yüksek miktarlar; bin dane ağırlığında cd3, glikoz ve MDA miktarlarında cd2, Çankırı, fruktoz miktarında cd3, sukroz, H_2O_2 ve POD miktalarında d2, prolin, protein, SOD ve klorofil b miktarlarında c3, meşcere tiplerinde olduğu belirlenmiştir. Duncan sınıflaması dikkate alındığında bin dane ağırlığına göre sadece Çsc3 meşceresi, sukroz miktarına göre de sadece Çscd2 meşceresi ayrı grup oluşturmuştur ve en düşük değerde oldukları görülmüştür.

Çizelge 4.17 Biyokimyasal özellikler için meşcere tipine göre oluşturulmuş alt gruplar (Duncan testi) (α: 0.05)

Değişkenler/Meşcere tipi	cd2	d2	c3	cd3
Bin dane ağırlığı (gr)	8,464[b]	8,491[b]	7,983[a]	8,525[b]
Çimlenme yüzdesi (%)	66,858[a]	66,660[a]	71,400[b]	71,040[b]
Glikoz (µg/gr)	0,636[c]	0,616[b]	0,593[a]	0,595[a]
Fruktoz (µg/gr)	0,764[a]	0,822[b]	0,857[c]	0,901[d]
Sukroz (µg/gr)	0,203[a]	0,222[b]	0,220[b]	0,220[b]
Prolin (µmol/gr)	94,770[b]	92,217[a]	110,702[d]	104,026[c]
Protein (mg/gr)	220,370[b]	211,584[a]	268,832[d]	254,883[c]
MDA (µmol/gr)	6,088[c]	4,217[a]	4,378[a]	5,410[b]
H_2O_2 (µmol/gr)	124,672[c]	127,009[c]	104,305[b]	89,043[a]
SOD (EU/mg Protein)	224,945[b]	205,523[a]	240,503[c]	225,540[b]
POD (EU/mg Protein)	0,397[b]	0,450[c]	0,328[a]	0,404[b]
Klorofil a (mg/gr)	0,089[a]	0,091[ab]	0,093[ab]	0,095[b]
Klorofil b (mg/gr)	0,028[a]	0,028[a]	0,038[b]	0,029[a]
Karotenoid (mg/gr)	6,202[a]	6,215[a]	6,545[a]	6,465[a]

Boy faktörüne göre tohum biyokimyasal analizlerinin ortalamaları arasında önemli bir farkın olup, olmadığını anlamak için faktöriyel anova testi ve Duncan testi yapılmıştır (Çizelge 4.18). Çizelge 4.18'e göre boy değişkeni grupları arasında değerlendirme yapıldığında; çimlenme yüzdesi ve fruktoz $p<0,05$ önem düzeyinde farklılık görülmüştür. Ancak diğer değişkenler boy grupları arasında farklılık göstermemiştir. Çimlenme yüzdesi 26-30 m'de, fruktoz ise 6-10 m'de en yüksek miktarlarda bulunmuştur.

Çizelge 4.18 Biyokimyasal özellikler için boy faktörüne göre oluşturulmuş alt gruplar (Duncan testi) (α: 0.05)

Değişkenler/Boy	6-10 m	11-15 m	16-20 m	21-25 m	26-30 m
Bin dane ağırlığı (gr)	8,77[a]	8,73[a]	8,19[a]	8,40[a]	8,51[a]
Çimlenme yüzdesi (%)	75,81[b]	66,62[ab]	59,06[a]	71,40b	78,46[b]
Glikoz (µg/gr)	0,6[a]	0,64[a]	0,63[a]	0,59[a]	0,62[a]
Fruktoz (µg/gr)	0,962[b]	0,807[a]	0,764[a]	0,777[a]	0,959[b]
Sukroz (µg/gr)	0,216[a]	0,208[a]	0,213[a]	0,212[a]	0,225[a]
Prolin (µmol/gr)	105,12[b]	99,12[ab]	96,57[ab]	92,73a	100,36[ab]
Protein (mg/gr)	234,47[a]	220,73[a]	243,16[a]	224,23[a]	223,32[a]
MDA (µmol/gr)	4,196[a]	5,038[a]	5,462[a]	5,502[a]	6,001[a]
H_2O_2 (µmol/gr)	94,1[a]	127,55	100,5[a]	115,52[a]	138,94[a]
SOD (EU/mg Protein)	233,19[b]	223,81[ab]	223,61[ab]	216,57[ab]	209,16[a]
POD (EU/mg Protein)	0,47[a]	0,36[a]	0,39[a]	0,43[a]	0,46[a]
Klorofil a (mg/gr)	0,095[a]	0,094[a]	0,089[a]	0,087[a]	0,102[a]
Klorofil b (mg/gr)	0,032[a]	0,031[a]	0,027[a]	0,027[a]	0,031[a]
Karotenoid (mg/gr)	6,406[a]	6,566[a]	6,106[a]	5,943[a]	6,908[a]

Aynı sütunda yer alan farklı harflerle etiketlenmiş ortalamalar %5 düzeyinde farklıdır.

Çap faktörüne göre tohum biyokimyasal analizlerinin ortalamaları arasında önemli bir farkın olup olmadığını anlamak için faktöriyel anova ve Duncan testi yapılmıştır (Çizelge 4.19). Çizelge 4.19'a göre çap grupları arasında değerlendirme yapıldığında; değişkenlerin çap grupları arasında herhangi bir farklılık gözlenmemiştir.

Çizelge 4.19 Biyokimyasal özellikler için çap faktörüne göre oluşturulmuş alt gruplar (Duncan testi) (α: 0.05)

Değişkenler/Çap	21-35,9 cm	36-51,9 cm	>52 cm
Bin dane ağırlığı (gr)	8,805	8,093	9,104
Çimlenme yüzdesi (%)	70,03	67,18	61,60
Glikoz (µg/gr)	0,615	0,616	0,659
Fruktoz (µg/gr)	0,884	0,76	0,863
Sukroz (µg/gr)	0,218	0,207	0,228
Prolin (µmol/gr)	99,88	94,86	100,344
Protein (mg/gr)	235,71	229,28	183,085
MDA (µmol/gr)	4,64	5,5	9,41
H_2O_2 (µmol/gr)	101,78	125,96	117,73
SOD (EU/mg Protein)	221,53	220,13	221,27
POD (EU/mg Protein)	0,420	0,405	0,367
Klorofil a (mg/gr)	0,091	0,093	0,091
Klorofil b (mg/gr)	0,030	0,028	0,027
Karotenoid (mg/gr)	6,32	6,29	6,10

Aynı sütunda yer alan farklı harflerle etiketlenmiş ortalamalar %5 düzeyinde farklıdır.

Amenajman yaş sınıflarına göre yaş grupları oluşturulmuştur. Yaş faktörüne göre tohum biyokimyasal analizlerinin ortalamaları arasında önemli bir farkın olup olmadığını anlamak için faktöriyel anova testi ve Duncan testi yapılmıştır(Çizelge 4.20). Yaş faktörüne göre; bin dane ağırlığı III. yaşta, glikoz, MDA ve fotosentetik pigmentleri (klorofil b hariç) VIII. yaş, prolin miktarı II. yaş, protein miktarı V. yaş, fruktoz miktarı II, III ve VIII. yaş, sukroz miktarı IV. yaş ve H_2O_2 miktarı ise VI. yaş gruplarında diğerlerine göre en fazla oldukları saptanmıştır. Bin dane ağırlığı, çimlenme yüzdesi ve POD enzim aktivitesi miktarları ise VIII. yaş sınıfında diğerlerinden daha düşük olduğu görülmüştür (Çizelge 4.20).

Çizelge 4.20 Biyokimyasal özellikler için yaş faktörüne göre oluşturulmuş alt gruplar (Duncan testi) (α: 0.05)

Değişkenler/Yaş	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Bin dane ağırlığı (gr)	$8,46^{c}$	$9,15^{e}$	$8,29^{b}$	$8,65^{d}$	$8,30^{b}$	$8,12^{a}$	$7,98^{a}$
Çimlenme yüzdesi (%)	$68,57^{cd}$	$71,77^{d}$	$66,61^{bc}$	$69,70^{cd}$	$70,54^{d}$	$64,93^{b}$	$48,62^{a}$
Glikoz (µg/gr)	$0,64^{d}$	$0,63^{d}$	$0,60^{b}$	$0,59^{a}$	$0,64^{d}$	$0,61^{c}$	$0,68^{e}$
Fruktoz (µg/gr)	$0,90^{c}$	$0,90^{c}$	$0,76^{a}$	$0,76^{a}$	$0,84^{b}$	$0,82^{b}$	$0,88^{c}$
Sukroz (µg/gr)	$0,207^{a}$	$0,216^{c}$	$0,222^{d}$	$0,210^{ab}$	$0,212^{b}$	$0,211^{ab}$	$0,211^{ab}$
Prolin (µmol/gr)	$108,87^{e}$	$96,74^{b}$	$98,63^{bc}$	$101,33^{cd}$	$92,94^{a}$	$93,47^{a}$	$103,44^{d}$
Protein (mg/gr)	$209,23^{a}$	$214,12^{b}$	$235,65^{d}$	$241,53^{e}$	$224,27^{c}$	$239,11^{de}$	$217,23^{b}$
MDA (µmol/gr)	$6,39^{c}$	$7,69^{d}$	$4,46^{a}$	$4,45^{a}$	$4,72^{a}$	$5,28^{b}$	$8,23^{e}$
H_2O_2 (µmol/gr)	$76,40^{a}$	$101,62^{c}$	$111,01^{d}$	$91,67^{b}$	$143,97^{f}$	$128,82^{e}$	$105,12^{c}$
SOD (EU/mg Protein)	$232,19^{e}$	$215,59^{b}$	$227,91^{d}$	$227,79^{d}$	$213,63^{a}$	$219,07^{c}$	$215,89^{b}$
POD (EU/mg Protein)	$0,42^{de}$	$0,40^{c}$	$0,37^{b}$	$0,41^{cd}$	$0,43^{e}$	$0,44^{e}$	$0,32^{a}$
Klorofil a (mg/gr)	$0,08^{a}$	$0,09^{b}$	$0,10^{c}$	$0,09^{b}$	$0,09^{b}$	$0,08^{a}$	$0,11^{d}$
Klorofil b (mg/gr)	$0,024^{a}$	$0,032^{bc}$	$0,033^{c}$	$0,029^{b}$	$0,029^{b}$	$0,022^{a}$	$0,030^{b}$
Karotenoid (mg/gr)	$5,59^{a}$	$6,49^{bc}$	$6,80^{c}$	$6,33^{b}$	$6,18^{b}$	$5,62^{a}$	$7,55^{d}$

Aynı sütunda yer alan farklı harflerle etiketlenmiş ortalamalar %5 düzeyinde farklıdır.
* II: 21-40 yaş, III: 41-60 yaş, IV: 61-80 yaş, V: 81-100 yaş, VI: 101-120 yaş, VII: 121-140 yaş, VIII:141-165 yaş

Populasyonlarda eğim yüzdesine göre tohum biyokimyasal analizlerinin ortalamaları arasında önemli bir farkın olup olmadığını anlamak için faktöriyel anova testi ve Duncan testi yapılmıştır (Çizelge 4.21). Bin dane ağırlığı ve çimlenme yüzdesi % 13-20 ve % 31-45 eğim gruplarında, glikoz, ve H_2O_2 değerleri %21-30 eğiminde, fruktoz, sukroz, prolin ve MDA değerleri %13-20 eğiminde, protein ve SOD miktarları % 2-6 eğiminde, POD ve fotosentetik pigmentler ise % 31-45 eğim gruplarında diğer eğim gruplarına oranla daha yüksek oldukları tespit edilmiştir (Çizelge 4.21).

Çizelge 4.21 Biyokimyasal özellikler için eğime göre oluşturulmuş alt gruplar (Duncan sınıflaması) (α: 0.05)

Değişkenler/Eğim	%2-6	%7-12	%13-20	%21-30	%31-45
Bin dane ağırlığı (gr)	8,30[a]	8,21[a]	8,95[b]	8,22[a]	8,85[b]
Çimlenme yüzdesi (%)	55,50[a]	61,34[b]	75,30[d]	68,93[c]	74,70[d]
Glikoz (µg/gr)	0,57[b]	0,59[c]	0,62[d]	0,65[e]	0,55[a]
Fruktoz (µg/gr)	0,58[a]	0,70[b]	0,92[e]	0,88[d]	0,77[c]
Sukroz (µg/gr)	0,210[b]	0,203[a]	0,220[d]	0,213[bc]	0,215[c]
Prolin (µmol/gr)	92,62[b]	93,54[b]	102,61[d]	98,61[c]	83,69[a]
Protein (mg/gr)	269,06[e]	235,24[c]	241,23[d]	208,57[a]	221,64[b]
MDA (µmol/gr)	3,65[b]	5,19[d]	7,53[e]	4,87[c]	1,36[a]
H_2O_2 (µmol/gr)	93,23[b]	116,93[d]	106,56[c]	131,73[e]	73,74[a]
SOD (EU/mg Protein)	226,83[c]	231,79[d]	218,61[b]	218,80[b]	198,73[a]
POD (EU/mg Protein)	0,37[a]	0,38[a]	0,39[b]	0,43[c]	0,50[d]
Klorofil a (mg/gr)	0,088[a]	0,090[a]	0,092[ab]	0,093[ab]	0,097[b]
Klorofil b (mg/gr)	0,026[a]	0,028[a]	0,030[bc]	0,029[ab]	0,032[c]
Karotenoid (mg/gr)	5,95[a]	6,25[ab]	6,10[a]	6,52[b]	6,50[b]

Aynı sütunda yer alan farklı harflerle etiketlenmiş ortalamalar %5 düzeyinde farklıdır.

Populasyonlarda bakıya göre tohum biyokimyasal analizlerinin ortalamaları arasında önemli bir farkın olup olmadığını anlamak için faktöriyel anova ve Duncan testi yapılmıştır (Çizelge 4.22). Çizelge 4.22'ye göre bakı faktörüne değerlendirme yapıldığında biyokimyasal özelliklerin en yüksek miktarları; bin dane ağırlığı, çimlenme yüzdesi, prolin ve SOD miktarları Batı (B) bakısında, protein miktarı Doğu (D) bakısında, glikoz miktarı Kuzeydoğu (KD) ve Kuzeybatı (KB) bakılarında, fruktoz miktarı Güneybatı (GB) ve B bakılarında, MDA miktarı KD ve B bakılarında, H_2O_2 miktarı ise KB bakılarında tespit edilmiştir. Çoğunlukla biyokimyasal özelliklerin B bakısında daha yüksek oldukları saptanmıştır. Buna göre B bakılarından toplanan tohumların daha kaliteli oldukları varsayılabilir.

Çizelge 4.22 Biyokimyasal özellikler için bakıya göre oluşturulmuş alt gruplar (Duncan testi) (α: 0.05)

Değişkenler/Bakı	K	KD	D	GD	G	GB	B	KB
Bin dane ağırlığı (gr)	8,22^{b}	9,01^{e}	9,10^{e}	8,65^{d}	8,47^{c}	7,82^{a}	9,48^{f}	8,18^{b}
Çimlenme yüzdesi	62,86^{b}	70,83^{cd}	51,75^{a}	68,93^{c}	68,34^{c}	73,00^{d}	81,00^{e}	67,84^{c}
Glikoz (µg/gr)	0,656^{e}	0,681^{f}	0,571^{c}	0,558^{ab}	0,550^{a}	0,621^{d}	0,565^{bc}	0,678^{f}
Fruktoz (µg/gr)	0,71^{a}	0,78^{b}	0,78^{b}	0,76^{b}	0,80^{b}	0,99 ^{d}	0,99^{d}	0,88^{c}
Sukroz (µg/gr)	0,207^{a}	0,206^{a}	0,226^{d}	0,214^{b}	0,218^{c}	0,225^{d}	0,212^{a}	0,205^{a}
Prolin (µmol/gr)	99,96^{cd}	97,75^{bc}	103,34^{d}	93,49^{a}	94,99^{ab}	96,94^{abc}	106,83^{e}	98,82^{c}
Protein (mg/gr)	233,58^{c}	224,97^{b}	282,31^{f}	239,10^{d}	221,77^{b}	245,24^{e}	282,70^{f}	195,16^{a}
MDA (µmol/gr)	6,10^{d}	8,46^{e}	4,165^{b}	2,77^{a}	4,35^{b}	5,41^{c}	6,43^{d}	5,17^{c}
H_2O_2 (µmol/gr)	111,50^{d}	127,75^{e}	62,77^{a}	76,55^{b}	91,79^{c}	161,77^{g}	64,39^{a}	152,41^{f}
SOD (EU/mg Protein)	219,60^{c}	219,27^{c}	237,49^{e}	211,02^{a}	226,98^{d}	212,97^{b}	266,51^{f}	221,06^{c}
POD (EU/mg Protein)	0,39^{c}	0,31^{a}	0,31^{a}	0,47^{e}	0,46^{de}	0,45^{d}	0,37^{b}	0,39^{c}
Klorofil a (mg/gr)	0,097^{cde}	0,094^{cd}	0,095^{cde}	0,098^{de}	0,086^{ab}	0,091^{bc}	0,101^{e}	0,082^{a}
Klorofil b (mg/gr)	0,029^{ab}	0,029^{ab}	0,026^{a}	0,030^{b}	0,028^{ab}	0,031^{b}	0,028^{ab}	0,027^{ab}
Karotenoid (mg/gr)	6,98^{c}	6,11^{ab}	6,48^{b}	6,57^{bc}	6,07^{ab}	6,35^{b}	6,40^{b}	5,69^{a}

Aynı sütunda yer alan farklı harflerle etiketlenmiş ortalamalar %5 düzeyinde farklıdır.

Populasyonlarda yükseltiye göre tohum biyokimyasal analizlerinin ortalamaları arasında önemli bir farkın olup olmadığını anlamak için faktöriyel anova testi ve Duncan yapılmıştır (Çizelge 4.23). Tohum özellikleri yükseltiye göre farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir. Glikoz ve H_2O_2 miktarları 1301-1400 m'de, bin dane ağırlığı, prolin, protein ve sukroz miktarları 1401-1500 m'de, çimlenme yüzdesi, fruktoz ve POD miktarları ise 1701-1800 m'de diğer yükselti gruplarına göre en yüksek seviyelerde bulunmuştur. Sukroz 1301-1400 m'de ve MDA 1601-1700 m'de diğer yükselti gruplarına göre daha düşük değerde bulunmuştur (Çizelge 4.23).

Çizelge 4.23 Biyokimyasal özellikler için yükseltiye göre oluşturulmuş alt gruplar (Duncan testi) (α: 0.05)

Değişkenler/Yükselti	1301-1400 m	1401-1500 m	1501-1600 m	1601-1700 m	1701-1800 m
Bin dane ağırlığı (gr)	8,09[a]	9,25[c]	8,03[a]	8,69[b]	8,77[b]
Çimlenme yüzdesi (%)	69,86[b]	74,61[c]	59,37[a]	71,12[b]	77,16[d]
Glikoz (µg/gr)	0,67[d]	0,59[a]	0,63[c]	0,60[b]	0,59[a]
Fruktoz (µg/gr)	0,90[c]	0,92[c]	0,71[a]	0,76[b]	0,98[d]
Sukroz (µg/gr)	0,20[a]	0,22[c]	0,21[b]	0,21[b]	0,21[b]
Prolin (µmol/gr)	96,18[b]	106,26[d]	99,56[c]	85,41[a]	98,62[c]
Protein (mg/gr)	202,01[b]	255,23[e]	250,88[d]	219,29[c]	195,59[a]
MDA (µmol/gr)	4,60[b]	5,14[c]	6,28[d]	4,31[a]	4,97[c]
H_2O_2 (µmol/gr)	167,75[d]	88,47[a]	87,41[a]	127,71[b]	144,25[c]
SOD (EU/mg Protein)	226,26[d]	222,17[c]	225,90[d]	218,49[b]	208,50[a]
POD (EU/mg Protein)	0,40[b]	0,42[c]	0,38[a]	0,42[c]	0,44[d]
Klorofil a (mg/gr)	0,086[a]	0,102[c]	0,088[a]	0, 096[b]	0,089[a]
Klorofil b (mg/gr)	0,029[b]	0,031[b]	0,026[a]	0,033[c]	0,029[b]
Karotenoid (mg/gr)	6,08[a]	6,87[c]	6,12[a]	6,55[b]	6,10[a]

Aynı sütunda yer alan farklı harflerle etiketlenmiş ortalamalar %5 düzeyinde farklıdır.

Populasyon, meşcere tipi, boy, çap, yaş, eğim yüzdesi, bakı ve yükselti olmak üzere sekiz faktör belirlenmiştir. Belirlenen faktörler arasındaki ikili ilişkiler ile tohum özellikleri arasında önemli bir fark olup olmadığı Faktöriyel ANOVA- Multivariate testi ile değerlendirilmiştir. Çizelge 4.24'de PopulasyonxMeşcere tipi, PopulasyonxBoy, PopulasyonxÇap, PopulasyonxYaş, PopulasyonxEğim, PopulasyonxBakı, PopulasyonxYükselti, Meşcere tipixBoy, Meşcere tipixÇap, Meşcere tipixYaş, Meşcere tipixEğim, Meşcere tipixBakı, Meşcere tipixYükselti, BoyxÇap, BoyxYaş, BoyxEğim, BoyxBakı, BoyxYükselti, ÇapxYaş, ÇapxEğim, ÇapxBakı, ÇapxYükselti, YaşxEğim, YaşxBakı, YaşxYükselti, EğimxBakı, EğimxYükselti ve BakıxYükselti etkileşimlerinin değişkenler üzerindeki etkisinin sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.24 Değişkenlerin ve faktörlerin multivariate analiz sonuçlarının önemlilik düzeyleri (Sig/P)

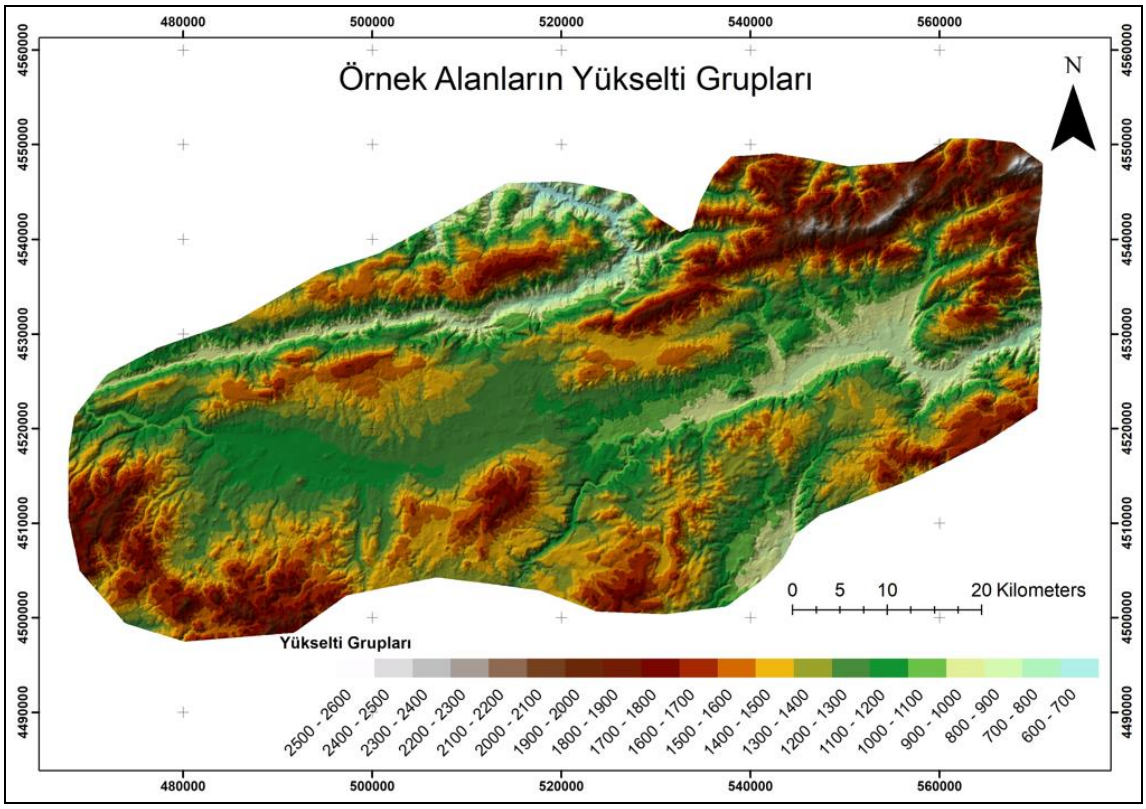
Değişkenler		Bin dane ağırlığı	Çimlenme yüzdesi	Glikoz (µg/gr)	Fruktoz (µg/gr)	Sukroz (µg/gr)	Prolin (µmol/gr)	Protein (mg/gr)	MDA (µmol/gr)	H_2O_2 (µmol/gr)	SOD (EU/mg Protein)	POD (EU/mg Protein)	Klorofil a (mg/gr)	Klorofil b (mg/gr)	Karotenoid (mg/gr)
Faktörler	PxMT	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010	0,005	0,011
	PxB	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	PxÇ	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	PxYŞ	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	PxEY	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010	0,034	0,044
	PxBK	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	PxYÜK	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	MTxB	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000
	MTxÇ	0,000	**0,103**	0,000	0,000	0,007	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,045	0,004	0,045
	MTxYŞ	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,013	0,000	0,000
	MTxEY	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,078	0,000	0,025
	MTxBK	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,021	0,008	0,029
	MTxYÜK	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	**0,142**	0,001	**0,357**
	BxÇ	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,006	0,000	0,000	0,000	0,015	**0,257**	0,002
	BxYŞ	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	BxEY	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	**0,062**	0,015	0,007
	BxBK	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	BxYÜK	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000
	ÇxYŞ	0,000	0,002	0,000	0,001	0,000	0,000	0,011	0,000	0,000	0,000	0,000	0,012	0,003	0,000
	ÇxEY	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	0,000	0,000	0,000	0,003	0,023	0,002	0,017
	ÇxBK	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	ÇxYÜK	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,007	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,001
	YŞxEY	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,018	0,002
	YŞxBK	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	YŞxYÜK	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	**0,059**	0,001	0,015
	EYxBK	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	EYxYÜK	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	BKxYÜK	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

P: Populasyon, MT: Meşcere tipi, B: Boy, Ç: Çap, YŞ: Yaş, EY: Eğim yüzdesi, BK: Bakı, YÜK: Yükselti

Topografya özelliklerin ikili etkileşimlerine bakıldığında çoğunlukla 0,05 önem düzeyinde farklılıklar bulunmuştur. Buna göre topografya özelliklerin tohum özellikleri üzerinde etkili olduğu görülmektedir. Ancak, meşcere tipixçap etkileşiminde çimlenme yüzdesinde önemli bir farklılık bulunmamıştır. Topografya özellikleri etkileşimleri ile fotosentetik pigmentler arasındaki ilişkide meşcere tipixyükselti etkileşiminde karotenoid ve klorofil a miktarında 0,05 önem düzeyinde bir farklılık bulunmamış, meşcere tipixyükselti etkileşiminin karotenoid ve klorofil a miktarına etkisi saptanmamıştır. Aynı şekilde bakıxeğim yüzdesi ve yaşxyükselti etkileşimlerinde klorofil a miktarı; bakıxçap etkileşiminde ise klorofil b miktarı arasında bir farklılık bulunmadığından etkileri olmamıştır (Çizelge 4.24).

4.6 Tohum Biyokimyasal Özelliklerinin Uzaysal Değişimin Modellenmesi ve Haritalanması

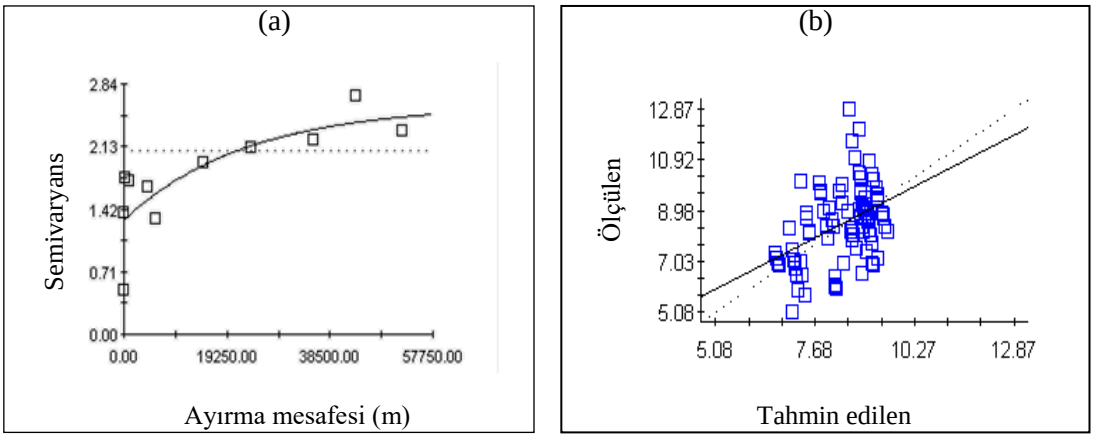
Populasyonlardan toplanan tohumların biyokimyasal özelliklerinin uzaysal değişimi semivaryogramlar kullanılarak modellenmiştir. Ancak, sukroz ve fotosentetik pigmentlerin semivaryogram modelleri oluşturulamamıştır. Bunun nedeni sukroz özelliğinde çarpıklık ve basıklık katsayıları yüksek bulunduğundan ve fotosentetik pigmentlerde ise kullanılan dört (Üssel, Küresel, Gaussian ve Linear) modele uygun semivaryogram modeli oluşturulamamıştır. Diğer özelliklerin semivaryogramları ise, 5'i Gaussian, 4'ü Küresel ve 1'i Üssel model ile modellenmiştir. Bu özelliklerin modellenmesi aşağıda ayrıntılı olarak açıklanmaya çalışılmıştır. Ayrıca popülasyonların yükselti gruplarına göre krigleme yüzey haritaları yorumlanmıştır (Şekil 4.3).



Şekil 4.3 Populasyonların yükselti grupları

4.6.1 Bin dane ağırlığı

Populasyonlardan toplanan tohumların bin dane ağırlıklarına ilişkin semivaryogram grafiği Şekil 4.4'de verilmiştir. Bin dane ağırlığı için en uygun semivaryogram modeli üssel modeldir. Üssel model, önce linear (doğrusal) davranır ve daha sonra hızla yükselerek asimptotik olarak bir sill değerine ulaşır (Isaaks and Srivastava 1989). Semivaryogram modellenmesinde uyumu bozan 3 değer değerlendirme dışında bırakılmıştır. Bin dane ağırlığında maksimum range ile minimum range oranına bakıldığında yöne bağlı farklılık bulunmadığından uzaysal yapının izotropik olduğu anlaşılmıştır. Bin dane ağırlığının jeoistatistik range mesafesine göre uzaysal bağımlılığının uzun mesafeli olduğu söylenebilir. Teorik izotropik semivaryogramının uygunluğu çapraz değerlendirme ile kontrol edilmiştir. Semivaryograma ilişkin hesaplanan parametreler ve çapraz değerlendirme sonuçları Çizelge 4.25'de verilmiştir.



Şekil 4.4 Tohumların bin dane ağırlığına ilişkin semivaryogram modeli (a) ve çapraz değerlendirme sonuçları (b)

Çizelge 4.25 Bin dane ağırlığına ilişkin izotropik semivaryogram model parametreleri ve çapraz değerlendirme sonuçları

Model	**Nugget (C_0)**	**Sill (C_0+C)**	**Nugget Etkisi (%)**	**Range (A, m)**	**R^2**	**RSS**	**r**
Üssel	1,298	2,599	49,94	68700,000	0,649	1,24	0,42

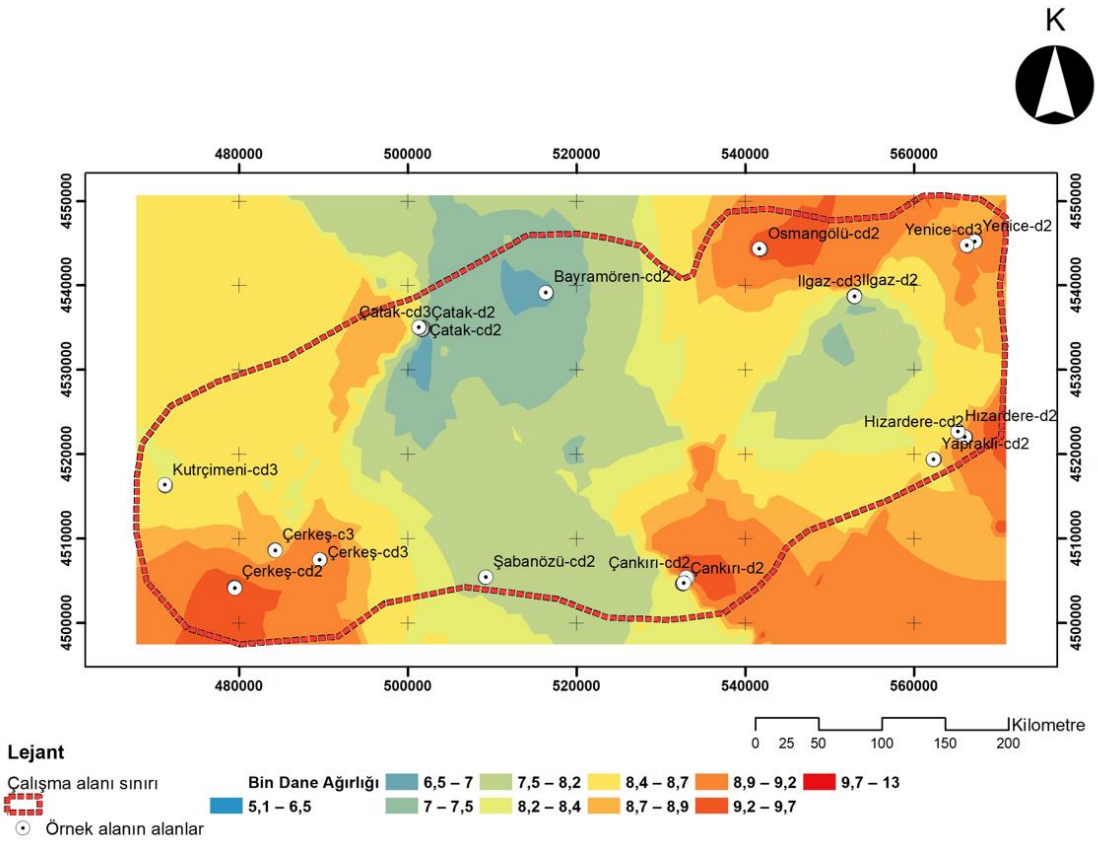
R^2: semivaryogram modeli regresyon katsayısı, RSS: regresyon katsayısının hata kareler toplamı, r: çapraz değerlendirmeye ilişkin korelasyon katsayısı

Uzaysal bağımlılığın göstergesi olan nugget etkisi, nugget varyansın sill'e oranı olarak tanımlanmaktadır. Nugget etkisi <%25 ise ilgili özelliğin kuvvetli uzaysal bağımlı, %25-75 arasında ise orta düzeyde uzaysal bağımlı ve %75'ten büyük ise zayıf uzaysal bağımlı olarak belirtilmektedir (Cambardella *et al.* 1994). Buna göre bin dane ağırlığı %49,94 ile orta düzeyde uzaysal bağımlıdır.

Kriglemenin başarısı ölçülen ve tahmin edilen veriler karşılaştırırak test edilmektedir. Orijinal değerlerin aynısını tahmin etmek demek ölçülen ve tahmin edilen değerler arasında %100'lük korelasyon vardır demektir. Korelasyon katsayısı düştükçe de yapılan tahminin düştüğü varsayılmaktadır. Genelde, yer bilimlerinde ve çevre ile ilgili çalışmalarda %70'lik bir başarının (r=0,70 ve üzeri) yeterli olduğu kabul edilmektedir (Erşahin ve Karahan 2015). Çapraz değerlendirme sonucunda ölçülen değerler ile tahmin edilen değerler arasındaki benzerlik %42 olarak bulunmuştur.

Semivaryogram modelleme başarısının önemli diğer göstergeleri de R^2 ve RSS değerleridir. R^2'nin artması ve RSS değerinin azalması yapılan tahminin performansı açısından istenen bir durumdur (Erşahin ve Karahan 2015). Bin dane ağırlığına ait semivaryogramda R^2 değeri düşük, RSS değeri ise yüksek bulunmuştur. Tüm parametreleri bir arada değerlendirildiğinde bin dane ağırlığına ait semivaryogramın modellenmesinde başarının düşük kaldığı söylenebilir. Semivaryogramdaki yüksek nugget etkisinin buradaki düşük başarının en önemli nedeni olduğu söylenebilir. İleride yapılacak benzer çalışmalarda bu husus dikkate alınmalı ve nugget varyansın düşürülmesine yönelik bir örnekleme deseni uygulanmalıdır.

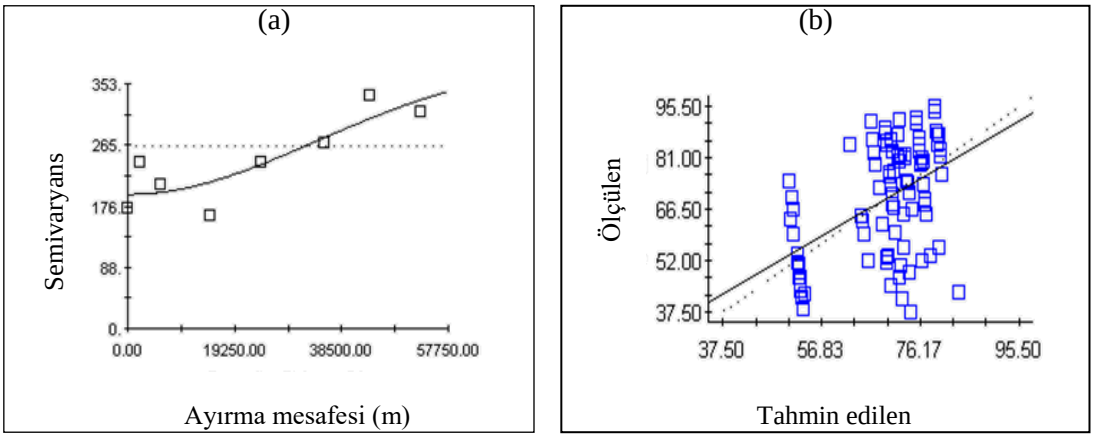
Semivaryogram modeline göre tahmin haritası oluşturulmuştur (Şekil 4.5). Şekil 4.5'e göre en düşük bin dane ağırlığı değerleri Bayramören ve Çatak populasyonlarında, en yüksek ise Çerkeş ve Osmangölü populasyonlarında görülmüştür.



Şekil 4.5 Bin dane ağırlığının uzaysal değişim deseni

4.6.2 Çimlenme yüzdesi (%)

Populasyonlardan toplanan tohumların çimlenme yüzdesine ilişkin semivaryogram grafiği Şekil 4.6'da verilmiştir. Çimlenme yüzdesi için en uygun semivaryogram modelinin Gaussian olduğu görülmüştür. Semivaryogram modellenmesinde uyumu bozan 2 değer değerlendirme dışında bırakılmıştır. Çimlenme yüzdesinde yöne bağlı farklılık bulunmadığından kriglemede izotropik semivaryogram modeli kullanılmıştır. Semivaryograma ilişkin hesaplanan parametreler ve çapraz değerlendirme sonuçları Çizelge 4.26'da verilmiştir.



Şekil 4.6 Tohumların çimlenme yüzdesine ilişkin semivaryogram modeli (a) ve çapraz değerlendirme sonuçları (b)

Çizelge 4.26 Çimlenme yüzdesine ilişkin izotropik semivaryogram model parametreleri ve çapraz değerlendirme sonuçları

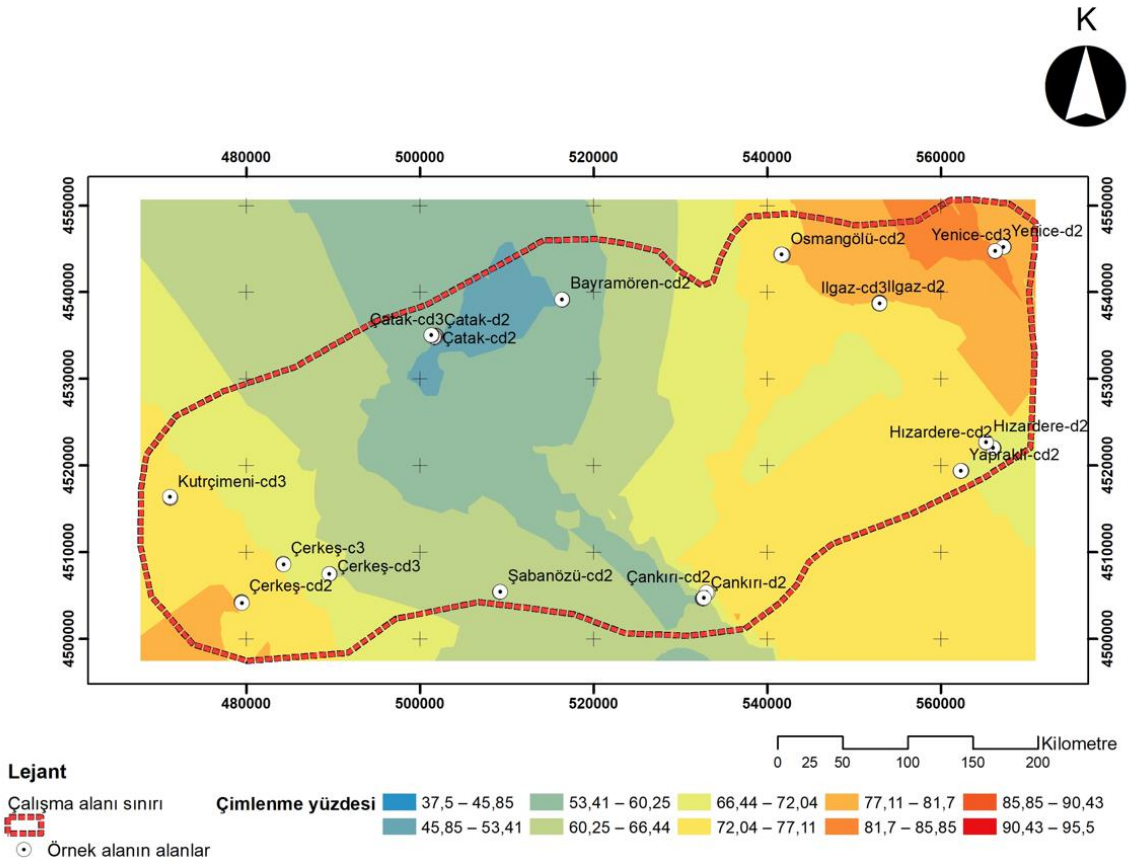
Model	Nugget (C_0)	Sill (C_0+C)	Nugget Etkisi (%)	Range (A, m)	R^2	RSS	r
Gaussian	193,4	386,9	49,99	82792,0286	0,759	6389,0	0,47

R^2: semivaryogram modeli regresyon katsayısı, RSS: regresyon katsayısının hata kareler toplamı, r: çapraz değerlendirmeye ilişkin korelasyon katsayısı

Çimlenme yüzdesi orta düzeyde uzaysal bağımlı bulunmuştur (nugget etkisi= %49,9). Çapraz değerlendirme sonucunda ölçülen değerler ile tahmin edilen değerler arasında en fazla benzerlik %47 (r < %70) olarak bulunmuştur. Çimlenme yüzdesine ait

semivaryogram da fruktoz dışındaki diğer özelliklere göre R^2 değeri daha yüksek, RSS değeri ise daha düşük bulunmuştur. Yine de kriglemenin yeterince başarılı olduğu söylenemez.

Krigleme enterpolasyon haritasından (Şekil 4.7) en düşük çimlenme yüzdesinin Bayramören ve Çatak populasyonlarında, en yüksek çimlenme yüzdesinin ise Yenice populasyonlarında olduğu görülmektedir.

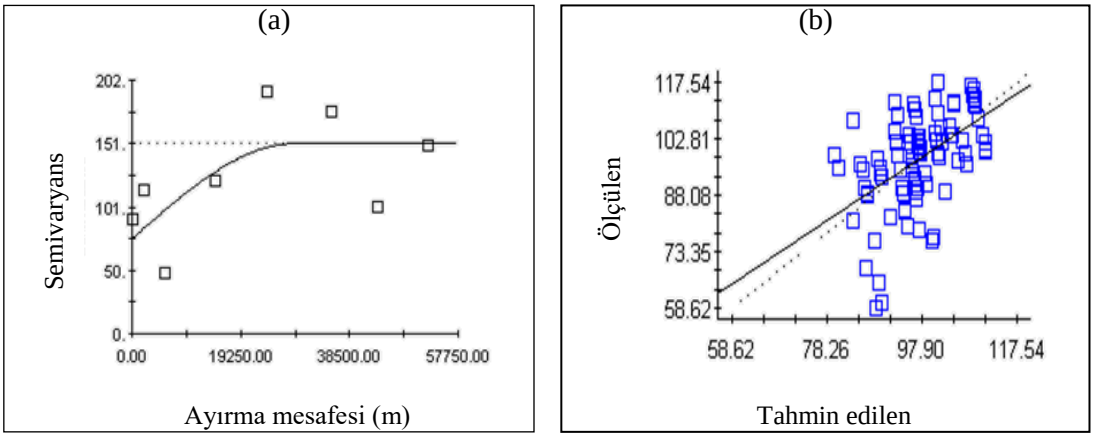


Şekil 4.7 Çimlenme yüzdesinin uzaysal değişim deseni

4.6.3 Prolin içeriği

Populasyonlardan toplanan tohumların prolin içeriğine ilişkin semivaryogram grafiği Şekil 4.8'de verilmiştir. Prolin için en uygun semivaryogram modeli küresel olduğu görülmüştür. Semivaryogram modellenmesinde uyumu bozan 1 değer değerlendirme dışında bırakılmıştır. Prolin içeriğinde yöne bağlı farlılık bulunmadığından izotropik

semivaryogram modeli uygulanmıştıtr. Semivaryograma ilişkin hesaplanan parametreler ve çapraz değerlendirme sonuçları Çizelge 4.27'de verilmiştir.



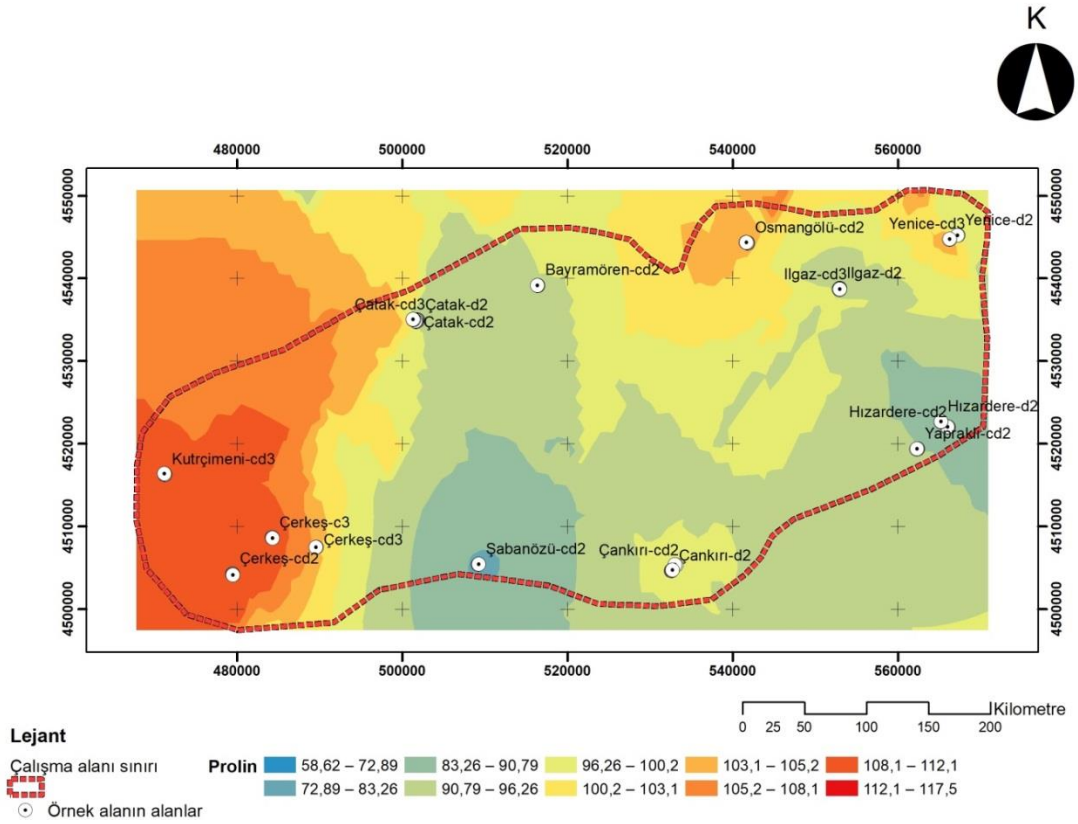
Şekil 4.8 Tohumların prolin içeriğine ilişkin semivaryogram modeli (a) ve çapraz değerlendirme sonuçları (b)

Çizelge 4.27 Prolin içeriğine ilişkin izotropik semivaryogram model parametrelerive çapraz değerlendirme sonuçları

Model	**Nugget (C_0)**	**Sill (C_0+C)**	**Nugget Etkisi (%)**	**Range (A, m)**	**R^2**	**RSS**	**r**
Küresel	75,50	151,10	49,97	28700,000	0,435	8784,00	0,53

R^2: semivaryogram modeli regresyon katsayısı, RSS: regresyon katsayısının hata kareler toplamı, r: çapraz değerlendirmeye ilişkin korelasyon katsayısı

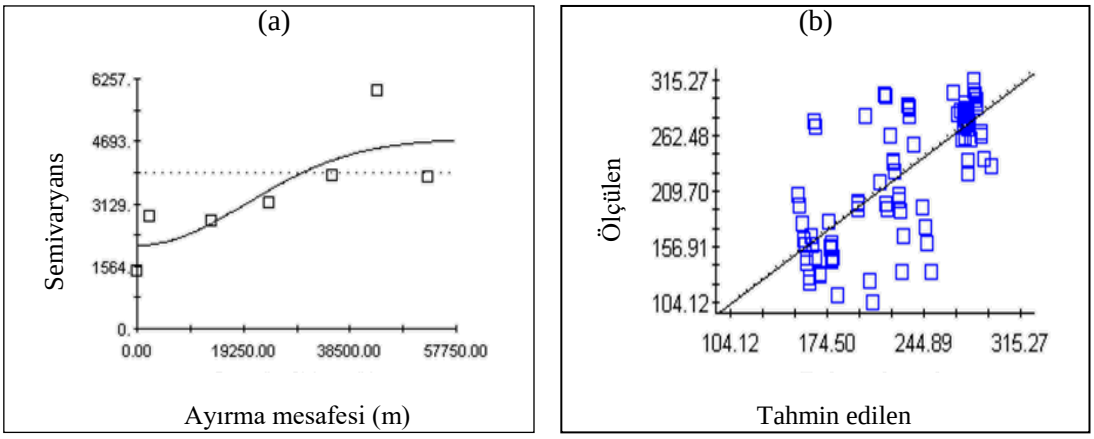
Çizelge 4.27'de nugget etkisinin yüksek, Ao'ın uzun mesafeli olduğu anlaşılmaktadır. Özellikle nugget etkisinin yüksek olması çapraz değerlendirme korelasyon katsayısının düşük olmasını sonuçlamıştır (Isaaks and Srivastava 1989). Krigleme enterpolasyonu sonucu elde edilen tahmin haritası (Şekil 4.9) prolin içeriğinin Şabanözü ve Hızardere populasyonlarında düşük, Çerkeş ve Kurtçimeni populasyonlarında ise yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 4.9 Prolin içeriğinin populasyonlar arası uzaysal değişim deseni

4.6.4 Protein içeriği

Populasyonlardan toplanan tohumların protein içeriğine ilişkin semivaryogram grafiği Şekil 4.10'da verilmiştir. Protein için en uygun semivaryogram modeli gaussian olduğu görülmüştür. Semivaryogram modellenmesinde uyumu bozan 1 veri değerlendirme dışında bırakılmıştır. Protein içeriğinde yöne bağlı farlılık bulunmadığından izotropik semivaryogram modeli kullanılmıştır. Semivaryograma ilişkin hesaplanan parametreler ve çapraz değerlendirme sonuçları Çizelge 4.28'de verilmiştir.



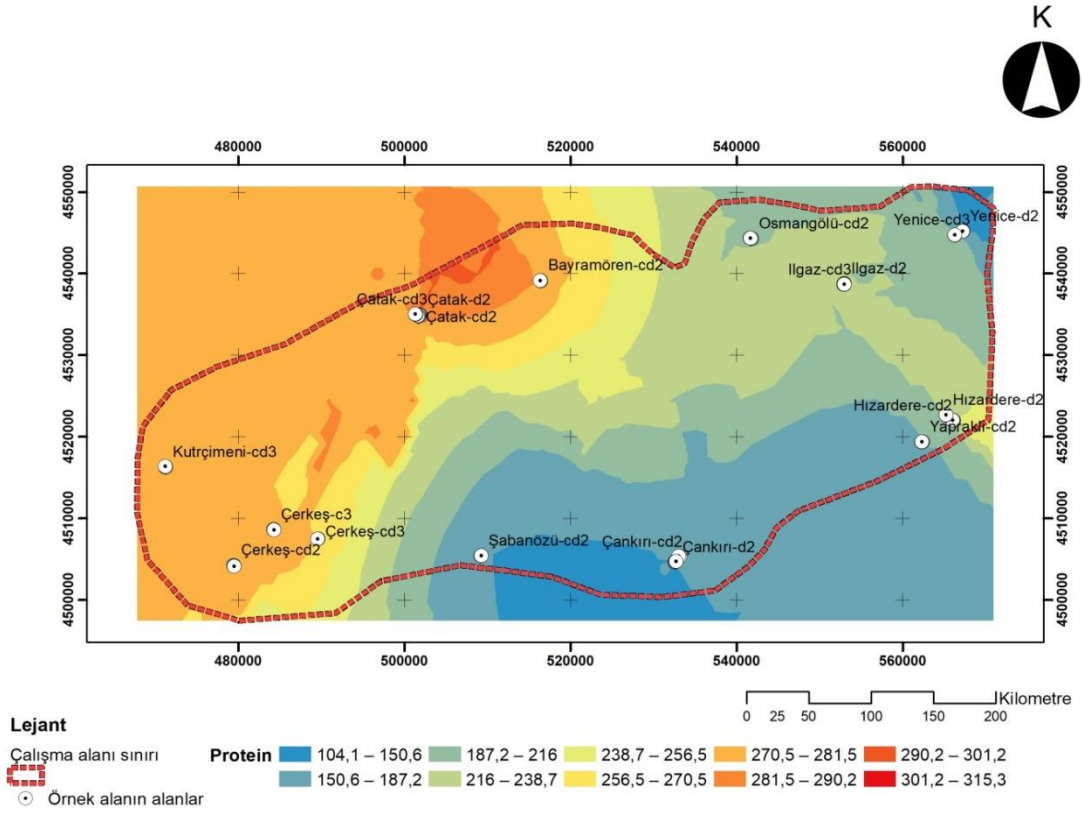
Şekil 4.10 Tohumların protein içeriğine ilişkin semivaryogram modeli (a) ve çapraz değerlendirme sonuçları (b)

Çizelge 4.28 Protein içeriğine ilişkin izotropik semivaryogram model parametreleri ve çapraz değerlendirme sonuçları

Model	**Nugget (C_0)**	**Sill (C_0+C)**	**Nugget Etkisi (%)**	**Range (A, m)**	**R^2**	**RSS**	**r**
Gaussian	2085,00	4753,00	43,87	48324,2175	0,658	3960278,0	0,74

R^2: semivaryogram modeli regresyon katsayısı, RSS: regresyon katsayısının hata kareler toplamı, r: çapraz değerlendirmeye ilişkin korelasyon katsayısı

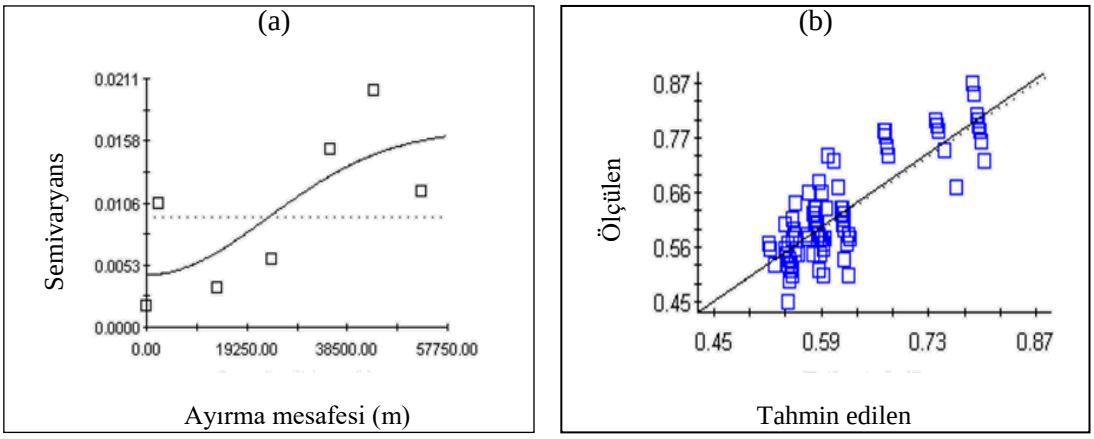
Protein içeriği orta düzeyde uzaysal bağımlıdır (nugget etkisi %43,9). Çapraz değerlendirme sonucunda ölçülen değerler ile tahmin edilen değerler arasında %74 düzeyinde bir benzerlik bulunmuştur. Krigleme yüzey haritasına göre (Şekil 4.11) protein içeriği değerlerine Yenice, Çankırı ve Şabanözü populasyonlarında düşük iken, Çatak populasyonlarında daha yüksektir.



Şekil 4.11 Protein içeriğinin populasyonlar arası uzaysal değişim deseni

4.6.5 Glikoz içeriği

Populasyonlardan toplanan tohumların glikoz içeriğine ilişkin semivaryogram grafiği Şekil 4.12'de verilmiştir. Glikoz içeriğinde maksimum range ile minimum range oranının yüksek olması yönsellik olduğuna işaret ettiğinden kriglemede anizotropik model kullanılmıştır. Semivaryograma ilişkin hesaplanan parametreleri ve çapraz değerlendirme sonuçları Çizelge 4.29'da verilmiştir. Yönsel anizotropik deneysel modelin modellenmesinde Gaussian modelin en uygun model olduğu belirlenmiştir.



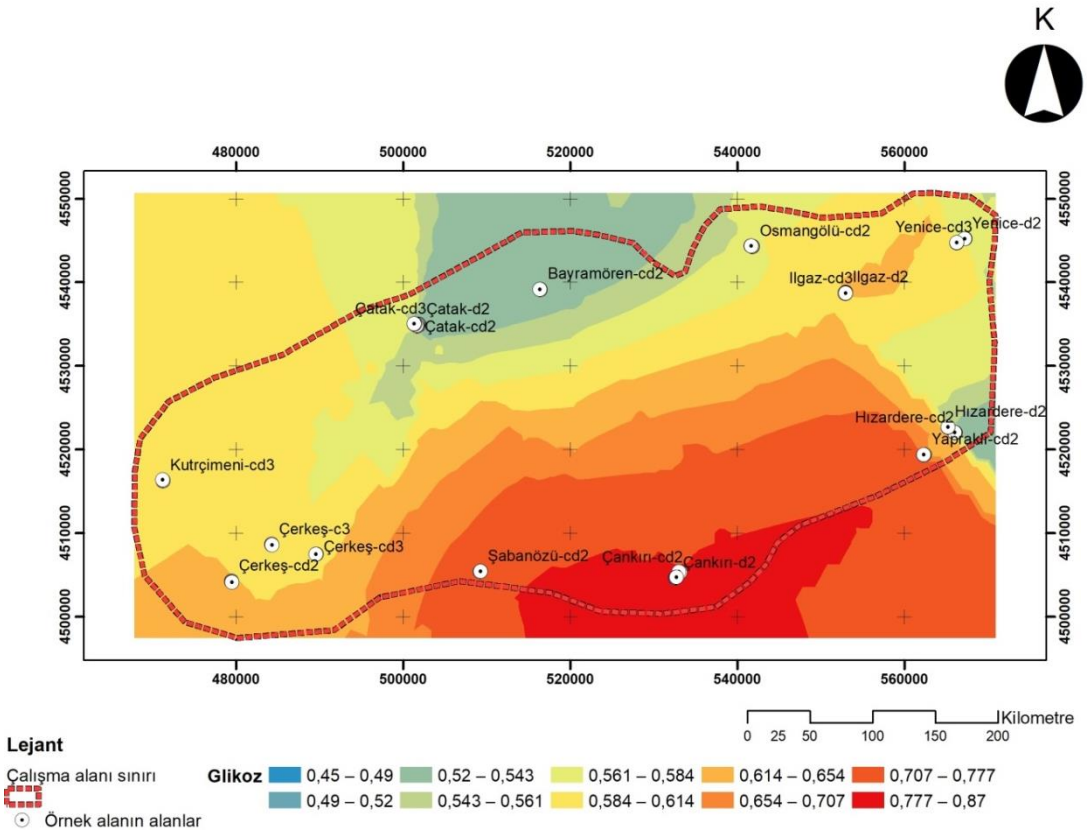
Şekil 4.12 Tohumların glikoz içeriğine ilişkin semivaryogram modeli (a) ve çapraz değerlendirme sonuçları (b)

Çizelge 4.29 Glikoz içeriğine ilişkin anizotropik semivaryogram model parametreleri ve çapraz değerlendirme sonuçları

Model	Nugget (C_0)	Sill (C_0+C)	Nugget Etkisi (%)	Minor Range (A, m)	Major Range (A, m)	R^2	RSS	r
Gaussian	0,002400	0,057395	4,18	86429,3353	178228,0281	0,673	86429,3353	0,85

R^2: semivaryogram modeli regresyon katsayısı, RSS: regresyon katsayısının hata kareler toplamı, r: çapraz değerlendirmeye ilişkin korelasyon katsayısı

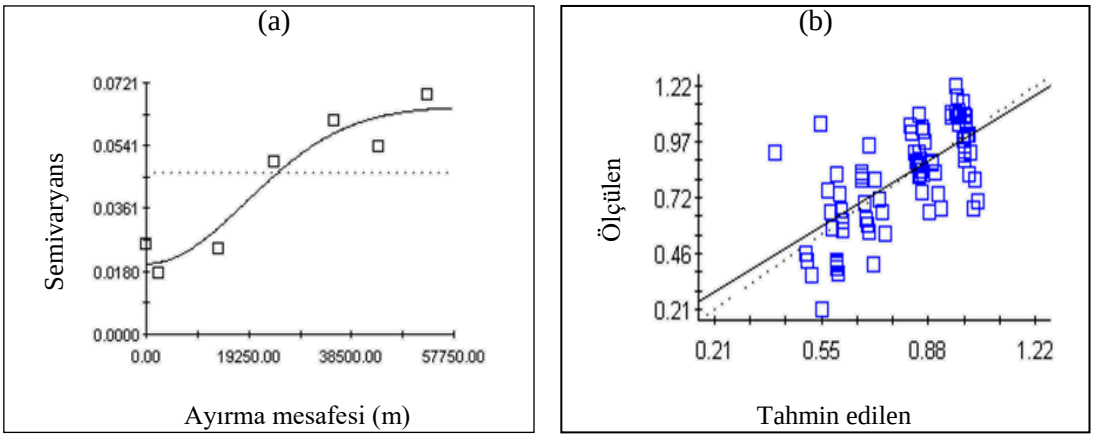
Glikoz kuvvetli düzeyde uzaysal bağımlı bulunmuştur (nugget etkisi= %4,18). Çapraz değerlendirme sonucunda ölçülen değerler ile tahmin edilen değerler arasında %85 düzeyinde bir benzerlik bulunmuştur. Bu bağlamda teorik semivaryogramın deneysel semivaryogramı yeterince temsil edebildiği söylenebilir. Semivaryogram modeline ilişkin parametreler kullanılarak oluşturulan krigleme yüzey haritasından (Şekil 4.13) tohum glikoz içeriğinin güneydoğudan kuzey batıya doğru giderek azaldığı anlaşılmaktaıdr.



Şekil 4.13 Glikoz içeriğinin populasyonlar arası uzaysal değişim deseni

4.6.6 Fruktoz içeriği

Populasyonlardan toplanan tohumların fruktoz içeriğine ilişkin semivaryogram Şekil 4.14'de verilmiştir. Yönsel analizden tohum içeriğinin fruktoz içeriğinin uzysal yapısının izoropik olduğu görülmüş olup, deneysel semivariyogramın modellenmesinde üssel model en uygun sonucu verilmiştir. Teorik semivaryograma ilişkin hesaplanan parametreler ve çapraz değerlendirme sonuçları Çizelge 4.30'da verilmiştir.



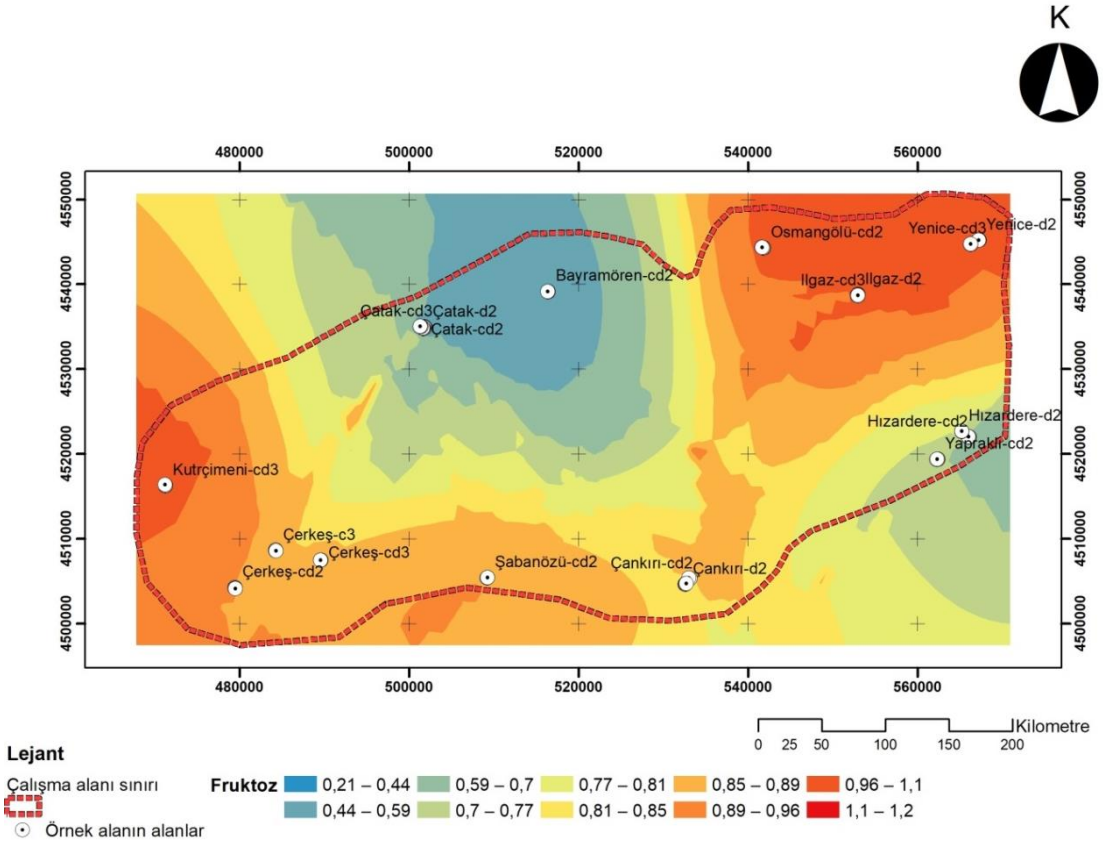
Şekil 4.14 Tohumların fruktoz içeriğine ilişkin semivaryogram modeli (a) ve çapraz değerlendirme sonuçları (b)

Çizelge 4.30 Fruktoz içeriğine ilişkin izotropik semivaryogram model parametreleri ve çapraz değerlendirme sonuçları

Model	**Nugget (C_0)**	**Sill (C_0+C)**	**Nugget Etkisi (%)**	**Range (A, m)**	**R^2**	**RSS**	**r**
Gaussian	0,020200	0,065300	30,93	45899,3464	0,920	0,0001942	0,68

R^2: semivaryogram modeli regresyon katsayısı, RSS: regresyon katsayısının hata kareler toplamı, r: çapraz değerlendirmeye ilişkin korelasyon katsayısı

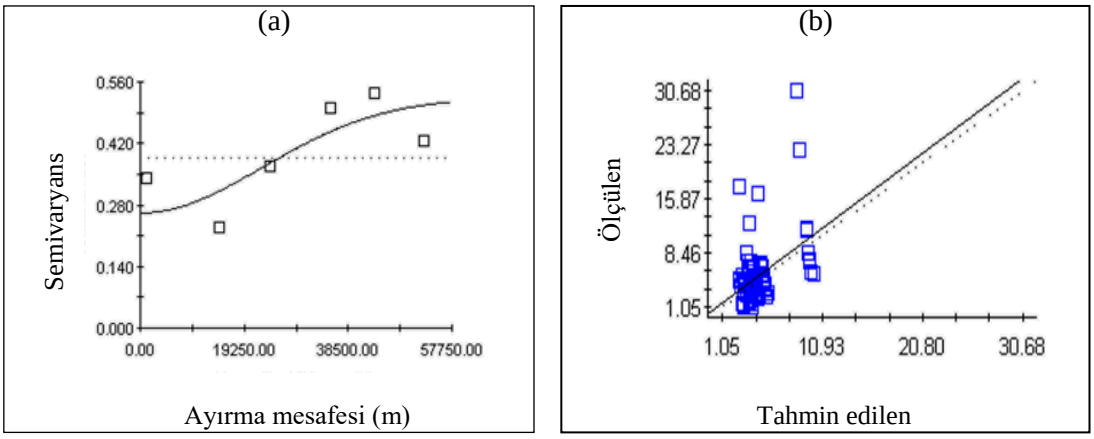
Tohum fruktoz içeriği orta şiddette uzysal bağımlı bulunmuştur (Nugget etkisi =%30,9) Çapraz değerlendirme sonucunda ölçülen değerler ile tahmin edilen değerler arasında en %68 (r=0.68) düzeyinde bir benzerlik bulunmaktadır. Krigleme tahtmin haritasından (Şekil 4.15) çalışma alanının kuzeydoğusu ve güney batısında tohum fruktoz içeriğinin daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 4.15 Fruktoz içeriğinin populasyonlar arası uzaysal değişim deseni

4.6.7 Malondialdehid (MDA) içeriği

Populasyonlardan toplanan tohumların malondialdehid (MDA) içeriğine ilişkin semivaryogram Şekil 4.16'da verilmiştir. Semivaryogram modellemesinden önce verilerin normal dağılım gösterip göstermediğine bakılmıştır. MDA verilerinin normal dağılım göstermediği görülmüştür. Verilerin çarpıklık değeri 1'den büyük olduğundan logaritmik dönüşümü yapılarak normal dağılım göstermesi sağlanmıştır. Daha sonra MDA içeriği için semivaryogram modellemesi yapılmış olup en uygun semivaryogram modeli gaussian olduğu görülmüştür. Semivaryogram modellenmesinde uyumu bozan 1 değer değerlendirme dışında bırakılmıştır. MDA'da yöne bağlı farklılık bulunmadığından izotropik semivaryogram modellenmiş olup, hesaplanan parametreler ve çapraz değerlendirme sonuçları Çizelge 4.31'de verilmiştir.



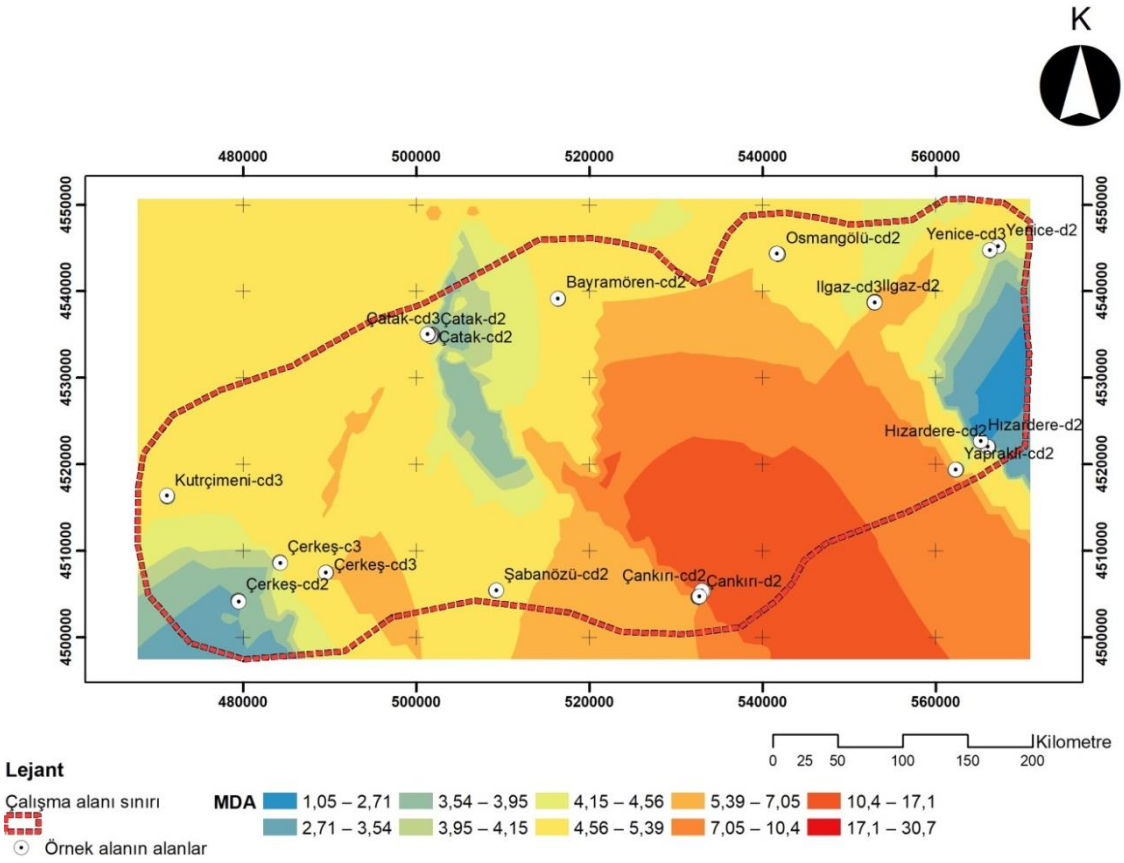
Şekil 4.16 Tohumların MDA içeriğine ilişkin semivaryogram modeli (a) ve çapraz değerlendirme sonuçları (b)

Çizelge 4.31 MDA içeriğine ilişkin izotropik semivaryogram model parametreleri ve çapraz değerlendirme sonuçları

Model	**Nugget (C_0)**	**Sill (C_0+C)**	**Nugget Etkisi (%)**	**Range (A, m)**	**R^2**	**RSS**	**r**
Gaussian	0,26170	0,52440	49,90	55252,4208	0,609	0,0250	0,43

R^2: semivaryogram modeli regresyon katsayısı, RSS: regresyon katsayısının hata kareler toplamı, r: çapraz değerlendirmeye ilişkin korelasyon katsayısı

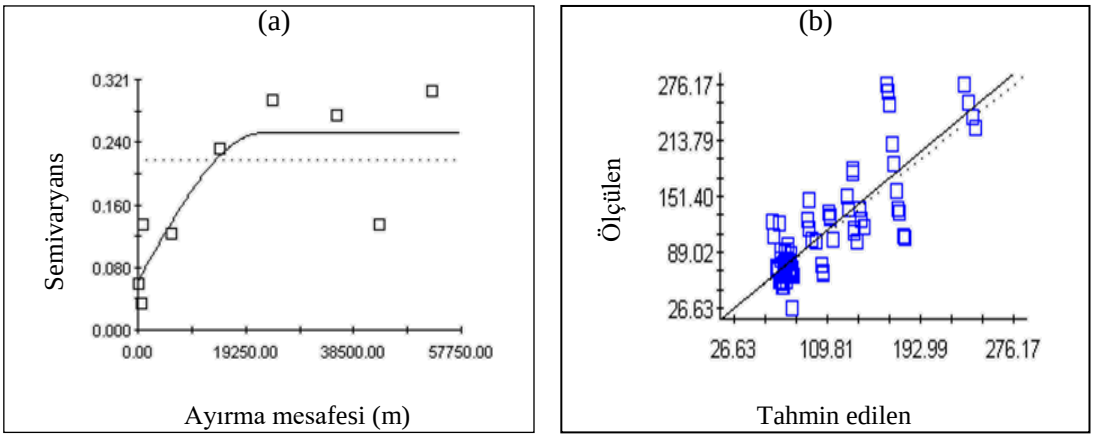
MDA içeriği orta düzeyde uzaysal bağımlı bulunmuştur (nugget etkisi= %49,9). Çapraz değerlendirme sonucunda ölçülen değerler ile tahmin edilen değerler arasında en fazla benzerlik %43'lük bir benzerlik söz konusudur. Semivaryogram modeline göre krigleme yüzey haritası oluşturulmuştur (Şekil 4.17). Çalışma alanın güney doğu kısmında MDA içeriği diğer kısımlara göre daha yüksektir (Şekil 4.17).



Şekil 4.17 MDA içeriğinin populasyonlar arası uzaysal değişim deseni

4.6.8 H_2O_2 içeriği

Populasyonlardan toplanan tohumların H_2O_2 içeriğine ilişkin semivaryogram Şekil 4.18'de verilmiştir. Semivaryogram modellemesinden önce verilerin normal dağılım gösterip göstermediğine bakılmıştır. H_2O_2 verilerinin normal dağılım göstermediği görülmüştür. Verilerin çarpıklık değeri 1'den büyük olduğundan logaritma dönüşümü yapılarak normal dağılıma yaklaştırılmıştır. Daha sonra H_2O_2 içeriği için semivaryogram modellemesi yapılmıştır ve en uygun semivaryogram modeli küresel olduğu görülmüştür. Semivaryogram modellenmesinde uyumu bozan 5 değer değerlendirme dışında bırakılmıştır. H_2O_2 içeriğinde yöne bağlı farlılık bulunmadığından izotropik semivaryogram modellenmiştir. Semivaryograma ilişkin hesaplanan parametreler ve çapraz değerlendirme sonuçları Çizelge 4.32'de verilmiştir.



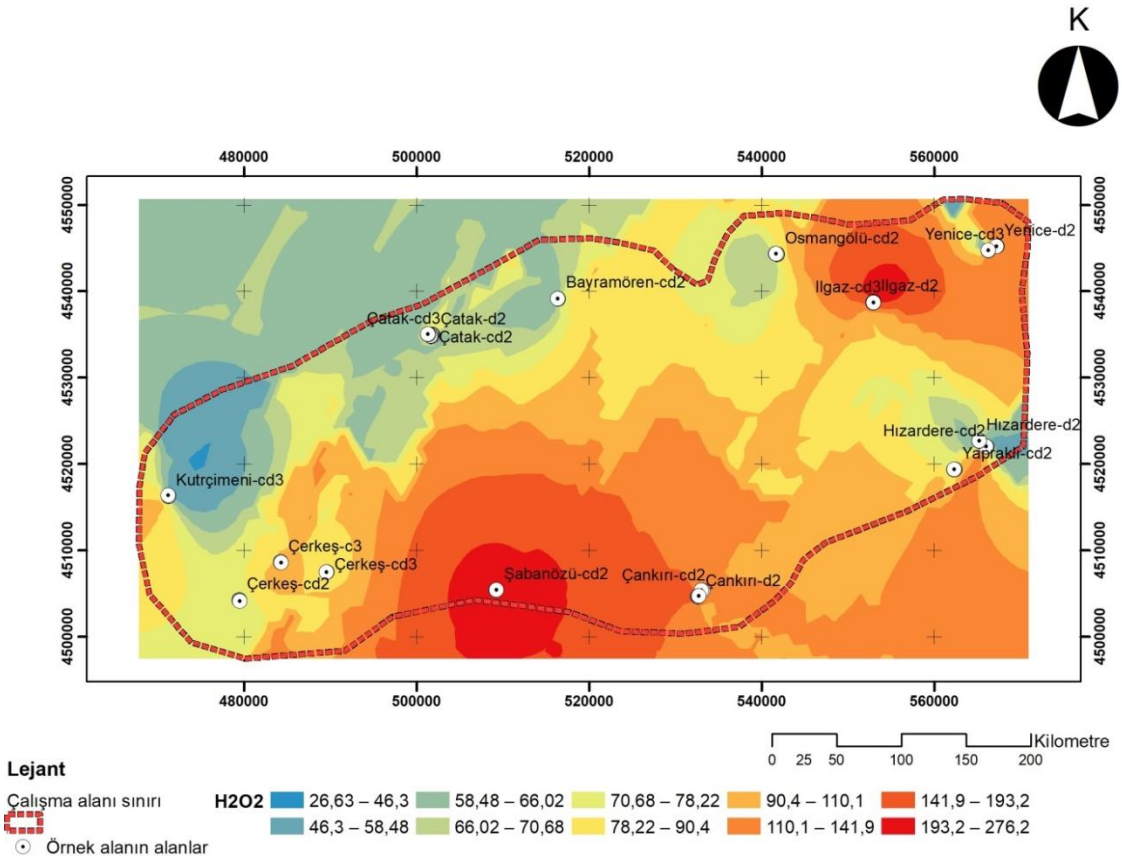
Şekil 4.18 Tohumların H_2O_2 içeriğine ilişkin semivaryogram modeli (a) ve çapraz değerlendirme sonuçları (b)

Çizelge 4.32 H_2O_2 içeriğine ilişkin izotropik semivaryogram model parametreleri ve çapraz değerlendirme sonuçları

Model	**Nugget (C_0)**	**Sill (C_0+C)**	**Nugget Etkisi (%)**	**Range (A, m)**	**R^2**	**RSS**	**r**
Küresel	0,06200	0,25200	24,60	22100,000	0,715	0,0240	0,85

R^2: semivaryogram modeli regresyon katsayısı, RSS: regresyon katsayısının hata kareler toplamı, r: çapraz değerlendirmeye ilişkin korelasyon katsayısı

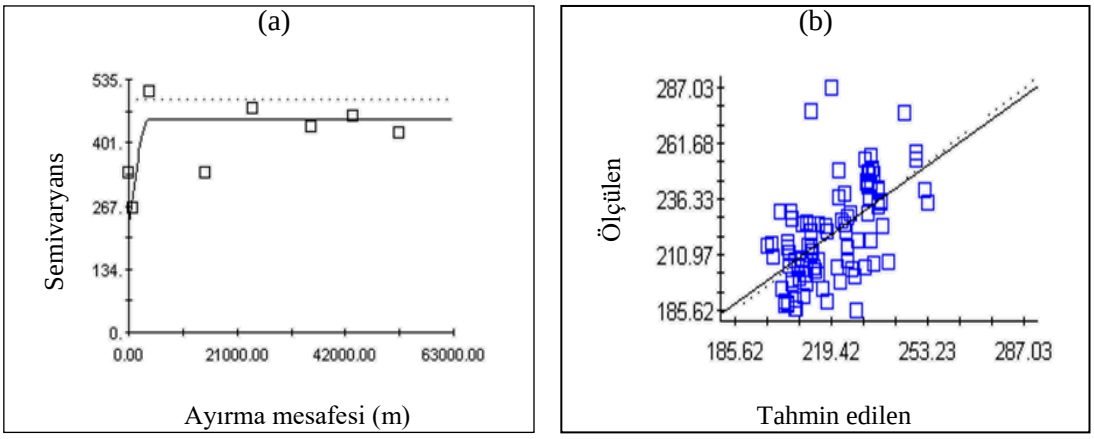
Tohum H_2O_2 içeriği kuvvetli uzysal bağımlılık göstermiştir (Nugget etkisi % 24,6). Çapraz değerlendirme sonucunda ölçülen değerler ile tahmin edilen değerler arasında yüksek düzeyde (r=0,85) bir ilişki belirlenmiştir. Krigleme tahmin haritasından çalışma alanının güneyinde kalan populasyonlarda tohum H_2O_2 içeriğini daha yüksek olduğu ve kuzeye gittikçe azalan bir seyir takip ettiği anlaşılmaktadır (Şekil 4.19).



Şekil 4.19 H_2O_2 içeriğinin populasyonlar arası uzaysal değişim deseni

4.6.9 SOD enzim akivitesi

SOD enzim aktivitesine ilişkin denysel semivariyogramın modellenmesinde modeli küresel model en iyi sonucu vermiştir (Şekil 4.20). Semivaryogram modellenmesinde uyumu bozan 3 değer değerlendirme dışında bırakılmıştır. SOD enzim aktivitesinde yönsellik bulunmadığından izotropik semivaryogram modellenmiştir. Semivaryograma ilişkin hesaplanan parametreler ve çapraz değerlendirme sonuçları Çizelge 4.33'de verilmiştir.



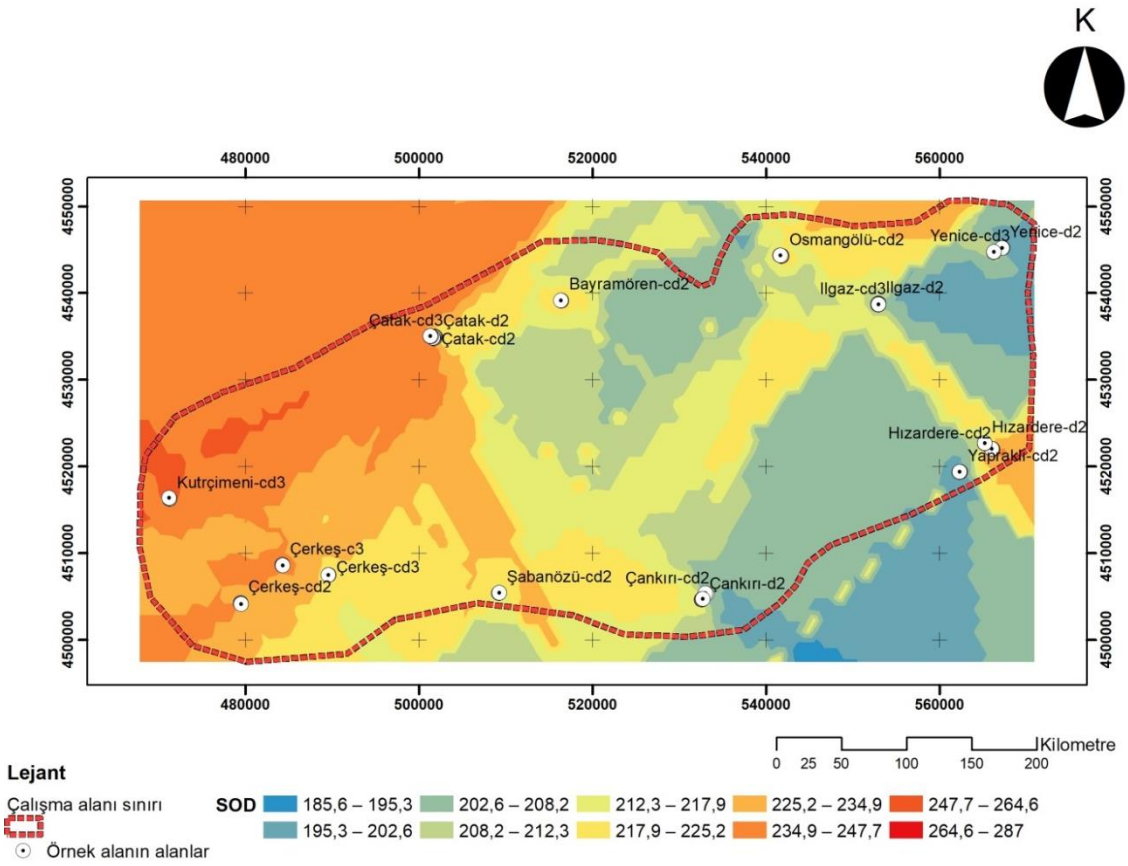
Şekil 4.20 Tohumların SOD enzim aktivitesine ilişkin semivaryogram modeli (a) ve çapraz değerlendirme sonuçları (b)

Çizelge 4.33 SOD enzim aktivitesine ilişkin izotropik semivaryogram model parametreleri ve çapraz değerlendirme sonuçları

Model	**Nugget (C_0)**	**Sill (C_0+C)**	**Nugget Etkisi (%)**	**Range (A, m)**	**R^2**	**RSS**	**r**
Küresel	225,4	450,9	49,99	4000,000	0,528	28538,00	0,58

R^2: semivaryogram modeli regresyon katsayısı, RSS: regresyon katsayısının hata kareler toplamı, r: çapraz değerlendirmeye ilişkin korelasyon katsayısı

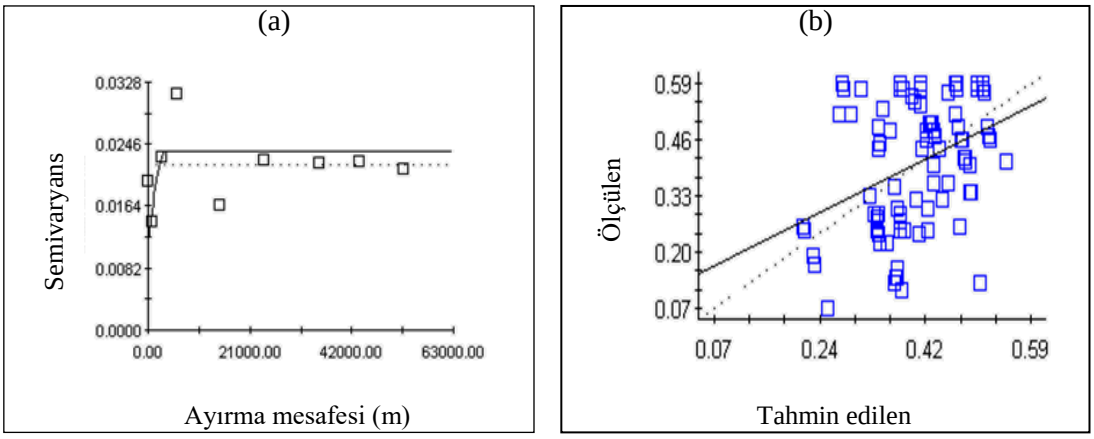
SOD enzim aktivitesi orta-zayıf düzeyde uzaysal bağımlıdır (Nugget etkisi=50,0). Çapraz değerlendirme sonucunda ölçülen değerler ile tahmin edilen değerler arasında orta düzeyde bir ilişki (r=0,58) olduğu belirlenmiştir. Elde edilen krigleme yüzey haratisından (Şekil 4.21) SOD enzim aktivitesinin çalışma alanının kuzey batısında (Çerkeş, Kurtçimeni ve Çatak) daha yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 4.21 SOD enzim aktivitesinin populasyonlar arası uzaysal değişim deseni

4.6.10 POD enzim aktivitesi

Populasyonlardan toplanan tohumların POD enzim aktivitesine ilişkin semivaryogram Şekil 4.22'de verilmiştir. Semivaryogram modellenmesinde uyumu bozan 6 değer değerlendirme dışında bırakılmıştır. POD enzim aktivitesinde yöne bağlı farlılık bulunmadığından izotropik semivaryogram modellenmiş olup, küresel model en başarılı sonucu vermiştir. Semivaryograma ilişkin hesaplanan parametreleri ve çapraz değerlendirme sonuçları Çizelge 4.34'de verilmiştir.



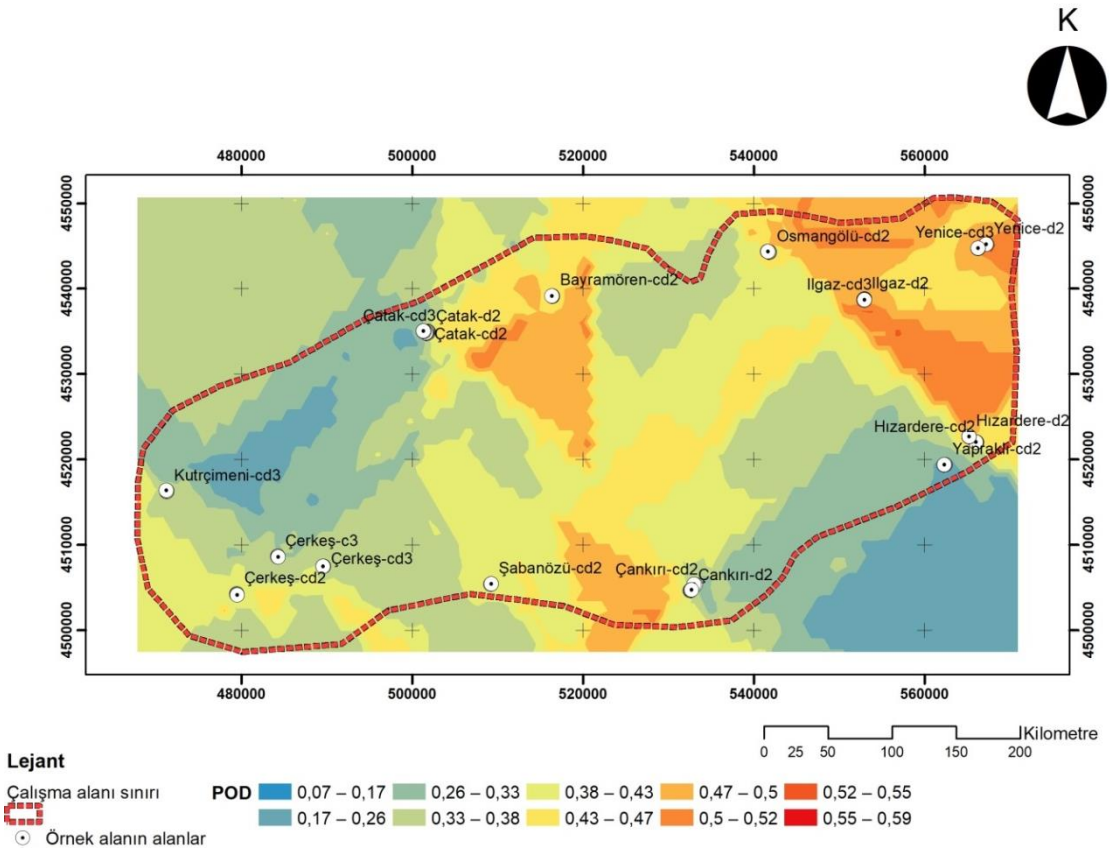
Şekil 4.22 Tohumların POD enzim aktivitesine ilişkin semivaryogram modeli (a) ve çapraz değerlendirme sonuçları (b)

Çizelge 4.34 POD enzim aktivitesine ilişkin izotropik semivaryogram model parametreleri ve çapraz değerlendirme sonuçları

Model	**Nugget (C_0)**	**Sill (C_0+C)**	**Nugget Etkisi (%)**	**Range (A, m)**	**R^2**	**RSS**	**r**
Küresel	0,011790	0,023680	49,79	3600,000	0,223	0,0001744	0,37

R^2: semivaryogram modeli regresyon katsayısı, RSS: regresyon katsayısının hata kareler toplamı, r: çapraz değerlendirmeye ilişkin korelasyon katsayısı

Nugget etkisinden (Çizelge 4.34) POD içeriğinin orta düzeyde uzaysal bağımlı olduğu anlaşılmaktadır. Ancak çapraz değerlendirme korelasyon katsayısı önemli olmakla birlikte düşüktür (r=0,37). Bu durumun önemli ölçüde yüksek nugget varyans ile ilişkili olduğu söynelebilir. Krigleme entepolasyon yüzey haritasına bakıldığında (Şekil 4.23) tohum POD içeriğinin çalışma alanının kuzey doğusunda daha yüksek değerler alırken güney batıda çok daha düşük değeler aldığı görülmektedir.



Şekil 4.23 POD enzim aktivitesinin populasyonlar arası uzaysal değişim deseni

Bir değişkenin uzaysal olarak otokorele olduğu maksimum mesafe jeoistatistiksel range (Ao) olarak adlandırılmaktadır (Gürel 2020). Çalışmamızda en düşük Ao değeri POD, en yüksek ise glikoz için belirmiştir.

5. TARTIŞMA

5.1 Tohumda Yapılan Analizlere İlişkin Tartışma

Bu çalışma kapsamında 19 farklı populasyondan toplanılan sarıçam tohumlarının bin dane ağırlığı, çimlenme yüzdesi, prolin, protein, glikoz, fruktoz, sukroz, MDA, H_2O_2, SOD ve POD enzim aktivitelerinin toprak ve topografya özellikler ile istatistiksel ilişkileri ve uzaysal değişkenliği analiz edilmiştir.

Populasyonların bin dane ağırlıkları 6,33 gr ile 9,70 gr arasında değiştiği ve ortalama 8,46±0,15 gr olarak bulunmuştur. Populasyonlara göre en ağır tohumların Çerkeş Çscd3 meşceresinden (17 nolu populasyon) ve en hafif tohumların ise Çatak Çscd2 meşceresinden (14 nolu populasyon) toplanan tohumlar oldukları belirlenmiştir. Gölgeli bakıdaki meşcereler güneşli bakılara göre daha iyi gelişim göstermektedir (Anonim 1993). Bu çalışmadaki 17 nolu populasyonda kuzeydoğu bakıda, 14 nolu alanda ise güney bakıda bulunmaktadır. Buna göre; 17 nolu populasyondan toplanan tohumların bin dane ağırlıkları daha yüksek bulunmuştur.

Bin dane ağırlıkları tohum orijinine, enleme, yükseltiye ve ağacın yaşına bağlı olarak değişmekte olup, sarıçam tohumlarının ortalama bin dane ağırlığı 9,6 gr'dır (Gezer ve Yücedağ 2013). Bu çalışmadaki 17, 1, 18, 5, 6 ve 10 nolu populasyonlarında bin dane ağırlıkları bu ortalama değere benzer sonuçlar elde edilmiş olup, bunlar sırasıyla 9,7 gr, 9,66 gr, 9,62 gr, 9,55 gr, 9,35 gr ve 9,01 gr'dır. Gökmen (1970)'e göre sarıçamın genellikle kuzey bakılı yamaçları sevdiği belirtilmektedir (Anonim 1993). Bu populasyonlardan 17, 1 ve 18 nolu populasyonlar KD bakıda ve ortalama 1500 m yükseltide bulunduğundan bin dane ağırlıklarının diğer populasyonlara daha yüksek olduğu görülmüştür. Diğer populasyonlar (5, 6 ve 10 nolu alanlar) ise G bakıda yer almaktadır ancak, ortalama 1700 m yükseltide bulunmaktadır. Bu populasyonlar 1700 m ve üzerinde bulunduğundan bin dane ağırlıklarının yüksek çıktığı düşünülmektedir.

Şevik vd. (2010) Ilgaz-Yenice yöresinde tohum meşceresine ait sarıçam tohumları üzerine yaptıkları çalışmada bin dane ağırlıkları ortalamasını 10,19 gr olarak saptamıştır. Ilgaz-Yenice yöresindeki iki populasyondan 10 nolu populasyon 9,01 gr iken, 9 nolu populasyon 8,94 gr olarak tespit edilmiştir. Morfolojik özellik olan bin dane ağırlığı, bol tohum yıllarında ve üstün ağaçlardan toplanan tohumlarda daha yüksek olabilmektedir (Yücedağ 2008). Buna göre bu çalışmadaki tohumlar tohum meşcerelerinden ve üstün ağaçlarından toplanmadığından Şevik vd. (2010)' da elde edilen bin dane ağırlığına göre daha düşük çıkmış olabilir.

Taeger *et al.* (2013) sarıçamın güneybatıdan merkeze doğru dağılımının olduğu yerlerdeki Avrupa sarıçam fidanları üzerinde kuraklığa bağlı etkileri ortaya koymak amacıyla yürüttükleri çalışmada bin dane ağırlıklarını 5,37 gr (Fransız orijinli) ile 10,00 gr (İspanya orijinli) arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Araştırmacılar, Fransız orijinli tohumların çimlenme yüzdesi %75 iken Almanya, İtalya ve Polonya orijinli tohumların %90'a ulaştığını tespit etmişlerdir. Fransız orijinli tohumlar hem en hafif tohum ağırlığına sahip hem de en düşük çimlenme yüzdesine sahip tohumlar olarak ortaya çıkmıştır. Aynı durum bu çalışmadaki 14 nolu populasyonda da söz konusudur. Diğer populasyonlara göre bin dane ağırlığı en hafif tohumlar (6,33 gr) 14 nolu populasyonuna aittir. Aynı zamanda çimlenme yüzdesi en düşük %43,2 ile 14 nolu populasyonda tespit edilmiştir. Ayrıca, korelasyon analizi sonuçları da bin dane ağırlığının düşük olan tohumların çimlenme yüzdesinin de düşük çıkması durumunu desteklemektedir. Analiz sonuçlarına göre çimlenme yüzdesi ile bin dane ağırlığı pozitif ilişkili bulunmuştur.

Karakaya (2007), Çatacık-Değirmendere orijinli sarıçam tohum bahçesinden elde edilen tohumların bin dane ağırlığını 9,40 gr ve çimlenme yüzdesini %95,34 olarak tespit etmiştir. Ancak çalışmamızda benzer bin dane ağırlığına sahip tohumların çimlenme yüzdeleri %65-80 arasında değişmekte olup, yukarıda bahsedilen çalışmaya kıyasla çimlenme yüzdesi daha düşük bulunmuştur. Tohum bahçeleri, üstün ağaçlardan alınan aşı kalemlerinden gelişen veya kontrol altında tozlaşma mahsulü tohumlardan yetiştirilen fidanlardan meydana gelmektedir (Öner ve İmal 2007). Buna göre tohum bahçesinden üstün nitelikli ağaçlardan elde edilen tohumların çimlenme yüzdesinin ve

bin dane ağırlıkları daha yüksek çıkabildiğinden bu çalışmadaki çimlenme yüzdesinin Karakaya (2007)'ya göre daha düşük olduğu söylenebilir.

Bu çalışmada 13, 14 ve 15 nolu populasyonların bin dane ağırlıkları 6-8 gr arasında değişmekte ve çimlenme yüzdeleri % 60'dan daha düşük değerlerde bulunmuştur. Ayan ve Usta (2010), sıcaklık şoklarının kızılçam, sarıçam ve karaçam türlerinin tohum canlılığına etkisini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada Taşköprü-Tekçam orijinli ve 2004 yılında hasat edilen tohumların bin dane ağırlıklarını 1,28 gr ve çimlenme yüzdesini %61,84 olarak bulmuşlardır. Çalışmamızdaki bin dane ağırlıkları Ayan ve Usta (2010)'ya göre daha yüksek bulunmasına rağmen çimlenme yüzdeleri benzer şekilde bulunmuştur. Bu durum çalışmamızdaki tohumların toplandığı populasyonlar ile ilgili olabilir. Çalışmamızdaki bu populasyonlar (13, 14 ve 15 nolu populasyonlar) Çatak şefliği sınırları içerisinde yer almaktadır. Ayrıca, bu alanlardan toplanan kozalaklar diğer alanlardaki kozalaklara göre en ve boy olarak daha küçük olduğundan çimlenme yüzdelerinin de daha düşük çıktığı düşünülmektedir.

Bolu Çakmaklar orijinli Ebe sarıçamı (*Pinus sylvestris* L. ssp. *hamata* (Steven) Fomin var. *compacta* (Tosun)) tohum bahçelerinde yapılan tohum özellikleri çalışmalarında; Ertekin (2012) 1993 yılında Bolu Mengen'de kurulmuş olan tohum bahçesinde yüz tane tohum ağırlığı ortalamasının 0,534 gr, çimlenme yüzdesinin ortalama % 66 olduğunu; Alan (2018), 2004 yılında Karabük-Eflani'de kurulmuş bahçede ise 1000 dane ağırlığının 6 gr, çimlenme yüzdesini % 45,75 olduğunu tespit etmişlerdir. Bu çalışmalarda da görüldüğü gibi tohum ağırlığı düşük ise çimlenme yüzdeleri de düşük ortaya çıkmaktadır. Çalışmamızda 13 (7,31 gr ve %44,3) ve 14 nolu (6,33 gr, %43,2) populasyonlar hem bin dane ağırlığı bakımından hem de çimlenme yüzdesi bakımından Karabük-Eflani'de kurulmuş bahçedeki sonuçlarla ve Bolu-Mengen'deki tohum bahçesideki 2 nolu klon (% 43) ile benzer sonuçları göstermiştir.

Çalışmamızda tohumlarda bazı biyokimyasal analizler yapılmıştır. Bu analizler; prolin (µmol/gr), protein (mg/gr), glikoz (µg/gr), fruktoz (µg/gr), sukroz (µg/gr), malondialdehid (MDA; µmol/gr), hidrojen peroksit (H_2O_2; µmol/gr), süperoksid

distumaz (SOD; EU/mg Protein) enzim aktivitesi ve peroksidaz (POD; EU/mg Protein) enzim aktivitesidir.

Ashraf and Foolad (2007) tarafından belirtildiğine göre prolin birikiminin kuraklık, su eksikliği, tuzluluk, düşük sıcaklık, ağır metallere maruz kalma ve UV radrasyonları vb. stres koşulları altında oluşmaktadır ve bitkiler strese karşı genellikle daha dayanıklı olmaktadır. Ayrıca prolinin çevresel streslerden korunmasının yanısıra sinyal molekülü olarak da görev üstlendiği bazı çalışmalarda bildirilmiştir (Szabados and Savouré 2010, Hayat vd. 2012, Altuntaş vd. 2020). Prolin birikimi diğer populasyonlara göre 16 nolu populasyonda (110,7 µmol/gr) en yüksek bulunurken 6 nolu populasyonda ise (79,44 µmol/gr) en düşük bulunmuştur. Ortalama prolin değeri 97,37±1,35 µmol/gr olarak bulunmuştur. Thornwhaite yöntemine göre 16 nolu populasyonda sıcaklığın yüksek olduğu ortaya çıkmıştır yani kuraklık yaşanmış olabilir. Kuraklık, su eksikliği vb. stres faktörleri söz konusu olduğunda prolin birikimi görüldüğünden, 16 nolu populasyonda prolin miktarı da yüksek çıkmıştır. Buna göre bu populasyondan toplanan tohumlardan yetiştirilen fidanlar kuraklık stresi koşulları altında daha dayanıklı olabileceği ifade edilebilir. Ancak Thornwhaite yöntemine göre 6 ve 7 nolu populasyonlarda yıllık su fazlası yüksek ve su eksikliğinin düşük olduğu görülmüştür. Bu populasyonlarda kuraklık ve su eksikliği durumu söz konusu olmadığından prolin birikimi de fazla olmamış olabilir. Bunun için populasyonlardan 6 ve 7 nolu populasyonların prolin miktarı ortalamanın da altında ve diğer populasyonlara göre daha düşük miktarlarda bulunmuştur. 9 nolu populasyonda da yıllık su fazlası yüksek ve su eksikliğinin düşük görüldüğü halde prolin miktarı (106,53 µmol/gr) ortalama değerinin üzerinde bulunmuştur. Bununla birlikte 9 nolu populasyonun SOD enzim aktivitesi de ortalama değerinin üzerinde bulunmuştur. Ortalama SOD enzim aktivitesi 220,81±2,38 EU/mg Protein olarak bulunmuştur. Ayrıca 18 ve 19 nolu populasyonlarda ise SOD enzim aktivitesi diğer populasyonlara göre daha yüksek bulunmuştur. Bu populasyonların SOD enzim aktiviteleri; 9 nolu populasyonun 213,47 EU/mg Protein, 18 nolu populasyonun 234,95 EU/mg Protein ve 19 nolu populasyonun 252,53 EU/mg Protein olarak bulunmuştur. Bu populasyonların (9, 18 ve 19 nolu populasyonlar) prolin miktarının yüksek olması SOD enzim aktivitesinin yüksek olmasından kaynaklanmış olabilir (Ayan vd. 2018).

5.2 Fidanlarda Yapılan Analizlere İlişkin Tartışma

5.2.1 Fotosentetik pigmentlerin değerlendirilmesi

Sarıçam tohumlarından yetiştirilen 2+0 yaşındaki fidan ibrelerinde fotosentetik pigment (klorofil a, klorofil b ve karotenoid) analizleri yapılmıştır. Fotosentetik pigmentlerin ortalama değerleri; klorofil a 0,09±0,003 mg/gr, klorofil b 0,03±0,001 mg/gr ve karotenoid 6,29±0,186 mg/gr olarak bulunmuştur. Bu çalışmada elde edilen klorofil a, klorofil b ve karotenoid değerleri, 2+0 yaşındaki sarıçam fidanları üzerine Kulaç (2010) tarafından farklı fidanlık ekolojilerinde ve değişik populasyonlarda elde ettiği klorofil a (0,74-0,82 mg/gr), klorofil b (0,28-0,46 mg/gr), karotenoid (0,33-0,4 mg/gr) değerlerinden daha yüksek bulunmuştur.

Çalışmamızda fotosentetik pigmentler 21-40 yaş aralığında diğer yaş gruplarına göre daha düşük bulunmuştur. Turfan vd. (2016a) sarıçam ibrelerinde fotosentetik pigment miktarlarını analiz ettiği çalışmasında, 18 yaşındaki ağaçta klorofil a (Kla) 34,8, klorofil b (Klb) 33,3 ve karotenoid (Kar.) 19,6; 30 yaşındaki ağaçta ise kla 29,1, klb 21,5 ve kar. 15,1 olarak tespit etmiştir. Ayrıca, fotosentetik pigmentlerin sarıçam ibrelerinin ilk yıllarda yaşa bağlı olarak azalma gösterdiğini belirtmiştir. Bu sonuçlar çalışmamızda elde edilen sonuçlarla uyum göstermektedir.

5.2.2 Fidan kalite değerlendirmeleri

Bu çalışmanın bir bölümü olan fidan kalite değerlendirilmesi amacıyla Çankırı (Kenbağ) Orman Fidanlığı'nda populasyonlardan toplanan tohumlardan 2+0 yaşında fidanlar yetiştirilmiştir. Yetiştirilen 2+0 yaşındaki sarıçam fidanlarında fidan boyu (FB), kök boğazı çapı (KBÇ), yan kök sayısı (YKS), yan dal sayısı (YDS), terminal sürgün boyu (TSB), kök taze ağırlığı (KTA), gövde taze ağırlığı (GTA), kök kuru ağırlığı (KKA), gövde kuru ağırlığı (GKA), fidan kuru ağırlığı (FKA), gürbüzlük indisi (Gİ), kuru kök yüzdesi (%KKök), katlılık indisi (Kİ) ve Dickson kalite indeksi (DKİ) ölçümleri yapılmıştır.

Kalite kritelerine göre kök boğazı çapı, fidan boyundan daha önemlidir. Çünkü boylu ve kalın çaplı fidanlar, daha fazla rezerv maddeler depoladıklarından, yaprak veya ibre oranlarının daha fazla olması nedeniyle, kuvvetli kutikula teşekkül ettiğinden ve daha kalın kesitlere sahip olduklarından dolayı su tutma kapasiteleri daha fazladır. Bu nedenle bu fidanlar, ilk dikimlerde susuzluğa karşı daha dayanıklıdırlar (Şiöşek 1987'ye atfen Tosun vd. 1993). Aldhous (1967) kalın çaplı gürbüz fidanların zayıf ince çaplı fidanlara kıyasla elverişsiz yetişme ortanı koşullarında yaşama şansının daha yüksek olduğunu bildirmiştir (Gezer ve Yücedağ 2013). Üçler (1988), diri örtünün yoğun olduğu alanlarda boylu fidan kullanılmasının ağaçlandırmalarda başarıyı artırdığını ve kurak yetişme ortamlarında yapılacak ağaçlandırma çalışmalarında da kalın çaplı fidanların daha iyi başarı sağladığını ifade etmiştir. Çalışma kapsamında en yüksek fidan boyuna ve en kalın kök boğazı çapına sahip populasyonlar 9 ve 12 nolu populasyonlar iken, en az fidan boyu ve en ince kök boğazı çapına sahip alan ise 11 nolu populasyon olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca 10 nolu populasyonunda fidan boyu diğerlerine göre daha yüksektir. Bu populasyonların dördü de Ilgaz yöresine aittir ve yıllık toplam yağış miktarı diğer populasyonlardan daha yüksektir. Ancak 11 nolu populasyonda fidan boyu ve kök boğazı çapı daha düşük bulunmasının toprak özelliklerinden kaynaklandığı söylenebilir. 11 nolu populasyonda kil içeriği (% 39,84), kum ve silt içeriğinden daha fazlayken 9 (% 53,30) ve 12 (% 38,80) nolu populasyonlarda kum içeriği daha fazla bulunmuştur. Buna göre diğer populasyonlara göre 9 ve 12 nolu populasyonlar kalın kök boğazı çapına sahip olduklarından ilk yıllarda susuzluğa daha fazla direnç gösterebilirler ve kurak alanlarda ağaçlandırma çalışmalarının başarısını artırabilirler. Ayrıca bu fidanlar diri örtünün yoğun olduğu alanlarda da ağaçlandırma çalışmalarının başarısını artırabilirler.

TS 2265/Mart 1976 standartlarında ibreli türler minimum (min) kök boğazı çapı (KBÇ) 3 mm iken yürürlükteki TS2265/Şubat 1988 İğne Yapraklı Orman Ağacı Fidanları Standardında 1988 standartlarında 2 mm'ye düşürülmüştür. Genç ve Yahyaoğlu (2007) fidan kalite sınıflamasında kök boğazı çapının önemli bir özellik olduğu ve plântasyon başarısını doğrudan etkilediğini, ancak halen yürürlükte olan TS2265/Şubat 1988 İğne Yapraklı Orman Ağacı Fidanları Standardında, kök boğazı çapının asgari 2 mm olmasının yeterli kabul edilmesinin hatalı olduğunu ifade etmişlerdir. Çalışmada

incelenen populasyonların fidan kök boğazı çapları 3,61-4,36 mm arasında değişmekte olup ortalama 3,89 mm olarak bulunmuştur. Fidan kök boğazı çapı bakımından fidanlar dikime uygun görülmektedir.

Yahyaoğlu ve Genç (2007)'e atfen Yahyaoğlu (1986), gürbüzlük indisinin (Gİ; sturdiness index) fidan boyu/kök boğazı çapı oranı olarak belirlendiğini ve bilhassa İngiltere'de ve Britanya Uluslar Topluluğu ülkelerinde sıkça kullanılan kalite göstergelerinden birisi olduğunu belirtmiştir. Ayrıca fidan boyunun birimi, Almanya'da "cm", İngiltere'de "mm" dir. İngiltere'de yapılan gürbüzlük indisi sınıflamasında fidanlar: Gİ < 50 ise iyi fidan, 50 < Gi < 60 ise orta fidan, Gİ > 60 ise kötü fidan olarak kabul edilmektedir. Buna göre çalışmamızdaki tüm Gİ değerleri 50'den küçük olduğundan iyi fidan olarak kabul edilebilir. Bununla birlikte; Gökdemir ve Kızmaz (1998) FB/KBÇ oranın (Gİ) ağaçlandırmalarda başarılı olması açısından 23-24 civarında olması gerektiği belirtilmiştir. Buna göre de çalışmamızda Gİ, 24,24-27,44 değerler arasında değiştiğinden ağaçlandırma çalışmalarında kullanıldığında başarıyı artırabilmektedir. Gürbüzlük indisi fidan boyu ile kök boğazı çapının oranıdır ve genellikle fidan boyu ile ilgilidir. Korelasyon analizi sonucunda gürbüzlük indisi diğer morfolojik özelliklere oranla fidan boyu ile daha kuvvetli pozitif ilişki göstermiştir (0,767; $p<0,01$).

Çalışmamızda Dickson kalite indisi değerleri 0,82-1,10 aralığında değişmektedir. Dickson vd. (1960)'ne göre fidan kalite indeksi 1'e yakın ve daha yüksek değere sahip fidanlar kaliteli kabul edildiğinden çalışmamızdaki bulunan değerlere göre de bu fidanlar yüksek kaliteli sayılmıştır.

Tetik (1993)'in, Sarıkamış Fidanlığı'nda ekim sıklığının sarıçam fidanlarının kalitesine ve dikimdeki başarısına etkileri üzerine yaptığı bir çalışmada, değişik sıklıkta yetiştirilen 2+0 yaşlı çıplak köklü sarıçam fidanlarının fidan boylarının 5,54-5,91 cm arasında, fidan çaplarının ise 2,76- 3,00 mm arasında değiştiğini tespit etmiştir. Demircioğlu (2004) tarafından Kastamonu-Taşköprü Orman Fidanlığında üretilen 2+0 yaşlı çıplak köklü sarıçam fidanları üzerine yaptığı çalışmasında Daday-Koldandere orijinli fidanların ortalama boyu 11,62 cm, kök boğazı çapı 2,93 mm, gürbüzlük indisi

40,14, katlılık 2,34, kuru kök %30,65 ve kalite indeksinin 0,32 olduğu tespit edilmiştir. Çaylak (2016) çalışmasında beş farklı orijine ait (Sarıkamış, Kağızman, İspir, Şenkaya ve Daday) 2+0 yaşındaki sarıçam fidanlarında yedi adet morfolojik karakterleri incelemiş ve bu morfolojik karakterlere ilişkin ortalama değerleri; fidan boyu 7,17-13,42 cm, kök boğaz çapı 2,24-3,86 mm, son yıl sürgün uzunluğu 0,7-1,4 cm, gövde kuru ağırlığı 1,36-1,53 gr, gövde yaş ağırlığı 1,4-1,8 gr, kök kuru ağırlığı 0,45-0,73 gr ve kök yaş ağırlığının 0,62-0,84 gr arasında değiştiğini belirlemiştir. Bu çalışmada kök boğazı çapı, gövde kuru ve yaş ağırlıkları ile kök kuru ve yaş ağırlıklarına oranla yüksek değerlerde bulunmuş olup diğer değerler benzer olarak görülmüştür. Yine bu çalışmada, Tetik (1993)'ün yaptığı çalışmasına göre FB değerleri daha yüksek, fidanların KBÇ benzer şekilde, Demircioğlu (2004)'nun yaptığı çalışmasına göre KBÇ, %KKök ve Kİ değerleri daha yüksek, Çaylak (2016)'ın yaptığı çalışmaya göre KBÇ, GTA, KTA, GKA ve KKA daha yüksek değerlerde tespit edilmiştir. Yukarıdaki çalışmalarda çıplak köklü fidan kullanıldığı görülmektedir. Ancak bizim çalışmamızda tüplü fidan kullanılmış ve tüplü fidanın çıplak köklü fidanlara göre daha iyi gelişim gösterdiği sonucu bulunmuştur. Bulunan bu sonuç Çetinkaya ve Bilir (2019) tarafından bildirilen sonuçlar ile uyum göstermektedir.

Aslan (1983)'e göre tohum meşcereleri, mümkün olan en yüksek kaliteli tohum elde etmek üzere özel bir işletme şekline tabi tutulmuş, üstün nitelikli doğal veya yapay meşcerelerdir (Deligöz ve Carus 2006). Dolayısıyla kaliteli tohumlardan yetiştirilen fidanlar da daha kaliteli gelişim gösterebilmektedir. Kulaç (2010)'nun farklı tohum meşcerelerine ait tohumlardan yetiştirilen fidanların FB (13,70-20,12 cm), GTA (6,59-11,44 gr) ve GKA (2,81-4,81 gr) değerleri, FB (5,32-14,06 cm), GTA (2,02-6,88 gr) ve GKA (0,63-2,79 gr) değerlerine göre daha yüksek değerlerde bulunmuştur.

Tüplü 2+0 yaşındaki sarıçam (2+0 yaşlı) fidanlarında Çelen (2022) tarafından yapılan çalışmada aynı fidanlık koşullarında ancak farklı populasyonda (İsmetpaşa orijinli) yürüttüğü çalışmasında elde ettiği ortalama FB 15,72 cm, KBÇ 4,79 mm, GTA 7,64 gr, GKA 3,99 gr, KTA 7,29 gr, KKA 3,81 gr, FTA 14,93 gr, FKA 7,80 gr, Kİ 1,01, %KKök 50,05, DKİ 1,86 ve Gİ 31,0 değerlerine göre bu çalışmanın ortalama

değerlerinden daha yüksek değerler elde edilmiştir. Burada orijin farklılığı, morfolojik özellikleri üzerine etkili olduğu görülmektedir (Gülseven 2018)..

5.3 Topografya ve Toprak Özellikleri ile Tohum Biyokimyasal Özellikleri İlişkilerinin Değerlendirilmesi

Çalışmada tohumlarda biyokimyasal analizlerin yanı sıra topografya ve toprak özellikleri arasındaki ilişkiler değerlendirilmiştir. Topografya özellikleri olarak tohumun toplandığı populasyon, meşcere tipi, bakı, yükselti, eğim ve tohum toplanan ağacın boyu, çapı ve yaşı baz alınmıştır. Tohumun toplandığı ağaç yaşı ile fidanların morfolojik özelliklerin (Kuru kök yüzdesi hariç) tümüyle pozitif ilişkili, %KKök ile negatif ilişkili bulunmuştur. Fidanların morfolojik özellikleri ile, tohumun geldiği ağaçların yaşı dışında, bu çalışmada ele alınan değişkenlerin hiçbirisi arasında istatistiksel anlamda önemli bir ilişki belirlenmemiştir (Çizelge 4.10).

Çankırı populasyonlarından (1 ve 2 nolu alan) toplanan tohumlar MDA bakımından diğer populasyonlara göre en yüksektir. Lipid peroksidayonun ürünü olan MDA oksidatif hasara neden olan önemli mekanizmalardan birisidir (Özden 2009). Bitkilerde stres koşulları altında hücre membranlarındaki lipid peroksidasyon sonucu MDA oluşmaktadır ve stres parametresi olarak nitelendirilmektedir. Montillet vd. (2005) oluşan MDA'nın hücre membranlarındaki iyon alışverişine etki ettiğini, böylece iyon geçirgenliğinin (Ca^{+2}, Na^{+}) artışına, enzimatik değişimlere, membran bütünlüğünün yok olmasına yol açtığını ifade etmektedir (Sönmez 2019). Çankırı populasyonuna ait tohumlarda MDA miktarının yüksek olması hücre zarının yapısının bozulduğunu göstermektedir.

Turfan vd. (2016a) yaptıkları çalışmada bazı araştırıcıların protein yıkımının artması sonucu çözünür protein değerinin düştüğünü, amino asit, glikoz, fruktoz, sakkaroz ve H_2O_2 miktarının ise arttığını bildirdiğini belirtmişlerdir. Çalışmamızda da 1, 2, 3 ve 4 nolu populasyonlarda protein seviyesinin düşük, glikoz miktarlarının yüksek olduğu; 6, 8, 13 ve 14 nolu populasyonlarda ise protein yüksek iken glikoz miktarının düşük olduğu ortaya konulmuştur.

Turfan vd. (2016a) Uludağ göknarı ve sarıçam ibrelerinin bazı kimyasal bileşiklerin meşcere yaşına ve bazı toprak özelliklerine bağlı değişimi araştırdığı çalışmasında prolin ve proteinin genç ibrelerde daha yüksek; H_2O_2, glikoz, fruktoz, sukroz ve nişasta miktarlarının genç ağaçlarda düşük, 90 ve 100 yıllık ağaçlarda ise yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Bu çalışmada da prolin miktarı II. yaş sınıfındaki ağaçlarda, glikoz da VIII. yaş sınıfındaki ağaçlarda en yüksek seviyelerde bulunduğundan prolin ve glikoz açısından benzer bulunmuştur. Ancak protein, H_2O_2, fruktoz ve sukroz özelliklerinde aynı durum söz konusu değildir (Çizelge 4.20).

Çoklu varyans analizine göre populasyonların tohum özelliklerini bakı faktörüne göre değişimleri incelendiğinde en yüksek bin dane ağırlığı ve çimlenme yüzdesinin batı (B) bakısında olduğu görülmüştür. Ayrıca prolin, protein ve SOD enzim miktarlarının da diğer bakılara oranla B bakıda daha yüksek seviyelerde görülmüştür (Çizelge 4.22).

5.4 Tohum kimyasal özelliklerinin jeoistatistiksel analizlerine ilişkin bulguların tartışılması

Semivaryogramların karakterize edilmesinde nugget varyans, sill, range ve model tipi önemli ölçütlerdir. Değişkenlere ilişkin semivaryogramlar incelendiğinde, nugget varyansın genelde yüksek olduğu dikkat çekmektedir. Nugget etkisi (yüzde nugget) farklı değişkenlere ilişkin nugget varyansların karşılaştırılmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Yüksek nugget etkisi jeoistatistiksel analizde kısa mesafeli değişkenliğin yüksek olduğu anlamına gelir (Isaaks and Srivastava, 1989). Nugget varyans mikro topografyadaki farklılıklar, mevcut örnekleme deseni tarafından dikkate alınamayan değişkenlikler ve ilgili değişkenin laboratuvar analizinde yapılan hatalardan kaynaklanabilir (Gregory *et al.* 2006, Erşahin *et al.* 2017). Bu çalışmada yüksek nugget etkisinin örneklemede, örnekler arasındaki minimum mesafenin yeterince düşük tutulamadığından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca, yüksek nugget varyans meşcerelerdeki aşırı kısa mesafeli değişkenlikten de kaynaklanmış olabilir. İleride yapılacak benzer çalışmalarda bu durumun dikkate alınarak örnek çiftleri arasındaki minimum mesafenin daha kısa tutulması gerekmektedir.

Jeoistatistiksel analizi yapılan dokuz değişkenden yedisinin (bin dane ağırlığı, çimlenme yüzdesi, prolin içeriği, protein içeriği, MDA içeriği, SOD enzim aktivitesi ve POD enzim aktivitesi) nugget etkisi benzer olup %50'ye yakındır. Yani bu değişkenlerdeki toplam varyansın (sill) yaklaşık yarısı nugget varyans olup, geri kalan %50'lik kısım ise mesafeden kaynaklanmaktadır. Tohumun glikoz içeriği nugget etkisinin düşük olması ile diğer değişkenlerden ayrılmaktadır. Tohumun fruktoz ve H_2O_2 içeriği ise yaklaşık %30 nugget varyansı ile kendi aralarında benzerlik göstermektedirler.

Jeoistatistiksel range (A_o) çalışma alanında ilgili değişken için uzaysal bağımlılığın son bulduğu mesafeyi bildirir (Isaaks and Srivastava 1989). A_o ilgili değişkenin uzaysal yapısı yanında örnekleme deseni ve çalışma alanının genişliği tarafından da önemli düzeyde etkilenir. Çizelgeler 4.25-4.34 incelendiğinde izotropik semivaryogramlar için A_o değerlerinin 82792 m ile 3600 m arasında değişmekte olduğu ve SOD ve POD enzim aktiviteleri için çok daha düşük değerler aldığı görülmektedir. SOD ve POD enzim aktiviteleri için semivaryogramlar incelendiğinde (Şekil 4.19, 4.21), bu semivaryogramların oldukça benzer bir yapı gösterdiği, hızla yükselerek düzleştiği ve daha sonra düz devam ettiği görülmektedir. Örnekleme alanları arasındaki mesafeler dikkate alındığında SOD ve POD enzim aktiviteleri için uzaysal bağımlılığın meşcere ölçeğinde kaldığı ya da sadece birbirine çok yakın meşcerelere kadar uzanabildiği söylenebilir. Tohumun glikoz içeriğinde geometrik yönsellik dikkat çekmektedir. Yönsellik özellikle uzaysal değişkenliğin belirli bir yönde diğer yönlere göre çok daha uzun mesafeli olması durumunda söz konusudur (Campbell 1978, Trangmar *et al.* 1985, Krasilnikov 2008). Tohum glikoz içeriğindeki yönsellik arazi özellikleri, hâkim rüzgâr, eğim ve bakı ya da bazı gizli özellikler (örneğin toprak özelliklerindeki yöne bağlı değişim) gibi faktörler tarafından kontrol ediliyor olabilir (Burrough 1983).

Çimlenme yüzdesi, protein içeriği, glikoz içeriği, fruktoz içeriği ve MDA içeriği için deneysel semivaryogramın modellenmesinde Gaussian model en uygun sonucu vermiştir. Model tipi ve semivaryogramın şekli ilgili değişkenin uzaysal yapısı hakkında önemli bilgiler sağlar. Gaussian model orijin yakınlarında parabolik davranır, daha sonra hızla yükselerek asimptotik olarak bir sill değerine yaklaşır, ancak hiçbir zaman gerçek bir sill değerine ulaşamaz (Isaaks and Srivastava 1989). Tohum prolin içeriği,

H_2O_2 içeriği, SOD ve POD enzim aktivitelerine ilişkin deneysel semivaryogramların modellenmesinde ise küresel model en uygun sonucu vermiştir. Küresel model orijin yakınlarında lineer davranır, daha sonra hızla yükselerek bir sill değerine ulaşır (Isaaks and Srivastava 1989). Tohumun bin dane ağırlığı ise üssel model tarafından tanımlanmıştır. Üssel model de tıpkı küresel modele benzer şekilde orijin yakınlarında lineer davranır, ancak daha sonra hızla yükselerek tıpkı Gausian modelde olduğu gibi asimptotik olarak bir sill değerine yaklaşır.

Sill değerinin genel varyanstan büyük olması, ilgili değişken için çalışma alanında bir "genel trend"in olduğu ya da çalışma alanının mevcut örnekleme deseninde yeterince geniş olmadığı anlamına gelir. Bu durum söz konusu olduğunda ya örnekleme alanı daha geniş tutulur, örnekleme desenin değiştirilir ya da her ikisi birlikte uygulanır. Tohum bin dane ağırlığı, protein içeriği, glikoz içeriği, fruktoz içeriği ve MDA içeriği için sill değerinin genel varyanstan çok daha yüksek olduğu (sürekli grafiğin kesikli çizginin üstüne çıkması hali) ve aynı zamanda semivaryogramlar için elde edilen grafiklerin bir platoya ulaşamadığı görülmektedir. Ancak yapılan yönsellik analizlerinde, glikoz içeriği hariç, bu değişekenler için yönsellik söz konusu olmadığı belirlenmiştir. Bu değişkenler için ileride yapılacak benzer çalışmalarda örnek alanının daha geniş tutulması ve örnekleme sıklığının artırılması gerekmektedir.

Teorik semivaryogramların modellenmesinde modelleme performansının değerlendirilmesinde determinasyon katsayısı (R^2) ve hata kareler ortalaması (MSE) ya da hata kareler toplamı (RSS) en fazla dikkate alınan kriterlerdir. Deneysel semivaryogramların modellenmesinde genellikle küresel, üssel, lineer ve Gausiyan modeller en yaygın kullanılan modeller arasındadır. Bazen saf nuget etkisinin söz konusu olduğu durumlarda "nugget model"in kullanılması da olağandır. Çizelgeler 4.25-4.34 incelendiğinde R^2 değerlerinin genelde düşük, hata kareler toplamı (RSS) değerlerinin ise yüksek olduğu görülmektedir. Tohum fruktoz içeriği, çimlenme yüzdesi ve H_2O_2 içeriği için R^2 değerleri tatminkâr kabul edilebilir. Teorik semivaryogramın gerçek semivaryogramı temsil edebilme ölçütü olarak da kabul edilen çapraz değerlendirme korelasyon katsayısı (r) ise tohum protein içeriği ve H_2O_2 içeriği için tatminkar kabul edilebilir. Semivaryogramlardaki yüksek nugget varyansın burada

özellikle r değerlerinin istenen düzeyde olmamasında önemli bir etkisinin olduğu söylenebilir (Isaaks and Srivastava 1989). Ancak çalışma alanının büyüklüğü, örnekleme alanlarının çalışma alanındaki dağılımı ve oryantasyonu ve örnekleme deseni dikkate alındığında yapılan jeoistatistiksel analizden başarılı sonuçlar alındığı söylenebilir.

Değişkenlere ilişkin krigleme yüzey haritaları (Şekiller 4.5, 4.7, 4.9, 4.11, 4.13, 4.15, 4.17, 4.19, 4.21, 4.23) değişkenlerin çalışma alanındaki dağılım deseni –topografya (Şekil 4.3) ilişkisi arasında önemli çıkarımlar sunmaktadır. Bin dane ağırlığı, çimlenme yüzdesi ve tohum fruktoz içeriği çalışma alanında genellikle artan yükseklikle artan değerler almışlar ve arazi üzerinde benzer bir değişim deseni göstermişlerdir. Tohum prolin ve protein içeriği çalışma alanında benzer bir dağılım sergilemişlerdir. Benzer şekilde glikoz içeriği ile H_2O_2 içeriği de benzer bir dağılım göstermişlerdir. Tohum MDA içeriği ise diğer özelliklerden farklı bir dağılım göstermiştir. SOD ve POD enzim aktiviteleri ise birbirlerin tersi bir dağılım göstermişlerdir. Çalışma alanının kuzey doğusu ve güney batısındaki yükseltilerde tohum kimyasal özellikleri genelde daha yüksek değerler almışlardır. Yenice, Osmangölü ve Ilgaz populasyonlarında bin dane ağırlığı, çimlenme yüzdesi, fruktoz içeriği ve H_2O_2 içeriği ile POD enzim aktivitesinin yüksek değerler aldığı görülmektedir. Diğer taraftan, Çerkeş'teki örnekleme alanlarında da bin dane ağırlığı, çimlenme yüzdesi, fruktoz ve prolin içeriğinin yüksek değerler aldığı görülmektedir.

Çalışmada elde edilen veriler çok değişkenli (multivariate) analiz, faktör analizi ve jeoistatistiksel analize tabi tutulmuşlardır. Çok değişkenli ANOVA testlerinden elde edilen sonuçlar ile jeoistatistiksel analizlerden elde edilen sonuçlar büyük oranda uyumludur. Ancak, krigleme yüzey haritalarından anlaşıldığı üzere jeoistatistiksel analizler tohum kalite özelliklerinin çalışma alanındaki uzaysal dağılımı hakkında daha açıklayıcı ve daha kolay yorumlanabilen sonuçlar sunmaktadır. Tohum kalite özellikleri ile toprak ve topografik değişkenler arasındaki uzaysal ilişkilerin daha kapsamlı ve ayrıntılı analizi için "multivariate jeoistatistiksel analiz"ler yapılabilir. Bu analizlerden elde edilecek sonuçlar tohum kitlesi ile tohum kalitesi üzerine etkili toprak,

çevre ve topografik değişkenler arasındaki uzaysal ilişkilerin daha iyi anlaşmasına olanak sağlayacaktır.

Bu çalışmada kullanılan örnekleme deseni tohum özellikleri ile toprak ve topografik özellikler arasındaki çoklu ilişkilerin varyans analizi ve değişkenlerin faktör analizine yönelik oluşturulmuştur. Alınan örneklerin koordinatları kaydedilerek sonuçların uzaysal yapısı da analiz edilmiştir. Yani, örnekleme deseni tam anlamıyla bir jeoistatistiksel analiz gözetilerek oluşturulmamıştır. Örneklemede meşcere içi örneklemede kısa mesafeli örneklerin alınmasında yeterli sayıda örnek çifti sağlanmıştır. Ancak, ilgili değişkenler için meşcereler arası uzaysal bağlantıların oluşturulmasında bazı noksanlıklar göze çarpmaktadır. Deneysel semivaryogramlarda bu durum açıkça görülmektedir. Bu nedenle, deneysel semivaryogramların genelde yeterince kuvvetli yapı göstermediği gözlenmiştir. İleride konu ilgili yapılacak benzer çalışmalarda iki hususa dikkat edilmelidir: 1. Meşcere içi örneklemede birbirlerine yakın ağaçlara da yer verilmeli. Bu husus nugget varyansın düşürülmesi için önemlidir. 2. Meşcereler arası uzaysal bağlantıların yeterince oluşturulabilmesi için birbirlerine yakın meşcerelere de yer verilmeli ve meşcelerelerin çalışma alanındaki dağılımı ve konumu dikkate alınmalıdır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çoklu ANOVA, korelasyon, faktör ve jeoistatistiksel analizlerden (krigleme yüzey haritaları) elde edilen sonuçlar tohum kalitesi açısından çalışma alanının kuzey doğusundaki (Yenice, Osmangölü) güney batısındaki (Çerkeş) yüksek arazilerdeki ormanlar öne çıkmaktadır. Çoklu ANOVA analizinden tohum kalitesini olumlu yönde etkileyen özelliklerin bu yörelerden toplanan tohumlarda genelde daha yüksek olduğu görülmektedir. Krigleme yüzey haritaları incelendiğinde de tohum kalitesini belirleyen özelliklerin büyük oranda bu yörelerde daha yüksek değerler aldığı görülmektedir. Bununla birlikte; 1400-1500 m yükseltilerden toplanan tohumlardaki tohum kalite göstergelerinin daha yüksek olduğunu göstermektedir. Tohum kalitesini olumsuz etkileyen MDA içeriği ise bu yörelerde düşük değerler almaktadır. Faktör analizleri meşcere kapalılığının tohum kalite göstergeleri ile aynı faktöre yüklendiğini göstermektedir. Çoklu ANOVA sonuçlarına göre; batı ve kuzey batı bakılarında %13 ve üzerindeki eğimli meşcerelerdeki III. yaş sınıfında ağaçlardan alınan tohumlar daha kalitelidir. Meşcere tipi açısından ise c3 ve cd3 tipi meşcereler öne çıkmaktadır. Çalışmada 0-15, 15-30 ve 30-60 cm toprak derinlikleri için temel toprak özellikleri ile tohum kimyasal özellikleri arasındaki ilişkiler korelasyon analizleri ile test edilmiştir. Sonuçlar en fazla ilişkinin 30-60 cm toprak derinliği için elde edildiğini göstermiş olup,, 30-60 cm derinlikteki toprak özelliklerinden toprak tekstürü, organik madde içeriği ve alınabilir fosfor içeriğini tohum kalite özelliklerini en fazla etkileyen toprak özellikleri olduğunu göstermiştir. Bu bağlamda, toprakların fosfor yönetimi tohum kalitesi açısından pratikte önem taşımaktadır. Ancak, tohum MDA içeriği ile toprakların P içeriği arasındaki pozitif ilişki özellikle tohum kalitesi açısından dikkate alınmalıdır. Diğer taraftan, tohum MDA içeriği ile tohum kalitesini olumlu etkileyen kimyasal özellikler arasındaki korelasyon katsayılarının önemli bir kısmının düşük ve istatistiksel olarak önemsiz olduğu göz önüne alındığında ileride tohumluk olarak kullanılacak alanlarda yapılacak bir fosfor gübrelemesinin tohum kalitesine olan olumlu etkisinin çok daha fazla olacağı aşikardır.

Çalışmada elde edilen sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde özetle; çalışılan 19 adet populasyondan Osmangölü, Yenice ve Çerkeş yörelerinde 1400-1500 m yükseltilerde,

batı ve kuzeybatı yamaçlarında, %13 ve daha üstündeki eğimlerde yer alan cd2 ve cd3 kapalılıktaki meşcerelerde III. yaş sınıfında ve 6-10 m boyundaki ağaçlardan toplanacak tohumların istatistiksel anlamda daha kaliteli olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca, tohumluk olarak kullanılması hedeflenen meşcerelerde toprakların alınabilir fosfor içeriğinin kontrol edilmesi ve gerekirse topraklara fosfor gübrelemesi yapılması tohum kalitesinin yükseltilmesine katkı sağlayacaktır.

Çalışmada elde edilen veriler çok değişkenli (multivariate) analiz, faktör analizi ve jeoistatistiksel analize tabi tutulmuşlardır. Klasik istatistiksel yöntemler ile elde edilen sonuçlar ile jeoistatistiksel analizlerden elde edilen sonuçlar büyük oranda uyumludur. Ancak, krigleme yüzey haritalarından anlaşıldığı gibi jeoistatistiksel analizler tohum kalite özelliklerinin çalışma alanındaki uzaysal dağılımı hakkında daha açıklayıcı ve daha kolay yorumlanabilen sonuçlar sunmaktadır. Bu çalışmada geleneksel istatistik ile jeoistatistiğin birlikte kullanılması ve sonuçların bu bağlamda yorumlanması verilerin anlamlandırılmasında kolaylık sağlamıştır. Tohum kalite özellikleri ile toprak ve topografya değişkenler arasındaki uzaysal ilişkilerin daha kapsamlı ve ayrıntılı analizi için multivariate (çok değişkenli) jeoistatistiksel analizler yapılabilir.

Yapılan bu tez çalışmasında elde edilen bulgular değerlerlendirildiğinde genel sonuçlar ve öneriler aşağıda belirtilmiştir.

- Lipit peroksidasyon olan malondialdehit (MDA) yüksek olması hücresel yıkımın, bozulmanın daha yüksek olduğu anlamına gelmektedir. Bu çalışmada populasyonlar arasında en düşük MDA miktarı 7 nolu populasyonda tohumlarda, en yüksek miktar ise 2 nolu populasyondaki tohumlarda olduğu saptanmıştır.

- Çerkeş ve Kurtçimeni populasyonlarından elde edilen tohumlarda diğer populasyonlara göre daha yüksek prolin miktarı tespit edilmiştir. Bitkilerin prolin miktarı yüksek olduğunda kuraklık ve su stresi gibi abiyotik şartlara karşı daha dayanıklılığı artabilmektedir. Özellikle Çerkeş Çsc3 meşceresinden elde edilen tohumlarda prolin miktarı en yüksek miktarda bulunmuştur. Kuraklık, su stresi gibi şartların söz konusu olduğu alanlarda Çerkeş ve Kurtçimeni

populasyonlarından elde edilen tohumlardan yetiştirilen fidanların kullanılması başarıyı artırabilir.

- Meşcere tipi, tohum kimyasal bileşenlerinden sadece prolin ile ilişkili bulunmuştur. Buna göre meşcererinin kapalılığı ve gelişim çağı prolin miktarını etkilediğini söyleyebiliriz. Bununla birlikte ağacın yaşı da prolin miktarını negatif yönde etkilemektedir. Elde edilen verilerde de görüldüğü gibi prolin miktarı diğer yaş gruplarına göre II. yaş sınıfında daha yüksek tespit edilmiştir. Protein miktarı ise II. yaş sınfında en düşük miktarda bulunmuştur. Tohumlarda ana rezervlerden biri olan protein polimer olduğundan ve parçalanarak monomerlere yani proline dönüşmektedir. II: yaş sınıfında ise protein parçalanması daha fazla olmuş olabilir.

- Tohum toplanan ağaçların yaşları, fidanların morfolojik özelliklerini etkilediği belirlenmiştir. Fidanların morfolojik özelliklerinden en boylu ve en kalın çapı yapan Yenice Çscd3 ve Ilgaz d2 populasyonları olarak saptanmıştır. Ayrıca yetiştirilen fidanların çoğu TS2265/Şubat 1988 İğne Yapraklı Orman Ağacı Fidanları Standardına göre I. sınıfta bulunmuştur.

- Tohum özelliklerinin 0-15, 15-30, 30-60 ve 0-60 derilikler için toprak özellikleri ile ilişkilendirildiğinde 30-60 cm toprak derinliğinde daha fazla ilişki bulunmuştur. Örneğin çimlenme yüzdesinin 0,05 önem düzeyinde pH ve fosfor ile ilişkili olduğu bulunmuştur. Buradan anlaşılan toprağın pH'sı ve fosfor elementi çimlenme yüzdesini etkilemektedir. Aynı zamanda eğim ile de pH ilişkili bulunmuştur. Toprak özelliklerinin temel analizleri dışında da toprağın makro ve mikro besin elementleri ölçülmelidir. Topraktaki bu elementler ağaçtan tohumlara da geçtiğinden tohum kalitesini etkileyebilmektedir.

- Tohumun kalitesini sadece morfolojik ölçümler, çimlendirme testleri, tetrazolium testi vb. gibi testlerle belirlemek yeterli olmamaktadır. Bu testler haricinde tohumun içeriğine, kimyasal bileşenlerine de bakılmalıdır. Ayrıca, tohumun

makro ve mikro elementelerine de bakıldığında daha da iyi sonuçlar elde edilebilir. Bu çalışmada maddi destek ve çalışma süresinin sınırlı olmasından dolayı makro ve mikro elementlere bakılamamıştır.

- Aynı zamanda tohum özellikleri, yetişme ortamı, toprak özellikleri gibi bir arada olacak şekilde disiplenler arası çalışılmalıdır. Böylece tohum kalitesi daha iyi ortaya konulmuş olacaktır. Tohum kalitesine daha fazla önem verildiğinde fidan kalitesi ve ağaçlandırma çalışmalarında hem ekonomik zayiat azalacak hem de başarı artacaktır.

- Tohum kalitesini ekolojik, fizyografik ve edafik faktörler yanında tohumun nasıl toplandığı, hangi koşullarda saklandığı gibi bazı uygulamalar da etkilemektedir. Yani tohumun kimyasal içeriği tek başına tohumun ne kadar kaliteli olduğu ortaya koyamamaktadır. Bunun için birçok faktör göz önüne alınmalıdır.

- Tohumun kimyasal bileşimi, tohum kaynağı populasyonunun genetik orijiniyle de değişebilmektedir (Güney vd. 2013). Tohumların toplandığı ağaçların veya populasyonların genetik kazancı önem arz etmektedir. Tohumların genetiğine, kalıtsallık derecesi de araştırılmalıdır. Böylece hangi ağaç populasyonlarının tohum kaynağı seçimine uygun olduğu söylenebilir.

- Orman ağaçları tohumları üzerinde kimyasal bileşen analizleri ile ilgili çalışma sayısı çok az sayıdadır. Genellikle ziraat ve biyoloji bölümlerinde daha fazla çalışma mevcuttur. Ormancılık alanında da bu çalışmalar çoğaltılmalıdır.

KAYNAKLAR

Agarwal, S. and Pandey, V. 2004. Antioxidant enzyme responses to NaCl stress in *Cassia angustifolia*. Biologia Plantarum, 48(4), 555-560.

Akar, R. 2015. Tuz stresi altında gelişen marul (*Lactuca sativa* L.) fidelerinde bazı fizyolojik, biyokimyasal parametreler ve fenolik bileşiklerin üretimi ile ilişkili genlerin ifadesi üzerine nitrik oksitin etkisi. Yüksek lisans tezi, Atatürk Üniversitesi, 88 sayfa, Erzurum.

Akbaş, F. 2004. Entisol ordosuna ait bir arazide bazı toprak özelliklerinin değişiminin geleneksel ve jeoistatistiksel yöntemlerle belirlenmesi, Doktora Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, 52-78 sayfa, Tokat.

Akınoğlu, G. ve Korkmaz, A. 2021.Yaprakta toplam klorofil ve karotenoid kapsamlarına Fe-EDDHA ve kirecin etkileri yönünden bazı çeltik çeşitlerinin responsları. Akademik Ziraat Dergisi, 10(1):145-152.

Aksoy, C. 1994. Sarıçamın ekolojisi. El kitabı dizisi 7, OAE Yayını, Muhtelif Yayınlar Serisi No:67, 39-61 sayfa.

Alan, M. 2018. Ebe sarıçamı klonal tohum bahçesi kozalak ve tohum özelliklerinde genetik parametrelerin tahmini. Turkish Journal of Forestry, 19(3): 240-245.

Altuntaş, C., Demiralay, M., Muslu, A. S., Terzi, R. 2020. Proline-stimulated signaling primarily targets the chlorophyll degradation pathway and photosynthesis associated processes to cope with short-term water deficit in maize. Photosynthesis Research, 1-14 sayfa.

Anonim, 1976. TS 2265/Mart 1976 İğne yapraklı ağaç fidanları standardı. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Anonim. 1986. Ağaçlandırma. T.C. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Ağaçlandırma ve Silvikültür Dairesi, 674 sayfa, Ankara.

Anonim. 1988. TS 2265/Şubat 1988 İğne yapraklı ağaç fidanları standardı, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Anonim. 1993. Sarıçam el kitabı dizisi: 7, Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Muhtelif yayınlar serisi: 67, 284 sayfa, Ankara.

Anşin, R. ve Özkan, Z. C. 1993. Tohumlu bitkiler (Spermatophytha) odunsu taksonlar. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, 6 (2):318-339, Trabzon.

Anşin, R. ve Özkan, Z. C. 2006. Tohumlu bitkiler (Spermatophytha) odunsu taksonlar. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Genel Yayın No: 167, Fakülte Yayın No: 19, 450 sayfa, Trabzon.

Apel, K. and H. Hırt. 1999. Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction. Annu. Rev. Plant Biol., 55:373–99.

Arnon, D. I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant physiology, 24: 1-10.

Ashraf, M. F. M. R., Foolad, M. R. 2007. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. Environmental and experimental botany, 59(2):206-216.

Aslankoç, R., Demirci, D., İnan, Ü., Yıldız, M., Öztürk, A., Çetin, M., Savran, E. Ş., Yılmaz, B. 2019. Oksidatif stres durumunda antioksidan enzimlerin rolü-Süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT) ve glutatyon peroksidaz (GPX). SDÜ Tıp Fakültesi Dergisi, 26(3):362-369.

Atalay, İ., Efe, R. 2012. Sarıçam (*Pinus sylvestris* var. *sylvestris*) ormanlarının ekolojisi ve tohum nakli açısından bölgelere ayrılması. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Orman Ağaçları ve Tohumları Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, 5.

Atay, İ. 1971. Tabii gençleştirmenin başarılı veya başarısız oluşuna etki yapan en önemli faktörler üzerinde açıklamalar. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 7-20.

Atay, İ., 1982 Doğal gençleştirme yöntemleri I (Doğal gençleştirmenin başarısını etkileyen önemli hususlar) İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayını No: 2876/320, İstanbul.

Avanoğlu, B., Ayan, S., Demircioğlu, N. ve Sıvacıoğlu, A. 2005.Kastamonu-Taşköprü orman fidanlığında üretilen 2+0 yaşlı Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe.) fidanlarının TSE normlarına göre değerlendirilmesi. YTU, Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, SIGMA, Cilt 23, Sayı 2, 73-83 sayfa, İstanbul.

Ayan, S., Usta, T. 2010. Sıcaklık şoklarının doğal çam türleri tohumlarının canlılığı üzerine etkisi. III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi 20-22 Mayıs 2010, Cilt: II Sayfa: 766-774.

Ayan, S., Turfan, N., Nurten Yer, E., Šeho, M., Barş Özel, H., & Ducci, F. 2018. Antioxidant variability of the seeds in core and marginal populations of Taurus cedar (*Cedrus libani* A. Rich.). Šumarski list, 142:11-12, 600-600.

Ayan, S.; Çalışkan, E.; Özel, H. B.; Yer Çelik, E. N.; Yılmaz, E.; Gülseven, O., Akın, S. S. 2022. The influence of effective microorganisms on physiological characteristics of containerized Taurus cedar (*Cedrus libani* A. Rich.) Seedlings. CERNE, vol. 28, 9 pages, e-103018, doi:10.1590/01047760202228013018

Aytaş, V. 2009. Erzurum- Tortum bölgesinde fidan dikim zamanının tüplü ve çıplak köklü sarıçam fidanlarının dikim başarısı üzerine etkisinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi, 59 sayfa, Artvin.

Bal, E. 2020. Farklı Doğu kayını (*Fagus Orientalis* L.) populasyonlarının tohum kimyasal kompozisyonuna etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Kastamonu Üniversitesi, 95 sayfa, Kastamonu.

Başbozkurt, H., Öztaş, T., Karaibrahimoğlu, A., Gündoğan, R., Genç, A. 2013. Toprak özelliklerinin mekansal değişim desenlerinin jeoistatistiksel yöntemlerle belirlenmesi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 44(2):169-181.

Bates L.S., Waldern R.P., Teare I.D. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and Soil 39: 205-207.

Batkhuu, N. O., Udval, B., Jigjid, B. E., Jamyansuren, S., Fischer, M. 2020. Seed and cone morphological variation and seed germination characteristics of Scots pine populations (*Pinus sylvestris* L.) in Mongolia. Mongolian Journal of Biological Sciences, 18(2):41-45.

Besbes, S., Blecker, C., Deroanne, C., Drira, N. E., Attia, H. 2004. Date seeds: chemical composition and characteristic profiles of the lipid fraction. Food chemistry, 84(4):577-584.

Bewley, J.D., Black, M. 1994. Seeds: Physiology of development and germination. Plenum Press, New York, 445 pages.

Bilir, N., Prescher, F., Lindgren, D., Kroon, J. 2008. Variation in seed related characters in clonal seed orchards of *Pinus sylvestris*. New Forests, 36(2), 187-199.

Bonner, F.T., Vozzo, J.A. 1987. Seed biology and technology of *Quercus*. USDA Forest Service, New Orleans, LA. GTR-SO-66.

Boydak, M. 1981. Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) tohumlarında olgunlaşma zamanı ile saklama süreleri arasındaki ilişkiler. Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University, 31(1).

Boydak, M., 1977. Eskişehir-Çatacık mıntıkası sarıçam (*Pinus silvestris* L.)'ın tohum verimi üzerine araştırrmalar (Seed yield of *Pinus sylvestris* in Catacik-Eskisehir), Istanbul University publications No: 230.

Boydak, M., Çalışkan, S. 2014. Ağaçlandırma. Ormancılığı Geliştirme ve Orman Yangınları ile Mücadele Hizmetlerini Destekleme Vakfı (OGEM-VAK), 413- 444 sayfa, İstanbul.

Boydak, M., Ertaş, A., & Çalışkan, S. 2011. Eskişehir–Çatacık Yöresi Sarıçamlarında (*Pinus sylvestris* L.) Tohum Verimi. Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University, 61(2):17-37.

Bradford M. M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analyt. Biochem.,72(1-2), 248-254.

Brusslan, J. A. and Tobin, E. M. 1992. Light-independent developmental regulation of cab gene expression in *Arabidopsis thaliana* seedlings. Proceedings of the National Academy of Sciences, 89(16):7791-7795.

Burrough, P.A., 1983. Multiscale sources of spatial variation in soil. II. A non-Brownian fractal model and its application in soil survey. Journal of Soil Science 34, 599–624.

Büyük, İ., Aydın, S. S., Aras, S. 2012. Bitkilerin stres koşullarına verdiği moleküler cevaplar. Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi, 69(2): 97-110.

Büyüköztürk, Ş. 2002. Faktör analizi: Temel kavramlar ve ölçek geliştirmede kullanımı. Kuram ve uygulamada eğitim yönetimi, *32*(32): 470-483.

Cai, Z.Q., Chen, Y.J., Guo, Y.H., Cao, K.F. 2005. Responses of two field-grown coffee species to drought and re-hydration, Photosynthetıca, 43 (2):187-193.

Cambardella, C. A., Moorman, T. B., Novak, J. M., Parkin, T. B., Karlen, D. L., Turco, R. F., Konopka, A. E. (1994). Field-scale variability of central Iowa soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 58, 1501–1511. https://doi.org/10.2136/sssaj1994.03615995005800050033x.

Campbell, J. B. 1978. Spatial variation of sand content and pH within single contiguous delineations of two soil mapping units, Soil Sci Soc Am J. 42, 460–464.

Cansev, A. 2008. Gemlik zeytin çeşidinin düşük sıcaklık koşullarında fizyolojik ve moleküler açıdan karakterizasyonu. Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi, 209 sayfa, Bursa.

Chelikani, P., Fita, I., Loewen, P. C. 2004. Diversity of structures and properties among catalases. Cellular and Molecular Life Sciences CMLS, 61(2), 192-208.

Clark, I. 1979. Practical Geostatistics, First Edit. 119.

Claussen, W. 2005. Proline as a measure of stress in tomato plants. Plant Science, 168(1): 241-248.

Copeland, L.O., McDonald, M.B. 2001. Seed science and technology, Kluwer Academic Publishers, 39-58 sayfa.

Çaylak, H. İ. 2016. Bazı Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) orijinlerinde morfo-genetik farklılıklar ve ağır metallerin tohumların çimlenmesi üzerindeki etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi, 50 sayfa, Bartın.

Çelen, F. 2022. Çankırı Kenbağ orman fidanlığında üretimi yapılan bazı türlerin vejetasyon süresince periyodik morfolojik ve fizyolojik fidan karakterleri değişimi. Yüksek Lisans Tezi, Kastamonu Üniversitesi, 108 sayfa, Kastamonu.

Çepel, N. 1995. Orman Ekolojisi. IV. Baskı, İÜ Orman Fakültesi Yayını No.3886/433, ISBN 975-404-398-1.

Çepel, N., Dündar, M., ve Günel, A., 1977. Türkiyenin önemli yetişme bölgelerinde saf sarıçam ormanlarının gelişimi ile bazı edafik ve fizyografik etkenler arasındaki ilişkiler. Tübitak yayın no. 354.

Çetinkaya, D., Bilir, N. 2019. Toros sediri'nde (*Cedrus libani* A. Rich.) fidan tipi x fidan morfolojisi etkileşimi. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 10(1), 28-33.

Deligöz, A. 2007. Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) fidanlarına ait bazı temel morfolojik ve eko-fizyolojik özelliklerin dikim başarısına etkisi. Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, 295 sayfa, Isparta.

Deligöz, A., Carus, S. 2006. Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe] tohum meşcerelerinin bazı kozalak ve tohum özelliklerine göre

ayrılmasının istatistik analizi. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi Seri: A, Sayı: 2, Sayfa: 13-22, ISSN: 1302-7085.

Demiralay, M., Aluntas, C., Sezgin, A., and Terzi, R. 2017. Application of proline to root medium is more effective for amelioration of photosynthetic damages as compared to foliar spraying or seed soaking in maize seedlings under short-term drought. Turkish Journal of Biology 41, (4):649–660

Demirbaş, S., Balkan, A. 2016. Tuz stresi koşullarında hidrojen peroksit ön uygulamasının tritikalenin erken gelişme dönemindeki morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal özelliklerine etkisinin araştırılması. NKUBAP.00.24.AR.14.30 nolu proje

Demircioğlu, N., Ayan, S., Avanoğlu, B. ve Sıvacıoğlu, A. 2004. Kastamonu - Taşköprü Orman Fidanlığında üretilen 2+0 yaşlı Sarıçam (*Pinus slyvestris* L.) fidanlarının TSE normlarına göre değerlendirilmesi. Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt 10, Sayı 2, 243-251 sayfa.

Dickson, A., Leaf, A.L., & Hosner, F. 1960. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. Forestry Chronicle, 36, 10-13.

Dirik, H. 1994. Üç yerli çam türünün (*Pinus brutia* Ten, *Pinus nigra* Arn. subp. *pallasiana* Lamb. Holmboe, *Pinus pinea* L.) kurak periyottaki transpirasyon tutumlarının ekofizyolojik analizi. İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri A, 44, 111-121.

Durmuş, N. 2003. Büyümeyi düzenleyici maddelerin oksidatif stres üzerine etkileri. Doktora tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, 128 sayfa, Trabzon.

Ersahin, S. and Brohi, A. 2006. Spatial variation of soil water content in topsoil and subsoil of a Typic Ustifluvent, Agric water Manag. 83,79–86. doi: 10.1016/j.agwat.2005.09.002

Erşahin, S. ve Karahan, G. 2015. Toprak değişkenliği ve analizi. Toprak Amenajmanı, Gazi Kitabevi,711 sayfa, Ankara.

Ertekin, M. 2012. Ebe sarıçamı (*Pinus sylvestris* L.ssp.hamata (Steven) Fomin var. *compacta* Tosun)'nın kozalak ve tohum özelliklerinde genetik çeşitlilik. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 14 (Özel Sayı): 84-91.

Esim, N., Atıcı, Ö. 2014. Nitrik oksit'in mısır (*Zea mays* L) bitkisinde oksidatif stres ve antioksidan enzimler üzerine etkisi. Türk Doğa ve Fen Dergisi 3: 5 sayfa.

Eskiömer, M. 2022. Bazı nanopartiküllerin Sarıçam (*Pinus Silvestris* L.) fidanlarının gelişimi üzerindeki etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Kastamonu Üniversitesi, 51 sayfa, Kastamonu.

Gee, G. W. and Bauder, J. W. 1986. Particle size analysis. In methods of soil analysis, part1, Physical and Mineralogical Methods, 2nd Ed., Klute, A., American Society of Agronomy, 383-411pages, Madison, WI.

Genç, M. 2012. Silvikültürün temel esasları. SDÜ Yayını, No. 44, 3. Baskı, Isparta.

Genç, M. 2011. Silvikültürün temel esasları. Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi, Yayın No: 44, 351 sayfa, Isparta.

Genç, M., Güner, Ş. T. 1998. Afyon-İhsaniye sarıçam (*Pinus slyvestris* L.) meşceresi. Orman Mühendisliği, 35 (4), 10-14.

Genç, M., Yahyaoğlu, Z. 2007. Kalite sınıflamasında kullanılan özellikler ve tespiti. Fidan Standardizasyonu (Ed: Yahyaoğlu, Z., Genç, M.), SDÜ Orman Fakültesi, Yayın No: 75, 355-465 sayfa, Isparta.

Gezer, A., Yücedağ, C. 2013. Orman ağacı tohumları ve tohumdan fidan yetiştirme tekniği, SDÜ Orman Fakültesi Yayınları, Yayın no: 56, Isparta.

Gökdemir, Ş., Kızmaz, M. 1998. Toros Göknarı (*Abies cilicica* Carr.)'nın fidanlık tekniği üzerine araştırmalar. İç Anadolu Ormancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi, Orman Bakanlığı Yayın No: 121, Dergi No:82, 7-40 sayfa, Ankara.

Graham, I. A. 1996. Carbohydrate control of gene expression in higher plants. Res Microbiol 147: 572–580.

Gregory, L. B., Grunwald S., Osborne, T. Z., Reddy, K. R., and Newman, S. 2006. "Spatial distribution of soil properties in water conservation area 3 of the Everglades," Soil Sci Soc Am J. 70, 1662–1676. doi: org/10.1016/j.geoderma.2003.09.004

Guehl, J. M., Clement, A., Kaushal, P., Aussenac, G. 1993. Planting stress, water status and non-structural carbohydrate concentrations in Corsican pine seedlings. Tree Physiology, 12(2), 173-183.

Gülseven, A. O. 2018. Bazı Doğu ayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) populasyonlarına ait 2+0 yaşlı çıplak köklü fidanların morfolojik ve fizyolojik karakteristikleri. Yüksek Lisans Tezi, Kastamonu Üniver i, 83 sayfa, Kastamonu.

Güney, D. 2003. Trabzon yöresi sarıçam (*Pinus slyvestris* L.) populasyonlarında yükseltite bağlı genetik varyasyonların morfolojik olarak belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, 145 sayfa, Trabzon.

Güney, D., Bak, Z. D., Aydınoğlu, F., Turna, İ., Ayaz, F. A. 2013. Effect of geographical variation on the sugar composition of the oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky). Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 37(2), 221-230 pages.

Gürel, F. 2020. Uludağ Göknarı ve Uludağ Göknarı-Sarıçam meşcerelerinde bazı toprak özelliklerinin uzaysal değişkenliği. Doktora Tezi, Çankırı Karatekin Üniversitesi, 119 sayfa, Çankırı.

Hayat, S., Hayat, Q., Alyemeni, M. N., Wani, A. S., Pichtel, J., Ahmad, A. 2012. Role of proline under changing environments: A review. Plant signaling & behavior, 7(11), 1456-1466.

Hodges, D. M., DeLong, J. M., Forney, C. F., & Prange, R. K. 1999. Improving the thiobarbituric acid-reactive-substances assay for estimating lipid peroxidation in plant tissues containing anthocyanin and other interfering compounds. Planta, 207(4), 604-611.

Hung, S.H., Yu, C.W. and Lin, C.H. 2005. Hydrogen peroxide functions as a stress signal in plants. Bot. Bull. Acad. Sinica, 46, 1–10.

Isaaks, E. H. and Srivastava, R. M. 1989. An Introduction to Applied Geoistatistics. Oxfort University Press, N. Y.

Isaaks, H. and Srivastava, E. 1989. An Introduction to Applied Geoistatistics, (Oxfort University Press, New York, 1989).

ISTA. 1996. International Rules For Seed Testing,Seed Sci. and Tech.(Suppl.), V: 24, 335 pages.

Kaçar, B., 1995. Toprak analizleri. Bitki ve toprağın kimyasal analizleri: III. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Eğitim Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları, No: 3, 705 sayfa, Ankara.

Kalay, H. Z., Genç, M., 1991.Orta Karadeniz Bölgemizde yok olma tehlikesi içindeki bir genetik rezervimiz (Niksar- Erbaa Toros Sediri (*Cedrus libani* A. Rich.) Bükleri). Bildiri 1. Uluslararası Çevre Koruma Sempozyumu, 8 Haziran 1991, İzmir. Çevre Kirliliği ve Kontrolü, 1. Uluslararası Çevre Koruma Sempozyumu Bildirileri (Ed. Ayvaz, Z.), 2. Cilt, Ege Üniveristesi, İzmir, Türkiye, 755-768.

Kameli A. and Losel D., M. 1996. Growth and sugar accumulation in durum wheat plants under water stress. New Phytol. 132, 57-62.

Kancheva, R., Borisova, D., Georgiev, G. 2014. Chlorophyll assessment and stress detection from vegetation optical properties. Ecological Engineering and Environment Protection, 1, 34-43.

Karakaya, T. 2007. Çatacık-Değirmendere orijinli sarıçam (*Pinus Sylvestris* L.) tohum bahçesinde kozalak ve tohum özellikleri bakımından klonal farklılıklar. Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, 117 sayfa, Bartın.

Karlsson, C., Oerlander, G. 2000. Soil scarification shortly before a rich seed fall improves seedling establishment in seed tree stands of *Pinus sylvestris*. Scandinavian Journal of Forest Research, 15(2), 256-266.

Kaya, A., İnan, M. 2017. Tuz (NaCl) stresine maruz kalan reyhan (*Ocimum basilicum* L.) bitkisinde bazı morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal parametreler üzerine salisilik asidin etkileri. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 21(3), 332-342

Kaya, C. 2008. Klonal sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) tohum bahçesinde tohum özellikleri için kalıtım derecesi. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, 46 sayfa, Isparta

Kayri, M. 2009. Araştırmalarda gruplar arası farkın belirlenmesine yönelik çoklu karşılaştırma (post-hoc) teknikleri. Journal of Social Science, 55.

Keha, E. E., Küfrevioğlu, Ö. İ. 2012. Biyokimya, 9. Baskı. Aktif Yayınevi, 35-36.

Keleş, H. 2007. Sarıçam (*Pinus Sylvestris* L.)'da farklı tohum kaynaklarının kozalak ve tohum özelliklerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, 112 sayfa, Ankara.

Kesici T., Kocabaş Z. 1998. Biyoistatistik, Ankara Üniversitesi Basımevi, 203-282 sayfa, Ankara.

Kılıç, B. 2020. Prolin ön uygulamasının kuraklık stresi koşullarındaki karaçam tohumlarının çimlenmesi üzerine etkilerinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi, 72 sayfa, Artvin.

Kim, C. S., Han, S. H., Lee, W. Y., Lee, J. C., Park, Y. K., & Oh, C. Y. 2005. Biochemical adaptation of *Pinus pumila* on low temperature in Mt. Seorak, Korea. Plant Resources, 8(3), 217-224.

Koch, K. E. 1996. Carbohydrate-modulated gene expression in plants. Annual review of plant biology, 47(1), 509-540.

Kozlowski, T. T., Pallardy, S. G. 1996. Physiology of woody plants, Second Edition, Acedemic press. United States of America, ISBN: 0-12-424162-X.

Köklü, N., Büyüköztürk Ş., Çokluk Bökeoğlu, Ö. 2006. Sosyal bilimler için istatistik. PegemA Yayıncılık, 2 baskı.

Kramer, P. K. 1986. The role of physiology in forestry. Tree physiology, 2, 1-16.

Krasilnikov, P. 2008. "Variography of discrete soil properties," in Soil Geogr Geostatistics, Eds. P. Krasilnikov, F. Carré, L. Montanarella, (European Commission Joint Research Centre Institute for Environment and Sustainability, pages 12–25, Luxemburg. doi: 10.2136/sssaj2005.0177.

Kulaç, Ş. 2010. Kuraklık stresine maruz bırakılan sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) fidanlarında bazı morfolojik fizyolojik ve biyokimyasal değişimlerin araştırılması. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, 162 s.

Kurcan, G., Donat, S., Acar, O. 2020. Kızılbacak (*Amaranthus retroflexus* L.) bitkisinde kuraklık toleransı ve herbisit direnci arasındaki ilişkide bazı antioksidan enzimlerin rolünün araştırılması. Turkish Journal of Weed Science, 23(2), 165-175.

Lermioğlu, N. 2007. Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.)'da tüplü fidan tekniği üzerine bir araştırma. Yüksek Lisans Tezi, KTÜ, 129 sayfa, Trabzon.

Lutts S., Kinet J.M., Bouharmont J. 1996. NaCl-Induced Senescence in Leaves of Rice (*Oryza sativa* L.) Cultivars Differing in Salinity Res istance. Annals Of Botany, 78: 389-398.

Mano, J. I. 2002. Early events in environmental stresses in plants. Induction mechanisms of oxidative stress. Oxidative stress in plants, 217-245.

Mardia, K.V. and R.J. Marshall, 1984. Maximum likelihood estimation of models for residual covariance in spatial regression. Biometrica, 71(1): 135-146 pages.

Matthews, J. D. 1971. İskoçya'da sarıçam'ın (Scots pine) silvikültürü (Çeviren: Atay, T.) İ.Ü. Orman Fakültesi konferansları 1970, 24-33 sayfa, İstanbul.

Mattioli, R., Costantino, P., & Trovato, M. 2009. Proline accumulation in plants: Not only stress. Plant signaling & behavior, 4(11), 1016-1018.

Mattioli, R., Marchese, D., D'Angeli, S., Altamura, M. M., Costantino, P., Trovato, M. 2008. Modulation of intracellular proline levels affects flowering time and inflorescence architecture in Arabidopsis. Plant molecular biology, 66(3), 277-288.

McLean, E. O**.** 1982. Soil pH and lime requirement. Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties, 199-224.

Mencarelli, F. & Saltveit, M. 1988. Ripening of mature-green tomato fruit slices. Journal of the American Society for Horticultural Science, 113 (5): 742-745.

Miquel, M., Browse, J. 1995. Lipid biosynthesis in developing seeds. . In:"Seed Development and Germination (J. Kigel ve G. Galili Edt.)", Marcel Dekker, Inc. New York, pp. 169-192.

Mucuk, İ. 1978. İşletmelerde Modern Bir Araştırma Tekniği: Faktör Analizi, Yayınlanmamış Doçentlik Tezi.

Munns, R. and Weir, R. 1981. Contribution of sugars to osmotic adjustment in elongating and expanded zones of wheat leaves during moderate water deficits at 2 light levels. Australian Journal of Plant Physiology, 8, 1, 93-105.

Nacakcı, F. M. 2021. Göller yöresi sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) orijin denemesinde bazı morfolojik ve fizyolojik karakterler bakımından farklılıklar. Doktora tezi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, 168 sayfa, Isparta.

Nehdi, I., Omri, S., Khalil, M. I., & Al-Resayes, S. I. 2010. Characteristics and chemical composition of date palm (*Phoenix canariensis*) seeds and seed oil. Industrial crops and products, 32(3), 360-365.

Nelson, D. W., Sommers, L. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties, 539-579.

Ogawa, K. and Iwabuchi, M. 2001. A mechanism for promoting the germination of *Zinnia elegans* seeds by hydrogen peroxide. Plant Cell Physiol., 42 (3): 286-291.

Olsen, S. R., Cole, C. V, Watandbe, F. and Dean, L. 1954. Summary for Policymakers. In Intergovernmental Panel on Climate Change (Ed.), Climate Change 2013 - The Physical Science Basis (pp. 1–30). https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004

Ongun, R. 2008. Toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin jeoistatistiksel yöntemlerle uzaysal değişkenliğinin saptanması. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, 70-117 sayfa, İzmir.

Öcal Özdamar, F., Baysal Furtana, G., Ellialtıoğlu, Ş. Ş., & Tıpırdamaz, R. 2016. Hidrojen peroksit ve nitrik oksit ilişkisinin bitkilerde abiyotik stres toleransındaki rolü. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 25(1):117-131.

Öcal, T. 2002. Tohum, fidan üretimi ve ağaç ıslahı çalışmalarında genel prensipler. Orman Bakanlığı Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Genel Müdürlüğü, Tohum Fidan Üretimi ve Ağaç Islahı Çalışmaları Seminer Notları, s. 1-4, Muradiye.

Öner, M. N., İmal, B. 2007. Ağaçlandırma tekniği ders notları. Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi Silvikültür Anabilim dalı, 202 s., Çankırı.

Özdamar, K. 2010. Paket programlar ile istatistiksel veri analizi II (çok değişkenli analizler). (Statistical data analysis with package programs II (multivariate analysis)), Kaan Kitabevi, 7. Baskı, Eskişehir.

Özden, H. 2009. Kuraklık stresinin kasnak meşesi (*Quercus vulcanica*) ve Boz Pırnal Meşesi'nde (*Quercus Aucheri*) karşılaştırmalı olarak incelenmesi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, 160 sayfa, İstanbul.

Özen, H. Ç., Onay, A. 2007. Bitki Fizyolojisi, Nobel Yayınları, Ankara, ISBN: 978-605-395-017-2.

Pan, Y., Wu, L. J., & Yu, Z. L. 2006. Effect of salt and drought stress on antioxidant enzymes activities and SOD isoenzymes of liquorice (*Glycyrrhiza uralensis* Fisch). Plant Growth Regulation, 49(2), 157-165.

Pansu, M. and Gautheyrou, J. 2006. Handbook of soil analysis. Mineralogical, organic and ınorganic methods. Springer-Verlag.

Pareek, S., Sagar, N.A., Sharma, S., Kumar, V., Agarwal, T., Gustavo, A., Elhadi, M.Y. 2018. Fruit and vegetable phytochemicals: Chemistry and Human Health, Volume

I, Second Edition. Edited by Elhadi M. Yahia. John Wiley & Sons Ltd. Published, 269- 284 pages.

Pearson, D., Melon, H. K. and Ronald, S. 1976. Chemical analysis of Food, 8th edition. Churchill Livingstone, 5-63 sayfa.

Prescher, F., Lindgren, D., Wennström, U., Almqvist, C., Ruotsalainen, S., & Kroon, J. 2005. Seed production in Scots pine seed orchards. In Status, monitoring and targets for breeding programs. Proceedings of the meeting of Nordic forest tree breeders and forest geneticists, 65-72 pages, Syktyvkar.

Roscoe, J. T. 1975. Fundamental research statistics for the behavioral sciences. International Series in Decision Process, 2nd Edition, Holt, Rinehart and Winston, Inc., New York.

Saatçioğlu, F. 1969. Silvikültürün biyolojik esasları ve prensipleri. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Silvikültür Kürsüsü, İ. Ü. Yayın No: 1429, O. F. Yayın No: 138, 323 sayfa, İstanbul.

Saatçioğlu, F. 1971. Orman ağacı tohumları tohum tedariki, saklanması, çimlenme fizyolojisi, kalite kontrolü ile önemli ağaç ve ağaççık türlerinin tohum bakımından özellikleri. Orman Ağacı Tohumları. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, No.1649/173, İstanbul.

Saatçioğlu, F. 1976. Silvikültür I (Silvikültürün biyolojik esasları ve prensipleri) İÜ Orman Fakültesi Yayını, No.12187/222, İstanbul.

Sarıbaş, M. 2008. Dendroloji I Gymnospermae. Dönmez Ofset ISBN:978-975-387-101-3, Bartın.

Selek Karadeniz, N. S. 1995. Hendek fidanlığında yetiştirilen kayın, karaçam, sarıçam ve göknar fidanlarında temel morfolojik özelliklerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, 68 sayfa, Trabzon.

Selzer L. J., Busso, C.A. 2016. Pigments and photosynthesis of understory grasses: light irradiance and soil moisture effects. Russian Journal of Plant Physiology 63: 224–234.

Semerci, A. 2002. Sedir (*Cedrus libani* A. Rich.) fidanlarına ait bazı morfolojik ve fizyolojik karakteristikler ile İç Anadolu'daki dikim başarısı arasındaki ilişkiler. İç Anadolu Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten No: 279, 142 sayfa.

Sevimsoy, M, 1993, Sarıçam tohumunun özellikleri, Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları Teknik Bülten, 67, 63-71 sayfa, Ankara.

Shibata, M., Coelho, C. M. M., Steiner, N., Block, J. M., & Maraschin, M. 2020. Lipid, protein and carbohydrate during seed development in *Araucaria angustifólia*. Cerne, 26, 301-309.

Sıvacıoğlu, A. 2010. Genetic variation in seed cone characteristics in a clonal seed orchard of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) grown in Kastamonu-Turkey. Romanian Biotechnological Letters, 15(6), 5695-5701.

Sıvacıoğlu, A., Ayan, S. (2008). Evaluation of seed production of scots pine (*Pinus sylvestris* L.) clonal seed orchard with cone analysis method. African Journal of Biotechnology, 7(24).

Sims, D. A., & Gamon, J. A. 2002. Relationships between leaf pigment content and spectral reflectance across a wide range of species, leaf structures and developmental stages. Remote sensing of environment, 81(2-3):337-354.

Smeekens, S., Rook, F. 1997. Sugar sensing and sugar-mediated signal transduction in plants. Plant Physiology, 115(1), 7.

Soil Survey Staff. 1993. Soil survey manual. USDA. Handbook No:18. Washington D.C

Sönmez, E. 2019. Tuz stresi altındaki mısır (*Zea mays* L.) bitkisinde potasyum uygulamalarının fizyolojik ve biyokimyasal etkisinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, 134 sayfa, Sakarya.

Srivastava, A., Gupta, M., & Srivastava, S. 2017. Os (VIII) catalyzed oxidative cleavage of pyrrolidine ring in l-proline by sodium periodate (NaIO4) in Alkaline Medium. Engineering and Technology, Volume 3, Issue 5, ISSN: 2395-1990, 10 pages.

Suzuki, N., & Mittler, R. 2006. Reactive oxygen species and temperature stresses: A delicate balance between signaling and destruction. Physiologia plantarum, 126(1), 45-51.

Szabados, L., Savoure, A. 2010. Proline: A multifunctional amino acid. Trends Plant Sci, 15(2), 89–97.

Şevik, H. 2005. Batı Karadeniz Bölgesi Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) tohum meşcerelerinde populasyonlar arası farklılıklar, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, 72 sayfa, Ankara.

Şevik, H., Ayan, S., Turna, İ., Yahyaoğlu, Z. 2010. Genetic diversity among populations in Scotch pine (*Pinus sylvestris* L.) seed stands of Western Black Sea Region in Turkey, African Journal of Biotechnology Vol. 9(43), 7266-7272 pages.

Şimşek, Y. 1987. Ağaçlandırmalarda kaliteli fidan kullanma sorunları. OAE dergisi, 33(65)7-29.

Taeger, S., Fussi, B., Konnert, M., & Menzel, A. 2013. Large-scale genetic structure and drought-induced effects on European Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings. European Journal of Forest Research, 132(3), 481-496.

Taiz, L., and Zeiger, E. 2008. Plant physiology (translation from third edition, translation editor Ismail Turkan).

Tetik, M. 1993. Sarıkamış fidanlığında ekim sıklığının Sarıçam (*Pinus silvestris* L.) fidanların kalitesine ve dikimdeki başarısına etkileri. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten No 244, 28 sayfa, Ankara.

Thomas, H. 1990. Osmotic adjustment in lolium-perenne-ıts heritability and the nature of solute accumulation. Annals of Botany, 66, 5, 521-530.

Tilki, F. 2002. Türkiye'de sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) tohumu üzerine teknolojik araştırmalar. Doktora tezi. İstanbul Üniversitesi, 153 sayfa, İstanbul.

Tilki, F. 2004. Bitki üretme ve yetiştirme tekniği. KAÜ Artvin Orman Fakültesi Ders Notu. Yayın No. 5. 123 sayfa, Artvin.

Tolay, U. 1986. Ağaçlandırmada fidan tutma ve büyümesine etkili olan faktörler. Kavak ve Hızlı Gelişen Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Dergisi, 1, 61- 83 sayfa, İzmit.

Torun, H., Ayaz, F. A. 2019. Tuz stresi koşullarında salisilik asidin zamana bağlı uygulamasının arpa (*Hordeum vulgare* L.) köklerinin antioksidan savunma sistemleri üzerine etkileri. Eskişehir Teknik Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi Yaşam Bilimleri ve Biyoteknoloji, 8(1), 69 – 84.

Tosun, S., Özpay, Z. ve Tetik, M. 1993. Sarıçam (*Pinus slyvestris* L.) fidanlarının kalite sınıflarının belirlenmesi üzerine araştırmalar. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten No: 279, 142 sayfa, Ankara.

Trangmar, B. B., Yost, R. S., Uehara, G. 1985. Aplication of geostatistic to spatal studies of soil properties. Advances in Argon (38), 45-94. doi: org/10.1016/S0065-2113(08)60673-2

Turfan, N., Savacı, G., & Sarıyıldız, T. 2016a. Uludağ göknarı ve sarıçam ibrelerinin bazı kimyasal bileşiklerinin meşcere yaşına ve bazı toprak özelliklerine bağlı olarak değişimi. Kastamonu Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi, 16(2), 583-598.

Turfan, N., Yer, E. N., Ayan, S., Hasdemir, B. & Hançerlioğulları, A. 2016b. Magnetik alan uygulamalarının doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) tohumunun kimyasal içeriğine etkisi. Biyolojik Çeşitlilik ve Koruma, 9(2), 75-83.

Turfan, N. 2017. Effect of some abiotic stress factories on savrun spinach (*Spinacea oleracea* L.). Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology, 5(6), 660-667.

Turfan, N., Yer, E. N., & Ayan, S. 2017. The effect of magnetic field applications to chemical content of stratified seeds of oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky.). Fresenius Environmental Bulletin, 26 (7), 4606-4615.

Turfan, N., Ayan, S., Nurten Yer, E., & Özel, H. B. 2019. Age-related changes of some chemical components in the leaves of oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky.). South-east European forestry: SEEFOR, 10(2), 117-124.

Turfan, N., Ayan, S., Çelik, E. N. Y., Özel, H. B., & Onat, S. M. 2020a. Age-related changes of some chemical components in the leaves of sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.). BioResources, 15(2), 4337-4352.

Turfan, N., Savacı, G., & Sarıyıldız, T. 2020b. Variation in chemical compounds of walnut (Juglans regia L.) leaves with tree age. Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 21(1), 124-134.

Turna, I., 2003. Variation of some morphological and electrophoretic characters of 11 populations of Scots pine in Turkey. Israel J. of Plant Sci. 51:223-230.

Url-1 Web sitesi https://turkiyedekiagaclar.weebly.com/sariccedilam.html Erişim tarihi: 07.03.2022.

Url-2. Web sitesi https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane/resmi-istatistikler, ormancılık istatistikleri 2020, Erişim tarihi: 07.03.2022.

Üçler, A. Ö. 1988. Sarıçam, karaçam ve halepçamı'nda tohum büyüklüğü ve ağırlığının çimlenme yüzdesi, fidan boyu ve fidan kalitesine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, 75 sayfa, Trabzon.

Üçler, A.Ö., 1991. Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), Karaçam (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) ve Halepçamı'nda (*Pinus halepensis* Mill.) tohum büyüklüğü ve ağırlığının çimlenme yüzdesi fidan boyu ve fidan kalitesine etkisi Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 15:999-1010.

Ürgenç, S. 1998. Ağaçlandırma tekniği. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın No: 441/3994. İstanbul.

Vassey, T., L., Sharkey T., D., 1989. Mild Water-stress of phaseolus-vulgaris plants leads to reduced starch synthesis and extractable sucrose phosphate synthase activity. Plant Physiology 89 (4): 1066-1070.

Velikova V., Yordanov I., Edrava A. 2000. Oxidative stress and some antioxidant systems in acid rain-treated bean plants. Protective role of exogenous polyamines. Plant Science, 151, 59- 66.

Verbruggen, N., and Hermans, C. 2008. Proline accumulation in plants: a review. Amino acids, 35(4), 753-759.

Webster, R. 2001. Statistics to support soil research and their presentation. European Journal of Soil Science. https://doi.org/10.1046/j.1365-2389.2001.00383.x

Webster, R., and Oliver, M. A. 2007. Geostatistics for environmental scientists. John Wiley&Sons. European Journal Of Soil Science, June 2001(52), 331-340.

Witham, F.H., Blaydes, D. F., & Devlin, R.M. 1971. Experiments in plant physiology. Van Nostrend Reinhold Company, New York.

Yahyaoğlu Z., Genç M., 2007. Kalite sınıflaması çalışmaları ve Türkiye için öneriler. (Editörler: Yahyaoğlu, Z. Ve M. Genç, Fidan Standardizasyonu, Standart Fidan Yetiştirmenin Biyolojik ve Teknik Esasları) Süleyman Demirel Üniversitesi Yayınları, Yayın No. 75, 467-491, Isparta.

Yeşilkanat, C., Kobya, Y., Taşkın, H., & Çevik, U. 2014. Jeoistatistik tahmin ve simülasyon yöntemleri ile Artvin ilindeki doğal kaynak suları için toplam alfa ve toplam betanın ara değer modellemesi ve haritalanması. Cumhuriyet Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi, 35(4), 11-35.

Yılmaz, C. 2013. A proteomic approach to the comparison of two pine species: proteomes of *pinus brutia* and *pinus sylvestris* under environmental stress. Doctoral Thesis, Middle East Technical University, 142 page.

Yılmaz, M. 2008. Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) tohumlarının kimyasal bileşimi. KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi, 11(1), 64-68.

Yılmaz, M. ve Yüksel, T. 2010. Cone and seed characteristics of *Pinus sylvestris* distribution in Malatya region and the suggestions on the conservation of these relict gene resources. Proceedings of 1.st International Turkey&Japan Environment and Forestry Symposium, 7 page.

Yu, J., Jin, X., Sun, X., Gao, T., Chen, X., She, Y., & Dai, S. 2017. Hydrogen peroxide response in leaves of poplar (*Populus simonii*× *Populus nigra*) revealed from physiological and proteomic analyses. International Journal Of Molecular Sciences, 18(10), 2085.

Yücedağ, C. 2008. Türkiye-Göller Bölgesi Bazı Boylu Ardıç (*Juniperus excelsa* Bieb.) Populasyonlarında Tohum ve Fidecik Özelliklerinin Genetik Çeşitliliği Üzerine Araştırmalar. Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 138 sayfa, Isparta.

Yüksek, F. T. 2007. Sapsız meşe (*Quercus petraea* (Mattuschka) Liebl.) fidanı gelişimi üzerine tohum boyutu ve kök kesim zamanının etkisi Yüksek Lisans Tezi, Kafkas Üniversitesi, 44 sayfa, Artvin.

Zhang, Y. 2011. Introduction to Geostatistics—Course Notes. Dept. of Geology & Geophysics, University of Wyoming, 36 page.

Zhou, Q., Shi, M., Zhu, Z., & Cheng, L. 2019. Ecophysiological responses of *Carpinus turczaninowii* L. to various salinity treatments. Forests, 10(2), 96.

Zielewicz, W., Wrobel, B., & Niedbała, G. 2020. Quantification of chlorophyll and carotene pigments content in mountain Melick (*Melica nutans* L.) in relation to edaphic variables. Forests, 11(11).

EKLER

EK 1. Populasyonların genel bilgileri

EK 2. Meteoroloji istasyonlarının bilgileri

EK 3. Thornthwaite yöntemine göre yapılmış ölçümler

EK 4. Bilançolar

EK 1. Populasyonların genel bilgileri

Populasyon	Şeflik/ Meşcere tipi	Ağaç No	x	y	Boy	Çap	Yaş	Bakı	Yükselti	Eğim (%)
1	Çankırı-Çscd2	1	533168	4505240	13,5	32	60	KD	1553	18,7
		2	533181	4505269	21	52	55	KD	1545	18,7
		3	533185	4505280	17	38	48	KD	1535	18,7
		4	533208	4505308	15,5	26	37	KD	1525	19,4
		5	533095	4505358	19	41,5	55	K	1493	29,5
2	Çankırı-Çsd2	1	532652	4504603	18,5	38	151	K	1590	24,9
		2	532671	4504603	16,4	36	102	K	1595	24,9
		3	532659	4504637	17,3	57,5	163	K	1585	24,9
		4	532740	4504701	14,5	31	116	KB	1580	25,7
		5	532760	4504733	13,5	33	92	KB	1568	25,7
3	Yapraklı-Çscd2	1	562469	4519350	24	44	72	KD	1667	7,4
		2	562445	4519321	15	44	100	KD	1704	7,4
		3	562396	4519307	17,5	32	71	K	1697	7,2
		4	562339	4519311	18	36	103	KD	1680	4,4
		5	562368	4519356	22,3	50	121	K	1645	7,2
4	Şabanözü-Çscd2	1	509280	4505362	13,5	38	112	KB	1374	26,3
		2	509273	4505362	12	39	108	KB	1365	26,3
		3	509294	4505336	14	26	110	KB	1381	26,3
		4	509308	4505394	8	38	120	KB	1376	26,3
		5	509325	4505394	21	48	121	KB	1378	26,3
5	Osmangölü-Çscd2	1	541857	4544240	6	22	34	G	1785	15,6
		2	541884	4544260	8	32	58	G	1792	15,6
		3	541812	4544256	7,5	23	41	G	1789	12,0
		4	541682	4544300	11	30	53	KB	1774	19,6
		5	541712	4544333	8,5	21	34	KB	1772	13,0
6	Hızardere-Çscd2	1	566128	4521957	12	38	88	G	1648	7,9
		2	566174	4521976	13	22	77	GD	1639	2,7
		3	566152	4521993	16	26	96	D	1631	7,3
		4	566096	4521953	23	40	110	G	1637	7,9
		5	566088	4522007	23	39	92	G	1635	2,2
7	Hızardere-Çsd2	1	565279	4522616	24	40	92	GD	1668	39,1
		2	565293	4522622	20	25	52	GD	1663	40,4
		3	565305	4522655	21	30	64	GD	1660	34,9
		4	565293	4522660	22	36	83	GD	1712	34,9
		5	565301	4522666	20	24	48	GD	1660	34,9
8	Bayramören-Çscd2	1	516498	4539132	25	38	88	K	1517	25,8
		2	516484	4539073	22	35	144	K	1513	21,1
		3	516464	4539088	23	38	85	K	1519	21,1
		4	516459	4539136	21	36	92	K	1509	25,8
		5	516446	4539128	23	40	140	K	1512	25,8

EK 1'in devamı

Populasyon	Şeflik/ Meşcere tipi	Ağaç No	x	y	Boy	Çap	Yaş	Bakı	Yükselti	Eğim (%)
9	Yenice-Çscd3	1	566353	4544689	28	48	101	GD	1460	22,5
		2	566355	4544691	27	36	108	G	1420	9,9
		3	566333	4544681	27,5	34	99	GD	1430	22,5
		4	566353	4544691	28,5	40	106	GD	1490	22,5
		5	566354	4544698	26,7	30	89	GD	1400	22,5
10	Yenice-Çsd2	1	567339	4545147	21,3	40	116	G	1700	25,4
		2	567325	4545147	22,4	36	106	G	1710	25,3
		3	567340	4545170	23,1	50	113	G	1690	25,4
		4	567361	4545164	24,2	56	121	G	1730	25,4
		5	567302	4545160	20,6	54	140	G	1720	25,3
11	Ilgaz-Çscd3	1	552997	4538617	25	40	118	GB	1700	13,6
		2	552986	4538607	27	36	107	GB	1705	13,6
		3	553008	4538633	22	28	72	GB	1711	16,9
		4	553020	4538602	18	28	101	GB	1697	13,6
		5	553021	4538669	28	40	90	GB	1748	16,9
12	Ilgaz-Çsd2	1	553027	4538759	28	42	130	GB	1725	25,4
		2	553020	4538772	26	34	130	GB	1740	24,1
		3	553047	4538737	28	38	112	GB	1714	25,4
		4	552971	4538700	24	34	102	GB	1711	16,9
		5	552966	4538707	15	28	92	GB	1721	16,9
13	Çatak- Çsd2	1	501949	4534873	17	50	124	GD	1523	5,2
		2	501949	4534886	18	50	109	GD	1507	5,2
		3	501901	4534942	19	46	126	KD	1536	2,7
		4	501855	4534933	17	44	111	KD	1520	4,0
		5	501827	4534866	17	44	127	GD	1519	4,2
14	Çatak-Çscd2	1	501750	4534723	13	34	50	G	1519	10,5
		2	501703	4534770	16	40	103	G	1511	10,6
		3	501675	4534803	16	38	79	G	1529	10,6
		4	501660	4534821	15	40	62	G	1541	10,6
		5	501654	4534821	13	30	49	G	1535	10,6
15	Çatak-Çscd3	1	501459	4534947	13	52	73	D	1545	5,4
		2	501486	4534949	18	48	88	D	1542	5,4
		3	501384	4534951	17	48	104	GD	1541	5,7
		4	501360	4535003	16	44	86	G	1560	8,2
		5	501349	4535006	17	40	81	G	1551	8,2
16	Çerkeş-Çsc3	1	484328	4508587	11,5	22	86	KB	1359	19,2
		2	484321	4508603	12,3	26	83	KB	1362	19,2
		3	484333	4508635	11,9	26	80	KB	1324	19,2
		4	484332	4508568	9	23	79	KB	1369	21,6
		5	484345	4508568	12,1	24	84	KB	1376	21,6

EK 1'in devamı

Populasyon	Şeflik/ Meşcere tipi	Ağaç No	x	y	Boy	Çap	Yaş	Bakı	Yükselti	Eğim (%)
17	Çerkeş-Çscd3	1	489631	4507471	30	36	145	KD	1473	15,4
		2	489656	4507454	24	34	139	KD	1470	15,4
		3	489656	4507464	23,2	30	117	KD	1471	15,4
		4	489662	4507456	26	34	125	KD	1460	15,4
		5	489638	4507438	25	34	133	D	1466	15,7
18	Çerkeş-Çscd2	1	479504	4504238	13	28	67	K	1541	14,3
		2	479495	4504168	6	22	95	K	1552	20,9
		3	479513	4504143	18	34	94	K	1560	20,9
		4	479541	4504116	10	22	40	KD	1564	29,9
		5	479550	4504097	10	26	49	KD	1562	25,7
19	Kutrçimeni-Çscd3	1	471299	4516224	12	28	48	GB	1494	25,6
		2	471327	4516211	19	30	75	GB	1505	25,6
		3	471318	4516304	17	36	67	B	1498	18,8
		4	471309	4516274	20	40	125	GB	1512	25,6
		5	471261	4516343	23	42	120	B	1488	17,5

EK 2.Meteoroloji istasyonlarının bilgileri

İl Adı	İlçe Adı	Enlem	Boylam	Yükselti	Meteoroloji Bülteni Tarih Aralığı	Erişim Tarihi
Çankırı	Çankırı	40 6082	33 6102	755,0	2015-2019	23.06.2020
Çankırı	Yapraklı	40 75894	33 77229	1267,0	2015-2019	23.06.2020
Çankırı	Orta	40 6322	33 0769	1321,0	2015-2019	23.06.2020
Çankırı	Bayramören	40 9289	33 2425	1450,0	2015-2019	23.06.2020
Çankırı	Ilgaz	40 9156	33 6258	885,0	2015-2019	23.06.2020
Çankırı	Çerkeş	40 815	32 8831	1126,0	2015-2019	23.06.2020

EK3.Thornthwaite yöntemine göre yapılmış ölçümler

Populasyon	İlçe	Yükselti	s	d	n	Im	ETP	Ia
1, 2	Çankırı	1550	301,76	32,55	497,42	56,74	497,42	6,54
3	Yapraklı	1667	336,29	78,87	469,22	61,59	469,22	16,81
4	Orta	1321	52,87	152,2	562,73	-6,83	562,73	27,05
5	Bayramören	1785	292,07	25,84	450,47	61,39	450,47	5,74
6, 7	Yapraklı	1650	325,77	81,24	472,93	58,58	472,93	17,18
8, 13, 14, 15	Bayramören	1450	57,06	163,47	542,3	-7,56	542,3	30,14
9	Ilgaz	1460	443,85	80,87	517,78	76,35	517,78	15,62
10, 11, 12	Ilgaz	1700	497,81	59,36	463,91	99,63	463,91	12,8
16	Çerkeş	1360	142,76	82,51	539,95	17,27	539,95	15,28
17, 19	Çerkeş	1450	194,77	65,98	520,01	29,84	520,01	12,69
18	Çerkeş	1540	247,6	49,92	499,73	43,55	499,73	9,99

s: Yıllık su fazlası, d: Yıllık su eksikliği, n: Yıllık potansiyel evapotranspirasyon, I_m: Nemlilik göstergesi, I_a: Kuraklık indisi

EK 4.Bilançolar

Bilanço Elemanları	ÇANKIRI (1ve 2 Nolu Populasyonlar/ 1550 m enterpole)												
	AYLAR												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOPLAM
Sıcaklık	**-4,2**	**-4,8**	**0,8**	**6,4**	**11,2**	**13,4**	**17,7**	**18,0**	**12,7**	**6,8**	**1,1**	**-2,1**	**6,8**
Sıcaklık İndisi	0,00	0,00	0,1	1,45	3,40	4,46	6,76	6,95	4,12	1,61	0,11	0,00	28,92
Düzeltilmemiş PE	0,0	0,0	4,5	31,8	54,7	65,1	84,9	86,5	61,9	34,0	6,0	0,0	429,4
Düzeltilmiş PE	0,0	0,0	4,6	35,1	67,2	80,5	106,5	101,5	64,1	32,8	5,1	0,0	497,4
Yağış	**85,30**	**43,60**	**72,00**	**47,81**	**112,80**	**96,48**	**32,67**	**67,36**	**39,55**	**49,43**	**45,00**	**74,62**	**766,64**
Depo Değişikliği	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	73,8	26,2	0,0	16,6	39,9	43,4	200,0
Depolama	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	26,2	0,0	0,0	16,6	56,6	100,0	799,4
Ger. evapotranspirasyon	0,0	0,0	4,6	35,1	67,2	80,5	106,5	93,6	39,6	32,8	5,1	0,0	464,9
Su noksanı	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,0	24,6	0,0	0,0	0,0	32,5
Su fazlası	85,3	43,6	67,4	12,7	45,6	16,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	31,2	301,8
Yüzeysel akış	58,3	64,5	55,5	40,1	29,2	30,8	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,6	301,8
Nemlilik oranı	0,0	0,0	14,5	0,4	0,7	0,2	-0,7	-0,3	-0,4	0,5	7,9	0,0	22,8

Bilanço Elemanları	YAPRAKLI (3 Nolu Populasyon/ 1667 m enterpole)												
	AYLAR												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOPLAM
Sıcaklık	**-5,1**	**-6,0**	**0,0**	**5,6**	**10,4**	**12,5**	**16,7**	**17,1**	**11,8**	**5,7**	**-0,1**	**-3,3**	**5,9**
Sıcaklık İndisi	0,00	0,00	0,0	1,17	3,05	4,02	6,19	6,43	3,67	1,23	0,00	0,00	25,77
Düzeltilmemiş PE	0,0	0,0	0,0	29,9	53,3	63,1	81,9	83,9	59,7	30,8	0,0	0,0	402,6
Düzeltilmiş PE	0,0	0,0	0,0	33,0	65,5	78,0	102,7	98,4	61,8	29,7	0,0	0,0	469,2
Yağış	**106,10**	**56,58**	**94,15**	**41,89**	**85,78**	**92,49**	**20,04**	**39,33**	**24,76**	**52,82**	**42,52**	**70,18**	**726,64**
Depo Değişikliği	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	82,7	17,3	0,0	23,1	42,5	34,4	200,0
Depolama	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	17,3	0,0	0,0	23,1	65,6	100,0	806,0
Ger. evapotranspirasyon	0,0	0,0	0,0	33,0	65,5	78,0	102,7	56,6	24,8	29,7	0,0	0,0	390,3
Su noksanı	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	41,8	37,1	0,0	0,0	0,0	78,9
Su fazlası	106,1	56,6	94,1	8,9	20,3	14,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	35,8	336,3
Yüzeysel akış	70,9	81,3	75,4	51,5	14,6	17,4	7,2	0,0	0,0	0,0	0,0	17,9	336,3
Nemlilik oranı	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3	0,2	-0,8	-0,6	-0,6	0,8	0,0	0,0	-0,5

Bilanço Elemanları	ORTA (4 Nolu Populasyon)												
	AYLAR												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOPLAM
Sıcaklık	**-3,6**	**0,5**	**3,9**	**7,6**	**12,5**	**16,3**	**19,2**	**19,9**	**15,9**	**10,0**	**4,4**	**-1,4**	**8,8**
Sıcaklık İndisi	0,00	0,03	0,7	1,88	4,00	5,98	7,67	8,10	5,76	2,86	0,82	0,00	37,80
Düzeltilmemiş PE	0,0	1,6	15,3	31,9	55,3	74,1	88,8	92,4	72,1	43,2	17,4	0,0	492,1
Düzeltilmiş PE	0,0	1,3	15,7	35,2	67,9	91,6	111,3	108,4	74,7	41,7	14,7	0,0	562,7
Yağış	**49,44**	**27,00**	**41,50**	**24,90**	**60,42**	**86,82**	**17,92**	**37,10**	**18,68**	**32,90**	**21,46**	**45,26**	**463,40**
Depo Değişikliği	48,0	0,0	0,0	10,3	7,5	4,8	77,4	0,0	0,0	0,0	6,7	45,3	200,0
Depolama	100,0	100,0	100,0	89,7	82,2	77,4	0,0	0,0	0,0	0,0	6,7	52,0	608,1
Ger. evapotranspirasyon	0,0	1,3	15,7	35,2	67,9	91,6	95,3	37,1	18,7	32,9	14,7	0,0	410,5
Su noksanı	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,0	71,3	56,1	8,8	0,0	0,0	152,2
Su fazlası	1,4	25,7	25,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	52,9
Yüzeysel akış	0,7	13,6	25,7	12,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	52,9
Nemlilik oranı	0,0	19,3	1,6	-0,3	-0,1	-0,1	-0,8	-0,7	-0,8	-0,2	0,5	0,0	18,5

Bilanço Elemanları	BAYRAMÖREN (5 Nolu Populasyon/1785 m enterpole)												
	AYLAR												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOPLAM
Sıcaklık	**-6,1**	**-7,2**	**-0,9**	**4,7**	**9,7**	**11,7**	**15,7**	**16,2**	**10,9**	**4,6**	**-1,4**	**-4,4**	**4,9**
Sıcaklık İndisi	0,00	0,00	0,0	0,91	2,71	3,60	5,64	5,92	3,24	0,89	0,00	0,00	22,91
Düzeltilmemiş PE	0,0	0,0	0,0	27,7	51,9	61,1	79,1	81,4	57,5	27,3	0,0	0,0	386,0
Düzeltilmiş PE	0,0	0,0	0,0	30,6	63,7	75,5	99,2	95,5	59,6	26,3	0,0	0,0	450,5
Yağış	**52,92**	**50,37**	**66,03**	**48,80**	**115,60**	**119,77**	**43,02**	**55,03**	**30,39**	**46,31**	**42,38**	**46,09**	**716,70**
Depo Değişikliği	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	56,2	40,5	3,3	20,0	42,4	37,6	200,0
Depolama	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	43,8	3,3	0,0	20,0	62,4	100,0	829,5
Ger. evapotranspirasyon	0,0	0,0	0,0	30,6	63,7	75,5	99,2	95,5	33,7	26,3	0,0	0,0	424,6
Su noksanı	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,8	0,0	0,0	0,0	25,8
Su fazlası	52,9	50,4	66,0	18,2	51,9	44,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,4	292,1
Yüzeysel akış	30,7	51,6	58,2	42,1	35,0	48,0	22,1	0,0	0,0	0,0	0,0	4,2	292,1
Nemlilik oranı	0,0	0,0	0,0	0,6	0,8	0,6	-0,6	-0,4	-0,5	0,8	0,0	0,0	1,3

Bilanço Elemanları	YAPRAKLI (6 ve 7 Nolu Populasyonlar/ 1650 m enterpole)												
	AYLAR												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOPLAM
Sıcaklık	**-5,0**	**-5,8**	**0,1**	**5,7**	**10,6**	**12,7**	**16,8**	**17,2**	**11,9**	**5,9**	**0,1**	**-3,1**	**6,0**
Sıcaklık İndisi	0,00	0,00	0,0	1,21	3,10	4,09	6,27	6,51	3,73	1,29	0,00	0,00	26,20
Düzeltilmemiş PE	0,0	0,0	0,6	30,2	53,6	63,4	82,4	84,2	60,0	31,3	0,4	0,0	406,0
Düzeltilmiş PE	0,0	0,0	0,6	33,3	65,8	78,4	103,3	98,9	62,2	30,2	0,3	0,0	472,9
Yağış	**104,76**	**55,86**	**92,96**	**41,36**	**84,69**	**91,33**	**19,78**	**38,83**	**24,45**	**52,15**	**41,98**	**69,30**	**717,46**
Depo Değişikliği	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	83,5	16,5	0,0	22,0	41,6	36,4	200,0
Depolama	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	16,5	0,0	0,0	22,0	63,6	100,0	802,1
Ger. evapotranspirasyon	0,0	0,0	0,6	33,3	65,8	78,4	103,3	55,4	24,4	30,2	0,3	0,0	391,7
Su noksanı	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	43,5	37,7	0,0	0,0	0,0	81,2
Su fazlası	104,8	55,9	92,3	8,1	18,9	12,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	32,9	325,8
Yüzeysel akış	68,8	80,3	74,1	50,2	13,5	15,9	6,5	0,0	0,0	0,0	0,0	16,4	325,8
Nemlilik oranı	0,0	0,0	146,5	0,2	0,3	0,2	-0,8	-0,6	-0,6	0,7	120,7	0,0	266,7

Bilanço Elemanları	BAYRAMÖREN (8,13.14 ve 15 Nolu Populasyonlar)												
	AYLAR												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOPLAM
Sıcaklık	**-2,8**	**0,5**	**3,4**	**7,4**	**11,5**	**15,0**	**17,5**	**18,1**	**15,5**	**9,8**	**5,1**	**-0,6**	**8,4**
Sıcaklık İndisi	0,00	0,03	0,6	1,81	3,53	5,28	6,66	7,01	5,55	2,77	1,03	0,00	34,23
Düzeltilmemiş PE	0,0	2,0	14,6	33,1	52,6	69,5	81,8	84,7	72,0	44,5	22,4	0,0	477,3
Düzeltilmiş PE	0,0	1,6	15,1	36,6	64,6	86,0	102,5	99,4	74,6	42,9	18,9	0,0	542,3
Yağış	**39,56**	**37,66**	**49,36**	**36,48**	**86,42**	**89,54**	**32,16**	**41,14**	**22,72**	**34,62**	**31,68**	**34,46**	**535,80**
Depo Değişikliği	39,6	13,2	0,0	0,1	21,8	3,5	25,3	0,0	0,0	0,0	12,8	34,5	150,8
Depolama	86,8	100,0	100,0	99,9	21,8	25,3	0,0	0,0	0,0	0,0	12,8	47,2	493,8
Ger. evapotranspirasyon	0,0	1,6	15,1	36,6	64,6	86,0	57,5	41,1	22,7	34,6	18,9	0,0	378,8
Su noksanı	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	45,0	58,3	51,9	8,3	0,0	0,0	163,5
Su fazlası	0,0	22,8	34,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	57,1
Yüzeysel akış	0,0	11,4	28,5	17,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	57,1
Nemlilik oranı	0,0	21,9	2,3	0,0	0,3	0,0	-0,7	-0,6	-0,7	-0,2	0,7	0,0	23,0

Bilanço Elemanları	ILGAZ (9 Nolu Populasyon/146 m enterpole)												
	AYLAR												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOPLAM
Sıcaklık	**-3,5**	**-3,9**	**1,5**	**7,0**	**11,8**	**14,1**	**18,4**	**18,7**	**13,4**	**7,7**	**2,1**	**-1,2**	**7,5**
Sıcaklık İndisi	0,00	0,00	0,2	1,68	3,67	4,80	7,20	7,37	4,47	1,92	0,27	0,00	31,56
Düzeltilmemiş PE	0,0	0,0	7,1	33,1	55,8	66,7	87,4	88,7	63,6	36,2	9,9	0,0	448,6
Düzeltilmiş PE	0,0	0,0	7,3	36,5	68,5	82,5	109,5	104,1	65,9	35,0	8,3	0,0	517,8
Yağış	**107,38**	**57,31**	**97,78**	**56,89**	**136,96**	**142,10**	**29,95**	**38,53**	**30,22**	**54,68**	**50,07**	**78,88**	**880,76**
Depo Değişikliği	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	79,6	20,4	0,0	19,7	41,7	38,6	200,0
Depolama	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	20,4	0,0	0,0	19,7	61,4	100,0	801,5
Ger. evapotranspirasyon	0,0	0,0	7,3	36,5	68,5	82,5	109,5	58,9	30,2	35,0	8,3	0,0	436,9
Su noksanı	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	45,2	35,7	0,0	0,0	0,0	80,9
Su fazlası	107,4	57,3	90,4	20,4	68,4	59,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	40,3	443,8
Yüzeysel akış	73,9	82,3	73,9	55,4	44,4	64,0	29,8	0,0	0,0	0,0	0,0	20,2	443,8
Nemlilik oranı	0,0	0,0	12,3	0,6	1,0	0,7	-0,7	-0,6	-0,5	0,6	5,0	0,0	18,3

Bilanço Elemanları	ILGAZ (10, 11 ve 12 Nolu Populasyonlar/ 1700 m enterpole)												
	AYLAR												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOPLAM
Sıcaklık	**-5,4**	**-6,3**	**-0,3**	**5,3**	**10,2**	**12,3**	**16,4**	**16,8**	**11,5**	**5,4**	**-0,5**	**-3,6**	**5,6**
Sıcaklık İndisi	0,00	0,00	0,0	1,10	2,96	3,90	6,03	6,29	3,55	1,13	0,00	0,00	24,96
Düzeltilmemiş PE	0,0	0,0	0,0	29,3	52,9	62,5	81,1	83,1	59,0	29,8	0,0	0,0	397,9
Düzeltilmiş PE	0,0	0,0	0,0	32,3	65,0	77,3	101,7	97,6	61,2	28,8	0,0	0,0	463,9
Yağış	**110,02**	**58,72**	**100,18**	**58,29**	**140,31**	**145,58**	**30,69**	**39,47**	**30,96**	**56,02**	**51,30**	**80,82**	**902,36**
Depo Değişikliği	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	71,0	29,0	0,0	27,2	51,3	21,5	200,0
Depolama	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	29,0	0,0	0,0	27,2	78,5	100,0	834,7
Ger. evapotranspirasyon	0,0	0,0	0,0	32,3	65,0	77,3	101,7	68,4	31,0	28,8	0,0	0,0	404,5
Su noksanı	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	29,1	30,2	0,0	0,0	0,0	59,4
Su fazlası	110,0	58,7	100,2	26,0	75,3	68,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	59,3	497,8
Yüzeysel akış	84,7	84,4	79,4	63,1	50,6	71,8	34,1	0,0	0,0	0,0	0,0	29,7	497,8
Nemlilik oranı	0,0	0,0	0,0	0,8	1,2	0,9	-0,7	-0,6	-0,5	0,9	0,0	0,0	2,0

Bilanço Elemanları	ÇERKEŞ (16 Nolu Populasyon/1360 m enterpole)												
	AYLAR												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOPLAM
Sıcaklık	**-2,7**	**-2,9**	**2,3**	**7,8**	**12,5**	**14,8**	**19,3**	**19,5**	**14,2**	**8,6**	**3,2**	**-0,2**	**8,3**
Sıcaklık İndisi	0,00	0,00	0,3	1,94	3,99	5,20	7,71	7,83	4,88	2,29	0,51	0,00	34,66
Düzeltilmemiş PE	0,0	0,0	9,6	34,5	57,0	68,6	90,3	91,3	65,6	38,7	13,6	0,0	469,2
Düzeltilmiş PE	0,0	0,0	9,9	38,1	70,0	84,8	113,2	107,2	68,0	37,4	11,5	0,0	540,0
Yağış	**53,86**	**34,76**	**47,73**	**42,51**	**89,15**	**116,64**	**24,88**	**62,29**	**18,70**	**38,61**	**30,40**	**40,69**	**600,20**
Depo Değişikliği	39,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	88,3	11,7	0,0	1,2	18,9	40,7	200,0
Depolama	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	11,7	0,0	0,0	1,2	20,2	60,9	694,0
Ger. evapotranspirasyon	0,0	0,0	9,9	38,1	70,0	84,8	113,2	74,0	18,7	37,4	11,5	0,0	457,4
Su noksanı	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	33,2	49,3	0,0	0,0	0,0	82,5
Su fazlası	14,7	34,8	37,9	4,4	19,1	31,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	142,8
Yüzeysel akış	7,4	24,7	36,3	21,2	11,8	25,5	15,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	142,8
Nemlilik oranı	0,0	0,0	3,8	0,1	0,3	0,4	-0,8	-0,4	-0,7	0,0	1,7	0,0	4,4

Bilanço Elemanları	ÇERKEŞ (17 ve 19 Nolu Populasyonlar/ 1450 m enterpole)												
	AYLAR												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOPLAM
Sıcaklık	**-3,4**	**-3,8**	**1,6**	**7,1**	**11,9**	**14,2**	**18,5**	**18,8**	**13,5**	**7,8**	**2,2**	**-1,1**	**7,6**
Sıcaklık İndisi	0,00	0,00	0,2	1,70	3,70	4,84	7,25	7,41	4,51	1,96	0,29	0,00	31,86
Düzeltilmemiş PE	0,0	0,0	7,4	33,2	55,9	66,9	87,7	88,9	63,8	36,5	10,3	0,0	450,6
Düzeltilmiş PE	0,0	0,0	7,6	36,7	68,7	82,7	109,9	104,4	66,1	35,2	8,7	0,0	520,0
Yağış	**58,22**	**37,57**	**51,59**	**45,95**	**96,37**	**126,08**	**26,89**	**67,34**	**20,21**	**41,73**	**32,86**	**43,98**	**648,80**
Depo Değişikliği	25,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	83,0	17,0	0,0	6,5	24,2	44,0	200,0
Depolama	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	17,0	0,0	0,0	6,5	30,7	74,7	728,9
Ger. evapotranspirasyon	0,0	0,0	7,6	36,7	68,7	82,7	109,9	84,3	20,2	35,2	8,7	0,0	454,0
Su noksanı	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,1	45,9	0,0	0,0	0,0	66,0
Su fazlası	32,9	37,6	44,0	9,3	27,7	43,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	194,8
Yüzeysel akış	16,5	35,2	40,8	26,6	18,5	35,5	21,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	194,8
Nemlilik oranı	0,0	0,0	5,8	0,3	0,4	0,5	-0,8	-0,4	-0,7	0,2	2,8	0,0	8,1

Bilanço Elemanları	ÇERKEŞ (18 nolu Populasyon/ 1540 m enterpole)												
	AYLAR												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOPLAM
Sıcaklık	**-4,1**	**-4,7**	**0,9**	**6,5**	**11,3**	**13,5**	**17,7**	**18,1**	**12,8**	**6,9**	**1,3**	**-2,0**	**6,9**
Sıcaklık İndisi	0,00	0,00	0,1	1,48	3,43	4,50	6,81	7,00	4,15	1,64	0,12	0,00	29,21
Düzeltilmemiş PE	0,0	0,0	4,8	31,9	54,9	65,3	85,2	86,7	62,1	34,2	6,5	0,0	431,6
Düzeltilmiş PE	0,0	0,0	5,0	35,2	67,4	80,7	106,8	101,8	64,3	33,0	5,5	0,0	499,7
Yağış	**62,58**	**40,39**	**55,46**	**49,39**	**103,59**	**135,52**	**28,91**	**72,38**	**21,72**	**44,86**	**35,32**	**47,27**	**697,40**
Depo Değişikliği	11,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	77,9	22,1	0,0	11,8	29,9	47,3	200,0
Depolama	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	22,1	0,0	0,0	11,8	41,7	89,0	764,6
Ger. evapotranspirasyon	0,0	0,0	5,0	35,2	67,4	80,7	106,8	94,5	21,7	33,0	5,5	0,0	449,8
Su noksanı	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,3	42,6	0,0	0,0	0,0	49,9
Su fazlası	51,6	40,4	50,5	14,2	36,2	54,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	247,6
Yüzeysel akış	25,8	46,0	45,4	32,3	25,2	45,5	27,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	247,6
Nemlilik oranı	0,0	0,0	10,2	0,4	0,5	0,7	-0,7	-0,3	-0,7	0,4	5,5	0,0	15,9

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı ve Soyadı : Özlem MEŞE

Eğitim

Doktora	Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı	2015-Halen
Yüksek Lisans	Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı	2012-2015
Lisans	Çankırı Karatekin Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü	2008-2012

İş Deneyimi

Yıl	**Kurum**	**Görev**
2014-Halen	ÇAKÜ, Orman Fakültesi	Araştırma Görevlisi

Akademik Aktiviteler

<u>Yayınlar</u>

1. Eken, Ö. and Öner, N. 2017. An assessment of the important morphological properties of Anatolian black pine seedlings in semiarid forest nursery. Fresenius Environmental Bulletin, 26(6), 4158-4162
2. Eken, Ö. and Öner, N. 2017. Morphological characteristics of Taurus cedar seedlings in Çankırı forest nursery. Kastamonu University Journal of Forestry Faculty, 17(3), 419-426.
3. Turfan, N., & Meşe, Ö. 2019. Effects of air pollution on some chemical compounds of Cherry laurel (*Prunus laurocerasus* l.) in Kastamonu. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 21(2), 486-494.

Bildiriler

1. Öner, N., Eken, Ö., 2014. Yarıkurak bölgelerde erozyon kontrolü amaçlı yapılan ağaçlandırma çalışmaları: Çankırı- Alakır Ağaçlandırması Örneği. Havza Yönetimi Sempozyumu, Uygulamalar, Politikalar ve Yeni Yaklaşımlar, 10-12 Eylül 2014, Bildiriler Kitabı, 574-579, Çankırı.
2. Eken, Ö., Öner, M. N. 2014. Yerel halkın sosyoekonomik durumunun iyileştirilmesi kapsamında bal ormancılığı: Çankırı Ahlât köyü bal ormanı örneği.II. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu, 22–24 Ekim 2014, 9 sayfa, Isparta.
3. Meşe, Ö., Öner, M. N. 2016. Morphological characteristics of Taurus cedar seedlings in Çankırı Forest Nursery. International Forestry Symposium, 7-10 Ekim 2016, Kastamonu.
4. Turfan, N., Meşe, Ö., Tan, A., Çelikbaş, H. M. 2017. Comparison of respiration metabolism in some tree species at the different agegroups. International symposium on New Horizons in Forestry, 18-20 October 2017, Isparta.
5. Turfan, N., Meşe, Ö., Tan, A., Çelikbaş, H. M. 2017. Comparison of respiration metabolism in some monumental tree species. International symposium on New Horizons in Forestry, 18-20 October 2017, Isparta.
6. Turfan, N., Meşe, Ö., Meşe, İ. 2018. Comparison of Air Pollution effect on *Prunus laurocerasus* L. in Kastamonu. International Ecology 2018 Symposium, Kastamonu.
7. Oskay, F., Bora İmal, Meşe, Ö., Çoban, S., Çalışkan, A. 2018. Fungi associated with Pedunculate Oak (Quercus robur L.) acorns exposed to low temperatures. International Ecology 2018 Symposium, Kastamonu.
8. Oskay, F., Bora İmal, Orhan, F., Meşe, Ö. 2018. Preliminary results on the fungi damaging pedunculate oak (*Quercus robur* L.) acorns. Proceedings of the Diseases and Insects in Forest Nurseries, IUFRO Working Party, 7(04), 17-22.

Projeler

1. Yaylacık Araştırma Ormanı Odun Dışı Orman Ürünü Makrofunguslarının Belirlenmesi Fenolik Bileşikleri ve Antioksidan Aktivitelerinin Tespiti ile Yayılış Alanlarının Bazı Silvikültürel Özellikleri, Yürütücü: Hüseyin Türksoy, Araştırmacılar: Hasan Hüseyin DOĞAN, İlkay ERDOĞAN ORHAN, Uğur

TAMER, Öyküm ÖZTÜRK, Özlem EKEN, Saadettin PINARBAŞI, Danışman: M. Nuri ÖNER, 01/01/2015-01/11/2019 (Ulusal)

2. Çankırı Kent Merkezindeki Saplı Meşelerde (*Quercus robur* L.) Bazı Tohum Özellikleri ve Tohum Veriminin Belirlenmesi, Araştırma Projesi, Yürütücü: Bora İMAL, Araştırmacılar: Özlem MEŞE, Süleyman ÇOBAN, Adil ÇALIŞKAN, 10/03/201/-10/03/2020 (Ulusal)
3. Çankırı Koşullarında Sarıçamda (*Pinus sylvestris* L.) Bazı Tohum ve Fidan Karakteristikleri ile Bazı Ekolojik Faktörler Arasındaki İlişkilerin Belirlenmesi. Lisansüstü Tez Projesi, Destekleyen Kuruluş: Çankırı Karatekin Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri. Yürütücü: M. Nuri ÖNER, Araştırmacı: Özlem MEŞE, (Devam ediyor)