



**T. C.**

**ORDU ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**FINDIKTA DESTEK SULAMANIN BESİN ELEMENTİ  
KONSANTRASYONU ÜZERİNE ETKİSİ VE BESİN  
ELEMENTLERİNİN SEZONSAL DEĞİŞİMİ**

**MEHMET AKGÜN**

**DOKTORA TEZİ**

**TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI**

**ORDU 2022**

## TEZ BİLDİRİMİ

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan ve kullanılan intihal tespit programının sonuçlarına göre; bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

**MEHMET AKGÜN**

**Bu çalışma Ordu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğünün B-1904 numaralı projesi ile desteklenmiştir.**

**Bu tez, 114 0 553 numaralı TÜBİTAK projesi ile desteklenmiştir.**

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

## ÖZET

### FINDIKTA DESTEK SULAMANIN BESİN ELEMENTİ KONSANTRASYONU ÜZERİNE ETKİSİ VE BESİN ELEMENTLERİNİN SEZONSAL DEĞİŞİMİ

MEHMET AKGÜN

ORDU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ, 131 SAYFA

(TEZ DANIŞMANI: Prof. Dr. Kürşat KORKMAZ)

Bu çalışmada, fındıkta destek sulamanın yaprak ve meyvede besin elementi konsantrasyonu üzerine etkisi ve en uygun yaprak örnekleme zamanını belirlemek için besin elementlerinin sezonsal değişiminin ortaya konulması amaçlanmıştır. Bu amaçla, fındık gelişim periyodu olan nisan-eylül ayları arasında alınan yaprak örneklerinde besin elementlerinin (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn, B) sezonsal değişimi belirlenmiştir. Ayrıca fındıkta 3 farklı gelişim döneminde (döllenme sonu ve meyve tutumu (D1), tohum taslağı gelişimi (D2), hasat olumu önu (D3)), 5 farklı destek sulamanın (S<sub>K</sub>: Kontrol, S<sub>T</sub>: D3'de sulama, S<sub>M+H</sub>: D1 ve D2'de sulama, S<sub>M+H+T</sub>: D1, D2 ve D3'de sulama, S<sub>H+T</sub>: D2 ve D3'de sulama) yaprak ve meyvelerin besin elementi konsantrasyonları üzerine etkileri araştırılmıştır. Fındık yapraklarında yapılan besin elementi analiz sonuçlarına göre tüm makro ve mikro elementlerin sezonsal olarak değişkenlik gösterdiği ve yıl×ay interaksiyonunun istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre yaprakların besin elementi konsantrasyonları; N %1.946-2.717, P %0.182-0.318, K %0.532-1.211, Ca %1.513-2.413, Mg %0.301-0.545, Fe 101.1-352.4 mg kg<sup>-1</sup>, Cu 5.90-12.33 mg kg<sup>-1</sup>, Zn 19.70-37.20 mg kg<sup>-1</sup>, Mn 517.7-1193.5 mg kg<sup>-1</sup> ve B 41.54-93.79 mg kg<sup>-1</sup> arasında dağılım göstermiştir. Destek sulama ile yapraklarda besin elementi konsantrasyonları arasındaki ilişkiler incelendiğinde; yıllara göre değişiklik göstermesine rağmen sulama uygulamalarının yapraklarda N, K, Ca, Mg, Zn ve B konsantrasyonlarına istatistiksel olarak etkisi önemli olurken; P, Fe, Cu ve Mn konsantrasyonlarına etkisinin önemli olmadığı belirlenmiştir. Destek sulamanın fındık meyvesinin besin elementi konsantrasyonu üzerine etkileri incelendiğinde; N, K, Ca, Fe, Cu ve Zn

konsantrasyonlarının sulamadan önemli ölçüde etkilendiği, P, Mg, Mn ve B konsantrasyonları üzerine ise sulamanın etkisinin olmadığı saptanmıştır. Fındık meyvesinde besin elementi konsantrasyonlarının; N %3.012-3.276, P %0.406-0.507, K %0.714-0.990, Ca %0.053-0.090, Mg %0.163-0.201, Fe 32.43-51.38 mg kg<sup>-1</sup>, Cu 16.87-21.35 mg kg<sup>-1</sup>, Zn 14.93-19.80 mg kg<sup>-1</sup>, Mn 77.62-110.95 mg kg<sup>-1</sup> ve B 32.09-45.46 mg kg<sup>-1</sup> arasında dağılım gösterdiği tespit edilmiştir. Destek sulama konuları açısından S<sub>M+H</sub> ve S<sub>M+H+T</sub> sulama konularının fındıkta besin elementi konsantrasyonu üzerine olumlu etkileri olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak, fındık bitkisinde besin elementi noksanlıklarının belirlenmesi için en uygun dönemin hasat olumu öñü dönemi olan temmuz ayı olduğu ve mayıs, haziran ve temmuz (S<sub>M+H+T</sub>) aylarında yapılan destek sulamanın fındıkta mineral beslenme üzerine olumlu etkileri olduğu söylenebilir.

**Anahtar Kelimeler:** Destek Sulama, Fındıkta Besin Elementleri, Fındıkta Yaprak Örneklemesi, Yaprak Analizleri

## ABSTRACT

### THE EFFECT OF SUPPLEMENTAL IRRIGATION ON NUTRITIONAL ELEMENT CONCENTRATION AND SEASONAL DISTRIBUTION OF NUTRITIONAL ELEMENTS IN HAZELNUT

MEHMET AKGÜN

ORDU UNIVERSITY INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED  
SCIENCES

SOIL SCIENCE AND PLANT NUTRITION

PHD THESIS, 131 PAGES

(SUPERVISOR: Prof. Dr. Kürşat KORKMAZ)

In this study, it was aimed to reveal the effect of supplemental irrigation on nutrient concentration in leaves and fruits in hazelnut and present the seasonal variation of nutrients in order to determine the most appropriate leaf sampling time. For this purpose, seasonal changes of nutrients (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn, B) were determined in leaf samples taken between april and september, which is the hazelnut development period. In addition, effects of 5 different supplemental irrigation ( $S_K$ : Control,  $S_T$ : irrigation in D3,  $S_{M+H}$ : irrigation in D1 and D2,  $S_{M+H+T}$ : irrigation in D1, D2 and D3,  $S_{H+T}$ : irrigation in D2 and D3) on nutrient concentrations of leaves and fruits has been investigated in 3 different growth periods (end of fertilization and fruit set (D1), ovule development (D2), pre-harvest formation (D3)) in hazelnut. According to the nutrient analysis results of hazelnut leaves, it was determined that all macro and micro elements vary seasonally and the year  $\times$  month interaction was statistically significant. The results of the research revealed that the nutrient concentrations of the leaves varied between N 1.946-2.717%, P 0.182-0.318%, K 0.532-1.211%, Ca 1.513-2.413%, Mg 0.301-0.545%, Fe 101.1-352.4 mg kg<sup>-1</sup>, Cu 5.90-12.33 mg kg<sup>-1</sup>, Zn 19.70-37.20 mg kg<sup>-1</sup>, Mn 517.7-1193.5 mg kg<sup>-1</sup> and B 41.54-93.79 mg kg<sup>-1</sup>. When the relation between supplemental irrigation and nutrient concentrations in the leaves are examined; although it varies according to years, irrigation practices have a statistically significant effect on N, K, Ca, Mg, Zn and B concentrations in the leaves; while the effect on P, Fe, Cu and Mn concentrations was not significant. When the effects of supplemental irrigation on the nutrient concentration of hazelnut fruit were examined; It was determined that N, K, Ca, Fe, Cu and Zn concentrations were significantly affected by irrigation, while irrigation had no effect on P, Mg, Mn and B concentrations. It was determined that nutrient concentrations in hazelnut fruit ranged between N 3.012-3.276%, P 0.406-0.507%, K 0.714-0.990%, Ca 0.053-0.090%, Mg 0.163-0.201%, Fe 32.43-51.38 mg kg<sup>-1</sup>, Cu 16.87-21.35 mg kg<sup>-1</sup>, Zn 14.93-19.80 mg kg<sup>-1</sup>, Mn 77.62-110.95 mg kg<sup>-1</sup> and B 32.09-45.46 mg kg<sup>-1</sup>. In terms of supplemental irrigation issues, it was determined that  $S_{M+H}$  and  $S_{M+H+T}$  irrigation issues had positive effects on the nutrient concentration in hazelnut. As a result, it can be said that the

most suitable period for the determination of nutrient deficiencies in hazelnut plant is july, which is the pre-harvest period, and supplementary irrigation in may, june, and july ( $S_{M+H+T}$ ) has positive effects on mineral nutrition in hazelnut.

**Keywords:** Supplementary Irrigation, Nutrient Elements in Hazelnut, Leaf Sampling in Hazelnut, Leaf Analyzes

## TEŞEKKÜR

Tez çalışmam süresince ve tüm çalışmalarım da bana her türlü yardımı sağlayan, yol gösteren, desteğini ve ilgisini esirgemeyen danışman hocam Sayın Prof. Dr. Kürşat KORKMAZ'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez konumun kurulması ve yürütülmesi esnasında birçok aşamada desteklerini esirgemeyen Sayın Prof. Dr. Tahsin TONKAZ'a, tez yazım aşamasında yol gösteren ve manevi desteğini her zaman hissettiren Sayın Prof. Dr. Faruk ÖZKUTLU'ya, verilerimin istatistiki olarak değerlendirilmesi konusunda görüş ve desteğinden dolayı Sayın Dr. Öğr. Üyesi Yeliz KAŞKO ARICI'ya, bitki örneklerinin alınması ve analizlerinin yapılmasında hiçbir karşılık beklemeden yardımlarını esirgemeyen Sayın Arş. Gör. Özlem ETE AYDEMİR'e ve tez çalışmamın her aşamasında yardımcı olmak için ellerinden geleni yapan öğrenci arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Tüm hayatım boyunca beni destekleyen, çalışmalarım da maddi ve manevi desteklerini hiç eksik etmeyen babam Ali AKGÜN, annem Türkan AKGÜN ve kardeşim Mert AKGÜN'e teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam boyunca her konuda destek olmak için can atan ve arazi çalışmalarım da yardımcı olan sevgili eşim Tülay AKGÜN'e ve tezimin bitmesini sabırsızlıkla bekleyen oğlum Ali Çınar AKGÜN'e teşekkürü bir borç bilirim.

Tez çalışmam maddi açıdan Ordu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü (B-1904) ve Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (114O553) tarafından desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı Ordu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi ve Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumuna teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
<b>TEZ BİLDİRİMİ</b> .....	I
<b>ÖZET</b> .....	II
<b>ABSTRACT</b> .....	IV
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	VI
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	VII
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b> .....	IX
<b>ÇİZELGE LİSTESİ</b> .....	X
<b>SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ</b> .....	XII
<b>1. GİRİŞ</b> .....	1
<b>2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR</b> .....	5
2.1. Yaprak ve Meyvede Besin Elementlerinin Genel Durumu.....	5
2.1.1 Makro Elementler.....	5
2.1.2 Mikro Elementler.....	13
2.2. Sulamanın Bitki Besin Elementleri Üzerine Etkileri.....	23
2.2.1 Sulama Uygulamalarının Makro ve Mikro Elementler Üzerine Etkisi.....	27
<b>3. MATERYAL ve METOT</b> .....	36
3.1 Materyal.....	36
3.1.1 Deneme Materyali.....	36
3.1.2 Deneme Toprağının Özellikleri.....	36
3.1.3 Deneme Alanının İklim Verileri.....	37
3.2 Metot.....	39
3.2.1 Sulama Dönemleri.....	39
3.2.2 Gübreleme.....	41
3.2.3 Toprak Örneklerinde Yapılan Rutin Analizler ve Uygulama Metotları.....	42
3.2.4 Bitki Örneklerinin Analize Hazırlanması ve Kullanılan Yöntemler.....	43
3.2.5 İstatistik Analizler.....	44
<b>4. BULGULAR ve TARTIŞMA</b> .....	45
4.1 Fındık Yapraklarının Besin Elementi Konsantrasyonu ve Sezonl Değişimi....	45
4.1.1 Fındık Yapraklarının Azot Konsantrasyonu ve Sezonl Değişimi.....	45
4.1.2 Fındık Yapraklarının Fosfor Konsantrasyonu ve Sezonl Değişimi.....	47
4.1.3 Fındık Yapraklarının Potasyum Konsantrasyonu ve Sezonl Değişimi.....	50
4.1.4 Fındık Yapraklarının Kalsiyum Konsantrasyonu ve Sezonl Değişimi.....	52
4.1.5 Fındık Yapraklarının Magnezyum Konsantrasyonu ve Sezonl Değişimi.....	54
4.1.6 Fındık Yapraklarının Demir Konsantrasyonu ve Sezonl Değişimi.....	56
4.1.7 Fındık Yapraklarının Bakır Konsantrasyonu ve Sezonl Değişimi.....	58
4.1.8 Fındık Yapraklarının Çinko Konsantrasyonu ve Sezonl Değişimi.....	60
4.1.9 Fındık Yapraklarının Mangan Konsantrasyonu ve Sezonl Değişimi.....	62
4.1.10 Fındık Yapraklarının Bor Konsantrasyonu ve Sezonl Değişimi.....	64
4.2 Destek Sulamanın Yapraklarda Besin Elementlerinin Dönemsel Değişimine Etkisi.....	67
4.2.1 Destek Sulamanın Yaprakların Azot Konsantrasyonunun Dönemsel Değişimi Üzerine Etkisi.....	67
4.2.2 Destek Sulamanın Yaprakların Fosfor Konsantrasyonunun Dönemsel Değişimi Üzerine Etkisi.....	70



4.2.3 Destek Sulamanın Yapraklarda Potasyum Konsantrasyonunun Dönemsel Değişimi Üzerine Etkisi .....	73
4.2.4 Destek Sulamanın Yapraklarda Kalsiyum Konsantrasyonunun Dönemsel Değişimi Üzerine Etkisi .....	76
4.2.5 Destek Sulamanın Yapraklarda Magnezyum Konsantrasyonunun Dönemsel Değişimi Üzerine Etkisi .....	79
4.2.6 Destek Sulamanın Yaprakların Demir Konsantrasyonunun Dönemsel Değişimi Üzerine Etkisi.....	82
4.2.7 Destek Sulamanın Yaprakların Bakır Konsantrasyonunun Dönemsel Değişimi Üzerine Etkisi.....	85
4.2.8 Destek Sulamanın Yaprakların Çinko Konsantrasyonunun Dönemsel Değişimi Üzerine Etkisi.....	87
4.2.9 Destek Sulamanın Yaprakların Mangan Konsantrasyonunun Dönemsel Değişimi Üzerine Etkisi .....	90
4.2.10 Destek Sulamanın Yaprakların Bor Konsantrasyonunun Dönemsel Değişimi Üzerine Etkisi.....	93
4.3 Destek Sulamanın Fındık Meyvelerinin Besin Elementi Konsantrasyonlarına Etkisi .....	95
4.3.1 Destek Sulamanın Fındık Meyvesinin Azot Konsantrasyonuna Etkisi .....	95
4.3.2 Destek Sulamanın Fındık Meyvesinin Fosfor Konsantrasyonuna Etkisi.....	97
4.3.3 Destek Sulamanın Fındık Meyvesinin Potasyum Konsantrasyonuna Etkisi ....	99
4.3.4 Destek Sulamanın Fındık Meyvesinin Kalsiyum Konsantrasyonuna Etkisi...	101
4.3.5 Destek Sulamanın Fındık Meyvesinin Magnezyum Konsantrasyonuna Etkisi .....	102
4.3.6 Destek Sulamanın Fındık Meyvesinin Demir Konsantrasyonuna Etkisi.....	104
4.3.7 Destek Sulamanın Fındık Meyvesinin Bakır Konsantrasyonuna Etkisi .....	106
4.3.8 Destek Sulamanın Fındık Meyvesinin Çinko Konsantrasyonuna Etkisi .....	108
4.3.9 Destek Sulamanın Fındık Meyvesinin Mangan Konsantrasyonuna Etkisi .....	110
4.3.10 Destek Sulamanın Fındık Meyvesinin Bor Konsantrasyonuna Etkisi .....	112
<b>5. SONUÇ ve ÖNERİLER</b> .....	114
<b>6. KAYNAKLAR</b> .....	118
<b>ÖZGEÇMİŞ</b> .....	131

## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 3.1 Deneme Alanı ve Konumu.....	36
Şekil 3.2 Giresun İli Yıllık Yağış Verileri.....	38
Şekil 3.3 Damla Sulama Sisteminin Uygulanması .....	41
Şekil 4.1 Yıllara Bağlı Olarak Yapraklarda N'nin Sezonl Değişimi.....	46
Şekil 4.2 Yıllara Bağlı Olarak Yapraklarda P'nin Sezonl Değişimi .....	49
Şekil 4.3 Yıllara Bağlı Olarak Yapraklarda K'nin Sezonl Değişimi.....	51
Şekil 4.4 Yıllara Bağlı Olarak Yapraklarda Ca'nın Sezonl Değişimi .....	53
Şekil 4.5 Yıllara Bağlı Olarak Yapraklarda Mg'nin Sezonl Değişimi .....	55
Şekil 4.6 Yıllara Bağlı Olarak Yapraklarda Fe'nin Sezonl Değişimi.....	57
Şekil 4.7 Yıllara Bağlı Olarak Yapraklarda Cu'nun Sezonl Değişimi .....	59
Şekil 4.8 Yıllara Bağlı Olarak Yapraklarda Zn'nin Sezonl Değişimi .....	61
Şekil 4.9 Yıllara Bağlı Olarak Yapraklarda Mn'nin Sezonl Değişimi.....	63
Şekil 4.10 Yıllara Bağlı Olarak Yapraklarda B'nin Sezonl Değişimi.....	66

## ÇİZELGE LİSTESİ

### Sayfa

Çizelge 1.1 Türkiye’de Fındık Üretim Miktarı, Üretim Alanı ve Verim.....	2
Çizelge 3.1 Deneme Arazisi Toprağının Özellikleri.....	37
Çizelge 3.2 Giresun İli Sıcaklık ve Nispi Nem Verileri .....	38
Çizelge 4.1 Yaprakların Azot Konsantrasyonlarının (%) Sezonsal Değişimi .....	45
Çizelge 4.2 Yaprakların Fosfor Konsantrasyonlarının (%) Sezonsal Değişimi .....	48
Çizelge 4.3 Yaprakların Potasyum Konsantrasyonlarının (%) Sezonsal Değişimi ...	50
Çizelge 4.4 Yaprakların Kalsiyum Konsantrasyonlarının (%) Sezonsal Değişimi ...	52
Çizelge 4.5 Yaprakların Maznezyum Konsantrasyonlarının (%) Sezonsal Değişimi	55
Çizelge 4.6 Yaprakların Demir Konsantrasyonlarının (mg kg <sup>-1</sup> ) Sezonsal Değişimi	57
Çizelge 4.7 Yaprakların Bakır Konsantrasyonlarının (mg kg <sup>-1</sup> ) Sezonsal Değişimi .	59
Çizelge 4.8 Yaprakların Çinko Konsantrasyonlarının (mg kg <sup>-1</sup> ) Sezonsal Değişimi	61
Çizelge 4.9 Yaprakların Manganez Konsantrasyonlarının (mg kg <sup>-1</sup> ) Sezonsal Değişimi .....	62
Çizelge 4.10 Yaprakların Bor Konsantrasyonlarının (mg kg <sup>-1</sup> ) Sezonsal Değişimi..	64
Çizelge 4.11 Destek Sulamanın Yaprakta N Konsantrasyonu (%) Üzerine Etkisi....	67
Çizelge 4.12 Destek Sulamanın Yaprakta P Konsantrasyonu (%) Üzerine Etkisi ....	72
Çizelge 4.13 Destek Sulamanın Yaprakta K Konsantrasyonu (%) Üzerine Etkisi....	74
Çizelge 4.14 Destek Sulamanın Yaprakta Ca Konsantrasyonu (%) Üzerine Etkisi..	77
Çizelge 4.15 Destek Sulamanın Yaprakta Mg Konsantrasyonu (%) Üzerine Etkisi .	80
Çizelge 4.16 Destek Sulamanın Yaprakta Fe Konsantrasyonu (mg kg <sup>-1</sup> ) Üzerine Etkisi .....	83
Çizelge 4.17 Destek Sulamanın Yaprakta Cu Konsantrasyonu (mg kg <sup>-1</sup> ) Üzerine Etkisi .....	86
Çizelge 4.18 Destek Sulamanın Yaprakta Zn Konsantrasyonu (mg kg <sup>-1</sup> ) Üzerine Etkisi .....	88
Çizelge 4.19 Destek Sulamanın Yaprakta Mn Konsantrasyonu (mg kg <sup>-1</sup> ) Üzerine Etkisi .....	91
Çizelge 4.20 Destek Sulamanın Yaprakta B Konsantrasyonu (mg kg <sup>-1</sup> ) Üzerine Etkisi .....	94
Çizelge 4.21 Destek Sulamanın Meyvede Azot Konsantrasyonu (%) Üzerine Etkisi .....	96
Çizelge 4.22 Destek Sulamanın Meyvede Fosfor Konsantrasyonu (%) Üzerine Etkisi .....	98
Çizelge 4.23 Destek Sulamanın Meyvede Potasyum Konsantrasyonu (%) Üzerine Etkisi .....	100
Çizelge 4.24 Destek Sulamanın Meyvede Kalsiyum Konsantrasyonu (%) Üzerine Etkisi .....	101
Çizelge 4.25 Destek Sulamanın Meyvede Magnezyum Konsantrasyonu (%) Üzerine Etkisi .....	103
Çizelge 4.26 Destek Sulamanın Meyvede Demir Konsantrasyonu (mg kg <sup>-1</sup> ) Üzerine Etkisi .....	105
Çizelge 4.27 Destek Sulamanın Meyvede Bakır Konsantrasyonu (mg kg <sup>-1</sup> ) Üzerine Etkisi .....	107

<b>Çizelge 4.28</b> Destek Sulamanın Meyvede Çinko Konsantrasyonu ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) Üzerine Etkisi .....	109
<b>Çizelge 4.29</b> Destek Sulamanın Meyvede Mangan Konsantrasyonu ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) Üzerine Etkisi .....	111
<b>Çizelge 4.30</b> Destek Sulamanın Meyvede Bor Konsantrasyonu ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) Üzerine Etkisi .....	112

## SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ

---

<b>B</b>	:	Bor
<b>Ca</b>	:	Kalsiyum
<b>cm</b>	:	Santimetre
<b>Cu</b>	:	Bakır
<b>°C</b>	:	Santigrat Derece
<b>da</b>	:	Dekar
<b>Fe</b>	:	Demir
<b>ha</b>	:	Hektar
<b>g</b>	:	Gram
<b>K</b>	:	Potasyum
<b>Kg</b>	:	Kilogram
<b>m</b>	:	Metre
<b>mg</b>	:	Miligram
<b>Mg</b>	:	Magnezyum
<b>Mn</b>	:	Mangan
<b>N</b>	:	Azot
<b>%</b>	:	Yüzde
<b>ppm</b>	:	Parts Per Million (Milyonda bir birime verilen isim)
<b>P</b>	:	Fosfor
<b>Zn</b>	:	Çinko

---

## 1. GİRİŞ

Fındık (*Corylus avellana* L.), dünyada üretimi en çok yapılan çok yıllık sert kabuklu meyvelerden biridir. Benzer iklim koşullarına sahip birçok ülkede yetiştiriciliği yapılmaktadır. Türkiye'nin önemli ihracat ürünlerinden birisi olan fındık, ülke tarımında çok önemli bir yere sahiptir. Ülkemiz fındığın anavatanı konumundadır ve tarımsal ürünlerimiz içerisinde çok eski bir kültür tarihine sahiptir. Türkiye dünya fındık ihtiyacının yaklaşık %70'ini karşılamaktadır. Fındık toplam ihracat gelirimizin yaklaşık %1.3'ünü ve tarımsal ürünlerimiz içerisinde ihracat gelirimizin yaklaşık %16'sını oluşturmaktadır. Türkiye 2020-2021 fındık ihracat sezonunda 2 milyar 10 milyon 787 bin dolar gelir elde etmiştir. Türkiye 665 bin tonluk fındık üretimi ile dünyada ilk sırada yer almakta, bunu yaklaşık 100 bin tonluk üretimle İtalya, 54 bin ton ile Azerbaycan, 40 bin tonluk üretimle ABD ve 35 bin ton ile Çin takip etmekte ve ülkemiz toplam üretimin yaklaşık %70'ini karşılarken tüm bu ülkeler fındık üretiminde %89'luk payı oluşturmaktadır (Anonim, 2021). Fındığın bitkisel ve ekolojik isteklerine bağlı olarak ekonomik anlamda üretimi Karadeniz Bölgesinde yapılmaktadır. Bitkisel üretim içerisinde fındık, bu bölge insanının temel geçim kaynağıdır. Bölgenin coğrafi yapısı ve iklimi nedeniyle, bölgenin en önemli tarım ürünlerinin başında gelmektedir. Ülkemizde fındık tarımı, yaklaşık 734.400 ha alanda yapılırken, fındık tarımıyla bugün ortalama 400.000 aile ve yaklaşık 2 milyon kişi doğrudan fındık sektörünün içerisinde yer almaktadır (Aydın, 2020). Bu durum, bölge ve ülkemiz için fındığın ne kadar önemli olduğunu göstermektedir. Ülkemizin bitkisel ürünleri içerisinde ve özellikle ihracatta ülkemize sağladığı katma değerle fındığın çok önemli bir yere sahip olduğu görülmektedir.

Bu denli önemli bir ürün olan fındık tarımında son yıllarda meydana gelen iklimsel değişiklikler ve bunun yanı sıra yanlış kültürel uygulamalar nedeniyle ciddi verim azalmaları meydana gelmiştir. Türkiye'nin fındık verim düzeyi incelendiğinde Fransa, Yunanistan, İtalya ve ABD gibi diğer önemli üretici ülkelere düşüktür. 2019 yılında fındık verimi Türkiye'de 106 kg/da iken Fransa'da 225 kg/da, Çin'de 212 kg/da Yunanistan'da 211 kg/da, ABD'de 197 kg/da ve Azerbaycan'da 124 kg/da dır (Anonim, 2021). Ülkemizden ekonomik ve tarımsal anlamda geride olan Gürcistan'da 179 kg/da ve Ermenistan'da 188 kg/da fındık üretimi yapılmaktadır (Anonim, 2021). Türkiye'nin birim alandan diğer ülkelere göre daha düşük verim elde etmesi, birim

alan maliyetinin yükselmesiyle uluslararası piyasalardaki rekabet gücünü düşürmektedir. Bu nedenlerle, fındık tarımında kalite ve verimin artırılması, fındıkta maliyetin düşürülmesi çiftçi gelirleri ve ülke ekonomisi açısından büyük önem taşımaktadır. İller bazında durum çok daha çarpıcıdır. TÜİK verilerine göre, 2020 yılında ortalama fındık verimi Samsun’da 124 kg/da, Ordu ilinde ise 79 kg/da iken Giresun ilinde 39 kg/da olarak elde edilmiştir. Bu rakam Türkiye ortalaması ve yakın komşu iller ile kıyaslandığında oldukça düşüktür (Çizelge 1.1).

**Çizelge 1.1** Türkiye’de Fındık Üretim Miktarı, Üretim Alanı ve Verim (Anonim, 2021)

İller	Üretim Miktarı (bin ton)	Üretim Alanı (bin da)	Verim (kg/da)
Ordu	197	2.272	79
Sakarya	91	751	106
Samsun	124	1.166	124
Düzce	57	632	82
Giresun	84	1.178	39
Trabzon	40	656	51

Ülkemizde bu verim düşüklüğünün birçok nedeni vardır. Fındık yetiştiriciliğinde; geleneksel yöntemlerle yetiştiricilik yapılması, yaprak ve toprak analizlerinin yapılmaması, gübreleme hataları, modern yetiştiricilik sistemlerinin bilinmemesi, ocaklar arasında mesafelerin az, dal sayısının fazla olması (Bostan, 2006; Bak, 2010; Çalışkan, 2018; Özkutlu ve ark., 2018), sulama başta olmak üzere teknik ve kültürel uygulamada eksiklikler (Külahçılar ve ark., 2017; Akçin, 2018; Yılmaz, 2019) verim düşüklüğünün başlıca sebepleri arasındadır. Fındık bahçelerinin yaşlı olması, gençleştirilmesinde yapılan ihmaller ve bazı yıllar meydana gelen olumsuz iklim şartları da yıllar arasında verim farklılıklarına neden olmaktadır (Beyhan ve ark., 2007; Kırca, 2010; Ustaoglu, 2012; Özbucak ve ark., 2019). Fındık yetiştiriciliğinde yüksek verim ve kalitede ürün alınabilmesi için kültürel ve teknik uygulamaların bilinçli yapılması gerekmektedir. Bunun yanı sıra fındık yetiştiriciliğinde kültürel uygulamaların verim ve kalite özellikleri üzerine önemli bir etkisinin olduğu birçok araştırmacı tarafından bildirilmiştir. (Bostan, 2006; Özkutlu ve ark., 2018). Bitkilerin verim ve kalite bileşenlerinin iyileştirilmesi için sulama ve gübreleme kaçınılmaz bir etken olarak karşımıza çıkmaktadır. Fındık tarımında verimliliğin artırılabilmesi için

bitki besin elementi noksanlıklarının doğru teşhis edilmesi gereklidir. Bunun için de toprak ve yaprak analizleri yapılması zorunludur. Fındıkta besin elementlerinin durumunu tespit etmekte en önemli araç yaprak analizleridir ve bu örneklemenin ne zaman ve nasıl yapılacağı ise son derece kritik bir noktadır. Fındık tarımında Karadeniz için net bir yaprak örnekleme zamanının belirlenmemiş olması da bu konuda yanlış gübre uygulamalarına yol açarak ciddi ekonomik kayıplara ve çevresel sorunlara yol açmaktadır. Bu nedenle doğru ve dengeli bir gübreleme programını oluşturmak için fındıkta yapraklarda besin elementi değişimlerinin belirlenmesi ve doğru örnekleme zamanının saptanması son derece önemlidir. Bunun yanı sıra özellikle son yıllarda meydana gelen iklim değişikliklerinin etkisiyle Karadeniz bölgesinde ciddi anlamda yağış ve sıcaklık rejimlerinde değişiklikler de dikkate alındığında, bölgede su kullanımının da irdelenmesini gerekli kılmaktadır. Bitkinin doğal yağışlarla karşılanamayan su gereksiniminin yapay olarak karşılanması olarak tarif edilebilen sulama, kurak ya da yarı-kurak bölgelerde tarımsal üretimin olmazsa olmaz koşulu olarak karşımıza çıkmaktadır. Orta ve Doğu Karadeniz bölgesinde dominant bitki örtüsü olan fındık yaygın olarak yağışa dayalı olarak üretilmektedir. İklim parametrelerindeki, küresel iklim değişikliğine ya da tabiatın doğasında var olan yıllar arası dalgalanmalara bağlı ekstrem değişiklikler Karadeniz bölgesinde fındık üretimini olumsuz yönde etkilemektedir. Kimi yıllarda görülen yağış eksikliğine bağlı kuraklıklar ve sulama olanaklarının yetersizliği, fındık üretimi üzerine olumsuz etki yapmaktadır. Ancak yağışa dayalı tarımın yapıldığı özellikle Karadeniz bölgesinde, sulamaya yaygın bir ihtiyacın olmaması nedeniyle sulama kültürü ve sulama alt yapısı bulunmadığından tarımsal üretimde yıllar arası önemli dalgalanmalar görülmektedir.

Burada karşımıza çıkan soru fındığın sulama suyuna ihtiyaç duyup duymadığıdır. Fındık bitkisi yıllık yağışın 700 mm ve üzerinde olan alanlarda ekonomik olarak yetiştirilmektedir. Orta ve Doğu Karadeniz bölgesinde hemen hemen bütün illerde bu toplam yağış değeri fazlasıyla karşılanmaktadır. Fakat burada gözden kaçırılmaması gereken nokta, bu toplam yağışın mevsimsel dağılışının değişkenliğidir (Tonkaz ve Bostan, 2016). Karadeniz bölgesinde fındık üretimi geleneksel olarak yağışa dayalı olarak yapılmasına rağmen son yıllarda yapılan bazı iklim-fındık verimi analizleri, özellikle kimi aylarda yağış eksikliğinin fındık verimini önemli oranda düşürdüğünü ortaya koymuştur (Tonkaz ve Bostan, 2010). Burada yağış eksikliği ile



ifade edilen konu uzun yıllar içinde bir yağış azalması olmayıp yıl içerisinde fındık için kritik olan mayıs, haziran ve temmuz aylarında düzensiz ve yetersiz yağış gözlemleridir. Ülkemizde, fındık veriminin dünya fındık veriminden düşük olmasının bir nedeni de yağışa dayalı üretimin yapılması olarak gösterilebilir. Karadeniz bölgesinin yüksek eğime sahip olması ve mekanik aletlerle toprak işlemenin de mümkün olmaması nedeniyle toprakta yeterli miktarda su depolanması imkansızdır. Bununla birlikte, yüzlek bir kök sistemine sahip fındığın günümüzde sıkça yaşanan kuraklık olaylarından oldukça zarar gördüğü de bir gerçektir. Benzer bulgular daha önce de Bostan tarafından 2005, 2006, 2007 ve 2009 yıllarında yapılan çalışmalarda da vurgulanmıştır. Özellikle, fındığın iç doldurma mevsimi olan mayıs-temmuz dönemi yağış ve nem düzeylerinin verim üzerinde olumlu katkılar yaptığı belirlenmiştir.

Konuyla ilgili olarak yürütülen çalışmalarda, farklı araştırmacılar tarafından da fındıkta yapılan destek sulama uygulamalarının verimi önemli ölçüde etkilediğini ortaya koymaktadır (Külahçılar, 2017; Akçin, 2018). Ancak yapılan literatür taramalarında fındıkta besin elementlerinin sezonsal dağılımı üzerine çok az literatüre rastlanmıştır (Beyhan ve ark., 1998; Canali ve ark., 2005; Miloseviç ve ark., 2009; Öztürk, 2014) sulamanın fındık bitkisinde besin elementlerinin dağılımına etkisi üzerine herhangi bir literatüre rastlanmamıştır. Karadeniz bölgesindeki hava sıcaklığının yaz aylarında yükselmesi ve yağış rejiminde meydana gelen değişiklik ya da dalgalanma ile bir aya varan kurak devrelerin yaşanıyor olması fındık tarımında da yeni uygulamalara gereksinim olduğunu ortaya koymaktadır. Bu nedenlerle, bu çalışmada fındıkta destek sulamanın yapraklarda ve meyvede besin elementi konsantrasyonu üzerine etkisiyle, doğru ve dengeli bir gübreleme programı oluşturabilmek için besin elementlerinin sezonsal değişiminin ortaya konulması amaçlanmıştır.

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Fındık yetiştiriciliği geniş bir coğrafyada yapılmaktadır ancak Karadeniz kıyı bölgesi iklim şartları bakımından en uygun koşullara sahiptir. Üretim bölgeleri deniz seviyeleri ve sahilden uzaklığa bağlı olarak sahil kol (250 m rakım ve 10 km içerisi), orta kol (250-500 m rakım ve 10-20 km içerisi) ve yüksek kol (500-750 m rakım ve 20 km sonrası) olmak üzere üç farklı kesime ayrılmıştır. Fındığın yıllık ortalama sıcaklık isteği 13-16°C, en düşük -10°C ve en yüksek sıcaklık 37°C olması gerektiğinden sahil kol en uygun üretim kesimidir. Orta kol üretim için iyi iken yüksek kol 2. derece üretim bölgesi olarak sınıflandırılmaktadır (Balık ve ark., 2016).

Türkiye farklı iklimsel özelliklere sahip olduğu için küresel ısınmaya bağlı olarak iklim değişikliğinden fazla etkilenebileceği görülmektedir (Kaplunan, 2013). Küresel ısınmanın etkisiyle yaz ve kış sıcaklıklarının artması, yağışların azalması ve düzensiz olması nedeniyle kurak geçen dönemlerin tarımsal üretim üzerine olumsuz etkileri olabildiği belirlenmiştir (Şahin ve ark., 2015; Tonkaz ve ark., 2017).

### 2.1. Yaprak ve Meyvede Besin Elementlerinin Genel Durumu

Ülkemiz fındık üretim miktarı bakımından diğer ülkelerle kıyaslandığında çok yüksek değerlere sahip olmasına karşın, verim değerleri bakımından kıyaslandığında ise birim alandan elde edilen ürün miktarı önemli derecede düşüktür. Fındık tarımında yüksek kalite ve verim elde edebilmek için bahçelerin beslenme durumunun belirlenerek doğru zamanda doğru miktarlarda gübreleme yapılmasının büyük önemi vardır (Özkutlu ve ark., 2016). Fındık bahçelerinin beslenme durumunun belirlenmesinde birçok meyve çeşidinde olduğu gibi en iyi metot yaprak analizlerinin yapılmasıdır. Yaprak örneklerinin besin elementi konsantrasyonları bitkilerin besin elementi alımını en doğru şekilde göstermektedir (Uçgun ve ark., 2019).

#### 2.1.1 Makro Elementler

Azot bitkilerin en çok ihtiyaç duyduğu besin elementlerinin başında gelmektedir. Bitkilerin N konsantrasyonları çeşit, bitki aksamaları, lokasyon, gelişim evresi, toprak tekstürü, çevre ve iklim koşulları gibi faktörlere göre değişiklik göstermektedir. Fındık tarımında sağlıklı bitki gelişimi, iyi verim ve kaliteli ürün için yaprağın N konsantrasyonunun %2.2 ve %2.5 değerleri arasında yer alması yeterli olmaktadır (Snare, 2008). Bitkiler azotun büyük bir kısmını su ile kolayca bitki

köklerine geçebilmesi ve hareketli olması nedeniyle nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) formunda alırken bir kısmını da amonyum ( $\text{NH}_4^+$ ) ve amonyak ( $\text{NH}_3$ ) formunda alırlar. Kökler tarafından alınan azotun önemli bir miktarı nitrat azotu formunda, bir kısmı ise amino bileşikleri oluşturarak organik azot bileşikleri şeklinde ksilem taşıma sistemi ile genç organlara taşınmaktadır (Williams ve Miller, 2001). Bu nedenle fındığın vejetatif gelişimi bakımından çok önemli bir besin elementi olan azotun noksanlığında ocağın gelişimi zayıflamakta, sürgünler kısa ve ince kalarak gelişimi gecikmektedir. Yapraklar normalden küçük olmakta ve yaşlı yapraklardan başlamak üzere sararma ve sonrasında erken dökülme görülmektedir. Meyve tutumu azalmakta, meyve boyutu olumsuz etkilenmekte ve meyvelerin bir kısmı da dökülmektedir. Fazlalığında ise ocakların gelişimi kuvvetli olsa da bitki dokuları yumuşak kalarak kış soğukları ile hastalık ve zararlılara karşı dayanımı azalmaktadır. Meyve sayısı fazla olmasına rağmen boyutları küçülme, geç olgunlaşmakta ve kalitesi düşmektedir (Fageria ve ark., 2016). Fındık tarımında söz konusu olumsuzlukların önüne geçebilmek ve yüksek verim alabilmek için bitkilerin beslenme durumu belirlenerek uygulama yapılmaktadır. Bitkilerin beslenme durumunun belirlenmesinde en iyi yöntem yaprak analizidir. Yaprak analizleri ile fındık bitkisinin beslenme durumunun incelendiği çalışmalarda hasat dönemine yakın zamanda alınan yaprakların N konsantrasyonu %0.86 ile %2.50 arasında değişmektedir (Cristofori ve ark., 2018; Özkutlu ve ark., 2018; Ergin, 2019; Silvestri ve ark., 2021). Fındık meyvesinde ise N konsantrasyonu çeşit, uygulama, lokasyon ve yıl faktörlerine göre değişkenlik göstermekte olup, yapılan birçok araştırmada %0.91 ile %3.54 arasında değere sahip olduğu belirtilmektedir (Alasalvar ve ark., 2003; Özenç ve Özenç, 2014; Özenç ve Bender Özenç, 2015; Dobhal ve ark., 2018; Ergin, 2019; Krol ve ark., 2019; Kebapçı, 2020; Müller ve ark., 2020; Özkutlu ve ark., 2020).

Fındık bitkisinin beslenme durumu ve yaprak besin elementi değişimlerinin incelendiği çalışmalarda, N konsantrasyonu sezonsal olarak değişkenlik göstermekte ve ilerleyen vejetasyon dönemiyle N konsantrasyonu azalmaktadır (Beyhan ve ark., 1998; Canali ve ark., 2005; Milosevic ve ark., 2009; Öztürk, 2014). Konuyla ilgili olarak yürütülen benzer bir çalışmada, Tombul çeşit fındık yapraklarının N içeriğinin en yüksek %3.48 ile nisan ayında, en düşük %1.19 ile aralık ayında bulunduğunu ve N konsantrasyonunun yaprak dökümüne kadar azaldığı bildirilmiştir. Yaprak N

konsantrasyonlarının haziran-eylül arasında değişimi diğer aylara göre daha az olup bu ayları yaprak örnek alımı için uygun zaman olan stabil dönem olarak tespit etmiştir (Öztürk ve Tarakçıoğlu, 2016). Azotun sezonsal değişimini ortaya koyan ve farklı bitkilerde yürütölen benzer çalışmalarda da; kiraz (elik, 2014), badem (Padder, 2015), zeytin (Aydoğdu ve ark., 2016), şeftali, elma (Uçgun ve ark., 2014; Cruz ve ark., 2019; Uçgun ve ark., 2019) ve incir (Benou ve ark., 2020; Bougiouklis ve ark., 2020) ağaç yapraklarının N konsantrasyonlarının mevsimsel olarak önemli farklılıklar gösterdiği ve ilerleyen vejetasyon süresince azot konsantrasyonunda azalan bir eğilim olduğu belirtilmiştir. Bu durum meyve ağaçlarında N absorpsiyonunun en fazla vejetatif gelişme ve meyve olgunlaşma döneminde olması, sonrasında ise yapraklardan odunsu dokulara geçip uyku döneminden önce N kaynağı olarak depolanmasıyla açıklanmıştır. Bitkinin odunsu dokularında depolanan N, yeni sezonda vejetasyonun başlamasıyla genç sürgünler ve iek gelişiminde kullanılmaktadır (Munoz ve ark., 1993).

Fosfor mutlak gerekli besin elementidir ve bitkide meydana gelen tüm metabolik olaylarda fosfat bileşiği şeklinde yer alır. Bitkilerde enerji depolama ve transferini sağlayan ADP (Adenosin-difosfat) ve ATP (Adenosin-trifosfat) bileşiklerinin temelini oluşturmakla birlikte nükleik asit, fosfolipid, fosfoprotein, enzim, koenzim ve şeker fosfatlar gibi moleküllerin önemli bileşenidir (Korkmaz ve ark., 2009; Shen ve ark., 2011). Bitkilerin P konsantrasyonları çeşit, bitki aksamaları, toprak tekstürü ve pH'sı, bitki gelişim evresi, evre ve iklim koşulları gibi faktörlere göre değişkenlik göstermektedir. Fındık tarımında optimum bitki gelişimi için yaprağın P konsantrasyonunun %0.14 ile %0.45 değerleri arasında yer alması yeterli olmaktadır (Snare, 2008). Fosforun bitkilerde çiçeklenme, tohum bağlama, gelişim, kök oluşumu, meyve verim ve kalitesi üzerine etkileri bulunmaktadır. Fındık bitkisinde P noksanlığında sürgün ve yaprak gelişimi olumsuz etkilenmekte, fındık meyveleri küçük kalmakta, olgunlaşması gecikmekte, boş meyve oluşmakta ve dökölmelere neden olmaktadır (Sentis ve ark., 2004). Fındık tarımında söz konusu olumsuzlukların önüne geçerek yüksek verim ve kalitede ürün alınabilmesi amacıyla yürütölen çalışmalarda, yaprak P konsantrasyonları yıllara, çeşitlere, lokasyonlara ve uygulamalara göre değişim göstermekle birlikte %0.085 ile %0.45 değerleri arasında yer almaktadır (Tarakçıoğlu ve ark., 2003; Milosovic ve ark., 2009; Kahraman, 2016;

Cristofori ve ark., 2018; Tanrıvermiş, 2019; Kebapçı, 2020; Özkutlu ve ark., 2020; Akgün ve ark., 2021; Silvestri ve ark., 2021). Fındık meyvesinde ise P konsantrasyonunun %0.16 ile %0.41 arasında değişkenlik gösterdiği belirtilmiştir (Alasalvar ve ark., 2003; Köksal ve ark., 2006; Seyhan ve ark., 2007; Alasalvar ve ark., 2009; Özenç ve Özenç, 2014; Amini-Noori ve Ziarati, 2015; Özenç ve Bender Özenç, 2015; Ergin, 2019; Babiker ve ark., 2020).

Fosfor bitki metabolizmasında birçok faaliyette kilit element rolü oynamakta ve vejetasyon boyunca önemini korumaktadır. Fındık bitkisi de genel olarak ihtiyacı olduğu P miktarının çoğunu vejetasyon döneminin başında almakta ve bitkinin vejetatif ve generatif gelişim dönemlerinde fosforlu bileşikler şeklinde kullanılmaktadır (Duyar ve Özenç, 2013). Fındık yapraklarındaki P konsantrasyonlarının sezonsal değişiminin incelendiği çalışmalarda, P konsantrasyonunun vejetasyon dönemi başında yüksek olduğu ve sezon boyunca yaprakların P konsantrasyonunun azaldığı belirlenmiştir (Beyhan ve ark., 1998; Canali ve ark., 2005; Öztürk, 2014; Öztürk ve Tarakçıoğlu, 2016). Yapraklarda P konsantrasyonunun sezonsal değişimi incelenen diğer bitkilerde; ceviz (Drossopoulos ve ark., 1996), kiraz (Uçgun ve ark., 2010), çilek (Seferoğlu ve Kaptan, 2010), elma (Uçgun ve ark., 2014), badem (Padder, 2015), zeytin (Aydoğdu ve ark., 2016), kayısı (Uçgun ve ark., 2019), hurma, üzüm, şeftali (Cruz ve ark., 2019) ve incir (Bougiouklis ve ark., 2020) bitkisi yapraklarında P konsantrasyonu vejetasyon döneminin başında yüksek değerlere sahipken ilerleyen zamanlarda azalan eğri çizmiştir. Yapraklarda P konsantrasyonunun giderek azalması; topraktan alınan P miktarının bitki kuru madde artışından daha az olması, alınan P'un bitkide hücre bölünmesinde, çeşitli fosforlu bileşiklerin yapısında kullanılması ve meyve gibi bitki organlarına taşınmasından kaynaklanmaktadır (Kovancı ve Köseoğlu, 1978; Neilsen ve Neilsen, 2003).

Potasyum bitki dokularında yüksek oranda bulunan besin elementlerinden biridir ve bitki büyümesi ve gelişmesinde önemli metabolik fonksiyonlara sahiptir (Marschner, 2011). Bitkilerde kuraklığa direnç, hücrelerde su dengesi, stoma aktivitesi, fotosentez, protein kapsamı, hastalık ve zararlılara direnç, su ve besin elementlerinin taşınmasında rol alarak verim ve kalite üzerine olumlu etkileri nedeniyle K önemli bir elementtir (Sheedeed ve ark., 2011). Fındık tarımında yüksek verim ve kaliteli ürün için yaprağın K içeriğinin %0.81 ile %2.00 değerleri arasında

yer alması yeterli olmaktadır (Snare, 2008). Potasyumun bitkilerde hareketli olması nedeniyle noksanlığın etkileri fındığın önce yaşlı yapraklarında sonra sürgünlerinde görülür. Sürgün gelişimi yavaşlar ve cılız kalır, fındık meyveleri istenilen boyuta ulaşamaz ve boş meyve oranı artması verim kayıplarına yol açar. Fazlalığında ise bitkilerin Ca ve Mg bakımından noksanlık göstermesine neden olabilmektedir. Yaprak analizleri ile fındık bitkisinin beslenme durumunun incelendiği çalışmalarda hasat dönemine yakın zamanda alınan yapraklarda K konsantrasyonunun %0.22 ile %2.39 arasında değiştiği bildirilmiştir (Milosevic ve Milosevic, 2012; Kahraman, 2016; Özkutlu ve ark., 2018; Özkutlu ve ark., 2020; Merino-Gergichevich ve ark., 2021; Silvestri ve ark., 2021). Fındık meyvesinde ise K konsantrasyonunun çeşit, uygulama, lokasyon ve yıllara göre değişkenlik gösterdiği ve %0.40 ile %1.02 arasında olduğu belirtilmiştir (Özdemir ve ark., 2001; Tarakcıoğlu, 2001; Alasalvar ve ark., 2003; Köksal ve ark., 2006; Seyhan ve ark., 2007; Güneş ve ark., 2010; Özenç ve Özenç, 2014; Amini-Noori ve Ziarati, 2015; Özenç ve Bender Özenç, 2015; Ergin, 2019; Babiker ve ark., 2020; Meriño-Gergichevich ve ark., 2021).

Fındık bitkisinde yürütülen çalışmalarda K'nın bitkide önemli fizyolojik etkilere, vejetatif gelişime ve meyve kalitesine katkısından dolayı elzem bir makro besin elementi olduğu anlaşılmaktadır. Bitki yapısındaki biyokimyasal ve fizyolojik proseslerin vejetasyon dönemi boyunca düzenli olarak sürmesi için bitki K konsantrasyonunun yeterli düzeyde olması gerekmektedir. Bu nedenle fındık yapraklarında K konsantrasyonunun sezonsal değişimi izlenen çalışmalarda, Milosevic ve ark., (2009) yaprak K konsantrasyonunun büyüme mevsiminin başında en yüksek değerde olduğunu, meyve oluşum ve hasat döneminde azaldığını, Öztürk (2014) fındık yapraklarının K konsantrasyonu her yıl nisan ayında en yüksek olduğunu ve sonrasında çeşitli dalgalanmaların görüldüğünü ve %0.32 ile %1.46 arasında değiştiğini saptamıştır. Yürüttüğü çalışmada kullanılan çeşitlerin ortak stabil döneminin ağustos-eylül ayları olduğunu ancak mayıs-eylül döneminin de stabil dönem olarak kullanılabileceğini açıklamıştır. Ajili Lahiji (2022) fındık meyve bahçelerinde beslenme durumunun iyi olabilmesi için haziran ayında alınan yaprak örneklerinde optimum K değerinin %0.80 olması gerektiğini beyan etmektedir.

Kalsiyum bitki gelişimi için yüksek miktarda ihtiyaç duyulan makro besin elementidir. Bitkilerin hücre duvarında yer aldığından bitki büyüme noktalarının

gelişimi üzerine büyük etkiye sahiptir. Bitkilerin Ca istekleri çeşit, yaş, gelişim evresi, çevre ve iklim koşulları gibi faktörlere bağlı olarak çeşitlilik göstermektedir. Fındık bitkisi yaprağında Ca içeriğinin %1.01 ile %2.5 değerleri arasında yer alması sağlıklı bitki gelişimi için yeterli olmaktadır (Snare, 2008). Yetersiz miktarda Ca beslenmesine maruz kalan bitkilerde sürgün ve kök gelişimi olumsuz etkilendiğinden bodurlaşma görülmekte, meyvelerin erken olgunlaşmasına ve kalitesinin düşmesine neden olmaktadır (Kacar ve Katkat, 2009). Fındık yapraklarında Ca konsantrasyonu birçok faktöre göre değişkenlik göstermektedir. Fındık yaprağının Ca konsantrasyonu belirlenen araştırmalarda; yaprak Ca konsantrasyonunun yıllara, uygulamalara çeşitlere, lokasyona ve iklim koşullarına göre değişebildiği ve yaprak Ca konsantrasyonlarının %0.61 ile %3.40 arasında dağılım gösterdiği bildirilmiştir (Ergin, 2019; Kebapçı, 2020; Özkutlu ve ark., 2020; Silvestri ve ark., 2021). Fındık meyvesinde ise Ca konsantrasyonu çeşit, lokasyon, uygulama ve yıllara göre farklılık göstermekte ve %0.115 ile %0.264 arasında olduğu belirlenmiştir (Özdemir ve ark., 2001; Tarakcıoğlu, 2001; Alasalvar ve ark., 2003; Köksal ve ark., 2006; Seyhan ve ark., 2007; Alasalvar ve ark., 2009; Özenç ve Özenç, 2014; Amini-Noori ve Ziarati, 2015; Özenç ve Bender Özenç, 2015; Ergin, 2019; Babiker ve ark., 2020; Müller ve ark., 2020; Merino-Gergichevich ve ark., 2021).

Bitki dokularında Ca konsantrasyonu doku ve organlar arasında değişkenlik gösterdiği gibi bitki içerisinde hareketsiz olmasından dolayı genç ve yaşlı yapraklar arasında da farklılık göstermekte ve genel olarak yaşlı dokularda birikmektedir. Bitkilerin floem dokusunda çok düşük miktarda taşınması nedeniyle yaprakta bulunan Ca, genç doku ve meyveye taşınamaması nedeniyle ilerleyen vejetasyon süresince bitki Ca konsantrasyonunun artmasında neden olmaktadır (Kacar ve Katkat, 2009). Yaprak Ca konsantrasyonlarının fındık bitkisinde mevsimsel değişiminin incelendiği çalışmalarda Ca değeri mayıs ayından yaprak dökümüne kadar artma eğilimindedir (Milosevic ve ark., 2009). Kalsiyum konsantrasyonu hasat dönemi öncesi ve sonrasında nispeten stabil iken ve yaprak Ca konsantrasyonları %0.75 ile %2.19 arasında değişkenlik gösterdiği ve Ca'nın mevsimsel olarak artış eğiliminde olduğu gözlenmektedir (Öztürk, 2014). Farklı bitkilerde yürütülen çalışmalarda da; Seferoğlu ve Kaptan (2010) çilek bitkisinde yaprak Ca konsantrasyonunun ilk ay en düşük seviyede olup genel olarak ilerleyen aylarda arttığını, örnek alınan son ay ise

düştüğünü, Toprak ve Seferoğlu (2013) kestane yapraklarında vejetasyon boyunca artışın devam ettiğini, Uçgun ve ark., (2019) kayısı ağaçlarının yaprak Ca konsantrasyonunun sezon başından ortasına kadar hızla artış gösterdiğini, haziran-ağustos ayları arasında fazla değişkenlik göstermediği ve sonrasında yaprakların Ca biriktirmesiyle artan eğri çizdiğini, Oliosı ve ark., (2020) kahve genotiplerinin yaprak Ca miktarının nisandan mayısa hızlı bir artış olduğunu, mayıs-ağustos ayları arasında nispeten sabit kaldığını, en yüksek Ca konsantrasyonlarının ekim ve kasım aylarında belirlendiğini, Öztürk (2020) kivi yapraklarının Ca konsantrasyonunun sezon başı olan tam çiçeklenme döneminden itibaren hasat dönemine doğru gidildikçe artan bir eğilim gösterdiğini ifade etmişlerdir.

Magnezyum topraktan  $Mg^{+2}$  iyonu şeklinde alınan ve bitkilerde klorofil-a ile klorofil-b molekülüne bağlanması nedeniyle fotosentezin gerçekleşmesini sağlayan, ribozomun yapısına katılan, enzimlerin bileşiminde yer alan, protein sentezi ve enerji metabolizmasında önemli rolü olan mutlak gerekli besin elementidir (Kacar ve Katkat, 2009). Bitkideki Mg miktarının büyük bölümü kolay çözünebilir şekilde olan malat ve sitrat gibi organik anyonlara ve inorganik anyonlara bağlanmış olarak bulunmaktadır. Bitkide hareketli bir element olması nedeniyle farklı dokulara taşınabilen Mg'nin fındık yaprağında %0.25 ile %0.50 değerleri arasında yer alması sağlıklı bitki gelişimi bakımından yeterli olmaktadır (Snare, 2008). Bitkilerde Mg'nin hareketli olması nedeniyle fındıkta noksanlığı ilk önce yaşlı yapraklarda sararma şeklinde görülmekte ve meyve dolumunun azalmasıyla verim ve kalite kayıplarına neden olmaktadır. Fındık tarımında yüksek kalite ve verim alınabilmesi için bitkinin Mg bakımından beslenme durumunun belirlendiği çalışmalarda; fındık yapraklarında Mg konsantrasyonlarının çeşit, gübreleme, lokasyon, yıl gibi birçok faktörün etkisi altında olduğu ve %0.11 ile %0.77 arasında değişkenlik gösterdiği ifade edilmektedir (Tarakcıoğlu ve ark., 2003; Milosevic ve ark., 2009; Özenç ve Özenç, 2015; Özkutlu ve ark., 2016, 2018, 2020; Silvestri ve ark., 2021). Fındık meyvesinde ise Mg konsantrasyonu çeşit, uygulama, lokasyon ve yıllara göre değişkenlik göstermekte ve %0.034 ile %0.244 arasında (Özdemir ve ark., 2001; Tarakcıoğlu, 2001; Alasalvar ve ark., 2003; Köksal ve ark., 2006; Seyhan ve ark., 2007; Alasalvar ve ark., 2009; Özenç ve Özenç, 2014; Amini-Noori ve Ziarati, 2015; Özenç ve Bender Özenç, 2015; Ergin, 2019; Babiker ve ark., 2020; Müller ve ark., 2020) değişkenlik gösterdiğini, fındık



tarımında Mg gübrelemesinin yaprak Mg konsantrasyonunu önemli derecede artırırken meyve Mg konsantrasyonunu %0.15'ten %0.17'ye çıkardığını ve bu artışın istatistiksel olarak önemsiz olduğu (Özenç ve Özenç, 2015), meyve Mg konsantrasyonu ortalamasının yaklaşık %0.163 (Dobhal ve ark., 2018) olduğu belirlenmiştir.

Genel olarak değerlendirildiğinde ise fındıkta bitki besin elementlerinin sezonsal değişiminin incelendiği çalışmalarda; Beyhan ve ark., (1998) Palaz çeşit fındık yapraklarında vejetasyon dönemi boyunca N, P ve K miktarlarının azaldığı ve Ca ile Mg konsantrasyonlarının arttığını; Canali ve ark., (2005) yapraklardaki N, P, K ve Mg konsantrasyonlarında en yüksek değerler meyve oluşumundan önce (haziran) belirlenirken ilerleyen süreçte azaldığını, bitkide Ca'nın farklı davranış göstererek en yüksek değerler erkek çiçeklerin olgunlaştığı ekim ayında tespit edildiğini; Milosevic ve ark., (2009) yapraklarda en fazla sezonsal değişime uğrayan elementlerin N ve Mg olduğunu, P'nin ise en stabil element olduğunu ve besin elementleri dinamiğinin fındık çeşitlerine ve yıllara göre değişkenlik gösterebileceğini; Öztürk ve Tarakçıoğlu (2016) Tombul ve Palaz fındık çeşitleriyle iki yıl süreyle ve iki farklı bahçede yürütülen çalışmada, vejetasyon periyodu boyunca yaprakların N, P ve K konsantrasyonları genel olarak azalmışken, Ca konsantrasyonlarının genellikle arttığını, fındık bitkisi yapraklarının N, P, K, Ca ve Mg konsantrasyonları bakımından temmuz-ağustos aylarının ortak stabil dönem olduğunu belirlemiştir.

Örnekleme zamanının fındık (*Corylus avellana* L.) yapraklarının besin konsantrasyonları üzerindeki etkisi üzerine yapılan araştırmada, ağustos ayı ortasından eylül ayı ortasına kadar N, P, K, Ca ve Mg konsantrasyonlarının nispeten stabil olduğunu ve bu dönemin yaprak örnekleri alımı için uygun bir zaman olacağı belirlenmiştir (Kowalenko ve Maas, 1982). Çalışkan ve Küçük (1990) tombul fındık çeşidinde vejetasyon dönemi boyunca yaprakların azot konsantrasyonu değişkenlik gösterirken haziran ayının ortası ile temmuz ayının sonu arasındaki dönemde N'nin stabil olduğu belirlenmiştir. Bu süreçte alınan yaprak örneklerinin analizi ile N'li gübreleme tavsiyesi yapılabileceği açıklanmıştır.

Konuyla ilgili olarak farklı bitkilerde bitki besin elementlerinin sezonsal değişiminin incelendiği çalışmalarda, Toprak ve Seferoğlu (2013) kestanede

(*Castanea sativa*), vejetasyonun başlangıcından hasadın sonuna kadar K konsantrasyonunun kademeli olarak azaldığını, Ca'nın dönemsel olarak sürekli artarken, N, P ve Mg konsantrasyonlarının ağustos ayına kadar arttıktan sonra azaldığını belirtmişlerdir. Padder (2015) badem yapraklardaki N, P ve K konsantrasyonlarının vejetasyonun ilerlemesiyle önemli ölçüde azaldığını belirtirken, Ca ve Mg konsantrasyonlarının ise dönemsel olarak arttığını ifade etmişlerdir. Cruz ve ark., (2019) elma, şeftali, hurma, üzüm, mandalina ve incir ağaçlarının vejetasyon sürecinin farklı aylarında alınan yapraklarda besin elementlerinin sezonsal değişimini incelediklerinde; elma ve şeftali yapraklarında özellikle N ve P konsantrasyonlarında mevsimsel farklılık görülürken, elma, incir ve üzüm ağaçlarında meyve oluşumu döneminde P ve K konsantrasyonlarının en düşük seviyede olduğu ve tüm meyve çeşitlerinin mineral beslenmesinde önemli mevsimsel değişimin olduğu tespit edilmiştir. İncir bitkisinde yürütülen bir çalışmada ise, çiçeklenme, meyve gelişimi, meyve olgunlaşması dönemi ve meyve hasadından sonra olmak üzere büyüme döngüsünün dört aşamasında iki yıl boyunca alınan yaprak örneklerinde; N'nin ortalama yaprak konsantrasyonu büyüme dönemleri boyunca önemli derecede azalırken, P ve K konsantrasyonlarında görülen azalmanın istatistiki olarak önemli olmadığı belirlenmiştir. Buna karşın, Ca'nın ortalama yaprak konsantrasyonu mevsim boyunca önemli ölçüde artarken, Mg konsantrasyonundaki artışın istatistiki olarak önemli olmadığı tespit edilmiştir. Yapraklarının besin konsantrasyonunun çiçeklenme döneminden meyve hasadına kadar geçen süre boyunca değişim gösterdiği belirlenmiştir (Bougiouklis ve ark., 2020).

### **2.1.2 Mikro Elementler**

Demir, yerkabuğunda çok yüksek miktarda (yaklaşık %5) bulunan, genellikle kil mineralleri, demir oksitler ve hidroksitler halinde olan bir mikro elementtir. Bitkiler düşük miktarda Fe'ye ihtiyaç duymaktadır ancak bitki gelişimi için makro elementler kadar öneme sahiptir (Güzel ve ark., 2008). Bitkilerin Fe konsantrasyonları çeşit, bitki aksamaları, gelişim evresi, toprak pH'sı, ortamdaki toplam demir miktarı, toprakta bulunan diğer elementlerin miktarı, çevre ve iklim koşulları gibi faktörlere göre değişkenlik göstermektedir. Fındık tarımında bitki gelişimi, yüksek verim ve kaliteli ürün için yaprağın Fe konsantrasyonunun 51 mg kg<sup>-1</sup> ile 500 mg kg<sup>-1</sup> değerleri arasında yer alması yeterli olmaktadır (Snare, 2008). Bitkiler demirin büyük bir kısmını bitki

Fe<sup>+2</sup> ve Fe-kompleksler formunda alırken çok az bir kısmını da Fe<sup>+3</sup> formunda alırlar. Kökler tarafından alınan demirin önemli bir miktarı amino asitler, fenoller, malik, sitrik asit, polisakkaritler ve tioller ile şelatlı formda, bir kısmı ise sitrik asit kompleksleri ile bileşik oluşturan Fe<sup>+3</sup> şeklinde ksilem taşıma sistemi ile genç organlara taşınmaktadır (Brown ve ark., 1979). Bitkilerde Fe hareketi sınırlı olduğundan yaşlı yapraklardan genç yapraklara çok az miktarda taşınmaktadır. Bu nedenle ihtiyacı olduğu miktarı vejetasyon süresi boyunca topraktan alıp genç organlar ve yapraklara taşımakta ve buralarda birikimi olmaktadır. Bitki bünyesine alınan Fe, klorofil sentezinde, fotosentez ve oksidasyon-redüksiyon olaylarında, iyon taşınmasında ve protein sentezinde görev aldığından bitki gelişimi açısından önemli etkilere sahiptir (Marshener, 2008). Bu nedenle fındığın gelişimi bakımından çok önemli bir besin elementi olan demirin noksanlığında klorofil oluşumu yavaşlar ve genç yapraklarda sararmalar görülür, genç sürgünler kuruyarak ocağın gelişiminin zayıflamasına neden olur. Fazlalığı ise genel olarak suya doymun topraklarda görülmekte olup bitkide bronzlaşmaya yol açmakta ve toksik etki göstererek bitki gelişimine olumsuz etkileri olmaktadır (Güzel ve ark., 2008). Fındık bitkisinin Fe bakımından beslenme durumunu belirleyerek söz konusu olumsuzlukların önüne geçmek amacıyla son zamanlarda yürütülen çalışmalarda, yaprakların %28'inin 50-400 mg kg<sup>-1</sup> arasında, %72'sinin ise 400 mg kg<sup>-1</sup> değerinden yüksek Fe konsantrasyonuna sahip olduğu (Özkutlu ve ark., 2016) ve yaprakların Fe konsantrasyonlarının 106 mg kg<sup>-1</sup> ile 702 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişkenlik gösterdiği, ortalama Fe konsantrasyonunun 228 mg kg<sup>-1</sup> olduğu (Özkutlu ve ark., 2018), fındık yapraklarında Fe konsantrasyonunun birçok faktörün etkisi altında değişime uğradığı ve 46 mg kg<sup>-1</sup> ile 400 mg kg<sup>-1</sup> arasında (Silvestri ve ark., 2021) olduğu ifade edilmiştir. Fındık meyvesinde yürütülen çalışmalarda ise; Fe konsantrasyonunun çeşit, uygulama, lokasyon ve yıllara göre değişebildiği ve 23 mg kg<sup>-1</sup> ile 80.4 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişkenlik gösterdiği ifade edilmektedir (Özdemir ve ark., 2001; Alasalvar ve ark., 2003; Köksal ve ark., 2006; Seyhan ve ark., 2007; Alasalvar ve ark., 2009; Özkutlu ve ark., 2011; Özenç ve Özenç, 2014; Amini-Noori ve Ziarati, 2015; Özenç ve Bender Özenç, 2015; Dobhal ve ark., 2018; Ergin, 2019; Müller ve ark., 2020).

Demirin topraktan bitkiler tarafından alınabilir olmasında toprak nemi ve havalanma durumu önemli rol oynamaktadır. Drenajı iyi olan havalı koşullardaki

toprak çözeltilisinde  $Fe^{+3}$  konsantrasyonu daha çok iken, ortam su ile doymun hale geldiğinde toprak çözeltilisindeki  $Fe^{+2}$  konsantrasyonu önemli miktarda artmaktadır (Güzel ve ark., 2008). Fındık tarımında vejetasyonun başladığı bahar aylarında yağış miktarının fazla olması, toprağın suyla doymun hale gelmesini ve havasız koşullar oluşmasını sağlamaktadır. Bu özelliklere sahip topraklarda ortamdaki  $Fe^{+3}$  indirgenerek azalırken  $Fe^{+2}$  miktarı artarak bitkinin vejetasyon başından itibaren  $Fe^{+2}$  absorbe etmesine ve gelişim periyodu boyunca da bitki bünyesinde birikmesine neden olmaktadır. Fındık bitkisinde vejetasyon döneminin başından sonuna kadar yürütülen çalışmalarda; Canali ve ark., (2005) yaprak Fe konsantrasyonunun dönemselsel olarak 68 mg kg<sup>-1</sup> ile 162 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişkenlik gösterdiğini ve en yüksek değerlerin hasata yakın zamanda alınan son örneklerde belirlendiğini, Öztürk (2014), yaprak Fe konsantrasyonunun ortalama 92.30 - 482.70 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişkenlik gösterirken vejetasyon boyunca artan bir eğri çizdiğini ve Fe konsantrasyonlarının en düşük nisan ayında en yüksek ise kasım ve aralık ayında olduğunu tespit etmiştir. Yaprak Fe konsantrasyonunun sezonsal değişiminin incelendiği farklı bitkilerde; elma ağaçlarında yetiştiricilik sezonu boyunca Fe'nin düzensiz bir eğilim göstererek arttığı (Uçgun, 2012), kestane yapraklarında Fe konsantrasyonunun vejetasyonun başında yüksek iken ağustosa kadar azaldığını ve ağustos ayında önemli miktarda artarak en yüksek seviyeye ulaştığı (Toprak ve Seferoğlu, 2013), dönemselsel değişimin badem yapraklarında önemli derecede olduğu, Fe konsantrasyonunun mayıs ayı içinde ani artış gösterdiği ve 1 haziran ile 15 ağustos tarihleri arasında nispeten daha az değişkenlik göstermesi nedeniyle bu dönemin yaprak Fe tayini için uygun örnekleme zamanı olduğu (Padder, 2015), kivi yapraklarında Fe konsantrasyonunun çalışmanın yürütüldüğü her yıl tam çiçeklenme döneminden hasat dönemine doğru giderek artan bir eğilim gösterdiği (Öztürk, 2020) belirlenmiştir. Bitki yapraklarında Fe konsantrasyonunun sezonsal olarak artışı, Fe'nin sezon başından sonuna kadar yapraklarda birikimi olmasından kaynaklanmaktadır (Kotze ve Villiers, 1989).

Bakır, toprağın ana materyaline göre değişkenlik göstermekle birlikte toprakta 70 mg kg<sup>-1</sup> civarında metalik halde bulunan ve bitkiler tarafından  $Cu^{+2}$  iyonu ve  $Cu$ -kilyetler formunda alınan besin elementidir. Bitkilerin  $Cu$  konsantrasyonları toprak pH'sı, toprak sıcaklığı, tekstür, ortamdaki toplam  $Cu$  miktarı, çeşit, bitki aksamaları, gelişim evresi, toprakta bulunan diğer elementlerin miktarı, çevre ve iklim koşulları

gibi faktörlere göre değişkenlik göstermektedir. Fındık tarımında yaprağın Cu konsantrasyonunun  $5 \text{ mg kg}^{-1}$  ile  $15 \text{ mg kg}^{-1}$  değerleri arasında yer alması yeterli olmaktadır (Snare, 2008). Toprakta Cu içeren minerallerin parçalanıp çözünmesi ile toprak çözeltilisine geçen Cu iyonlarının bir kısmı mikroorganizmalar tarafından kullanılır, bir kısmı KDK'nın değişim noktalarında adsorbe edilirken büyük bir kısmı da organik bileşikler ile kompleks oluşturarak bakırın topraktaki hareketini ve alınımını zorlaştırmaktadır (Güneş ve ark., 2000). Toprakta hareketinin sınırlı olması nedeniyle bakırın büyük kısmı kök üzerine kontak değinim yoluyla alınmakta ve bitki ksilem ve floeminde organik bileşikler ile oluşturduğu çözünebilir kompleksler şeklinde taşınmaktadır (Kacar ve Katkat, 2007). Bu yollarla yaşlı yapraklardan genç yapraklara taşınabilmesine karşın bitkideki Cu konsantrasyonuna bağlı olup oldukça az miktarda taşınmaktadır. Bitki bünyesine alınan Cu, fotosentezin gerçekleştirilmesinde, enzimlerin aktivitelerinde, bitki protein miktarının belirlenmesinde, A vitamini sentezlenmesinde, solunum olayında, redoks tepkimelerinde, azot, karbonhidrat ve lipit metabolizmasında yer almaktadır (Kacar ve Katkat, 2007). Bakırın bitkideki hareketinin sınırlı olması nedeniyle noksanlığı ilk olarak büyüme noktalarında renk değişimi, zayıf gelişim, rozetleşme ve yaprak dökümünün ardından kuruma şeklinde görülür. Bitki vejetatif gelişimini tamamlayamazken çiçek oluşumu ve meyve gelişimi daha fazla etkilenerek büyük verim kayıplarına neden olmaktadır. Söz konusu zararların fındık tarımına oluşmasını engellemek için Cu bakımından beslenme durumunu belirleyen çalışmalarda, fındık yetiştiriciliği yapılan toprakta bitkiye yarayışlı Cu miktarının dönemsel olarak değiştiiği, bitki gelişiminin hızlı olduğu dönemlerde bitki tarafından yüksek miktarda alındığı için toprakta Cu konsantrasyonunun düştüğü ve sonraki dönemlerde dengelendiği (Karaca, 2016), fındık yapraklarında Cu konsantrasyonunun vejetasyon başı olan nisan ayında yaklaşık  $20 \text{ mg kg}^{-1}$  ile en yüksek seviyede olduğu ve meyvelerin gelişim dönemi olan mayıs ve haziran ayında hızla düşüşün yaşandığı (Öztürk, 2014), yaprak Cu konsantrasyonlarının çeşit ve lokasyona göre değişkenlik gösterip %97'sinin  $3-50 \text{ mg kg}^{-1}$  arasında Cu konsantrasyonuna sahip olduğu (Özkutlu ve ark., 2016), yaprak Cu konsantrasyonunun birçok faktörün etkisiyle değiştiiği ve  $5$  ile  $19 \text{ mg kg}^{-1}$  (Silvestri ve ark., 2021) arasında Cu konsantrasyonuna sahip olduğu belirlenmiştir. Fındık meyvesinde Cu konsantrasyonunun çeşit, lokasyon ve uygulama

faktörlerine göre değişkenlik göstermekte olup, yapılan birçok araştırmada  $7.6 \text{ mg kg}^{-1}$  ile  $59.4 \text{ mg kg}^{-1}$  arasında değiştiği belirtilmektedir (Özdemir ve ark., 2001; Alasalvar ve ark., 2003; Köksal ve ark., 2006; Alasalvar ve ark., 2009; Özkutlu ve ark., 2011; Özenç ve Özenç, 2014; Amini-Noori ve Ziarati, 2015; Özenç ve Bender Özenç, 2015; Dobhal ve ark., 2018; Ergin, 2019; Babiker ve ark., 2020; Müller ve ark., 2020).

Çinko, yer kabuğunda az miktarda (ortalama  $80 \text{ mg kg}^{-1}$ ) bulunan ve toprakta genellikle sfalerit ( $\text{ZnS}$ ), simitsonit ( $\text{ZnCO}_3$ ), hemimorfit mineralleri ve  $\text{Zn}^{+2}$ ,  $\text{ZnCl}^-$  ve  $\text{Zn(OH)}^+$  şeklinde organik kolloidler tarafından adsorbe halde tutulan mikro elementtir. Bitkiler ise çinkoyu toprak çözeltilisinden  $\text{Zn}^{+2}$  iyonu şeklinde almaktadır. Bitkilerin Zn konsantrasyonları bitkinin çeşit ve gelişim evresi, toprak pH'sı, tekstür ve organik madde miktarı, özellikle P olmak üzere toprakta bulunan diğer elementlerin miktarı, çevre ve iklim koşulları gibi faktörlere göre değişkenlik göstermektedir (Kacar ve Katkat, 2007). Fındık tarımında bitki gelişimi, yüksek verim ve kaliteli ürün için yaprağın Zn konsantrasyonunun  $16 \text{ mg kg}^{-1}$  ile  $60 \text{ mg kg}^{-1}$  değerleri arasında yer alması yeterli olmaktadır (Snare, 2008). Bitkiler Zn'nin büyük bir kısmını toprak çözeltilisinden alırken az bir kısmını da topraktaki kompleks organik bileşiklerden  $\text{Zn}^{+2}$  formunda alırlar (Marshner, 2008). Bitkilerde Zn hareketi sınırlı olduğundan yaşlı yapraklardan genç yapraklara taşınım sınırlıdır. Bu nedenle ihtiyacı olduğu miktarı vejetasyon süresi boyunca topraktan alıp genç organlar ve yapraklara taşımakta, noksanlığı ilk buralarda görölmekte, fazlalığında ise birikimi olmaktadır. Bitki kökleri tarafından alınan  $\text{Zn}^{+2}$  protein, karbonhidrat ve şeker sentezinde, çeşitli enzimlerin yapılarında ve birçok enzimin aktivitesinde yer almakta, fotosentez ve solunum olaylarında görev aldığından bitki gelişimi açısından önemli etkilere sahiptir (Korkmaz ve ark., 2021). Bitkiler vejetasyon boyunca topraktan Zn kaldırmakta ve toprakta bitkiye yarayışlı Zn miktarını azaltarak noksanlık görölmesine neden olmaktadır (Karaca, 2016). Noksanlığında bitki gelişimini tamamlayamaz ve bodurlaşır, sürgünler kısa kalır ve kurur, yapraklar rozetleşir ve erken dökölür. Bitki gelişimindeki anormallikler meyve verim ve kalitesini düşürmektedir. Söz konusu olumsuzlukların önüne geçmek amacıyla fındık bitkisinin Zn bakımından beslenme durumu belirlenen çalışmalarda, bölgede yetiştirilen fındıklarda nadiren Zn noksanlığı göröldüğü ve yaprakların %2'sinin "az", % 97 "yeterli" ve % 1'inin fazla sınıfında yer aldığı (Özkutlu ve ark., 2016), farklı rakımlardaki bahçelerden alınan yapraklarda

Zn konsantrasyonları arasında değişimler görüldüğü ve bu değerlerin 12-96 mg kg<sup>-1</sup> arasında olduğu (Kahraman, 2016), fındık yapraklarında Zn konsantrasyonunun en düşük 10 mg kg<sup>-1</sup>, en yüksek 68 mg kg<sup>-1</sup> değerlerine sahip olduğu ve alınan yaprak örnekleri ortalamasının 21 mg kg<sup>-1</sup> olduğu , fındık yapraklarının %78'inin 15-80 mg kg<sup>-1</sup> arasında Zn içerdiğini ve "yeterli" sınıfta yer aldığı (Özkutlu ve ark., 2018), fındık kök bölgesine uygulanan organik maddenin Zn alınımını artırdığı ve yaprak Zn konsantrasyonunun 10.50-17.05 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişkenlik gösterdiği (Ergin, 2019), yaprak Zn konsantrasyonunun gübreleme ile önemli derecede arttığı ve bu değerin ortalama 29 mg kg<sup>-1</sup> olduğu (Merino-Gergichevich ve ark., 2021), yapraklarda Zn konsantrasyonunun birçok faktörün etkisi altında değişime uğradığını ve yapraklarda 16-99 mg kg<sup>-1</sup> arasında Zn (Silvestri ve ark., 2021) olduğu ifade edilmiştir. Fındık meyvesinde yürütölen çalışmalarda ise Zn konsantrasyonunun çeşit, uygulama, lokasyon ve yıllara göre farklılık gösterdiği ve 12.7 mg kg<sup>-1</sup> ile 50 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiği ifade edilmiştir (Özdemir ve ark., 2001; Alasalvar ve ark., 2003; Köksal ve ark., 2006; Seyhan ve ark., 2007; Alasalvar ve ark., 2009; Özkutlu ve ark., 2011; Özenç ve Özenç, 2014; Amini-Noori ve Ziarati, 2015; Özenç ve Bender Özenç, 2015; Dobhal ve ark., 2018; Ergin, 2019; Babiker ve ark., 2020; Müller ve ark., 2020; Merino-Gergichevich ve ark., 2021).

Çinko, birçok mikroelement gibi bitkilerde hareketi sınırlı olduğundan bitki dokuları arasında taşınmamaktadır. Bitki metabolik faaliyetleri için gereksinim duyulan Zn, toprak şartlarının elverişli olması durumunda vejetasyon süresi boyunca bitki köklerinde alınmakta ve bitki dokularında depolanmaktadır. Bitki gelişim periyodunun başından itibaren gerçekleştirilen taşınım, yaprak Zn konsantrasyonunun artmasını ve Zn konsantrasyonunun sezonsal değişim göstererek artan bir eğri çizmesini sağlamaktadır. Öztürk ve Tarakçıoğlu (2016), fındık yapraklarında Zn konsantrasyonunun mayıstan temmuza kadar artıktan sonra eylöl ayına kadar düştüğünü, Zn konsantrasyonunun 10.80-54.33 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiğini ve yıllar ile çeşitler arasında istatistiki farkın olduğunu belirlemiştir.

Mangan toprakta ortalama 600 mg kg<sup>-1</sup> miktarında Mn<sup>+2</sup>, Mn<sup>+3</sup> ve Mn<sup>+4</sup>'nin çeşitli oksitleri şeklinde bulunmakta ve bulunuş şekillerine göre; a- değişebilir, b- suda çözünebilir, c- organik bağlı, d- oksitli eşitleri, e- kolay indirgenebilir Mn olarak ayrılmaktadır (Kacar ve Katkat, 2007). Bitkiler manganı topraktan Mn<sup>+2</sup> ve Mn-

kilyetler formunda alınır. Bitkilerin Mn konsantrasyonları toprak pH'sı, toprak sıcaklığı, rizosferdeki mikroorganizmalar, tekstür, toprakta bulunan diğer elementlerin miktarı, toprak nemi ve dreanaj durumu, çeşit, bitki aksamaları, gelişim evresi, çevre ve iklim koşulları gibi faktörlere göre değişkenlik göstermektedir. Fındık tarımında Mn bitki gelişimi açısından önemli bir elementtir ve optimum gelişim için yaprağın Mn konsantrasyonunun 26 mg kg<sup>-1</sup> ile 650 mg kg<sup>-1</sup> değerleri arasında yer alması yeterli olmaktadır (Snare, 2008). Bitkilerde Mn hareketi sınırlı olduğundan yaşlı yapraklardan genç yapraklara az miktarda taşınmakta ve yaşlı yaprakların Mn konsantrasyonu genç yapraklara oranla fazla olmaktadır. İhtiyaç durumunda yaşlı yapraklardan genç yapraklara az miktarda Mn taşınmakta ancak genel olarak vejetasyon süresi boyunca topraktan alıp genç organlar ve yapraklara taşınmaktadır. Noksanlığı bitkiler arasında farklılık göstermekle birlikte genel olarak genç yapraklarda damarlar arasının soluk yeşile dönmesine neden olur. Noksanlığın ileriki safhalarda bitkide kök gelişiminin azalmasına ve bodur büyümeye sebebiyet vermektedir (Kacar ve Katkat, 2007). Fındık tarımının yapıldığı toprakların büyük oranda asit karakterli olması topraktan Mn alınımını artırmakta ve vejetasyon boyunca bitki yapraklarında Mn konsantrasyonunun birikerek Snare (2008) tarafından belirlenen 'Yüksek' ve 'Çok yüksek' sınıfına girmesine neden olabilmektedir. Fındık bitkisi yapraklarında Mn konsantrasyonunun belirlendiği çalışmalarda; Tarakçıoğlu ve ark., (2003) yaprak Mn konsantrasyonlarının çeşit ve lokasyona göre değişkenlik göstermekle birlikte 32 mg kg<sup>-1</sup> ile 1702.5 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişkenlik gösterdiğini, Öztürk (2014) yaprak Mn konsantrasyonunun çeşit, yıl ve aylara göre değişkenlik gösterdiğini ve vejetasyon boyunca artan bir eğri çizdiğini, Ergin (2019) yaprak Mn konsantrasyonunun ortalama 266.1 mg kg<sup>-1</sup> olduğunu, Silvestri ve ark., (2021) fındık yapraklarında Mn konsantrasyonunun birçok faktörün etkisi altında farklılık gösterdiğini ve yaprak Mn konsantrasyonunu 26 mg kg<sup>-1</sup> ile 265 mg kg<sup>-1</sup> arasında dağılım gösterdiğini ifade etmişlerdir. Fındık meyvesinde yürütülen çalışmalarda ise; fındık meyve Mn konsantrasyonunun çeşitlere ve lokasyona göre değişkenlik gösterdiği ve 6.8 mg kg<sup>-1</sup> ile 190 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişim gösterdiği ifade edilmektedir (Özdemir ve ark., 2001; Alasalvar ve ark., 2003; Köksal ve ark., 2006; Alasalvar ve ark., 2009; Özkutlu ve ark., 2011; Özenç ve Özenç, 2014; Amini-Noori ve Ziarati, 2015; Özenç ve Bender Özenç, 2015; Ergin, 2019; Babiker ve ark., 2020; Müller ve ark., 2020).



Bor, topraklarda genellikle 7-80 mg kg<sup>-1</sup> arasında değere sahip olan ve çoğunluğu turmalin olmak üzere boraks, kernit, kolemanit, uleksit, ludvigit ve katoit mineralleri şeklinde bulunan ametal bir mikroelementtir. Bitkilerin ise boru toprak çözeltisinden çoğunlukla borik asit (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>) ve az miktarda da borat (H<sub>4</sub>BO<sub>4</sub><sup>-</sup>) iyonu şeklinde almaktadır. Bitkilerin B konsantrasyonları bitkinin çeşit ve gelişim evresi, ışık intensitesi, toprağın B kapsamı, toprak pH'sı, tekstür ve organik madde miktarı, özellikle Ca olmak üzere toprakta bulunan diğer elementlerin miktarı, başta toprak nemi olmak üzere çevre ve iklim koşulları gibi faktörlere göre değişkenlik göstermektedir (Kacar ve Katkat, 2007). Bitki dokularının B konsantrasyonları bor alımını etkileyen faktörlerin etkisiyle değişkenlik göstermektedir. Fındık yetiştiriciliğinde yaprak B konsantrasyonlarının 31 mg kg<sup>-1</sup> ile 75 mg kg<sup>-1</sup> arasında olması (Snare, 2008) istenen bir durumdur. Bitkiler ihtiyaç duyduğu boru toprak çözeltisinden büyük ölçüde pasif yolla alırken borat iyonunu aktif yolla almakta ve bitki içinde ksilem yoluyla bitki tepe noktalarına aktarılmaktadır. Bitkilerde B hareketi sınırlı olduğundan yaşlı yapraklardan genç yapraklara taşınmaz ve yaşlı yapraklarda daha yüksek B konsantrasyonuna sahip olmaktadır. Bu nedenle ihtiyacı olduğu miktarı vejetasyon süresi boyunca topraktan alıp genç organlar ve yapraklara taşımakta ve noksanlığı ilk buralarda görülmektedir. Bitki kökleri tarafından alınan bor, meristematik dokuların gelişmesi, tozlanma, tohum ve meyve oluşumu, hücre duvarı sentezi, bitki metabolizmasında azot, fosfor, şekerler ve nişastaların taşınması, protein ve amino asitlerin sentezi, solunum, RNA metabolizmasında, fenol metabolizmasında, karbonhidrat metabolizmasında düzenleyici olarak bitki gelişiminde yer almaktadır (Kacar ve Katkat, 2007; Güzel ve ark., 2008). Söz konusu metabolik faaliyetlerin devamlılığı için vejetasyon boyunca bitkiler topraktan B kaldırmakta ve toprakta bitkiye yarayışlı B miktarını azalmasına neden olabilmektedir. Toprakların toplam B miktarının genellikle %5'ten azı bitkiye yarayışlı formda olduğu ve toprak minerallerinde adsorbe edilmiş B'nin toprak çözeltisine geçişi birçok faktörün etkisi altında olduğu için bitkilerde B noksanlığı görülebilmektedir. Fındık tarımı yapılan arazilerden alınan toprak örneklerinin %71'nin B konsantrasyonu bakımından "az" sınıfında yer alması ve yaprak örneklerinin %30'unda B noksanlığı görülmesi, fındık yetiştiriciliğinde B noksanlığının yaygın bir problem olduğunu göstermektedir (Özkutlu ve ark., 2017). Bitkilerde bor noksanlığında, yaprakların erken dökülmesi,

dalların ve sürgünün kısa kalması, sürgünlerde uç kuruması, meyve tutumunda azalma, meyvelerin gelişimini tamamlayamaması ve boş meyve sayısında artış gibi nedenlerden kaynaklı verim kayıpları görülmektedir. Fındıkta noksanlık durumlarında yapılan B uygulamaları ile yüksek meyve verim ve kalite parametreleri elde edilmekte, yaprak B konsantrasyonunun yanında N ve K konsantrasyonu kontrole göre artmaktadır (Tarakçıoğlu ve ark., 2008; Erdoğan ve Aygün, 2009). Fındık ağaçlarında B uygulamalarının yaprak B konsantrasyonunu üzerine etkileri yıllara göre değişkenlik göstermekle birlikte genel olarak önemli derecede artmasını sağlamaktadır. Fındık bitkisinde yürütülen çalışmada; ilk yıl kontrol ocaklarının ilk dönem örneklerinde  $24.20 \mu\text{g g}^{-1}$  B ve gübreleme yapılan ocakta  $199.07 \mu\text{g g}^{-1}$  B konsantrasyonu belirlerken, ikinci yılda yaprakların bor konsantrasyonlarının kontrol ocaklarının ilk dönem örneklerinde  $26.99 \mu\text{g g}^{-1}$  B iken gübreleme ile  $118.88 \mu\text{g g}^{-1}$  değerine yükseldiği, ilerleyen dönemlerde bor konsantrasyonunda artış görüldüğü, yıllar ve dönemlere göre de B konsantrasyonunun değiştiği (Şahin, 2010), fındık yapraklarında B konsantrasyonunun birçok faktörün etkisi altında farklılık gösterdiği ve yaprak B konsantrasyonunun  $31 \text{ mg kg}^{-1}$  ile  $85 \text{ mg kg}^{-1}$  arasında (Silvestri ve ark., 2021) dağılım gösterdiği tespit edilmiştir. Fındık meyvesinde yürütülen çalışmalarda ise; B konsantrasyonunun çeşitlere, yıllara ve lokasyona göre değişkenlik gösterdiği ve  $2.69$  ile  $31 \text{ mg kg}^{-1}$  arasında değerlere sahip olduğu ifade edilmiştir (Özkutlu ve ark., 2011; Özenç ve Özenç, 2014; Özenç ve ark., 2014; Özenç ve Bender Özenç, 2015; Alidust ve ark., 2020). Merino-Gergichevich ve ark., (2021) fındıkta yapraktan B'li gübre uygulamalarının yaprak B konsantrasyonunu önemli derecede artırdığını ancak meyve B konsantrasyonunu daha az etkilendiğini ve fındık meyvesi B konsantrasyonunun  $8.92 \text{ mg kg}^{-1}$  ile  $10.1 \text{ mg kg}^{-1}$  arasında değiştiğini belirtmiştir.

Borun bitkilere yararıyla ilgili toprak pH'sı, tekstürü, toprak organik madde oranının yanında toprak nemi önemli rol oynamaktadır. Kurak geçen mevsim ve toprak neminin az olması B noksanlığı ile yakından ilgilidir. Bor elementinin nem yetersizliği nedeniyle organik komplekslerden serbest duruma geçiş miktarının azalmasının yanında, bitki kök yüzeylerine B taşınması da azalmaktadır (Güzel ve ark., 2008). Bitki vejetasyonunun başladığı bahar aylarında gerçekleşen yağışlar ile toprak nem düzeyi artmakta ve bitki ihtiyaç duyduğu B'yi kökleri vasıtasıyla toprak çözeltisinden almaktadır. İlerleyen süreçte hava sıcaklıklarının artması ile topraktaki B içeren

organik madde kompleksleri yararışılı hale geçmekte, bitki su tüketimi artmakta ve ksilem ile bitki tepe noktasına daha fazla B taşınarak vejetaston boyunca birikerek bitki bor konsantrasyonunun artmasını sağlamaktadır. Fındık bitkisinde vejetasyon döneminin başından sonuna kadar yürütölen çalışmalarda yaprak B konsantrasyonunun vejetasyon başında düşük seviyelerde olduğu ve ilerleyen aylarda bitki dokularında B konsantrasyonunun birikerek artan bir eğri çizdiği görölmüştür. (Canali ve ark., 2005; Öztürk, 2014).

Fındık yapraklarında mikro elementlerin sezonsal değişimi genel olarak incelendiğinde; Beyhan ve ark., (1998) palaz çeşit fındık yapraklarında vejetasyon dönemi boyunca Fe, Zn ve Mn konsantrasyonlarının arttığını; Canali ve ark., (2005) nisan (vejetasyon başı), haziran (meyve oluşumu başı) ve ekim (erkek çiçeklerin oluşumu) aylarında aldığı fındık yapraklarında Fe ve B konsantrasyonlarının en yüksek değerleri erkek çiçeklerin olgunlaştığı ekim ayında olduğunu, sulanan ve sulanmayan ocaklar arasında ise istatistiki olarak fark görölmediğini ifade etmiştir. Konuyla ilgili bir çalışmada, Öztürk ve Tarakçioğlu (2016) Tombul ve Palaz fındık çeşitleriyle iki yıl süreyle ve iki farklı bahçede deneme yürütmüş, vejetasyon periyodu boyunca yaprakların Cu konsantrasyonu azalırken; Fe, Mn ve B içerikleri genellikle arttığını bildirmiştir. Elde ettikleri verilere göre, fındık bitkisi yapraklarının Zn konsantrasyonu hariç Fe, Cu, Mn ve B konsantrasyonu bakımından temmuz-ağustos aylarının ortak stabil dönem olduğunu belirtmişlerdir. Kowalenko ve Maas (1982) örnekleme zamanının fındık (*Corylus avellana* L.) yapraklarında ağustos ayı ortasından eylöl ayı ortasına kadar Zn ve Mn konsantrasyonlarının nispeten stabil olduğunu ve bu zaman diliminin yaprak örnekleri alınımı için uygun bir zaman olacağını bildirilirken bor elementinin bu süre zarfında değerkenlik gösterdiğini ve herhangi bir tarihte B konsantrasyonunun stabil olmadığını belirtmişlerdir.

Yapraklarda mikro element konsantrasyonunun sezonsal değerimi incelenen diğer bitkilerde; Farklı bahçelerden alınan kestane yapraklarında vejetasyonun başlangıcından hasadın sonuna kadar Cu konsantrasyonu kademeli olarak azalmış, Mn konsantrasyonu sürekli artarken, Fe konsantrasyonunda dalgalanmalar olduğu görölmüş ve B konsantrasyonları ağustos ayına kadar arttıktan sonra azalmış (Toprak ve Seferoğlu, 2013), badem bitkisinde yürütölen tez çalışmasında; iki sezon boyunca 15 günde bir alınan yapraklarda örnekleme tarihi ilerledikçe Zn ve Cu

konsantrasyonları önemli ölçüde azalırken Fe ve Mn konsantrasyonlarının arttığını belirlenmiştir (Padder, 2015).

İncir bitkisinde iki yetiştirme sezonunda çiçeklenme, meyve gelişimi, meyve olgunlaşması dönemi ve meyve hasadından alınan yaprakda Fe ve Zn'nin ortalama konsantrasyonu büyüme dönemleri boyunca önemli derecede azalırken, Cu konsantrasyonunda artış görülmüş ancak bu eğrilerin istatistiki olarak önemli olmadığı belirlenmiştir. Buna karşın yaprakların Mn konsantrasyonu ise meyve olgunluğunda önemli ölçüde azalmış, meyve hasadından sonra ise önemli ölçüde arttığı tespit edilmiştir. Genel olarak, yapraklarının besin konsantrasyonu çiçeklene döneminden meyve hasadına kadar geçen süre boyunca değişmiş, bu da ağaçların gelişim aşamasına bağlı olarak farklı miktarlarda besine ihtiyaç duyabileceğini düşündürmüştür (Bougiouklis ve ark., 2020). Oliosi ve ark., (2020) farklı kahve çeşitlerinde yürüttükleri çalışmada yapraklarda besin elementi konsantrasyonlarının yağış ve sıcaklıktan etkilendiği, vejetatif büyüme ve üreme dönemlerinde değişkenlik gösterdiği ve çeşitler arasında istatistiksel olarak fark olduğunu belirtmiştir.

## **2.2. Sulamanın Bitki Besin Elementleri Üzerine Etkileri**

Küresel iklim değişikliği ya da iklimsel parametrelerdeki bölgesel değişimler tarımda yeni uygulamaları zorunlu hale getirmektedir. Karadeniz bölgesinde fındık tarımı uzun yıllardır yağışa dayalı olarak yapılmaktadır. Yağış eksikliği ya da ilkbahar geç donlarından etkilenen fındık verimi yıllar arasında önemli dalgalanmalar göstermektedir. Bununla birlikte özellikle son yıllarda Karadeniz bölgesindeki hava sıcaklığının yaz aylarında sıklıkla 30 derecenin üzerine çıkması ve yağış rejiminde meydana gelen değişiklik ya da dalgalanma ile bir aya varan kurak devrelerin yaşanıyor olması fındık tarımında da yeni uygulamalara gereksinim olduğunu ortaya koymaktadır (Tonkaz ve Bostan, 2016).

Fındık tarımında yağış rejimlerinin düzenli olmaması ve kurak yaz koşulları rekolte ve randımanı büyük ölçüde düşürmektedir. Düzensiz yağış rejimleri, fındık meyvesinin içi yeterince gelişmeden, yani meyve olgunlaşmadan hasat devresine girmesine neden olabilmektedir. Oluşan bu durum, hasat edilen bahçelerin verim ve kalitesini düşürebilmekte, özellikle randımanda gerçekleşen kayıplar ekonomik zararlara yol açabilmektedir. Sonbaharda toprakta görülen susuzluk durumunda ise

erkek çiçekler gelişimini tamamlayamamakta ve tozlaşma zayıf kalabilmekte, rekolte üzerine olumsuz etkileri olabilmektedir (Doğanay, 2012). Dünya fındık üretiminin yaklaşık %70'ini sağlayan ülkemizde fındıkta sulama ile çalışma maalesef bulunmamaktadır. Oysaki kritik devrelerde yapılacak kısmı sulamaların bile tarımsal verimi önemli oranda artıracığı düşünülmektedir.

Su, bitkide fotosentez, solunum, absorpsiyon, taşınım, mineral besin maddelerinin kullanımı ve hücre bölünmesi gibi çeşitli fizyolojik süreçler üzerine yüksek ölçüde etkisi olan önemli bir tarımsal üretimin faktörüdür (Kaur ve ark., 2018). Su, kültür bitkilerinin tohumdan başlayarak tüm gelişim aşamalarında büyüme ve gelişmelerini artırmada önemli bir rol oynamaktadır. Su, istenilen verim seviyelerinin elde edilmesinde temel faktör olmakta ve bitki gelişim seviyelerinin artmasında uygulama zamanı önemli rol oynamaktadır. Ayrıca su, özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde genellikle gelişimi sınırlayan başlıca doğal kaynak olması nedeniyle, maksimum faydayı elde etmek için akıllıca kullanılmalıdır. Su kıtlığı olan bölgelerde damla sulama yöntemi tarıma daha iyi adapte olmakta ve daha yüksek su kullanım etkinliği ile suyun korunmasında önemli rol oynamaktadır. Uygun yöntemle belirlenen optimum sulama seviyeleri, yüksek değerli ticari ve bahçe bitkileri ile birçok mahsulde ekonomik verimin artmasının yanı sıra su kullanım verimliliğinin artırılmasına yardımcı olacaktır (Kadasiddappa ve ark., 2017).

Bitkilerin gelişim dönemlerine göre su ihtiyaçları değişmekte, gelişim döneminin başında toprak nem düzeyinden daha az etkilenirken, çiçeklenme ve sonrası dönemde daha fazla suya ihtiyaç duymaktadır. Topraktaki nem miktarının yetersizliğinde bitki gelişimini tamamlayamamakta ve verim bileşenlerinde kayıplara neden olmaktadır. Yağışların az olduğu ve tarımın iklimsel faktörlerden etkilendiği bölgelerde bitkilerin sulama ile ilişkilerine odaklanılması gerekmektedir (Rodriguez-Cabello ve ark., 2020).

Fındık bitkisinin su ihtiyacı yüksek olmamasına rağmen yüksek sıcaklık, düşük hava oransal nemi ve kuraklık stresine çok duyarlıdır (Mingeau ve ark., 1994). Gelişimin normal seyri için yıllık yağış ilkbahar ve yaz mevsiminde dağılım göstermeli, oransal nem özellikle haziran ve temmuz aylarında %60'ın altına düşmemeli ve yıllık yağış miktarı 700 mm'nin üstünde olması gerekmektedir (Balık

ve ark., 2016). Yıllar arasında iklim faktörlerinin değişkenlik göstermesi ve küresel ısınmanın yağış rejiminde düzensizliğe neden olması findığın topraktan aldığı besin elementi miktarında farklılıklara neden olabilmektedir. Özellikle yaz döneminde yağışsız gün sayısının fazla olması ve yüksek sıcaklıklarda findığın ihtiyaç duyduğu nem miktarının toprakta olmaması besin elementi alınımını zorlaştırmasının yanında meyve verim ve kalitesini düşürmektedir (Tonkaz ve ark., 2017).

Ülkemizde fındık tarımında sulama uygulamalarının yaprak besin elementi üzerine az miktarda çalışma bulunurken meyve besin elementi konsantrasyonlarına etkisini belirleyen herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu bölümde fındık yaprak ve meyvesinde besin elementi konsantrasyonlarının belirlendiği çalışmalar ile sulama uygulamalarının fındıkta ve diğer bitkilerdeki etkilerini belirleyen sınırlı sayıda varolan çeşitli araştırmalara yer verilmiştir.

Fındık genotiplerinde mevsim koşullarının bitki gelişimi ve verim öğelerine önemli etkilerinin olduğu, özellikle yağış miktarının ağaç gelişimini ve fındık verimini etkileyen önemli bir faktör olduğu bilinmektedir (Baldwin, 2009). İklim koşullarının tarıma etkisi ile ilgili olarak; Bisbis ve ark., (2018) küresel ısınmanın gelecekte hem ortalama sıcaklığı hem de maksimum sıcaklık seviyesini arttıracığı için ürün kayıpları yaşanacağını, bu nedenle tarımsal üretim koşullarının değişmesi gerekeceğini ifade etmiştir.

Genellikle yağış miktarının çok olduğu Karadeniz bölgesi Giresun ilinde, fındık ocaklarına toprak nem içeriği analizleri eşliğinde farklı dönemlerde uygulanan destek sulama ile sulama yapılmayan kontrol ocaklarına kıyasla üç kat fazla verim alındığı bildirilmiştir. Elde edilen veriler, en yüksek fındık verimi, tane ağırlığı, tane boyutu, vitamin E'nin sulama uygulanarak elde edildiğini göstermiştir (Tonkaz ve ark., 2017).

Fındık tarımında gerekli olan su miktarının sadece yağışlar ile karşılanamadığı ve farklı sulama seviyelerinin verim ve verim bileşenleri üzerine olumlu etkileri olduğu bilinmektedir (Külahçılar, 2017). Farklı dönemlerde sulama uygulamalarının fındık meyvesinde sağlam meyve oranı, göbek boşluğu, kabuklu ve iç meyve ağırlığı gibi pomolojik özellikle üzerine olumlu etkileri olmakta ve kusurlu iç meyve, boş meyve oranı ile kabuklu küçük meyve miktarını azaltarak verimi artırmaktadır (Akçin,

2018). Farklı dönemlerde destek sulama uygulamaları yapılan meyve ağaçlarında verim ve meyve kalitesi üzerinde olumlu etkileri olduğu ve destek sulama uygulamalarının ekonomik verim sağlamanın yanı sıra şiddetli kuraklık koşullarında meyve ağaçlarını kurtarmak için de kullanılabileceği düşünülmektedir (Honar ve ark., 2021).

Sulama uygulamalarının fındık bitkisinde verim, verim bileşenleri ve gelişim faktörleri üzerine az miktarda çalışma bulunmaktadır. Farklı sulama uygulamaları fındık üzerine etkilerinin belirlendiği çalışmalarda; Bignami ve ark., (2011) damla sulama sistemi ile düzenli sulanan fındık ocakları ile kontrol olarak iklim şartlarında gelişimini sağlayan fındıklar ile karşılaştırdığında; sulama yapılan ocaklarda linolenik yağ, kuru madde, nişasta içeriği ve çözünür şeker birikimi gibi fındık bileşimi ve kalite parametreleri üzerinde bazı küçük etkileri gözlemlenirken, verim ve randımanı artırdığını belirtmiştir. Cristoferi ve ark., (2014) fındık yetiştiriciliği için toprak neminin yetersiz olduğu ve kurak koşulların giderek arttığı şartlarda damla sulama sistemi ile üç farklı sulama dozu uygulayarak (evapotranspirasyona göre %50, %75 ve %100) 2001'den 2010 yılına kadar fındığın sulamaya tepkisini ölçmüş ve sulama yapılmayan kontrol ocaklarıyla karşılaştırmıştır. Sulamanın vejetatif gelişim ve verim parametreleri üzerine olumlu etkileri olurken en yüksek verim neredeyse tüm yıllar boyunca %75 sulama dozunda elde edildiği, sulamanın kabuklu ve iç fındık ağırlığını, fındık boyutu ile iç oranını biraz artırırken, susuzluğun fındık randımanını düşürdüğü belirtmişlerdir. Mackic ve ark., (2016) sulamanın üç ve dört yaşındaki fındık ağaçlarında vejetatif gelişim, verim ve verim bileşenleri üzerinde olumlu etkisi olduğunu ve sulama yapılan ocaklarda önemli ölçüde daha yüksek bitki boy ve çap değerleri elde edildiğini, Catoni ve ark., (2017) fındık fidanlarına tarla kapasitesinin %25, %50 ve %100'ü olacak şekilde yapılan sulamanın fidanlarda morfolojik, fizyolojik ve anatomik değişimler olduğunu ve tüm yaprak gelişimi boyunca sulamanın bitki gelişimi için gerekli olduğunu, Ortega ve ark., (2020) yarı kurak koşullarda yürüttüğü çalışmada fındık bitkisinde su stresine bağlı olarak verim, kabuklu ve iç meyve ağırlığının önemli derecede azaldığını tespit etmişlerdir.

Pasqualotto ve ark., (2018) fındık tüketiminin artması nedeniyle yağışların az olduğu ve sulamanın gerekli olduğu alanlarda da yeni bahçeler tesis edilmesi nedeniyle farklı iklim koşullarında ve toprak suyu mevcudiyetinde veri toplamak amacıyla dört

farklı ülkede (Gürcistan, Fransa, Avustralya ve Şili) ve üç farklı çeşitte sulama denemeleri yürütmüştür. Elde edilen verilerde fındığın suya duyarlı bir bitki olduğu, su stresi koşullarında karbon asimilasyonunun azaldığı ve stomal açıklığın küçüldüğünü belirlerken sulama yapılmasının ise verimi artırdığı ve bitkinin yaşamını sürdürebilmesi için temel destek olduğunu ifade etmişlerdir.

### **2.2.1 Sulama Uygulamalarının Makro ve Mikro Elementler Üzerine Etkisi**

Bitkilerin N konsantrasyonu toprakta bulunan alınabilir N miktarı ve bitkilerin faydalanabilme durumuyla yakından ilişkilidir. Azotun bitkiler tarafından alınabilmesinde toprak yarayışlı su miktarı önem arz etmektedir. Özellikle son yıllarda düzensiz yağış rejimi ve yağışsız geçen yaz mevsimi fındık tarımında verim ve kalite kayıplarına neden olmakta ve bu durum fındık tarımında destek sulama uygulamalarına ihtiyaç duymaktadır. Konuyla ilgili sınırlı sayıda çalışma olmasına rağmen bölgede yürütülen bir çalışmada, farklı dozlarda sulama uygulamalarının meyve verim ve kalitesi üzerine olumlu etkileri olduğu, sulama uygulamaları ile meyve N konsantrasyonun %2.73'ten %2.83 seviyesine yükselttiği belirlenmiştir (Külahçılar, 2017). Konuyla ilgili literatür bulunmaması nedeniyle farklı bitkilerde yapılan çalışmalara yer verilmiş olup, yer kirazı (Çelik, 2014), çilek (Çeliktöpez, 2021), elma (Uçgun ve ark., 2017), soya (Deliboran, 2009) ve mısır (Fang ve Su, 2019) bitkilerinde yapılan çalışmalarda araştırmacılar artan dozlarda sulama uygulamalarının bitki yapraklarının N konsantrasyonunu artırdığını ve genel olarak en düşük N miktarının sulama yapılmayan kontrol bitkilerinde olduğunu belirtmişlerdir. Shimshi (1969) bitki dokusunda N konsantrasyonu artışının topraktaki azotun su akışıyla doğru orantılı olarak topraktan bitkiye taşınmasıyla alakalı olduğunu bildirmiştir. Gucci ve ark., (2010) zeytin yapraklarının azot konsantrasyonu ile ağaçların su durumları arasında bir korelasyon olduğu ve bitkide su eksikliğinin artması ile yaprak azotu konsantrasyonunun azaldığı ifade edilmiştir. Wu ve ark., (2019) damla sulama yöntemiyle destek sulama yapılan mısır bitkisi ile su ihtiyacı yağmurla karşılanan karşılaştırıldığında; sulama uygulamaları özellikle çiçeklenme sonrası aşamada mısırın N, P, K alımını ve bitki gelişimini arttırmış ve dane verimi ve gübre verimliliği artırılmıştır.

Sulama uygulamalarının fındık tarımında verim ve verim bileşenleri üzerine önemli etkileri olurken kontrole kıyasla sulama yapılan fındık ocaklarından daha



yüksek verim alınmakta (Akçin, 2018) ve fındık ocaklarına yapılan sulama uygulamalarının N konsantrasyonunu artırmaktadır (Bostan ve ark., 2018). Fındık meyvesi N konsantrasyonu çeşitlere ve uygulamalara göre değişkenlik göstermekle birlikte (Köksal ve ark., 2006; Ergin, 2019) ortalama meyve N konsantrasyonunu %2.80 civarında olduğu bilinmektedir (Özenç ve Özenç, 2015). Toprak nemi ve N miktarının fazla olması ürün büyümesini artırabilmekte ancak sıcak ve ıslak koşullar, denitrifikasyon (nitratın mikroorganizmalar yoluyla N gazına dönüşümü) ve yıkanma yoluyla N kaybına neden olabilmektedir. N'nin aşırı su ile sızması yeraltı suyu kirliliğine neden olabilmektedir. Bu nedenle su-gübre etkileşimleri kaynak kullanımında maksimum verimliliği elde etmek için daha çok çalışılmalıdır (Kaur ve ark., 2018).

Fosfor bitkiler tarafından primer ortafosfat ( $H_2PO_4^-$ ) ve sekonder ortofosfat ( $HPO_4^{2-}$ ) iyonu şeklinde büyük oranda toprak çözeltilisinden ve çok düşük miktarlarda da toprak katı fazından almaktadır. Toprak çözeltilisinde P miktarı azaldığında toprak katı fazı tarafından artırılarak eski konsantrasyonuna ulaştırmakta, aksi durumda ise bitkilerde P noksanlığı görülmektedir. Toprak çözeltilisinin oluşumu ve bitkilerin P alımı üzerine toprak nemi ve iklim şartlarının etkisi bulunmaktadır. Bitkiler, vejetasyonun başladığı bahar aylarında yağışların olması ve hava sıcaklığına artmasıyla, ihtiyaç duyduğu fosforun büyük bir kısmını bu dönemde almaktadır (Kacar ve Katkat, 2009). Sonraki aylarda artan hava sıcaklıkları ve yağışsız geçen yaz günleri nedeniyle bitki kök bölgesi fazla ısınmakta, ortamdaki enzimlerin işlevlerini kaybetmelerinin de etkisiyle besin elementi alınımı azalmaktadır. Artan sıcaklık ve azalan toprak suyu, toprak çözeltilisinde bulunan P'nin bitki kök etki alanına taşınmasını zorlaştırarak bitki gelişimini olumsuz etkilemektedir. İklim şartlarında gerçekleşen düzensiz yağışlar ve sıcak geçen yaz ayları nedeniyle tarımsal faaliyetlerde meydana gelebilecek kayıpların önüne geçilebilmesinde yağmurlara ek olarak destek sulama faaliyetleri yapılmaktadır (Tonkaz ve Bostan, 2016). Sulama uygulamalarının bitki besin elementleri alınımına katkıda bulunduğu bilinmektedir. Sulama uygulamalarının bitkilerde P konsantrasyonu üzerine yapılan çalışmalarda; farklı sulama miktarlarının kaju ağaçlarında verim ve verim öğelerini artırdığını (Oliveira ve ark., 2006), yer kirazı yapraklarının P konsantrasyonunu üzerine sulama uygulamalarının önemli etkisi olduğu ve en düşük yaprak P miktarının sulama

yapılmayan kontrol bitkilerinde olurken en yüksek değerin %100 sulama yapılan ağaçlardan elde edildiği (Çelik, 2014), damla sulama ile destek sulama yapılan mandalina yapraklarının P konsantrasyonunu artırdığını (Panigrahi ve Srivastava, 2017), artan dozda sulama uygulamalarının fasulye yapraklarında P konsantrasyonunu artırdığı, en düşük P değeri sulama yapılmayan kontrol bitkilerinde belirlenirken en yüksek P konsantrasyonunun %100 tarla kapasitesinden elde edildiği (Yarış, 2018), çilek bitkisinde sulama uygulamalarının yaprak P konsantrasyonunu artırdığı ve en yüksek değerlerin %75 ve %100 tarla kapasitesinden elde edildiği, tarla kapasitesinin üstünde sulama yapılmasının ise P konsantrasyonunun azalmasına neden olduğu (Çeliktöpez ve ark., 2021) ve sulama uygulamalarının bitki fosfor kullanım etkinliği üzerine olumlu etkileri olduğu, kurak ve yarı kurak bölgelerde sulama uygulamalarının bitki P konsantrasyonunu artırdığı (Tayel ve Sabreen, 2011) ifade edilmiştir.

Potasyum bitkide hareketli bir element olup, su dengesinin sağlanması ve fotosentez ürünlerinin taşınmasında kullanmakta ve bu nedenle suyun en fazla kullandığı dönem olan vejetasyon başlangıcında topraktan önemli miktarda kaldırılmaktadır. Bitkiler bu dönemde topraktan fazla miktarda K absorbe ederek yaprakların K konsantrasyonunun fazla olmasını sağlamaktadır. Ayrıca ilkbahar yağışlarının toprak nem düzeyinin artırmasıyla yüksek miktarda K alımına katkıda bulunmaktadır (Bouranis ve ark., 2001). Sezon başında bitki su alımı ve fotosentezin fazla olmasıyla yapraklarda en yüksek değere ulaşan K konsantrasyonu, ilerleyen süreç ile meyve tutumu ve gelişiminin olduğu dönemlerde azalmaktadır (Öztürk, 2014; Uçgun ve ark., 2014). Hasat dönemine yaklaştığında hava sıcaklıklarının yükselmesi ve yağışın olmaması nedeniyle toprak nem düzeyi azalmakta ve toprak ortamında fazla miktarda K olsa da bitkinin topraktan K alımı için uygun nem olmaması nedeniyle yapraklarda K konsantrasyonu azalmaktadır. Sulama yapılan bitkilerde yürütölen çalışmalarda, soya (Deliboran, 2009), yer kirazı (Çelik, 2014), kayısı (Birgin, 2019) ve çilek (Çeliktöpez ve ark., 2021) yapraklarında K konsantrasyonunun sulama yapılmayanlara kıyasla önemli miktarda artmaktadır. Konuyla ilgili olarak yürütölen bir diğer çalışmada da kurak geçen yaz dönemi nedeniyle destek sulama uygulamaları yapılan üzüm bitkisinde, sulama uygulamalarının tüm çeşitlerin yapraklarında K ve P konsantrasyonunu artırdığı, çiçeklenme döneminde yüksek olan K ve P konsantrasyonlarının hasat dönemine azaldığı ve be elementlerin yıllar arasında

değişim gösterdiği belirlenmiş, sulama uygulamalarının kuraklıktan kaynaklı verim kayıplarını engellediği belirlenmiştir (Klein ve ark., 2000).

Kalsiyum kökler tarafından  $Ca^{+2}$  formunda alınan kalsiyum ksilemde metabolik enerji harcanmaksızın bitkinin üst bölgelerine taşınmakta ve oradan da yaprak ve meyveye iletilmektedir. Bitkilerde Ca taşınımı ksilemde yolu ile toprak nemi ve transpirasyon etkisi altında yapılmaktadır (Kacar ve Katkat, 2009). Bitkinin ihtiyacı olan Ca'yı topraktan alabilmesi için toprak nemimin yeterli düzeyde olması gerekmekte, aksi halde genç dokularda noksanlık görülmektedir. Toprak neminin özellikle yağışsız olan yaz döneminde azalması nedeniyle yapılan sulama uygulamalarının yaprak Ca konsantrasyonu üzerine etkilerinin araştırıldığı çalışmalarda, kaju (Oliviera, 2016), fasulye (Yarış, 2018), pamuk (Ektiren ve Değirmenci, 2018), kayısı (Birgin, 2019), çilek (Çeliktöpez ve ark., 2021) yapraklarında sulama uygulamalarının Ca konsantrasyonunu artırmaktadır. Bitkilerde sulama uygulamalarının meyve Ca konsantrasyonu üzerine önemli etkileri olduğu, yer kirazı (Çelik, 2014), domates (Özkan ve Müftüoğlu, 2017) ve çilek (Çeliktöpez ve ark., 2019) meyvelerinde Ca içeriğini artırdığı bilinmektedir.

Magnezyum bitkiler tarafından  $Mg^{+2}$  iyonu şeklinde alınmaktadır. Bitki kök bölgesine ve kök üzerine kitle akımıyla alınırken az miktarda da kontak değişim yoluyla alınmaktadır. Bitkiler genellikle  $Mg^{+2}$  alınımı için metabolik enerji gerektiren aktif yolu kullanırken,  $Mg^{+2}$  konsantrasyonunun yüksek olduğu durumlarda pasif absorpsiyonu da kullanmaktadır (Kacar ve Katkat, 2009). Magnezyumun floemde hareketli bir element olması, yaşlı yapraklardan genç yapraklara taşınma ve floem yoluyla meyveye besin elementi sağlanmasına olanak vermektedir. Bitkilerin  $Mg^{+2}$  alımı üzerine transpirasyon miktarındaki ve hava sıcaklığındaki artışın önemli miktarda olumlu etkileri bulunmakta, bitki  $Mg^{+2}$  konsantrasyonu artmaktadır. Toprak neminin yetersiz olduğu koşullarda ise transpirasyon miktarı düşürmekte, toprak çözeltisinden  $Mg^{+2}$  alınımı zorlaşmakta ve artan sıcaklıkların etkisiyle bitki su stresine girerek gelişimini tamamalayamamaktadır. Toprak neminin azaldığı koşullarda destek sulama yapılan çalışmalarda; nar (Bahaulddin, 2011), yer kirazı (Çelik, 2014), brokoli (Bellitürk ve Aslam, 2021) ve çilek (Çeliktöpez ve ark., 2021) bitkisi yapraklarında  $Mg^{+2}$  konsantrasyonlarının arttığı belirlenmiştir.

Topraktaki nem miktarı ve sulama uygulamalarının fındık bitkisi gelişim parametrelerine etkisinin belirlendiği bazı çalışmalarda; Fındık bitkisinde sulamanın fotosentez, nişasta, çözümlü şekerler ve klorofil miktarı üzerine önemli etkilerinin olduğu ve fındıkta optimum gelişim için toprağın tarla kapasitesinin %60'ından fazla su içermesi gerektiği belirtilmiştir (Tombesi, 1994). Farklı su uygulamalarının fındık verim ve verim öğelerine etkisinin araştırıldığı bir diğer çalışmada ise tozlanma dönemi ile hasat öncesi arasındaki dönemde üç yıl süreyle çeşitli sulama miktarları denenmiştir. Su noksanlığı olan ocakların gövde ve sürgün gelişiminde azalma görülmüştür. Fındık iç dolumu döneminde görülen susuzluğun yüksek oranda verim kaybına neden olduğu, hasat zamanına yakın dönemde yaşanan kuraklığın ise meyvelerin erken dökülmesine yol açtığı bildirilmiştir (Mingeau ve ark., 1994). Bignami ve Natali (1997) yeni dikim bir fındık bahçesinde yürüttükleri çalışmada, tarla kapasitesinin %50, %75 ve %100 olacak şekilde üç farklı dozda sulama yapmışlar ve fındığın gelişimini sulama yapılmayan kontrol şartlarıyla karşılaştırmışlardır. Üç yıl süren ölçümler sonrasında toprak su seviyesinin gövde ve sürgün çapına, sürgün boyuna, yaprak alanına ve verime önemli etkilerinin olduğu, en uygun gelişimin ise toprak neminin ise tarla kapasitesinin %75 seviyesinde olduğu zaman elde edildiğini belirtmişlerdir. Konuyla ilgili bir diğer çalışmada ise fındık bitkisinde damla sulama yöntemiyle tarla kapasitesinin %50, %75 ve %100 olmak üzere üç farklı dozda sulama yapılmış ve sulama yapılmayan kontrol dozuyla karşılaştırılmıştır. Çalışmanın sonunda klorofil a ve b, toplam klorofil, çözümlü şekerler, toplam şeker, karotenoidler ve nişasta bakımından sulama düzeyleri arasında istatistiki olarak farklar olduğunu bildirilmiştir. Yaprak metabolitleri ve gaz değişim parametreleri bakımından en yüksek değerlerin %75 ve %100 dozlarında yapılan sulama konularında olduğu tespit edilmiştir (Dias ve ark., 2005).

Fındık üretimini sınırlayan ana faktörler, düşük yağış miktarı ve kullanılabilir suyun sınırlı oluşudur. Bu nedenle toprak nem düzeyinin ve farklı sulama stratejilerinin fındık ağacının verim ve vejetatif gelişimi üzerine etkisi şöyle sıralanabilir; Nisan'dan eylül'e kadar sulama yapıldığında meyve kalitesi üzerine olumlu etkileri olurken, sadece yaz aylarında su arzında %60 azalma yaşandığında yapılan sulama meyve kalitesi olumsuz etkilenmiştir (Gispert ve ark., 2005). Awada ve Josiah (2007) yıllık yağış dağılımının düzensiz olduğu bir bölgede farklı fındık

çeşitlerinin bir kısmına sulama yapılarak sulama yapılmayan kontrol şartlarıyla karşılaştırılmıştır. Yetiştirme dönemi boyunca yağışların çoğu mayıs ve haziran aylarında olurken, yazın geri kalanı (temmuz-eylül) ortalama sıcaklığın 30 C<sup>0</sup> üstünde, kurak ve sıcak olduğu belirlenmiştir. Araştırmacılar, sulamanın yaprak alanı, yaprak su potansiyeli, stoma iletkenliği, maksimum fotosentez, su kullanım etkinliği ve bitki boyuna olumlu etkileri olurken istatistikî fark yaratmadığını, ancak su stresinin yaprak azot miktarını olumsuz etkilediğini, sulama ve çeşit arasındaki interaksiyonun önemli olduğunu belirtmişlerdir.

Konuyla ilgili olarak yürütülen bir çalışmada farklı fındık çeşitlerinde uzun dönem sulamanın etkisini belirlemek amacıyla üç farklı (evapotranspirasyon miktarına göre %50, %75 ve %100) dozda sulama yapılmıştır. Elde edilen veriler sulama yapılmayan kontrol şartlarıyla karşılaştırıldığında, gövde çapı, taç hacmi ve genişliğinin sulama miktarına doğru orantılı şekilde arttığı, en yüksek verim ve verim öğelerinin tüm yıllar ve tüm çeşitlerde %75 sulama dozunda olduğu belirlenmiştir (Bignami ve ark., 2009).

Bitkilerin vejetatif ve generatif gelişimleri ile besin elementi konsantrasyonları üzerine sulama uygulamalarının önemli etkileri görülmektedir. Farklı oranlarda su uygulamalarının şeker mısırı danelerinde N, P, K, Ca ve Mg konsantrasyonları üzerine olumlu etkileri olduğu, tüm besin elementleri bakımından en düşük konsantrasyonların en az sulama yapılan konulardan elde edildiği ve tam sulamada ise besin element konsantrasyonlarının azaldığı belirlenmiştir (Kara ve ark., 2016).

Tüm bitki su ilişkileri köklere su alımından, suyun vasküler sistem yoluyla taşınmasından ve yaprak yüzeylerindeki su kaybından etkilenir. Suyun tüm hücresel süreçler için önemini büyük olması nedeniyle bitki su durumu yakından kontrol edilmelidir. Bitki kök gelişiminde yaşanan problemler, su ve besin elementi alımı için mevcut yüzeyi doğrudan azalttığından tüm elementlerin noksanlığına neden olabilmektedir (Wimmer ve Eichert, 2013). Sulamanın mikro elementler üzerine etkileri ile ilgili çalışmalar incelendiğinde konuyla ilgili çok fazla literatüre rastlanılmamış ve konuya yakın çalışmalar aşağıda belirtilmiştir.

Demir, bitki büyüme organlarının ihtiyaçlarını karşılanması için gelişim periyodu boyunca alınan önemli bir mikro elementtir. Bitki metabolizmasında Fe<sup>+2</sup>

iyonunun kullanılması nedeniyle bitki  $Fe^{+2}$  ya da bu iyonu indirgenmiş demiri alır (Kacar ve Katkat, 2009). Demirin indirgenmesini etkileyen faktörlerin başında ortamın nem miktarı gelmektedir. Toprak su ile doygun hale geldiğinde  $Fe^{+3}$  indirgenmekte ve toprak çözeltisindeki  $Fe^{+2}$  miktarı artmaktadır (Güzel ve ark., 2008). Toprak suyunun gereğinden fazla olması ise suyun havalanmayı engellemesi nedeniyle bitki kök uçlarına zarar vererek demir alınımını azaltmaktadır. Suyun olmadığı sıcak ve kurak koşullarda da kök ucunun sağlıklı gelişmemesi nedeniyle ortamda bulunan Fe alınımı azalmaktadır. Bitkilerin vejetatif gelişime başladığı bahar ayları toprak Fe alınımı için uygun şartları sağlarken ilerleyen zamanlarda iklim şartları Fe alınımına engel olabilmektedir. Yağışların düzensiz olması, son yıllarda yaz mevsiminin kurak ve sıcak geçmesi nedeniyle fındık tarımı yapılan arazilerde de benzer sorunlar görülmektedir. Fındık bahçelerinde sıcak ve kurak geçen günlerin zararlarını engellemek amacıyla sulama çalışmaları yürütülmektedir (Bostan ve ark., 2018).

Bakır bitki tarafından metabolik enerji kullanılarak  $Cu^{+2}$  ve Cu-kleytler şeklinde alınmakta, floem ve ksilemde aminoasitler ile bileşik oluşturularak organik bileşikler şeklinde taşınmaktadır. Bakırın bitkideki hareketleri yetiştiği ortamda ve bitkide bulunan Cu konsantrasyonu ile yakından ilişkili olup, bitkideki konsantrasyonunun düşük olduğu koşullarda bitkiden meyveye taşınımı da düşük miktarda olmaktadır.

Çinko büyük bir bölümü toprakta adsorbe halde bulunmakta ve bitkiler tarafından genellikle  $Zn^{+2}$  iyonu şeklinde toprak çözeltisinden alınmaktadır. Çinkonun köke alınmasında diğer bitki besin elementlerinde olduğu gibi kök etki alanına taşınması gerekmez ancak toprak çözeltisinde düşük konsantrasyonda olması nedeniyle kitle akımı ile taşınımı da düşük miktarlarda olmaktadır. Bitkiler ihtiyaç duydukları Zn'nin önemli miktarını difüzyon ve kontak değişim yoluyla rizosfer bölgesinden almaktadır (Kacar ve Katkat, 2007). Aynı zamanda toprak çözeltisinin Zn konsantrasyonu da sezonsal olarak değişmekte, ilk baharda düşük olan Zn konsantrasyonu yaz mevsiminde artış göstermektedir. Bu da bitkilerin yaz mevsiminde toprak çözeltisinden alabildiği Zn miktarının artmasına neden olabilmektedir.

Mangan bitkilerde immobil bir mikro element olmasına rağmen  $Mn^{+2}$  iyonları şeklindeki hareketliliği B ve Cu'ya göre daha fazladır. Bu sayede yaşlı yapraklardan

genç yapraklara ve meristem dokularına bir miktar taşınabilmektedir. Manganyın büyük oranda ksilemde taşınması ve genç organlarda birikmesi nedeniyle bitki büyüme noktalarında yüksek konsantrasyonlarda bulunmaktadır. Taşınım mekanizmasında transpirasyon önemli yer alırken yarayırlılığı iklim faktörleri etkisi altındadır. Özellikle toprak nem miktarı fazla olduğunda ve yağışların fazla olduğu ilkbahar mevsiminde mikrobiyal aktivitenin azalmasına, oksijen difüzyonunun azalmasına ve Mn içeren bileşiklerin indirgenmesinin hızlanarak Mn'nin daha az alınabilmesine neden olurken, havalar ısınıp topraktaki nem miktarı düştüğünde Mn daha alınabilir hale geçmektedir. Bu nedenle toprak çözeltisinde bulunan  $Mn^{+2}$  konsantrasyonu da mevsime göre değişkenlik göstermektedir (Kacar ve Katkat, 2007).

Bor bitkiler tarafından üç farklı mekanizma ile alınabilir. Uzun süredir bor için tek alım yolu olarak kabul edilen difüzyonla pasif alım, yeterli veya yüksek B kaynağı altında borik asit molekülünün ana alım süreci olarak görölmektedir (Miwa ve Fujiwara, 2010). Düşük B koşulları altında aktif B alımı baskındır (Dannel ve ark., 2010). B alımı için üçüncü mekanizma ise B eksikliği yaşandığında majör taşıyıcı proteinlere ait olan kanallar yoluyla kolaylaştırılmış difüzyondur (Tanaka ve ark., 2011).

Fotosentezi sürdürmek ve besin elementlerinin bitki kısımlarına tedarikliğini sağlamak için ksilem yoluyla yapraklara sürekli su temini edilmektedir. Toprak nemi yeterli olduğu şartlarda günün sıcak saatlerinde sağlıklı ve stressiz olan bazı bitkilerde solma normal iken bu bitkiler B noksanlığı şartlarında solmamaktadır. Bitkiler stomayı kapatmakta geç kaldığı ya da stomaları kapatmak için gerekli olan yaprak su potansiyeli ya da turgoru sağlayamadığından kaynaklanmaktadır. B eksikliği olan bitkilerin daha düşük terleme oranları, ani kuraklık olaylarında solmayı önleyebilir veya geciktirebilmektedir (Wimmer ve Eichert, 2013). Toprağa destek sulamanın kesilerek kuraklık şartları uygulandığında, B eksikliği olan bitkiler, B bakımından yeterli olanlardan daha erken solmaktadır. B eksikliği olan bitkiler kuraklığa daha duyarlı olmakta ve sıcak koşullarda destek sulamaya ihtiyaç duymaktadır.

Sulama uygulamalarının bitki besin elementi alımına etkilerinin bulunmasının yanında verim ve verim bileşenleri üzerine etkileri de olduğu görölmektedir. Başta fındık bitkisi olmak üzere diğer bitkilerde de sulama uygulamalarının bitki besin

elementi konsantrasyonlarına etkisi ile bitki gelişimi, verim ve verim parametreleri ile ilişkilerini gösteren çalışmalara aşağıdaki kaynaklar örnek verilebilir.

Damla sulama yöntemiyle sulama yapılan mandalina yapraklarında sulama uygulamalarının yaprak Fe konsantrasyonunu artırırken, yaprak Mn, Zn ve Cu konsantrasyonları üzerine etkisi olmadığı belirlenmiştir (Panigrahi ve Srivastava, 2017). Saleh ve ark., (2018) fasulyede artan dozda sulama ile yaprak Zn ve Mn konsantrasyonlarının arttığını ve en yüksek değerlerin tam sulama konusunda belirlendiğini, Cu ve Fe konsantrasyonlarının ise tam sulama ile en düşük değerlerde olduğunu belirtmiştir.

Sulamanın farklı dönemlerde yaprak besin elementi üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmada, farklı miktarlarda yapılan sulamanın ilkbaharda alınan brokoli yapraklarında sadece Cu konsantrasyonunu, sonbaharda alınan yapraklarda ise P, K, Ca, Mg, Fe ve Zn konsantrasyonunu artırdığı belirlenmiş, uygulanan su miktarının N, B ve Mn miktarını etkilemeyebileceği ifade edilmiştir (Bellitürk ve Aslam, 2021). Yukarıda bahsi geçen araştırmalar genellikle çok az sayıda farklı bitkilerde mevcut iken fındık bitkisinde sulamanın makro ve mikro elementlerin bitkilerdeki değişimi üzerine etkilerini ortaya koyan literatürlere rastlanmamıştır.

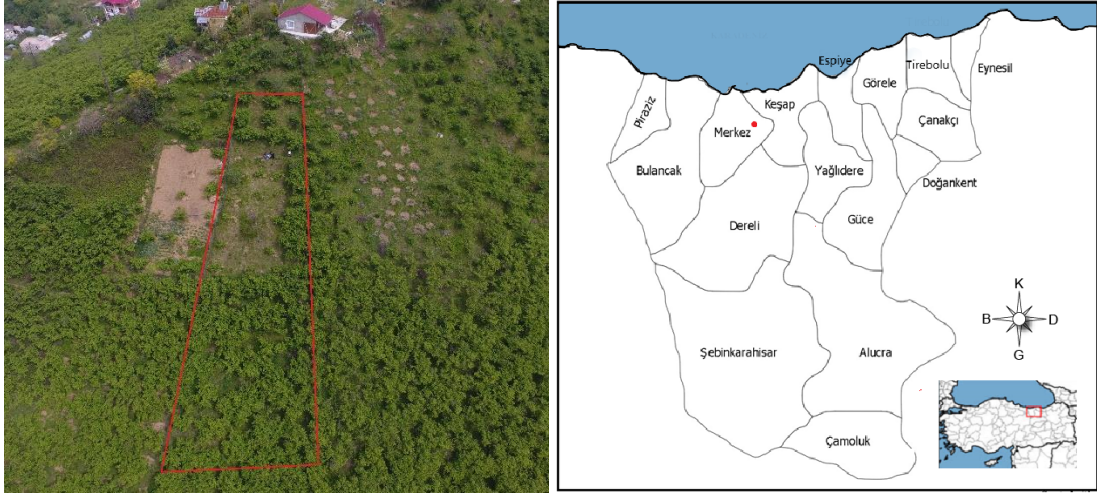


### 3. MATERYAL ve METOT

#### 3.1 Materyal

##### 3.1.1 Deneme Materyali

Bu çalışma Giresun ili merkez ilçeye bağlı, yoğun olarak fındık yetiştiriciliği yapılan Barça köyünde (40°52'25''K, 38°26'31''D), bakımları düzenli yapılan bir fındık bahçesinde kurulmuştur (Şekil 3.1). Deneme yerinin Giresun olarak seçilmesinin nedeni ülkemizde en kaliteli ve miktar olarak en fazla üretilen Tombul fındığın en yaygın olarak yetiştirildiği il olmasıdır.



Şekil 3.1 Deneme Alanı ve Konumu

Araştırma Tombul fındık çeşidinde yürütülmüştür. Tombul fındık, verimli, çok lezzetli, kuruyemiş olarak ve sanayide kullanıma elverişli, beyazlaşma oranı çok yüksek, üretimi en fazla, buruşuk iç oranı az, yağ ve protein oranı yüksek, periyodisiteye eğilimi çok az, erkenci, iklim koşullarına, özellikle ilkbaharın geç donlarına duyarlı, yükseklerde (550 m. den fazla) ekonomik anlamda yetiştirmeye elverişli değil, fındık filiz güvesi ve fındık gülüne (kozalak) duyarlı bir çeşittir. Denemenin yürütüldüğü alanda fındık ocak verimlerinin homojen olduğu bir bahçe seçilmiştir. Uygulama için fındık ocakları budama yapılarak tüm ocakların 5 dal olacak şekilde dal sayıları eşitlenmiştir.

##### 3.1.2 Deneme Toprağının Özellikleri

Deneme uzun zamandır fındık tarımı yapılan, bakımları gerçekleştirilen, tek çeşit fındık bitkisinin hâkim olduğu bir bahçe seçilerek kurulmuştur. Deneme toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 3.1'de verilmiştir.

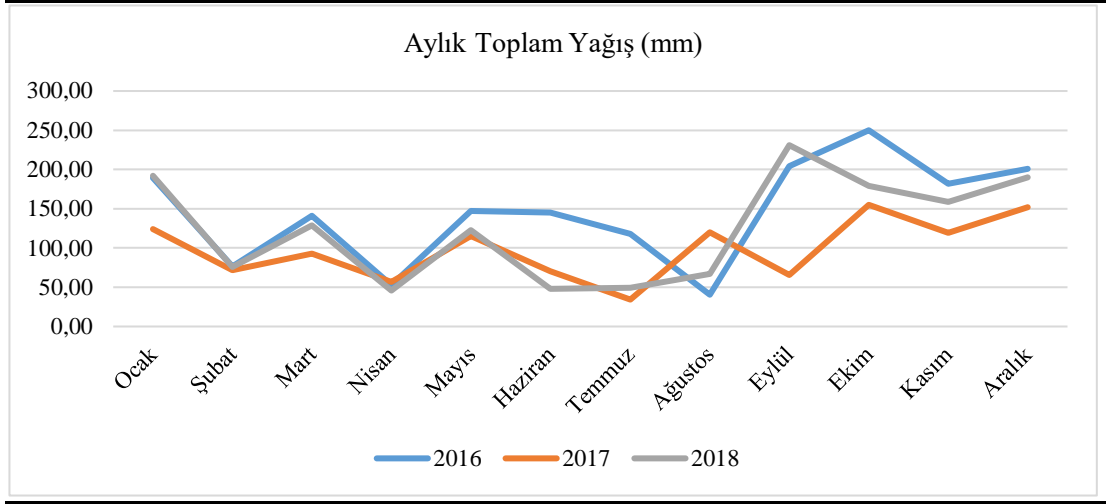
**Çizelge 3.1** Deneme Arazisi Toprağının Özellikleri

Derinlik (cm)	Tesktür	pH (1:2.5)	O.M. (%)	EC mS/cm	CaCO <sub>3</sub> (%)	TK (%)	SN (%)
0-30	Killi tın	6.15	1.73	0.08	1.79	36	21
30-60	Killi tın	6.07	1.07	0.09	1.92	35	20
	P	K	Fe	Zn	Cu	Mn	B
<b>2016</b>	----- mg kg <sup>-1</sup> -----						
0-30	4.85	33.41	22.84	0.64	1.73	17.46	0.24
30-60	4.24	30.86	20.25	0.59	1.65	16.35	0.22
<b>2017</b>							
0-30	9.23	74.10	29.54	0.44	0.95	13.20	0.23
30-60	8.45	68.30	23.12	0.23	0.64	10.64	0.34
<b>2018</b>							
0-30	7.55	53.20	25.72	0.54	1.35	15.30	0.24
30-60	6.72	49.60	22.15	0.42	1.12	13.42	0.28

Deneme toprağı incelendiğinde; 0-60 cm derinliğı killi tın tekstüre sahip, genel olarak orta derecede asitliğı olduğı, organik madde içeriğinin az sınıfında yer aldığı, tuzsuz, tarla kapasitesinin %35 ve solma noktasının %21 olduğı belirlenmiştir (Çizelge 3.1). Topraklarda genellikle 10-15 mg kg<sup>-1</sup> arasında fosfor değerinin bitki beslenmesi açısından yeterli olduğı (Korkmaz, 2005) bildirilmektedir. Deneme toprakları yarıyışlı fosfor ve potasyum açısından değerlendirildiğinde yetersizdir (Alpaslan ve ark., 1998). Mikro elementler yönünden değerlendirildiklerinde ise topraklarda demir, bakır ve mangan yeterli, çinko az sınıfında yer alırken (Alpaslan ve ark., 1998), bor açısından değerlendirildiğinde ise oldukça yetersiz (Wolf, 1971) olarak saptanmıştır.

### 3.1.3 Deneme Alanının İklim Verileri

Denemenin yürütüldüğü Giresun ili merkez ilçenin 2016, 2017 ve 2018 yıllarına ait iklim verileri Giresun Meteoroloji İstasyon Müdürlüğünden alınmıştır. Şekil 3.2 incelendiğinde aylar ve yıllar arasında yağış miktarları önemli farklılıklar göstermektedir. En fazla yağış miktarı yıllık toplam 1740 mm ile 2016 yılında olurken, en düşük yağış miktarı 1175 mm ile 2017 yılında gerçekleşmiş, 2018 yılında ise 1485 mm yağış düşmüştür.



**Şekil 3.2** Giresun İli Yıllık Yağış Verileri

Denemenin yürütüldüğü nisan-eylül ayları içinde en düşük yağış nisan ayında olurken en fazla yağış eylül ayında olmuştur. Meyve gelişim ve olgunlaşma dönemi olan haziran ve temmuz ayları incelendiğinde, özellikle 2017 ve 2018 yılı yağış miktarlarının fındık tarımı için düşük olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.2).

**Çizelge 3.2** Giresun İli Sıcaklık ve Nispi Nem Verileri

AYLAR	Aylık Maksimum Sıcaklık (°C)			Aylık Minimum Sıcaklık (°C)			Aylık Ortalama Sıcaklık (°C)			Aylık Ortalama Nispi Nem (%)		
	2016	2017	2018	2016	2017	2018	2016	2017	2018	2016	2017	2018
<b>Ocak</b>	22.8	20.5	19.5	-3.6	-2.5	1.7	7.1	6.6	8.9	63.9	64.7	68.0
<b>Şubat</b>	25.4	19.0	21.7	2.6	-1.5	5.3	10.7	6.8	10.0	60.5	62.5	71.0
<b>Mart</b>	29.2	21.6	31.3	3.1	4.6	1.5	11.0	9.7	11.9	62.7	67.7	70.3
<b>Nisan</b>	32.5	25.9	21.6	5.7	6.0	7.3	14.4	10.8	13.0	66.8	72.7	70.1
<b>Mayıs</b>	28.1	29.6	26.1	10.6	10.4	12.3	16.7	15.5	18.7	76.1	75.7	74.8
<b>Haziran</b>	35.2	28.5	29.6	14.1	15.0	16.8	22.3	21.1	23.0	71.4	70.5	67.8
<b>Temmuz</b>	30.1	31.4	30.3	18.6	18.3	19.4	24.2	24.2	25.2	70.6	67.8	67.8
<b>Ağustos</b>	32.2	31.5	31.6	18.7	18.2	20.4	25.9	25.3	25.4	70.7	71.3	63.7
<b>Eylül</b>	32.9	32.5	29.8	12.7	17.4	13.2	21.2	22.5	22.1	66.0	67.6	67.3
<b>Ekim</b>	26.3	28.1	27.1	9.3	10.0	8.4	16.4	16.7	18.7	74.5	67.3	70.9
<b>Kasım</b>	31.9	23.2	22.8	5.9	4.0	7.0	13.0	13.6	13.8	63.3	62.6	69.0
<b>Aralık</b>	17.0	21.2	20.3	-0.2	3.2	2.4	6.6	11.9	10.0	68.1	57.5	66.3
<b>Yıllık Ortalama</b>	28.6	26.1	25.9	8.1	8.6	9.6	15.8	15.4	16.7	67.9	67.3	68.9

Yıllık ortalama yağış miktarları fındık tarımı için yeterli gözükmemekte ancak iklimsel faktörler nedeniyle yağış dağılımındaki yaşanan düzensizlik, sıcak geçen yaz mevsiminde yağış miktarının fındık için yetersiz kalmasına sebebiyet vermektedir.

### **3.2 Metot**

Deneme 2016-2018 yılları fındık yetiştirme sezonlarında tesadüf parselleri deneme desenine göre, toplam 3 yıl süreyle I. standart fındık yetiştirme bölgesi olan Giresun ilinde yürütülmüştür. Yürütülen denemede fındık ocaklarından nisan-eylül ayları arasında alınan yaprak örneklerinin makro ve mikro besin element konsantrasyonları incelenerek fındık bitkisinin besin elementi içeriklerinin dönemsel olarak tespiti sağlanmıştır. Elde edilen veriler ile yaprakların besin elementi içeriklerinin stabil olduğu ve yaprak örnekleme için uygun dönemler belirlenmiştir. Ayrıca deneme deseninde uygulanan dönemsel destek sulamanın fındık bitkisinde farklı gelişim dönemlerinde makro ve mikro besin elementleri üzerine etkisi tespit edilmiştir.

Deneme arazisine düzenli sulama ve gübreleme yapıldığından diğer komşu bahçelere nazaran daha fazla yabancı ot gelişimi saptanmıştır. Bu nedenle mücadele amacıyla motorlu sırt tırpanı ile 1.5 ayda bir kez olmak üzere düzenli yabancı ot mücadelesi yapılmıştır. Yabancı ot mücadelesi esnasında sulama sistemine herhangi bir zarar meydana gelmemesi için dikkatli olunmuştur. Zararlılar ile mücadele için yapılan gözlemler neticesinde zarar eşiğine ulaşmadığı belirlendiğinden bahçeye ilaçlı uygulama yapılmamıştır.

#### **3.2.1 Sulama Dönemleri**

Sulama zamanları fındık bitkisi gelişme dönemlerine göre aşağıdaki şekilde 3 farklı döneme ayrılmıştır.

1. Dönem (D1) : Döllenme sonu, meyve tutumu dönemi, (Mayıs)
2. Dönem (D2) : Tohum taslağı gelişimi dönemi, (Haziran)
3. Dönem (D3) : Hasat olumu önü dönemi (Temmuz)

Denemede, gelişme dönemlerine göre 5 farklı sulama konusundan oluşmaktadır. Araştırmada deneme konuları şu şekilde oluşturulmuştur;

1.  $S_K$ : Sulama olmayan konu (Kontrol)
2.  $S_{M+H}$ : D1 ve D2’de sulama, diğer dönemler susuz
3.  $S_{M+H+T}$ : D1, D2 ve D3’te sulama
4.  $S_{H+T}$ : D2 ve D3’te sulama, diğer dönemler susuz
5.  $S_T$ : D3’te sulama, diğer dönemler susuz

Deneme, kontrol dahil 5 sulama konusu ve 4 tekerrür (her tekerrürde 3 ocak) olacak şekilde toplam 60 ocakta tesadüf parselleri deneme desenine göre yürütülmüştür. Sulama yöntemi olarak “damla sulama yöntemi” tercih edilmiştir. Bu yöntem, su tasarrufu sağlaması ve arazi topografyasının dalgalı olması nedeniyle tercih edilmiştir. Sulama suyu pompa biriminden sonra hidrosiklon ve yatay disk filtre sisteminden geçirildikten sonra araziye uygulanmıştır. Her bir fındık ocağı için 1 halkayı içeren salkım tip (halka) şeklinde damla sulama sistemi uygulanmıştır. Damlatıcı aralıkları toprağın su alma hızı (arazide yapılan testlerde ise toprağın su alma hızının  $I=5.8$  mm/h olduğu belirlenmiştir, çift silindir infiltrometre yöntemi ile) ve damlatıcı debisine (2 atm basınç altında 4 l/h’dir) bağlı olarak 75 cm olarak hesaplanmış ve ocağın etrafına 12 damlatıcı olacak şekilde bitki dal iz düşümüne yerleştirilmiştir (Şekil 3.3). Etkili kök derinliği 60 cm olarak alınmış (OSU, 1985; Baldwin ve ark., 2003) ve ocakların etrafına dal iz düşümüne gelecek şekilde damla sulama yöntemi uygulanmıştır. Topraktaki nem değişikliği gravimetrik yöntemle 10 gün arayla, sulama öncesinde ve bir gün sonrasında 0-30 ve 30-60 cm derinliklerde izlenmiştir (Garrity ve ark., 1982). Etkili kök derinliğinde bulunan kullanılabilir suyun %40’ı tüketildiğinde etkili kök derinliğindeki toprak nemi tarla kapasitesine gelecek şekilde damla sulama ile uygulama yapılmıştır. Burada ıslatma oranı %45 olarak hesaplanmış ve kullanılmıştır. Parseller arasında su geçişini önlemek amacıyla “1 ocak” 4 metre mesafe bırakılmıştır.



**Şekil 3.3** Damla Sulama Sisteminin Uygulanması

Sulama hesaplamaları Güngör ve Yıldırım (1989) tarafından verilen eşitlik yardımıyla hesaplanarak, ıslatılan alan oranı (Yıldırım, 2005) değeri ile düzeltilerek ve parsel alanı ile çarpılarak elde edilmiştir. Uygulanan sulama suyu miktarları parsel (64 m<sup>2</sup>) başlarına sayaçlar yerleştirilerek kontrol edilmiştir.

$$ET = d1 + P + I - d2 \quad (1) \quad -D \quad [1]$$

Eşitlik 1' de; ET: bitki su tüketimi (mm),

P: yağış

I: sulama suyu

d1: periyot başlangıcındaki toprak nemi (mm/60 cm)

d2: periyot sonundaki toprak nemi (mm/60 cm)

D: derine sızma (Heerman, 1985; Pekcan, 2005)

### 3.2.2 Gübreleme

Araştırma alanında yapılan toprak analizleri göre 400 kg da<sup>-1</sup> CaCO<sub>3</sub> uygulaması yapılarak toprak pH'sı yukarıya çekilmiştir (yaklaşık 6.5 pH) ve ocak başı hepsi saf olmak üzere 400 g N (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, %33 N), 300 g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (MAP, 11-52-0) ve 200 g K<sub>2</sub>O (KNO<sub>3</sub>, 13-0-44) ile 6 g B ocak<sup>-1</sup> (Etidot-67, %21 B) ve 16 g Zn ocak<sup>-1</sup> (Zn SO<sub>4</sub>, %21 Zn) gübre uygulamaları fertigasyona uygun olması için tamamı suda çözünür formdaki gübrelere uygulanmıştır. Kontrol parsellerinde olan gübrelerin tamamı ocakların dal izdüşümüne çapayla açılan çukurlara gömülmüş, geri kalan uygulamalar ise ocak başına sulama sayısı göz önüne alınarak damla sulama sistemiyle uygulanmıştır.

### **3.2.3 Toprak Örneklerinde Yapılan Rutin Analizler ve Uygulama Metotları**

Toprak örnekleri üç farklı derinlikten alınmış, laboratuvar şartlarında hava kurusu hale gelinceye kadar kurutulmuş ve ahşap tokmaklar ile dövüldükten sonra 2 mm'lik elekten geçirilerek analize hazır hale getirilmiştir (Richard, 1954).

#### **Toprak Reaksiyonu (pH):**

1:2.5 oranında toprak:su (10 g/ 25 ml) karışımının çalkalama makinesinde 5 dakika çalkalanmasından sonra, cam elektrotlu pH-metre yardımıyla ölçülmüştür (Richard, 1954).

#### **Toprakta Total Tuz (EC):**

Total tuz, 1:2.5 oranında toprak:su karışımı hazırlanarak kondaktivite aleti ile elektriksel geçirgenliğin ölçülmesi suretiyle belirlenmiştir (Richard, 1954).

#### **Toprak Tekstürü:**

Toprak taneciklerinin büyüklüklerine göre kum, silt ve kil olarak toprak içerisindeki yüzde içerikleri (toprak tekstürü), Bouyoucos hidrometre yöntemi ile ölçülmüştür (Bouyoucos, 1951). Bu yöntemde, taneciklerin süspansiyonda çökme hızından büyüklükleri hesaplanmaktadır. Toprakların tekstürlerine göre; Soil Survey Staff (1951)' deki tekstür üçgeni esas alınarak tekstür sınıfları belirlenmiştir.

#### **Toprağın Kireç İçeriği:**

Toprakta bulunan kalsiyum karbonatın ( $\text{CaCO}_3$ ) seyreltik hidroklorik asit (HCl) ile tepkimesi sonucu açığa çıkan karbondioksit ( $\text{CO}_2$ ) miktarının, kapalı bir sistemde (Scheibler kalsimetresi) standart sıcaklık ve basınç altındaki karbondioksit gazı hacminden hesaplandığı, kalsimetrik yöntem ile ölçülmüştür (Schlichting ve Blume, 1966).

#### **Organik Madde:**

Walkey-Black ıslak yakma yöntemiyle toprakta bulunan karbonun saptanması ve buradan organik madde miktarının hesaplanması Nelson ve Sommers (1982)' da belirtildiği şekilde yapılmıştır.

### **Yarayışlı Fosfor:**

Yarayışlı fosfor analizi toprağın pH analiz sonucuna bağlı olarak Bray ve Kurtz'un (1945) tarafından geliştirilen molibdofosforik mavi renk yöntemi kullanılarak yapılmıştır.

### **Değişebilir Potasyum, Kalsiyum, Magnezyum:**

Toprak örnekleri nötr 1N NH<sub>4</sub>OAc ile ekstrakte edilerek fleymfotometrede okunmasıyla belirlenmiştir (Pratt, 1965).

### **Ektrakte Edilebilir Fe, Cu, Zn, Mn:**

Kacar (2009) tarafından bildirildiği şekilde DTPA ile ekstrakte edilen toprak örneklerinde Fe, Cu, Zn, Mn, AAS ile belirlenmiştir.

### **Bitkiye Yarayışlı Bor:**

Wolf (1971) tarafından bildirildiği şekilde Azomethine-H ile renklendirilerek Spektrofotometre'de belirlenmiştir.

### **3.2.4 Bitki Örneklerinin Analize Hazırlanması ve Kullanılan Yöntemler**

Deneme kurulumundan itibaren nisan-eylül ayları arasında 4 haftada bir fındık ocaklarının sürgünlerindeki meyve dallarının üzerinde bulunan 3. veya 4. sağlıklı yapraklardan ocağın her yönünü kapsayacak şekilde her ocaktan 50-60 adet yaprak örneği toplanmıştır. Toplanan her bir ocağa ait numaralandırılmış olan kese kağıtlarına konularak laboratuvara getirilmiştir (Bergmann, 1992).

Nisan-eylül ayları arasında alınan yaprak örneklerinin makro ve mikro besin element konsantrasyonları incelenerek fındık bitkisinin besin elementi konsantrasyonlarının sezonsal olarak tespiti sağlanmıştır.

Denemenin yürütüldüğu 3 sezon boyunca gelişimini tamamlayan fındık meyveleri, her yıl ağustos ayının ilk haftasında hasat edilmiş, üzerinde hasat edildiği ocağa ait numarası olan filelerde taşındıktan sonra hava kuru hale getirilerek analize hazırlanmıştır.

### **Bitki Örneklerinin Analize Hazırlanması**

Farklı dönemlerde alınan yaprak örnekleri kısa sürede laboratuvara ulaştırılarak çeşme suyu ve saf su ile yıkanmış, hava sirkülasyonlu bitki kurutma dolabında 65 °C'de sabit ağırlığa gelene kadar kurutularak analizlere hazır hale getirilmiştir. Analiz yöntemleri aşağıda verilmiştir. Hasat döneminde alınan meyve



örnekleri, patoz makinası ile danelerine ayrılmıştır. Fındıklar güneş gören zemine serilerek kurutulmuştur. Fındıklar kurutma sonrası uygun laboratuvar koşullarında depolandıktan sonra analiz için agar değirmenlerinde öğütülerek aşağıda belirtilen yöntemlerde meyvenin mineral madde analizleri yapılmıştır.

**Bitkide Azot Analizi:**

Kurutulmuş ve öğütülmüş bitki örneklerinde toplam N, Kjeldahl yöntemine göre belirlenmiştir (Bremner, 1965).

**Bitkide Fosfor Analizi:**

Nitrik asit ile kuru yakılan bitki örneklerinde fosfor, vanadomolibdo fosforik sarı yöntemine göre belirlenmiştir (Kitson ve Mellon, 1944).

**Bitkide Potasyum, Kalsiyum ve Magnezyum Analizi:**

Kacar ve İnal (2008) tarafından bildirildiği şekilde nitrik asit ile kuru yakılan bitki örneklerinde fleymfotometre ve AAS'de belirlenmiştir.

**Bitkide Mikro Element (Demir, Bakır, Çinko ve Mangan) Analizi:**

Kacar ve İnal (2008) tarafından bildirildiği şekilde nitrik asit ile kuru yakılan bitki örneklerinde ve AAS'de belirlenmiştir.

**Bitkide Bor Analizi:**

Nitrik asit ile kuru yakılan bitki örneklerinde toplam B Azomethin-H ile renklendirilerek Spektrofotometre' de belirlenmiştir (John ve ark., 1975).

**3.2.5 İstatistik Analizler**

Denemeden elde edilen veriler, SPSS istatistik paket programı kullanılarak varyans analizleri uygulanmış, tesadüf parsellerinde repeated measure yönteminde Tukey çoklu karşılaştırma metodu kullanılarak  $p < 0.05$  düzeyinde ortalamalar arasındaki farklar değerlendirilmiştir.

## 4. BULGULAR ve TARTIŞMA

### 4.1 Fındık Yapraklarının Besin Elementi Konsantrasyonu ve Sezonl Değişimi

#### 4.1.1 Fındık Yapraklarının Azot Konsantrasyonu ve Sezonl Değişimi

Araştırmanın yürütüldüğü yıllarda nisan–eylül ayları arasında alınan yaprak örneklerinin azot konsantrasyonları izelge 4.1’de verilmiştir. Azot konsantrasyonlarına ait yapılan istatistiksel analiz sonuçlarında göre yıl, ay ve yıl×ay interaksiyonu önemli ( $p<0.05$ ) bulunmuştur.

**Çizelge 4.1** Yaprakların Azot Konsantrasyonlarının (%) Sezonl Değişimi

Ay	2016	2017	2018	Ortalama
Nisan	2.365 Bb	2.354 Ab	2.717 Aa	<b>2.478 A</b>
Mayıs	2.628 Aa	2.224 Bc	2.481 Bb	<b>2.444 A</b>
Haziran	2.375 Bb	2.227 Bc	2.471 Ba	<b>2.357 B</b>
Temmuz	2.097 Cb	2.306 Aa	2.267 Cb	<b>2.223 C</b>
Ağustos	2.126 Ca	2.108 Ca	2.083 Da	<b>2.106 D</b>
Eylül	1.979 Db	1.946 Db	2.069 Da	<b>1.998 E</b>
<b>Ortalama</b>	<b>2.261 B</b>	<b>2.194 C</b>	<b>2.348 A</b>	
<b>P</b>	yıl:<0.001; y:< 0.001; yıl×ay:< 0.001			

Aynı yılda ortak harfi büyük olmayan aylar arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir ( $p<0.05$ ).

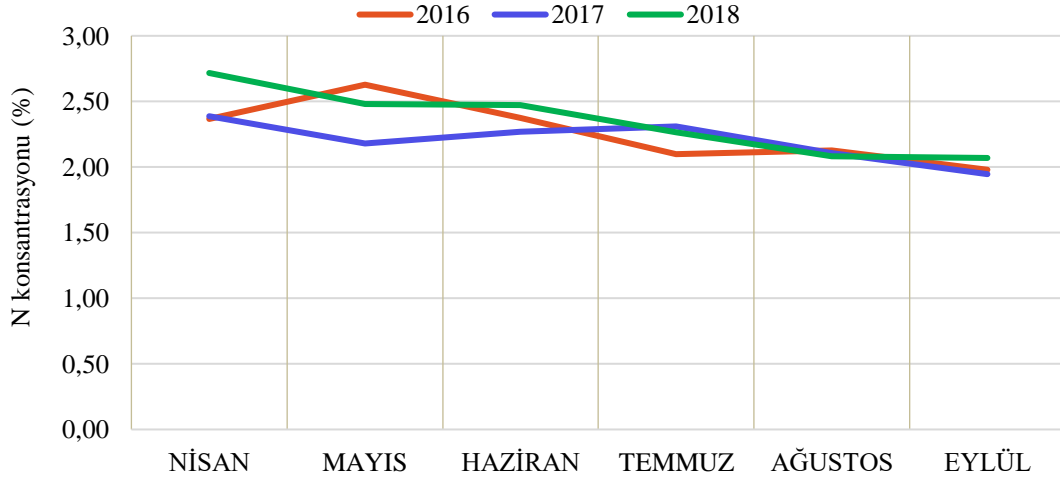
Aynı ayda ortak harfi küçük olmayan yıllar arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir ( $p<0.05$ ).

Yaprakların ortalama N konsantrasyonları incelendiğinde en yüksek %2.478 ile nisan ayında olurken, ilerleyen aylar ile N konsantrasyonu azalmış ve en düşük N %1.998 ile eylül ayında belirlenmiştir. Fındıkta yrtlen benzer çalışmalarda; Tarakçioğlu ve ark., (2003) farklı lokasyonlardan alınan fındık yapraklarının N konsantrasyonlarının %1.88 ile %2.80 arasında dağılım gösterdiğini, ztrk ve Tarakçioğlu (2016) fındık yaprağı N konsantrasyonunun mayıs ayından yaprak dökümüne kadar azaldığını ve yıllar arasında farklılık gösterdiği bildirmiştir. Tombul çeşidine ait yaprakların N içeriğinin en yüksek %3.48 ile nisan ayında, en düşük %1.19 ile aralık ayında bulunduğunu ve yaprak N konsantrasyonlarının haziran-eylül arasında stabil dönemi olduğunu tespit etmiştir. Özkutlu ve ark., (2018) besin elementlerinin tayininde yaprak analizlerinin önemli yeri olduğunu ve fındık bahçelerinden aldığı yaprakların N konsantrasyonlarının %0.86 ile %2.39 arasında değişkenlik gösterdiğini, Ergin (2019) fındık yapraklarında N değerlerinin %1.85 ile %2.08 arasında değiştiğini, zkutlu ve ark., (2020) fındık yapraklarında N konsantrasyonlarının yıllara ve uygulamalar göre değişmekle birlikte %1.34 ile %2.10

arasında olduğunu bildirmiştir. Yürütülen çalışmadan elde edilen değerler literatürle benzerlik göstermektedir.

Yaprak örneklerinin alındığı 2016, 2017 ve 2018 yılları arasında istatistiksel fark ( $p<0.05$ ) bulunurken 2016 yılı %2.261, 2017 yılı %2.194 ve 2018 yılı N konsantrasyonunun %2.348 olduğu tespit edilmiştir.

Araştırma sonuçları incelendiğinde (Çizelge 4.1) ay×yıl interaksyonu arasında istatistiksel olarak önemli ( $p<0.05$ ) fark olduğu belirlenmiştir. Çizelge 4.1 incelendiğinde yaprak N konsantrasyonlarının %1.946 ile %2.717 arasında değiştiği belirlenmiştir. Sonuçlara göre en yüksek değer 2018 yılı nisan ayında olurken en düşük değer 2017 yılı eylül ayında belirlenmiştir.



**Şekil 4.1** Yıllara Bağlı Olarak Yapraklarda N'nin Sezonel Değişimi

Yaprakların N konsantrasyonları incelendiğinde (Şekil 4.1); yıllar arasında fark görülürken, genel olarak nisan ayından sonra yaprakların normal boyutuna ulaştığı mayıs ayına kadar düşüş gözlenmiş, haziranda nispeten sabit kaldıktan sonra meyve gelişimi ve hasat döneminde düşüş devam etmiştir. Şekil 4.1 incelendiğinde hasat sonrası dönemde azalmanın diğer aylara oranla az olduğu ve ağustos-eylül aylarında nispeten sabit kaldığı görülmüştür. Konuyla ilgili yürütülen çalışmalarda; Kacar ve Katkat (1998) bitkiler olgunluk dönemine yaklaştıkça N içeriklerinin azaldığını ve gelişimin son dönemlerinde toprakta yeterli miktarda azot olsa dahi bitki azot içeriğinde azalmanın görülmeye devam edebileceğini bildirmiştir. Canali ve ark., (2005) fındık yapraklarında N konsantrasyonunun dönemsel olarak değişkenlik gösterdiği, nisan ayında düşük olan değerlerin bitkide çok aktif fotosentetik ve büyüme

dönemlerinin sonucu olarak haziranda arttığı ve sonrasında meyveye taşındığı için sezon sonunda düştüğünü ve fındık için yaprak N konsantrasyonunun belirlenmesinde en uygun zamanın haziran ayı olduğunu ifade etmiştir. Milosevic ve ark., (2009) yaprak N konsantrasyonunun sezonsal değişime uğradığını ve değerlerin yıllara ve çeşitlere göre değişkenlik gösterdiğini belirtmiştir. Konuyla ilgili olarak farklı bitkilerde yaprak N konsantrasyonunun sezonsal değişiminin incelendiği çalışmalarda; kahve, kayısı, elma, şeftali, Trabzon hurması, mandalina, incir ve üzüm (Cruz ve ark., 2019; Uçgun ve ark., 2019; Benou ve ark., 2020; Oliosi ve ark., 2020) ağaçlarının yaprak N konsantrasyonunun dönemsel olarak değişkenlik gösterdiği ve bazı aylar fazla değişkenlik göstermeden stabil kaldığı bildirilmiştir.

Azot, meyve ağaçlarında sezonsal değişimi ve noksanlığı en çok görülen besin elementidir (Cruz ve ark., 2019). Vejetasyon döneminin başında yüksek seviyede olan azot önemli seviyede düşüş göstermekte ve düşüş yetiştirme sezonu sonuna kadar kademeli olarak devam etmektedir (Kacar ve Katkat, 1998; Uçgun ve ark., 2019). Bu muhtemelen N'nin sezon başında hızla büyüyen sürgünlere, büyüyen meyvelere ve ağacın diğer kısımlarına taşınmasından kaynaklanmaktadır (Benou ve ark., 2020). Bitki büyüme ve üreme dönemlerinin yanı sıra yağış ve sıcaklığın da yaprak N konsantrasyonu üzerine önemli etkisi olduğu bilinmektedir (Oliosi ve ark., 2020). Söz konusu çalışmalar fındıkta yapraklarında N konsantrasyonunun sezonsal değişimini ve yıllara arasında görülen farklılıkları destekler niteliktedir.

#### **4.1.2 Fındık Yapraklarının Fosfor Konsantrasyonu ve Sezonsal Değişimi**

Araştırmanın yürütüldüğü yıllarda nisan–eylül aylarında alınan fındık bitkisi yapraklarının fosfor konsantrasyonları değişimi Çizelge 4.2’de verilmiştir. Fosfor konsantrasyonları ele alınarak yapılan istatistiksel analiz sonuçlarında göre yıl, ay ve yıl×ay interaksiyonu önemli ( $p<0.05$ ) bulunmuştur.

Yaprak örneklerinin alındığı 2016, 2017 ve 2018 yılları arasında istatistiksel fark ( $p<0.05$ ) bulunurken, 2016 yılı yaprak P konsantrasyonunun %0.280, 2017 yılı %0.207 ve 2018 yılında %0.241 olduğu tespit edilmiştir.

Yaprakların P konsantrasyonları incelendiğinde en yüksek %0.280 ile haziran ayında olurken, aylara göre değişkenlik göstererek gelişme mevsiminin sonuna doğru giderek azaldığı görülmektedir (Çizelge 4.2). Tarakçıoğlu ve ark., (2003) farklı fındık

bahçelerinden aldığı yaprakların P konsantrasyonlarının Tombul çeşitte %0.099-0.236 arasında ve Palaz çeşitte %0.085-0.221 arasında değişkenlik gösterdiğini, Öztürk (2014) fındık yapraklarının P konsantrasyonunun %0.105 ile %0.394 arasında değiştiğini, en yüksek değer nisan ayında olduğunu ve ilerleyen aylarda düşüş görüldüğünü tespit etmiş, haziran-ağustos ayları arasında değişkenlik göstermediğini ve aylarının stabil dönem olduğunu belirtmiştir. Kahraman (2016) fındık yapraklarının P konsantrasyonunun %0.12 ile %0.40 arasında değiştiğini, Tanrıvermiş (2019) fındık yapraklarında %0.19 ile %0.23 arasında P değerlerine sahip olduğunu, Özkutlu ve ark., (2020) fındık yaprak P konsantrasyonlarının yıllara göre değişkenlik gösterdiği ve %0.16 ile %0.23 arasında değişkenlik gösterdiğini tespit etmiştir. Literatürde görülen değerler ile çalışmadan elde edilen değerlerin benzerlik gösterdiği belirlenmiştir.

**Çizelge 4.2** Yaprakların Fosfor Konsantrasyonlarının (%) Sezonl Değişimi

Ay	2016	2017	2018	Ortalama
Nisan	0.261 BCb	0.218 ABc	0.318 Aa	<b>0.266 A</b>
Mayıs	0.232 Ca	0.193 Bb	0.232 Ba	<b>0.219 C</b>
Haziran	0.314 Aa	0.236 Ab	0.289 Aa	<b>0.280 A</b>
Temmuz	0.312 Aa	0.203 Bb	0.221 Bb	<b>0.245 B</b>
Ağustos	0.275 ABa	0.198 Bb	0.203 BCb	<b>0.225 C</b>
Eylül	0.284 ABa	0.194 Bb	0.182 Cb	<b>0.220 C</b>
<b>Ortalama</b>	<b>0.280 A</b>	<b>0.207 C</b>	<b>0.241 B</b>	

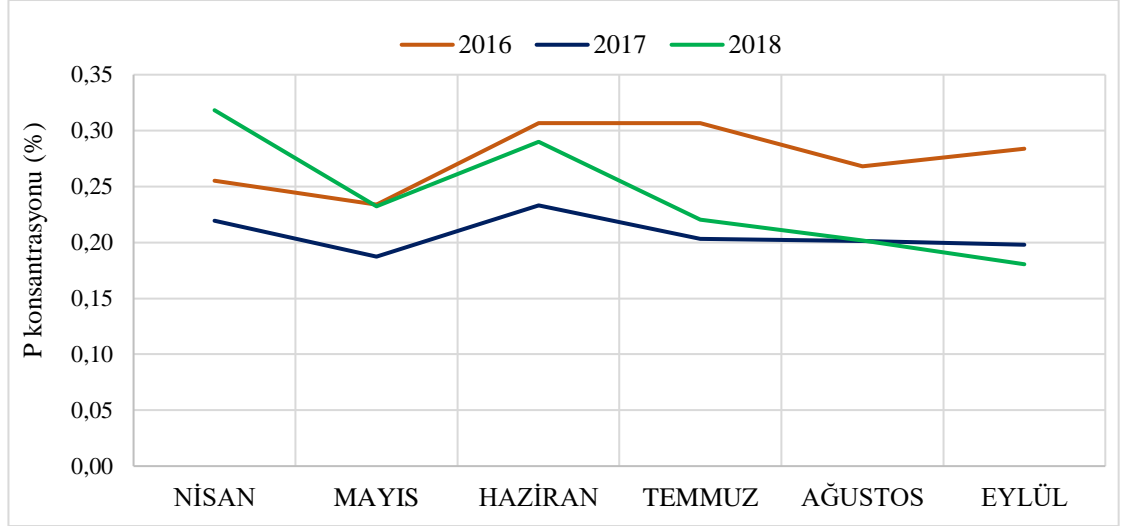
**P** yıl:<0.001; ay:< 0.001; yıl×ay:< 0.001

Aynı yılda ortak harfi büyük olmayan aylar arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir ( $p<0.05$ ). Aynı ayda ortak harfi küçük olmayan yıllar arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir ( $p<0.05$ ).

Araştırma sonuçları incelendiğinde ay×yıl interaksyonu arasında istatistiksel olarak önemli ( $p<0.05$ ) fark olduğu belirlenmiştir. Çizelge 4.2 incelendiğinde yaprak P konsantrasyonlarının %0.318 ile %0.182 arasında değiştiği belirlenmiştir. Sonuçlara göre en yüksek değer 2018 yılı nisan ayında olurken en düşük değer 2018 yılı eylül ayında belirlenmiştir. Yapraklarda P konsantrasyonu sezon sonuna doğru giderek azaldığı görülmektedir.

Yaprakların P konsantrasyonları incelendiğinde (Şekil 4.2), bitki gelişim dönemlerine göre değişkenlik göstermiş ve P konsantrasyonlarında dalgalanmalar olmuştur. Gelişimin hızlandığı mayıs ayında genel bir düşüş gözlenmiş ve haziran ayında yaşanan artıştan sonra, meyve gelişimi ve hasat döneminde azalmanın devam ettiği görülmüştür. Genel olarak nisan ve haziran aylarında alınan yaprak örneklerinde

en yüksek P değerine rastlanırken vejetasyonun hızla gerçekleştiği mayıs ayında en düşük değerler bulunmuştur. Elde edilen verilere göre yıllar içinde istatistiki açıdan temmuz-eylül ayları arasında fark olmadığı ve bu ayların stabil dönem olduğu söylenebilir. Yapılan benzer çalışmada, fındık yapraklarında sezonsal değişimin olduğu ve yaprak P konsantrasyonunun belirlenmesinde en uygun zamanın meyve gelişiminin başlangıcı olan haziran ayı olduğunu bildirilmiştir (Canali ve ark., 2005).



**Şekil.4.2** Yıllara Bağlı Olarak Yapraklarda P'nin Sezonsal Değişimi

Yaprak P konsantrasyonu sezonsal değişiminin belirlendiği benzer çalışmalarda; Aydoğdu (2011) zeytin ağaçlarının 12 aylık gelişme periyodunda yaprak P konsantrasyonunun meyve teşekkülü ve meyve gelişimi dönemi olan mayıs ve haziran aylarında birikim göstererek arttığını, kasım-şubat aylarında yaprak P içeriğinin az değiştiği dönem olup yaprak analizleri için stabil dönem olduğunu, Padder (2015) badem bitkisinin nisan-ağustos ayları arasında örnekleme tarihi ilerledikçe yapraklardaki fosfor içeriğinin önemli ölçüde azaldığını belirtmiştir. Benou ve ark., (2020) incir çeşitlerinde yaprak P içeriğinin gelişim evrelerine göre farklılık gösterdiğini ve ortalama P içeriğinin çiçeklenme aşamasında yüksek iken meyve gelişim aşamasında önemli ölçüde azaldığını, sonrasında artıp çalışılan dönemin sonuna kadar sabit kaldığı belirlemişlerdir.

#### 4.1.3 Fındık Yapraklarının Potasyum Konsantrasyonu ve Sezonl Değişimi

Araştırmanın yürütüldüğü yıllarda nisan–eylül ayları arasında alınan yaprak örneklerinin potasyum konsantrasyonları izelge 4.3'te verilmiştir. Potasyum konsantrasyonlarına ait yapılan istatistiksel analiz sonuçlarında göre yıl, ay ve yıl×ay interaksiyonu önemli ( $p<0.05$ ) bulunmuştur.

Yaprakların ortalama K konsantrasyonları incelendiğinde en yüksek %1.055 ile nisan ayında olurken, ilerleyen aylar ile K konsantrasyonu azalmış ve en düşük K %0.78 ile eylül ayında belirlenmiştir. Fındık bitkisinde yrtlen farklı çalışmalarda yaprak K konsantrasyonunun %0.17 ile %2.39 arasında değişkenlik gösterdiği ve bu değerin çeşitlere, lokasyona, toprak şartları ve iklim koşullarına göre değişkenlik gösterdiği ifade edilmiştir (Tarakçioğlu ve ark., 2003; Milosevic ve Milosevic, 2012; Kahraman, 2016; zkutlu ve ark., 2018, 2020; Meriņo-Gergichevich ve ark., 2021). Öztürk (2014) fındık yapraklarının K konsantrasyonunun %0.32 ile %1.46 arasında değiştiği ve en yüksek değerin her yıl nisan ayında olduğunu ve sonrasında çeşitli dalgalanmaların görüldüğünü tespit etmiştir. Ajili Lahiji (2022) fındık ağaçlarından haziran ayında alınan yaprak örneklerinde optimum K içeriğinin %0.80 olması gerektiğini ifade etmiştir. Çeşitlerin ortak stabil döneminin ağustos-eylül ayları olduğunu ancak mayıs-eylül döneminde stabil dönem olarak kullanılabileceğini vurgulamıştır. Bu çalışmada elde edilen değerler literatürle benzerlik göstermektedir.

Yaprak rneklerinin alındığı 2016, 2017 ve 2018 yılları arasında istatistiksel fark ( $p<0.05$ ) bulunurken ve 2016 yılı K değerinin %1.004 ile diğer yıllara göre yüksek olduğu ve 2016 ile 2017 yıllarının aynı istatistiki grupta olduğu tespit edilmiştir (izelge 4.3).

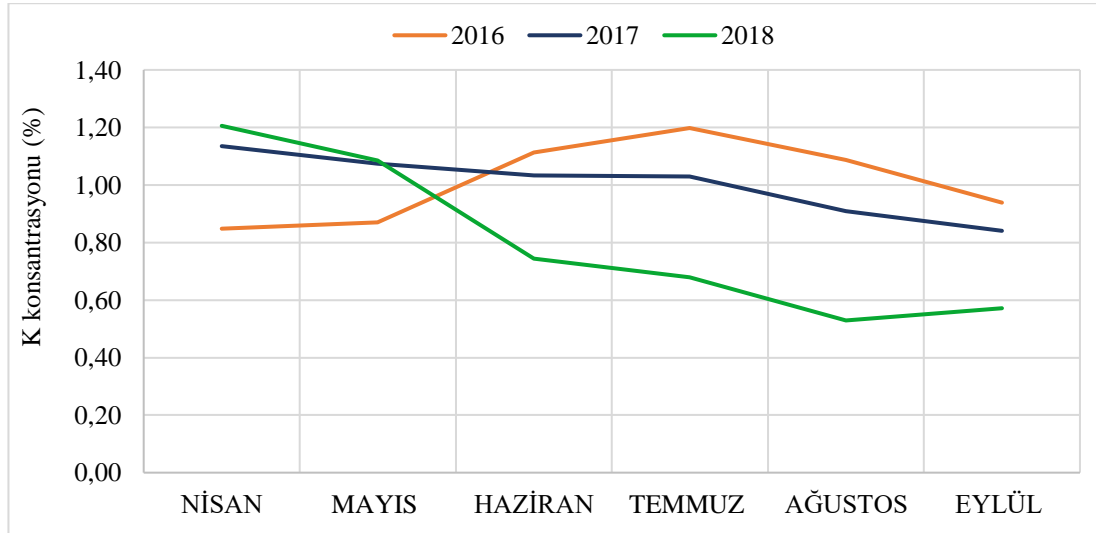
**Çizelge 4.3** Yaprakların Potasyum Konsantrasyonlarının (%) Sezonl Değişimi

Ay	2016	2017	2018	Ortalama
Nisan	0.820 Bc	1.134 Ab	1.211 Aa	<b>1.055 A</b>
Mayıs	0.874 Bb	1.073 Aa	1.086 Aa	<b>1.011 AB</b>
Haziran	1.111 Aa	1.030 ABb	0.745 Bc	<b>0.962 B</b>
Temmuz	1.194 Aa	1.032 ABb	0.667 BCc	<b>0.964 B</b>
Ağustos	1.088 Aa	0.909 BCb	0.532 Dc	<b>0.843 C</b>
Eylül	0.938 Ba	0.826 Cb	0.577 CDc	<b>0.780 C</b>
<b>Ortalama</b>	<b>1.004 A</b>	<b>1.001 A</b>	<b>0.803 B</b>	
<b>P</b>	yıl:<0.001; ay: < 0.001; yıl×ay: <0.001			

Aynı yılda ortak harfi büyük olmayan aylar arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir ( $p<0.05$ ). Aynı ayda ortak harfi küçük olmayan yıllar arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir ( $p<0.05$ ).

Araştırma sonuçları incelendiğinde ay×yıl interaksyonu arasında istatistiksel olarak önemli ( $p<0.05$ ) fark olduğu belirlenmiştir. Çizelge 4.3 incelendiğinde yaprak K konsantrasyonlarının %0.532 ile %1.211 arasında değiştiği belirlenmiştir. Sonuçlara göre en yüksek değer 2018 yılı nisan ayında olurken en düşük değer 2018 yılı ağustos ayında belirlenmiştir.

Yaprakların K konsantrasyonları incelendiğinde yıllar arasında fark görülürken, genel olarak nisan ayından itibaren K konsantrasyonlarının düştüğü, meyvelerin geliştiği haziran ve temmuz aylarında nispeten sabit kaldığı, meyvelerin olgunlaşma, hasat ve hasat sonrası döneminde azalmanın devam ettiği görülmüştür (Şekil 4.3). Milosevic ve ark., (2009) fındık en yüksek yaprak K içeriğini büyüme mevsiminin başında belirlemiş ve meyve oluşum ve hasat döneminde azaldığını belirtmiştir.



**Şekil 4.3** Yıllara Bağlı Olarak Yapraklarda K'nın Sezonl Değişimi

Farklı bitkilerde yürütölen çalışmalarda; kestane, elma, mandalina, incir, hurma, şeftali ve üzüm yapraklarının K konsantrasyonlarında sezonl değişimin göröldüğü, vejetasyon başında yüksek olduğı, meyve oluşumu döneminde K konsantrasyonunun düştüğü ve meyve ağaçları arasında en sınırlayıcı elementin K olduğı tespit edilmiştir (Toprak ve Seferoğlu, 2013; Cruz ve ark., 2019; Benou ve ark., 2020). Aydoğdu ve ark., (2016) yapraklarda K miktarının çiçeklenme ve meyve oluşumu sırasında yüksek olduğunu, meyve olgunlaşma döneminde ise yaprakta hazır olan K'nın meyveye doğru taşınması nedeniyle yaprak konsantrasyonunun düştüğünü ifade etmişlerdir.



#### 4.1.4 Fındık Yapraklarının Kalsiyum Konsantrasyonu ve Sezonl Değişimi

Araştırmanın yürütüldüğü yıllarda nisan–eylül ayları arasında alınan yaprak örneklerinin kalsiyum konsantrasyonları izelge 4.4’de verilmiştir. Kalsiyum konsantrasyonlarına ait yapılan istatistiksel analiz sonuçlarında göre yıl, ay ve yıl×ay interaksiyonu önemli ( $p<0.05$ ) bulunmuştur.

Yaprakların ortalama Ca konsantrasyonları incelendiğinde en düşük %1.547 ile nisan ayında olurken, ilerleyen aylar ile Ca konsantrasyonu artmış ve en yüksek Ca %2.219 ile eylül ayında belirlenmiştir. Tarakçıoğlu ve ark., (2003) Tombul çeşit fındık yapraklarının toplam Ca içeriklerinin %2.0 ile %4.39 arasında ve Palaz çeşidin %2.15 ile %4.47 arasında değişkenlik gösterdiğini, Kahraman (2016) yaprak Ca konsantrasyonlarının %1.04 ile %4.14 arasında değiştiğini, zkutlu ve ark., (2016) Ordu yöresinden alınan yaprak örneklerinin %60’ının %1 ile %3 arasında Ca içerdiği, geri kalan %40’ının ise %3’ten fazla Ca içerdiği, zkutlu ve ark., (2020) yaprak Ca konsantrasyonunun %0.61 ile %3.4 arasında olduğunu ve yıllara göre değişkenlik gösterdiğini belirlenmişlerdir. Yürütülen çalışmadan elde edilen değerler literatürle benzerlik göstermektedir.

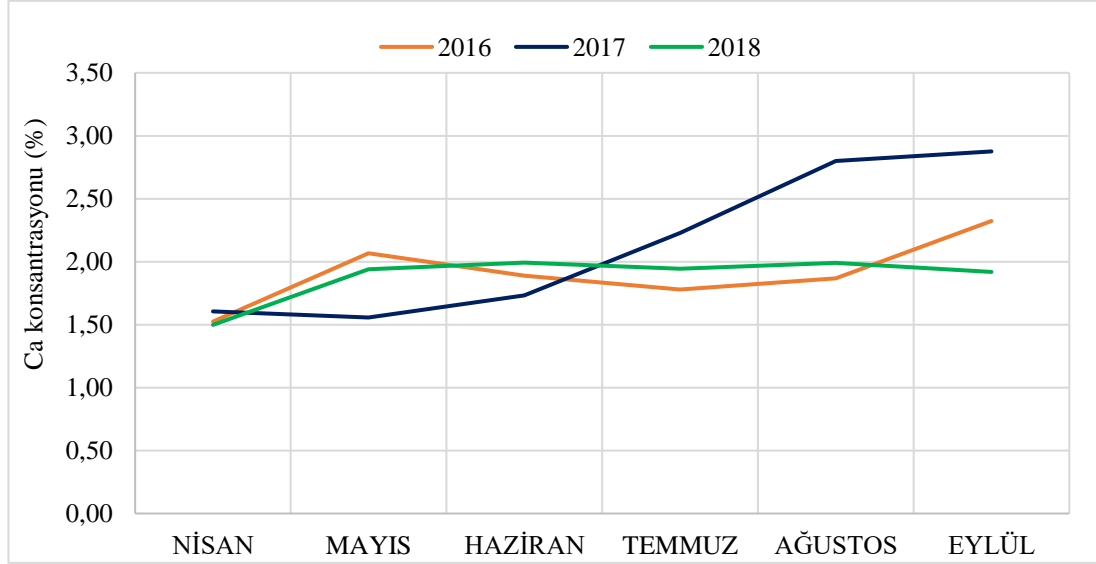
Yaprak rneklerinin alındığı 2016, 2017 ve 2018 yılları arasında istatistiksel fark ( $p<0.05$ ) bulunurken ve 2017 yılı Ca konsantrasyonu %2.003 ile diğer yıllara göre yüksek olurken 2016 (% 1.908) ile 2018 (% 1.887) yıllarının Ca konsantrasyonları aynı istatistiki grupta yer aldığı tespit edilmiştir (izelge 4.4).

**Çizelge 4.4** Yaprakların Kalsiyum Konsantrasyonlarının (%) Sezonl Değişimi

Ay	2016	2017	2018	Ortalama
Nisan	1.524 Da	1.604 Ba	1.513 Ba	<b>1.547 D</b>
Mayıs	2.069 ABa	1.557 Bb	1.941 Aa	<b>1.856 C</b>
Haziran	1.887 BCab	1.733 Bb	1.999 Aa	<b>1.873 C</b>
Temmuz	1.777 CDb	2.226 Aa	1.955 Ab	<b>1.986 BC</b>
Ağustos	1.869 BCb	2.485 Aa	1.991 Ab	<b>2.115 AB</b>
Eylül	2.323 A	2.413 A	1.920 A	<b>2.219 A</b>
<b>Ortalama</b>	<b>1.908 B</b>	<b>2.003 A</b>	<b>1.887 B</b>	
<b>P</b>	yıl: 0.003; ay: <0.001; yıl×ay: <0.001			

Aynı yılda ortak harfi büyük olmayan aylar arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir ( $p<0.05$ ). Aynı ayda ortak harfi küçük olmayan yıllar arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir ( $p<0.05$ ).

Araştırma sonuçları incelendiğinde ay×yıl interaksyonu arasında istatistiksel olarak önemli ( $p<0.05$ ) fark olduğu belirlenmiştir. Çizelge 4.4 incelendiğinde yaprak Ca konsantrasyonlarının %1.513 ile %2.485 arasında değiştiği belirlenmiştir. Sonuçlara göre en yüksek değer 2017 yılı ağustos ayında olurken en düşük değer 2018 yılı nisan ayında belirlenmiştir.



**Şekil 4.4** Yıllara Bağlı Olarak Yapraklarda Ca'nın Sezonsal Değişimi

Yaprakların Ca konsantrasyonları incelendiğinde (Şekil 4.4) yıllar arasında fark görülürken, genel olarak nisan ayından itibaren Ca konsantrasyonunun arttığı, meyve gelişimi dönemi olan haziran ve temmuz aylarında nispeten sabit kaldığı, hasat ve hasat sonrası dönemde artışın devam ettiği görülmüştür. Milosevic ve ark., (2009) yaprak Ca konsantrasyonlarının yıllara ve çeşitlere göre değişkenlik gösterdiğini, yaprak Ca konsantrasyonunun sezon sonuna doğru artma eğiliminde olduğunu belirtmiştir. Öztürk (2014), fındık yapraklarının Ca konsantrasyonunda dalgalanmalarla birlikte mayıs ayından yaprak dökümüne kadar arttığını, kalsiyum konsantrasyonunun hasat dönemi öncesi ve sonrasında fazla değişiklik göstermediği ve yaprak Ca konsantrasyonunun %0.75 ile %2.19 arasında değişkenlik gösterdiğini belirtmiştir. Yapraklarda Ca konsantrasyonunun sezonsal değişimin incelendiği diğer bitkilerde yapılan benzer çalışmalarda; Seferoğlu ve Kaptan (2010) çilek bitkisinde yaprak Ca içeriklerinin ilk ay en düşük seviyede olup genel olarak ilerleyen aylarda arttığını, örnek alınan son ay ise düştüğünü, Toprak ve Seferoğlu (2013) kestane yapraklarında vejetasyon boyunca artışın devam ettiğini, Uçgun ve ark., (2019) kayısı ağaçlarının yaprak Ca konsantrasyonunun sezon başından ortasına kadar hızla artış

gösterdiğini, haziran-ağustos ayları arasında fazla değişkenlik göstermediği ve sonrasında yaprakların Ca biriktirmesiyle artan eğri çizdiğini, Oliosı ve ark., (2020) kahve genotiplerinin yaprak Ca miktarının nisandan mayısa hızlı bir artış olduğunu, mayıs-ağustos ayları arasında nispeten sabit kaldığını, en yüksek Ca konsantrasyonlarının ekim ve kasım aylarında belirlendiğini, Öztürk (2020) kivi yapraklarının Ca içeriklerinin sezon başı olan tam çiçeklenme döneminden itibaren hasat dönemine doğru gidildikçe artan bir eğilim gösterdiğini ifade etmişlerdir.

#### **4.1.5 Fındık Yapraklarının Magnezyum Konsantrasyonu ve Sezonal Değişimi**

Araştırmanın yürütüldüğü yıllarda nisan-eylül ayları arasında alınan yaprak örneklerinin magnezyum konsantrasyonları Çizelge 4.5'te verilmiştir. Magnezyum konsantrasyonlarına ait yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre yıl, ay ve yıl×ay interaksyonu önemli ( $p<0.05$ ) bulunmuştur.

Yaprakların ortalama Mg konsantrasyonları incelendiğinde en düşük %0.378 ile nisan ayında olurken, mayıs ayında ani artış göstermiş %0.453 ile en yüksek değere ulaşmıştır, haziran ayında yaprak Mg konsantrasyonunda görülen düşüşten sonra ilerleyen aylar ile Mg konsantrasyonu artan bir eğilim göstermiş ve eylül ayında %0.414 Mg konsantrasyonu belirlenmiştir. Tarakçıoğlu ve ark., (2003) fındık yapraklarında Mg konsantrasyonlarının %0.111 ile %0.431 arasında değiştiğini, Milosevic ve ark., (2009) fındık yaprağı Mg konsantrasyonlarının ortalama %0.30 ile %0.44 arasında değiştiğini, Özkutlu ve ark., (2016) fındık yaprak Mg konsantrasyonunun %0.21 olduğunu ve Mg gübrelemesi yapılan ocakların %0.38 düzeyine çıktığını, Özkutlu ve ark., (2018) bölgeden aldığı fındık yapraklarının Mg konsantrasyonlarının %0.12 ile %0.45 arasında değişkenlik gösterdiğini, Özkutlu ve ark., (2020) bu değerlerin %0.12 ile %0.6 arasında olduğunu ve yıllara göre değiştiğini, Öztürk (2014) yaprak Mg konsantrasyonunun sezonsal olarak değiştiğini ve %0.25-0.63 arasında olduğunu, nisan ayından mayısa önemli düzeyde arttığını, mayıstan sonra azalmalar görüldüğünü ve temmuz-ekim aylarının ortak stabil dönem olduğunu bildirmişlerdir.

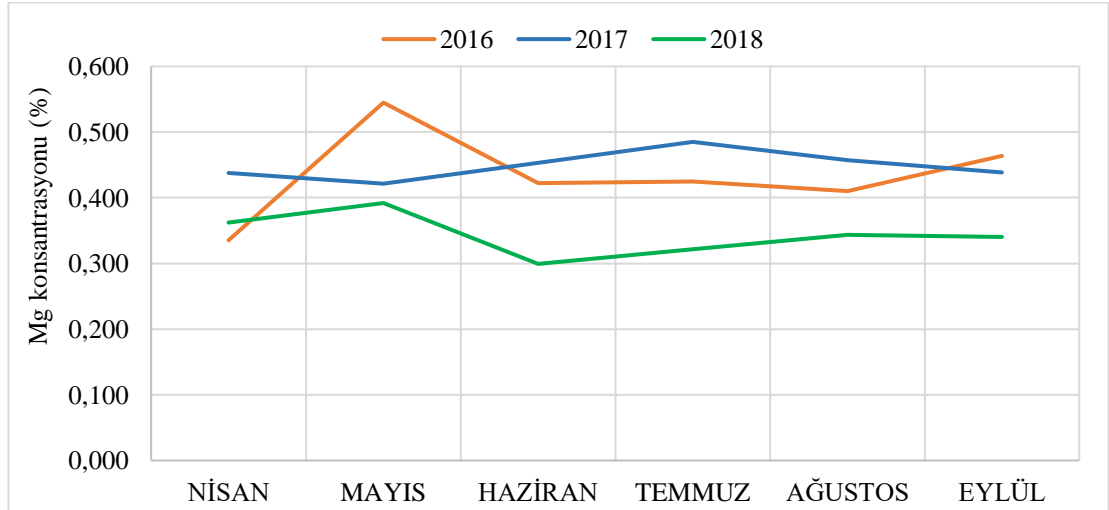
Yaprak örneklerinin alındığı 2016, 2017 ve 2018 yılları arasında istatistiksel fark ( $p<0.05$ ) bulunurken 2016 yılı Mg konsantrasyonunun %0.433, 2017 yılı %0.449 ve 2018 yılında %0.341 olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.5).

**Çizelge 4.5** Yaprakların Maznezyum Konsantrasyonlarının (%) Sezonl Değişimi

Ay	2016	2017	2018	Ortalama
Nisan	0.334 Dc	0.438 Ba	0.362 ABb	<b>0.378 D</b>
Mayıs	0.545 Aa	0.421 Bb	0.392 Ac	<b>0.453 A</b>
Haziran	0.422 BCb	0.453 ABa	0.301 Cc	<b>0.392 CD</b>
Temmuz	0.425 BCb	0.485 Aa	0.310 Cc	<b>0.407 B</b>
Ağustos	0.410 Cb	0.457 ABa	0.343 BCc	<b>0.403 BC</b>
Eylül	0.464 Ba	0.439 Ba	0.338 BCb	<b>0.414 B</b>
<b>Ortalama</b>	<b>0.433 B</b>	<b>0.449 A</b>	<b>0.341 C</b>	
<b>P</b>	yıl: <0.001; ay: <0.001; yıl×ay: <0.001			

Aynı yılda ortak harfi büyük olmayan aylar arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir ( $p<0.05$ ). Aynı ayda ortak harfi küçük olmayan yıllar arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir ( $p<0.05$ ).

Araştırma sonuçları incelendiğinde ay×yıl interaksyonu arasında istatistiksel olarak önemli ( $p<0.05$ ) fark olduğu belirlenmiştir. Çizelge 4.5 incelendiğinde yaprak Mg konsantrasyonlarının %0.301 ile %0.545 arasında değiştiği belirlenmiştir. Sonuçlara göre en yüksek değer 2016 yılı mayıs ayında olurken en düşük değer 2018 yılı haziran ayında belirlenmiştir.



**şekil 4.5** Yıllara Bağlı Olarak Yapraklarda Mg'nin Sezonl Değişimi

Yaprakların Mg konsantrasyonları incelendiğinde (şekil 4.5) yıllar arasında fark görülürken, genel olarak nisan ayından itibaren Mg konsantrasyonunun arttığı, meyve gelişimi dönemi olan haziran ayında azaldıktan sonra hasat öncesi, hasat ve hasat sonrası dönemler olan temmuz-eylül aylarında küçük dalgalanmalar görülse de nispeten sabit kaldığı görülmüştür. Fındık bitkisinde yürütölen benzer çalışmalarda; Canali ve ark., (2005) yaprak Mg konsantrasyonunun dönemsel olarak değişkenlik gösterdiğini, nisan ve haziran aylarında alınan örneklerin yüksek değere sahip

olduğunu ancak örnekleme için en uygun zamanın sezon sonu erkek çiçek açmadan öncesi olduğunu, Milosevic ve ark., (2009) yaprak Mg konsantrasyonlarının sezon boyunca dalgalanma gösterebildiğini ve genel olarak sezon başı ile sonunda yüksek, ortasında ise düşük miktarlarda olduğunu belirlemiştir. Konu ile ilgili diğer bitkilerde yürütülen çalışmalarda; Seferoğlu ve Kaptan (2010) çilek bitkisinin yaprak Mg içeriklerinin aylar arasında çok değişim göstermediğini, vejetasyon süresinin başı ve meyve tutum döneminde sabit kaldığını, Toprak ve Seferoğlu (2013) kestane yapraklarında ağustosa kadar artıp sonraki aylar azaldığını ve temmuz-ağustos döneminin yaprak örnekleme için uygun olduğunu, Padder (2015) badem bitkisinin yaprak Mg konsantrasyonunun nisan ile haziran arasında hızla arttığını, bu dönemden sonra artışının düşük seviyelerde devam ettiğine, haziran-ağustos arasında kalan dönemi yaprak besin elementi tayini için uygun zaman olduğuna, Öztürk (2020) kivi bitkisinde yaprak Mg konsantrasyonunun bitki gelişim dönemleri ve gübre uygulamaları ile değişkenlik gösterdiğini, sezon başı düşük seviyede olan Mg miktarının meyve tutum döneminde önemli miktarda arttığını ve sonrasında dalgalanma göstererek hasat döneminde düştüğünü belirlemiştir.

#### **4.1.6 Fındık Yapraklarının Demir Konsantrasyonu ve Sezonsal Değişimi**

Araştırmanın yürütüldüğü yıllarda nisan-eylül ayları arasında alınan yaprak örneklerinin demir konsantrasyonları Çizelge 4.6'da verilmiştir. Demir konsantrasyonlarına ait yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre yıl, ay ve yıl×ay interaksyonu önemli ( $p<0.05$ ) bulunmuştur.

Yaprakların ortalama Fe konsantrasyonları incelendiğinde en düşük  $129.7 \text{ mg kg}^{-1}$  ile nisan ayında olurken, ilerleyen aylar ile Fe konsantrasyonu artmış ve en yüksek Fe  $251.3 \text{ mg kg}^{-1}$  ile eylül ayında belirlenmiştir. Canali ve ark., (2005) fındık bitkisinde yaprak Fe konsantrasyonunun dönemselsel olarak  $68 \text{ mg kg}^{-1}$  ile  $162 \text{ mg kg}^{-1}$  arasında değişkenlik gösterdiğini ve en yüksek değerlerin eril çiçekler olgunlaşmadan önce hasata yakın zamanda alınan son örneklerde belirlendiğini, Öztürk (2014) fındık yapraklarındaki Fe konsantrasyonu vejetasyon boyunca artan bir eğilim gösterdiğini, en düşük nisan ayında en yüksek ise kasım ve aralık ayında olduğunu ve yaprak Fe konsantrasyonlarının ortalama  $92.30 \text{ mg kg}^{-1}$  ile  $482.70 \text{ mg kg}^{-1}$  arasında değişkenlik gösterdiğini, Özkutlu ve ark., (2018) fındık yapraklarında Fe konsantrasyonlarının  $106 \text{ mg kg}^{-1}$  ile  $702 \text{ mg kg}^{-1}$  arasında değişkenlik gösterdiğini ve ortalama  $228 \text{ mg kg}^{-1}$

olduğunu belirtmiştir. Yürütülen tez çalışmasından elde edilen veriler literatür ile benzerlik göstermektedir.

Yaprak örneklerinin alındığı 2016, 2017 ve 2018 yılları arasında istatistiksel fark ( $p<0.05$ ) bulunurken ve 2017 yılı Fe konsantrasyonunun  $211.4 \text{ mg kg}^{-1}$  ile diğer yıllara göre yüksek olurken 2016 ( $149.8 \text{ mg kg}^{-1}$ ) yılı ile 2018 ( $157.7 \text{ mg kg}^{-1}$ ) yıllarının aynı istatistiki grupta olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.6).

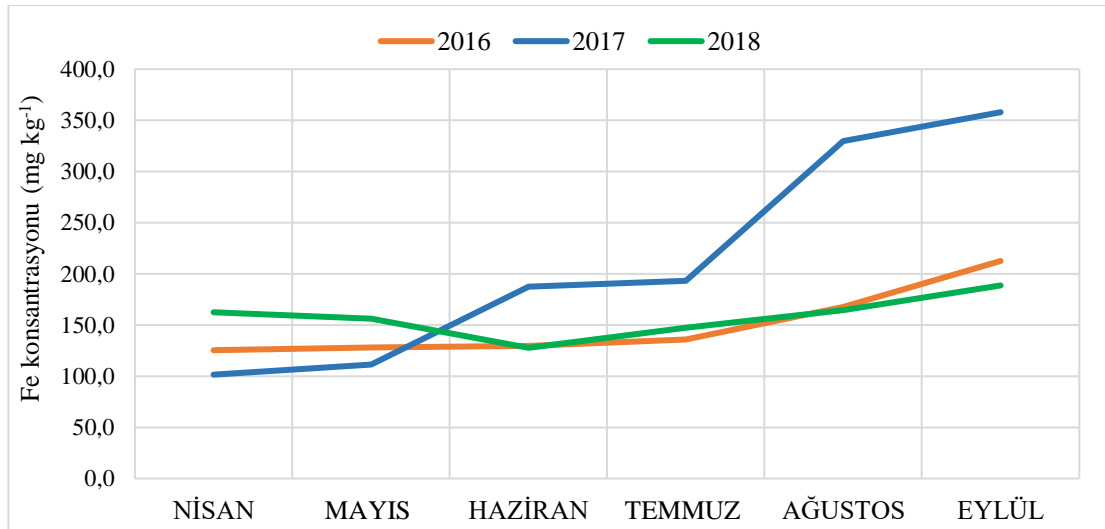
**Çizelge 4.6** Yaprakların Demir Konsantrasyonlarının ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) Sezonl Değişimi

Ay	2016	2017	2018	Ortalama
Nisan	125.4 Cb	101.1 Dc	162.3 Ba	<b>129.7 D</b>
Mayıs	128.1 Cb	111.4 Db	156.0 Ba	<b>131.8 D</b>
Haziran	129.6 Cb	187.3 Ca	127.4 Cb	<b>146.9 C</b>
Temmuz	135.9 Cb	193.2 Ca	147.3 BCb	<b>158.8 C</b>
Ağustos	166.6 Bb	322.7 Ba	164.6 Bb	<b>217.9 B</b>
Eylül	212.9 Ab	352.4 Aa	188.7 Ac	<b>251.3 A</b>
<b>Ortalama</b>	<b>149.8 B</b>	<b>211.4 A</b>	<b>157.7 B</b>	
<b>P</b>	yıl: $<0.001$ ; ay: $<0.001$ ; yıl×ay: $<0.001$			

Aynı yılda ortak harfi büyük olmayan aylar arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir ( $p<0.05$ ).

Aynı ayda ortak harfi küçük olmayan yıllar arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir ( $p<0.05$ ).

Araştırma sonuçları incelendiğinde ay×yıl interaksyonu arasında istatistiksel olarak önemli ( $p<0.05$ ) fark olduğu belirlenmiştir. Çizelge 4.6 incelendiğinde yaprak Fe konsantrasyonlarının  $101.1 \text{ mg kg}^{-1}$  ile  $352.4 \text{ mg kg}^{-1}$  arasında değiştiği belirlenmiştir. Sonuçlara göre en yüksek Fe konsantrasyonu 2017 yılı eylül ayında olurken en düşük 2017 yılı nisan ayında belirlenmiştir.



**Şekil 4.6** Yıllara Bağlı Olarak Yapraklarda Fe'nin Sezonl Değişimi

Yaprakların Fe konsantrasyonları incelendiğinde (Şekil 4.6) yıllar arasında fark görülürken, genel olarak nisan ayından itibaren hasat ve hasat sonrası döneme kadar Fe konsantrasyonunun arttığı ve en yüksek değer in eylül ayında belirlendiği görülmüştür. Şekil 4.6 incelendiğine küçük dalgalanmalar görölse de nispeten sabit olan haziran-ağustos ayları yaprak örneği alımı için en uygun dönem olarak düşünülebilir. Konuyla ilgili olarak farklı bitkilerde yapılan çalışmalarda; Uçgun (2012) elma ağaçlarında Fe'nin düzensiz bir eğilim göstererek arttığını, Toprak ve Seferoğlu (2013) kestane yapraklarında Fe konsantrasyonunun ağustosa kadar azaldığını ve ağustos ayında önemli miktarda artarak en yüksek seviyeye ulaştığını, Padder (2015) badem ağaçları yaprak Fe konsantrasyonunda önemli derecede dönemsel değişimin olduğunu, mayıs ayı içinde ani artış görüldüğünü ve haziran ile ağustos arasında kalan dönemi yaprak Fe tayini için uygun örnekleme zamanı olduğunu, Öztürk (2020) kivi bitkisi yaprak Fe konsantrasyonlarının genel olarak her yılda tam çiçeklenme döneminden hasat dönemine doğru giderek artan bir eğilim gösterdiğini, Kotze ve Villiers (1989) Fe konsantrasyonundaki artışın sezon sonuna kadar yaprakta birikimin olmasından kaynaklandığını bildirmişlerdir.

#### **4.1.7 Fındık Yapraklarının Bakır Konsantrasyonu ve Sezonsal Değişimi**

Araştırmanın yürütüldüğü yıllarda nisan–eylül ayları arasında alınan yaprak örneklerinin bakır konsantrasyonları Çizelge 4.7'de verilmiştir. Bakır konsantrasyonlarına ait yapılan istatistiksel analiz sonuçlarında göre yıl, ay ve yıl×ay interaksyonu önemli ( $p<0.05$ ) bulunmuştur.

Yaprakların ortalama Cu konsantrasyonları incelendiğinde en yüksek  $10.51 \text{ mg kg}^{-1}$  ile nisan ayında olurken, ilerleyen aylar ile Cu konsantrasyonu azalmış ve en düşük Cu  $7.05 \text{ mg kg}^{-1}$  ile temmuz ayında belirlenmiştir. Haziran, temmuz, ağustos ve eylül ayları ortalama Cu konsantrasyonları arasında istatistiki olarak fark olmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.7). Özkutlu ve ark., (2009) fındık yaprakları Cu konsantrasyon ortalamasının  $8 \text{ mg kg}^{-1}$  civarında olduğunu, Öztürk (2014) fındık yapraklarının Cu konsantrasyonlarının yaklaşık  $20.0 \text{ mg kg}^{-1}$  ile en yüksek nisan ayında olduğunu, meyvelerin gelişim dönemi olan mayıs ve haziran ayında hızla düşüşün yaşandığını ve hasat sonrasına kadar fazla değişmediğini, temmuz–ekim aylarının yaprakta Cu tayini için örnekleme zamanı olabileceğini, Özkutlu ve ark., (2016) alınan fındık yaprağı örneklerinde  $3 \text{ mg kg}^{-1}$  ile  $50 \text{ mg kg}^{-1}$  arasında değişkenlik

gösterdiği belirtilmiştir. Yürütülen çalışmada fındık yapraklarının Cu konsantrasyonu literatür verileri ile benzerlik göstermektedir.

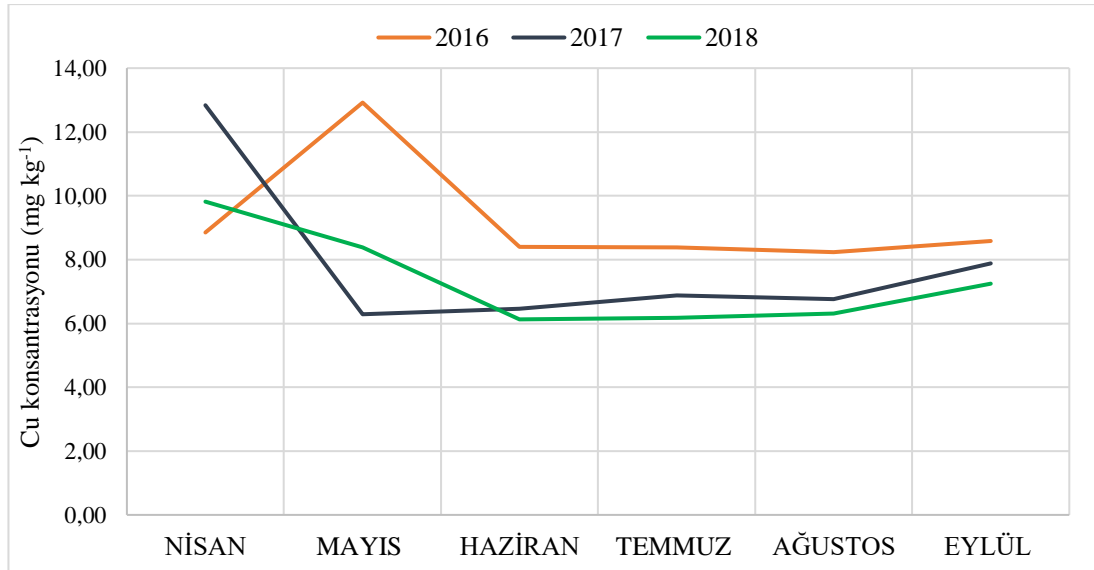
**Çizelge 4.7** Yaprakların Bakır Konsantrasyonlarının ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) Sezonl Değişimi

Ay	2016	2017	2018	Ortalama
Nisan	9.37 Bb	12.33 Aa	9.82 Ab	<b>10.51 A</b>
Mayıs	12.84 Aa	7.60 BCb	8.09 Bb	<b>9.51 B</b>
Haziran	8.54 Ba	6.45 Cb	6.33 Cb	<b>7.11 C</b>
Temmuz	8.38 Ba	6.88 BCb	5.90 Cc	<b>7.05 C</b>
Ağustos	8.49 Ba	6.79 BCb	6.08 Cb	<b>7.12 C</b>
Eylül	8.58 Ba	7.97 Ba	6.54 Cb	<b>7.70 C</b>
<b>Ortalama</b>	<b>9.37 A</b>	<b>8.00 B</b>	<b>7.13 C</b>	
<b>P</b>	yıl: <0.001; ay: <0.001; yıl×ay: <0.001			

Aynı yılda ortak harfi büyük olmayan aylar arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir ( $p<0.05$ ). Aynı ayda ortak harfi küçük olmayan yıllar arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir ( $p<0.05$ ).

Yaprak örneklerinin alındığı 2016, 2017 ve 2018 yılları arasında istatistiksel fark ( $p<0.05$ ) bulunurken ve 2016 yılı Cu değerinin  $9.37 \text{ mg kg}^{-1}$  ile diğer yıllara göre yüksek olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.7).

Araştırma sonuçları incelendiğinde ay×yıl interaksyonu arasında istatistiksel olarak önemli ( $p<0.05$ ) fark olduğu belirlenmiştir. Çizelge 4.7 incelendiğinde yaprak Cu konsantrasyonlarının  $5.90 \text{ mg kg}^{-1}$  ile  $12.84 \text{ mg kg}^{-1}$  arasında değiştiği belirlenmiştir. Sonuçlara göre en yüksek değer 2016 yılı mayıs ayında olurken en düşük değer 2018 yılı temmuz ayında belirlenmiştir.



**Şekil.4.7** Yıllara Bağlı Olarak Yapraklarda Cu'nun Sezonl Değişimi



Yaprakların Cu konsantrasyonları incelendiğinde (Şekil 4.7), genel olarak nisan ve mayıs ayında yüksek olan değerlerin haziran ayında hızla düştüğü ve meyve olgunlaşma, hasat ve hasat sonrası döneme fazla değişmediği görülmüştür. Grafik incelendiğine yıllar arası küçük dalgalanmalar görülse de nispeten sabit olan haziran-eylül ayları yaprak örneği alımı için en uygun dönem olarak düşünülebilir.

Yaprak Cu konsantrasyonunun sezonsal değişimini farklı bitkilerde inceleyen çalışmalarda; Toprak ve Seferoğlu (2013) kestane ağacından yaprak Cu konsantrasyonunun en yüksek mayıs ayında olduğunu ve vejetasyon süresince azaldığını, Uçgun ve ark., (2019) kayısı ağacı yapraklarında başta yüksek olan Cu konsantrasyonunun sezon ortasına kadar hızla azalış gösterdiğini ve sonraki aylardan sezon sonuna kadar stabil kaldığını ifade etmiştir.

#### **4.1.8 Fındık Yapraklarının Çinko Konsantrasyonu ve Sezonsal Değişimi**

Araştırmanın yürütüldüğü yıllarda nisan–eylül ayları arasında alınan yaprak örneklerinin çinko konsantrasyonları Çizelge 4.8’de verilmiştir. Çinko konsantrasyonlarına ait yapılan istatistiksel analiz sonuçlarında göre yıl, ay ve yıl×ay interaksyonu önemli ( $p<0.05$ ) bulunmuştur.

Yaprakların ortalama Zn konsantrasyonları incelendiğinde en yüksek 29.22 mg kg<sup>-1</sup> ile haziran ayında olurken en düşük Zn 24.55 mg kg<sup>-1</sup> ile nisan ayında belirlenmiştir. Özkutlu ve ark., (2009) fındık yaprakları Zn konsantrasyon ortalamasının 25 mg kg<sup>-1</sup> civarında olduğunu, Hashemimajd ve Somarin (2010) fındık yaprak Zn konsantrasyonunun 14.68 mg kg<sup>-1</sup> ile 21.13 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiğini, Öztürk ve Tarakçıoğlu (2016) fındık yapraklarında Zn konsantrasyonunun mayıstan temmuza kadar artıktan sonra eylül ayına kadar düştüğünü, Zn konsantrasyonu 10.80-54.33 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiğini ve yıllar arasında istatistiki farkın olduğunu, Özkutlu ve ark., (2018) fındık yapraklarında Zn konsantrasyonlarının 10 mg kg<sup>-1</sup> ile 68 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişkenlik gösterdiğini ve ortalama 21 mg kg<sup>-1</sup> olduğunu belirlemişlerdir. Meriño-Gergichevich ve ark., (2021) kontrol ocaklarından aldığı yapraklarda Zn konsantrasyonunun 29 mg kg<sup>-1</sup> olduğu ve gübreleme ile önemli derecede arttığını bildirmiştir. Çalışmadan elde edilen Zn değerleri literatür ile benzerlik göstermektedir.

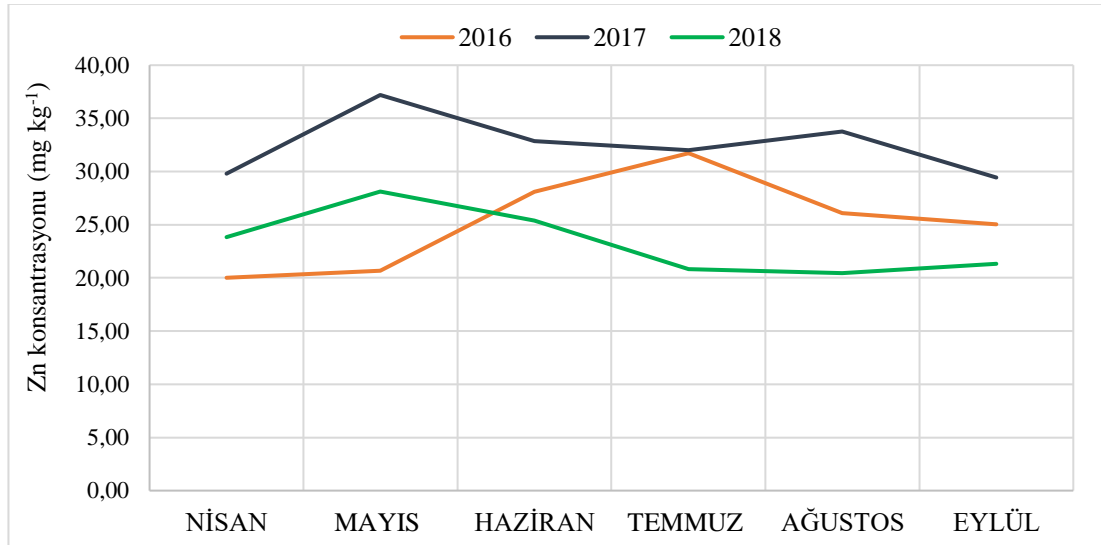
**Çizelge 4.8** Yaprakların Çinko Konsantrasyonlarının ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) Sezonal Değişimi

Ay	2016	2017	2018	Ortalama
Nisan	20.01 Cc	29.78 BCa	23.85 BCb	<b>24.55 B</b>
Mayıs	20.66 Cc	37.20 Aa	28.12 Ab	<b>28.66 A</b>
Haziran	28.08 Bb	32.87 Ba	26.72 Abb	<b>29.22 A</b>
Temmuz	31.72 Aa	32.01 BCa	22.14 CDb	<b>28.63 A</b>
Ağustos	26.08 Bb	31.69 BCa	19.70 Dc	<b>25.82 B</b>
Eylül	25.03 Bb	29.13 Ca	20.16 Dc	<b>24.77 B</b>
<b>Ortalama</b>	<b>25.27 B</b>	<b>32.11 A</b>	<b>23.45 C</b>	
<b>P</b>	yıl: <0.001; ay: <0.001; yıl×ay: <0.001			

Aynı yılda ortak harfi büyük olmayan aylar arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir ( $p<0.05$ ). Aynı ayda ortak harfi küçük olmayan yıllar arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir ( $p<0.05$ ).

Yaprak örneklerinin alındığı 2016, 2017 ve 2018 yılları arasında istatistiksel fark ( $p<0.05$ ) bulunurken 2016 yılı Zn konsantrasyonunun  $25.27 \text{ mg kg}^{-1}$ , 2017 yılı  $32.11 \text{ mg kg}^{-1}$  ve 2018 yılında  $23.45 \text{ mg kg}^{-1}$  olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.8).

Araştırma sonuçları incelendiğinde ay×yıl interaksyonu arasında istatistiksel olarak önemli ( $p<0.05$ ) fark olduğu belirlenmiştir. Çizelge 4.8 incelendiğinde yaprak Zn konsantrasyonlarının  $19.70 \text{ mg kg}^{-1}$  ile  $32.01 \text{ mg kg}^{-1}$  arasında değiştiği belirlenmiştir. Sonuçlara göre en yüksek değer 2017 yılı temmuz ayında olurken en düşük değer 2018 yılı ağustos ayında belirlenmiştir.



**Şekil.4.8** Yıllara Bağlı Olarak Yapraklarda Zn'nin Sezonal Değişimi

Yaprakların Zn konsantrasyonları incelendiğinde (Şekil 4.8) yıllar arasında fark görülürken, genel olarak düşük seviyede olan nisan ayından sonra arttığı, sezon ortasında yüksek seviyelerde olduğu, hasat ve hasat sonrası dönemde ise azaldığı görülmüştür. Grafik incelendiğine küçük dalgalanmalar görülse de nispeten sabit olan haziran-ağustos aylarını yaprak örneği alımı için en uygun dönem olarak düşünülebilir. Benzer şekilde farklı bitkilerde yürütülen çalışmalarda; Toprak ve Seferoğlu (2013) kestane yapraklarının Zn konsantrasyon grafiğinin Mayıs– Eylül aylarında değişiminin az ve dalgalı olduğunu, ekim ayında ani artış yaşandığı ve en yüksek Zn içeriğinin bu ayda olduğunu, Padder (2015) badem ağaçlarında Zn konsantrasyonunun mevsim ilerledikçe azalma eğilimi gösterdiğini ve yaprak çıkışı ile meyve tutumu arasında fazla Zn birikiminin olabileceğini ve Zn içeriğinin stabilite gösterdiği Haziran ile Ağustos arasında kalan dönemin yaprak Zn tayini için uygun örnekleme zamanı olduğunu, Oliosı ve ark., (2020) kahve yapraklarında çiçeklenme öncesi ve gelişim evresini kapsayan Şubat-Eylül döneminde Zn konsantrasyonlarının fazla değişkenlik göstermeden dalgalı bir grafik çizdiğini ancak meyve dolum döneminde arttığını ve en yüksek yaprak Zn konsantrasyonunun ekim ayında olduğunu bulmuşlardır.

#### 4.1.9 Fındık Yapraklarının Manganez Konsantrasyonu ve Sezonluk Değişimi

Araştırmanın yürütüldüğü yıllarda nisan–Eylül ayları arasında alınan yaprak örneklerinin manganez konsantrasyonları Çizelge 4.9’da verilmiştir. Manganez konsantrasyonlarına ait yapılan istatistiksel analiz sonuçlarında göre yıl, ay ve yıl×ay etkisi önemli ( $p<0.05$ ) bulunmuştur.

**Çizelge 4.9** Yaprakların Manganez Konsantrasyonlarının ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) Sezonluk Değişimi

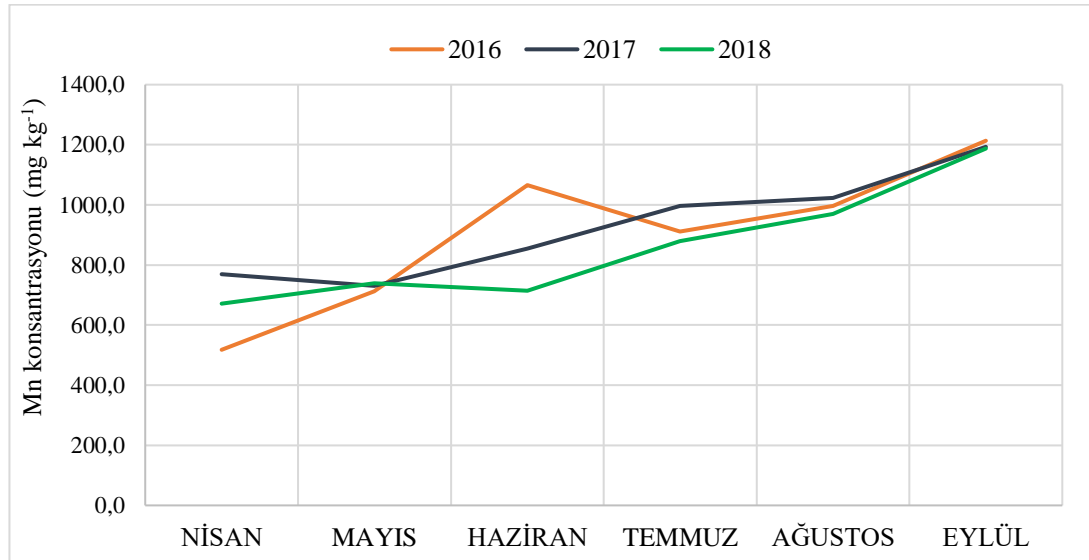
Ay	2016	2017	2018	Ortalama
Nisan	517.7 Eb	769.3 Ca	671.3 Ca	<b>652.8 E</b>
Mayıs	711.8 Da	730.5 Ca	738.9 Ca	<b>727.1 D</b>
Haziran	1066.0 Ba	854.9 Cb	714.0 Cc	<b>878.3 C</b>
Temmuz	911.6 Ca	996.3 Ba	879.4 Ba	<b>929.1 BC</b>
Ağustos	995.9 BCa	1022.4 Ba	969.8 Ba	<b>996.0 B</b>
Eylül	1213.4 Aa	1193.5 Aa	1187.4 Aa	<b>1198.1 A</b>
<b>Ortalama</b>	<b>902.7 AB</b>	<b>927.8 A</b>	<b>860.1 B</b>	
<b>P</b>	yıl: $<0.016$ ; ay: $<0.001$ ; yıl×ay: $<0.001$			

Aynı yılda ortak harfi büyük olmayan aylar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p<0.05$ ). Aynı ayda ortak harfi küçük olmayan yıllar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p<0.05$ ).

Yaprakların ortalama Mn konsantrasyonları incelendiğinde en düşük 652.8 mg kg<sup>-1</sup> ile nisan ayında olurken, ilerleyen aylar ile Mn konsantrasyonu artmış ve en yüksek Mn 1198.1 mg kg<sup>-1</sup> ile eylül ayında belirlenmiştir (Çizelge 4.9). Tarakçıoğlu ve ark., (2003) fındık yaprak Mn konsantrasyonlarının, Tombul çeşitte 89.1 mg kg<sup>-1</sup> ile 1702.5 mg kg<sup>-1</sup> arasında ve Palaz çeşitte 32 mg kg<sup>-1</sup> ile 1493.3 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişkenlik gösterdiğini, Öztürk (2014) fındık yapraklardaki ortalama Mn konsantrasyonunun sezon sonuna doğru arttığını ve 136.9 mg kg<sup>-1</sup> ile 791.2 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişkenlik gösterdiğini, Tarakçıoğlu ve Bektaş (2019) fındık yapraklarında 116 mg kg<sup>-1</sup> ile 974 mg kg<sup>-1</sup> arasında Mn konsantrasyonunu olduğunu ve tarımsal uygulamalara göre değişebildiğini belirlemişlerdir. Literatürde görülen değerler ile yürütülen çalışmadan elde edilen değerler benzerlik göstermiştir.

Yaprak örneklerinin alındığı 2016, 2017 ve 2018 yılları arasında istatistiksel fark (p<0.05) bulunurken ve 2017 yılı Mn değerinin 927.8 mg kg<sup>-1</sup> ile diğer yıllara göre yüksek olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.9).

Araştırma sonuçları incelendiğinde ay×yıl interaksyonu arasında istatistiksel olarak önemli (p<0.05) fark olduğu belirlenmiştir. Çizelge 4.9 incelendiğinde yaprak Mn konsantrasyonlarının 517.7 mg kg<sup>-1</sup> ile 1213.4 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiği belirlenmiştir. Sonuçlara göre en yüksek değer 2016 yılı eylül ayında olurken en düşük değer 2016 yılı nisan ayında belirlenmiştir.



**Şekil 4.9** Yıllara Bağlı Olarak Yapraklarda Mn'nin Sezonal Değişimi

Yaprakların Mn konsantrasyonları incelendiğinde (Şekil 4.9) yıllar arasında fazla farkın olmadığı, genel olarak nisan ayından itibaren hasat ve hasat sonrası döneme kadar Mn konsantrasyonunun arttığı ve en yüksek değerlerin eylül ayında belirlendiği görülmüştür. Şekil 4.9 incelendiğinde küçük dalgalanmalar görülsede nispeten sabit olan temmuz-ağustos aylarını yaprak örneği alımı için en uygun olduğu söylenebilmektedir. Diğer bitkilerde yürütülen çalışmalarda; Toprak ve Seferoğlu (2013) kestane yapraklarının Mn içeriğinin mayıstan ekim ayına kadar artan bir eğri çizdiği, temmuz–eylül aylarında değişimin az olduğu ve en yüksek Mn içeriğinin ekim ayında olduğunu, Padder (2015) badem ağaçlarında Mn konsantrasyonunun mevsim ilerledikçe arttığını ve en yüksek Mn konsantrasyonunun son örnekleme zamanı olan 15 ağustosta olduğunu tespit etmiştir.

#### 4.1.10 Fındık Yapraklarının Bor Konsantrasyonu ve Sezonl Değişimi

Araştırmanın yürütüldüğü yıllarda nisan–eylül ayları arasında alınan yaprak örneklerinin bor konsantrasyonları Çizelge 4.10’de verilmiştir. Bor konsantrasyonlarına ait yapılan istatistiksel analiz sonuçlarında göre yıl, ay ve yıl×ay etkisi önemli ( $p<0.05$ ) bulunmuştur.

Yaprak örneklerinin alındığı 2016, 2017 ve 2018 yılları arasında istatistiksel fark ( $p<0.05$ ) bulunurken 2016 yılı B konsantrasyonu  $74.92 \text{ mg kg}^{-1}$ , 2017 yılı  $64.73 \text{ mg kg}^{-1}$ , 2018 yılında  $73.72 \text{ mg kg}^{-1}$  olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.10).

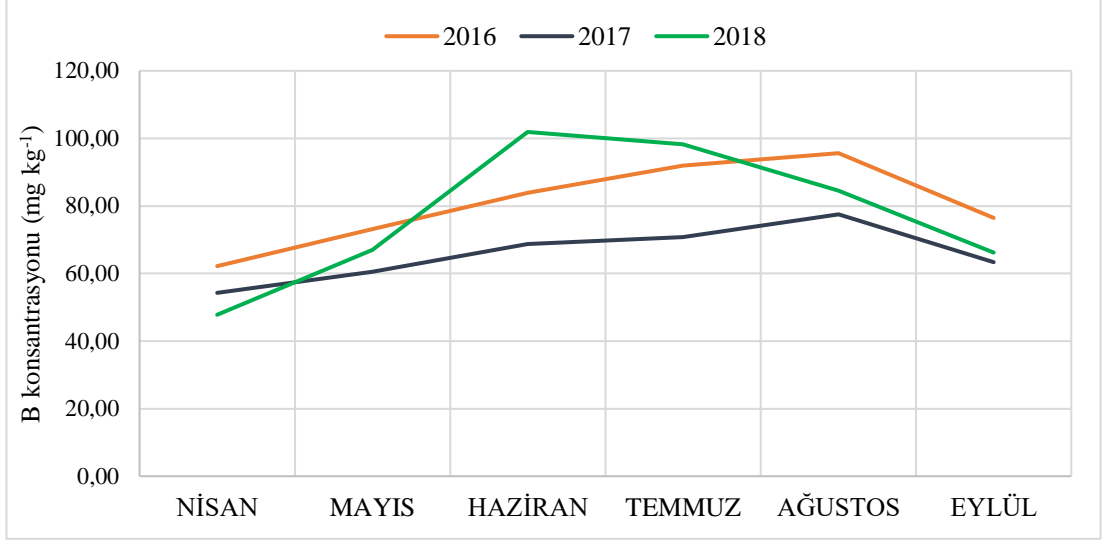
**Çizelge 4.10** Yaprakların Bor Konsantrasyonlarının ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) Sezonl Değişimi

Ay	2016	2017	2018	Ortalama
Nisan	45.75 Da	46.66 Da	41.54 Ca	<b>44.65 C</b>
Mayıs	65.52 Ca	57.76 CDc	64.54 Ba	<b>62.61 B</b>
Haziran	81.31 ABb	68.74 ACc	93.79 Aa	<b>81.28 A</b>
Temmuz	88.64 Aa	73.11 ABb	93.23 Aa	<b>84.99 A</b>
Ağustos	92.32 Aa	78.69 Ab	83.01 Ab	<b>84.67 A</b>
Eylül	75.99 BCa	63.40 BCb	66.18 Bb	<b>68.52 B</b>
<b>Ortalama</b>	<b>74.92 A</b>	<b>64.73 B</b>	<b>73.72 A</b>	
<b>P</b>	yıl: <0.001; ay: <0.001; yıl×ay: <0.001			

Aynı yılda ortak harfi büyük olmayan aylar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p<0.05$ ). Aynı ayda ortak harfi küçük olmayan yıllar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p<0.05$ ).

Yaprakların ortalama B konsantrasyonları incelendiğinde en düşük  $44.65 \text{ mg kg}^{-1}$  ile nisan ayında olurken, ilerleyen aylar ile B konsantrasyonu artmış ve en yüksek B  $84.99 \text{ mg kg}^{-1}$  ile temmuz ayında belirlenmiştir. Haziran, temmuz ve ağustos ayları

ortalama B konsantrasyonları arasında istatistiki olarak fark olmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.20). Canali ve ark., (2005) fındık yaprağı B konsantrasyonunun vejetasyon süresince artan eğri gösterdiğini ve denemenin yürütüldüğü üç yılda da en yüksek değerlerin hasada yakın dönemde alınan örneklerde olduğunu, Erdoğan ve Aygün (2009) fındık yapraklarının B konsantrasyonunun gübrelemenin etkisiyle arttığını ve 16.5 mg kg<sup>-1</sup> ile 111.4 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişkenlik gösterdiğini, Şahin (2010) fındık yaprağı B konsantrasyonlarının yıllar arasında değişkenlik gösterdiği ve verim üzerine önemli etkisinin olduğunu, yaprak B konsantrasyonu ilk yıl 24.20 mg kg<sup>-1</sup> ile 199.07 mg kg<sup>-1</sup> değerleri arasında değişirken ikinci yıl 26.99 mg kg<sup>-1</sup> ile 118.88 mg kg<sup>-1</sup> değerleri arasında değişim gösterdiğini bildirmiştir. Öztürk (2014) fındık yapraklarının B konsantrasyonlarında dönemsel farklılıklar olduğunu, 11.19 ile 79.95 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişkenlik gösterdiğini, B konsantrasyonunun nisan ayında en düşük seviyede bulunduğunu ve ilerleyen aylarda giderek arttığını, temmuz-ağustos dönemini yaprak B içeriği için ortak stabil dönem olduğunu belirtmiştir. Özkutlu ve ark., (2017) farklı lokasyonlardan aldığı fındık yapraklarının B konsantrasyonlarının en düşük 13 mg kg<sup>-1</sup> ve en yüksek 204 mg kg<sup>-1</sup> olduğunu ve yaprakların ortalama 50 mg kg<sup>-1</sup> B içerdiğini, Özkutlu ve ark., (2018) topraktan bor uygulamalarının yaprak B konsantrasyonunu artırdığını ve verim üzerine önemli etkisinin olduğunu, yaprak B konsantrasyonunun 33 mg kg<sup>-1</sup> ile 113 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişkenlik gösterdiğini, Tanrıvermiş (2019) fındık yaprağı B konsantrasyonunun yıllara göre önemli düzeyde değişkenlik gösterdiğini, 2016 yılında yetiştirilen ocaklarda 35.53 mg kg<sup>-1</sup> ile 46.52'ye arasında, 2017 yılında ise 35.81 mg kg<sup>-1</sup> ile 115 mg kg<sup>-1</sup> arasında olduğunu belirlemiştir. Meriño-Gergichevich ve ark., (2021) kontrol ocaklarında yaprakların B konsantrasyonunun 27 mg kg<sup>-1</sup> olduğunu ve bor uygulamaları ile önemli derecede artarak yaklaşık 300 mg kg<sup>-1</sup> seviyesine çıktığını bildirmiştir.



**Şekil 4.10** Yıllara Bağlı Olarak Yapraklarda B'nin Sezonsal Değişimi

Araştırma sonuçları incelendiğinde ay×yıl etkisi arasında istatistiksel olarak önemli ( $p<0.05$ ) fark olduğu belirlenmiştir. Çizelge 4.10 incelendiğinde yaprak B konsantrasyonlarının 41.54-93.79 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiği belirlenmiştir. Sonuçlara göre en yüksek değer 2018 yılı haziran ayında olurken en düşük değer 2018 yılı nisan ayında belirlenmiştir

Yaprakların B konsantrasyonları incelendiğinde (Şekil 4.10) yıllar arasında fark görülürken, genel olarak düşük seviyede olan nisan ayından sonra arttığı, sezon ortasında yüksek seviyelerde olduğu, hasat sonrası dönemde ise azaldığı görülmüştür. Grafik incelendiğine küçük dalgalanmalar görülmekle birlikte haziran-ağustos aylarının yaprak örneği alımı için en uygun dönem olduğu tespit edilmiştir. Fındık bitkisinde yürütülen çalışmalarda da yaprak B konsantrasyonunun dönemsel değişiminin olduğu ve yıllara göre değişkenlik gösterdiği belirlenmiştir (Canali ve ark., 2005; Şahin, 2010; Öztürk, 2014; Tanrıvermiş, 2019). Farklı bitkide yürütülen benzer çalışmada; Uçgun ve ark., (2019) kayısı bitkisinde, B konsantrasyonunun sezon başından ortasına kadar artış göstererek en yüksek değer haziran ayının 3. haftasında belirlendiğini ve sonraki aylarda azalan bir eğri çizdiğini ifade etmiştir.

## 4.2 Destek Sulamanın Yapraklarda Besin Elementlerinin Dönemsel Değişimine Etkisi

### 4.2.1 Destek Sulamanın Yaprakların Azot Konsantrasyonunun Dönemsel Değişimi Üzerine Etkisi

Araştırmanın yürütüldüğü yıllarda farklı dönemlerde uygulanan destek sulamanın yaprakların N konsantrasyonu üzerine etkisine ait ortalamalar ve istatistiksel veriler Çizelge 4.11’de verilmiştir. Fındık yapraklarının N konsantrasyonu üzerine destek sulamanın etkileri incelendiğinde, yapılan istatistiksel analiz sonucuna göre yıl, ay, sulama, yıl×ay, yıl×sulama, ay×sulama interaksiyonları ve yıl×ay×sulama interaksiyonunun önemli ( $p<0.05$ ) olduğu tespit edilmiştir.

**Çizelge 4.11** Destek Sulamanın Yaprakta N Konsantrasyonu (%) Üzerine Etkisi

Yıl	Sulama	Aylar			Ortalama
		Temmuz	Ağustos	Eylül	
2016	<b>S<sub>K</sub> (Kontrol)</b>	1.96 Cb1	2.17 Aa1	1.95 ABb2	2.03 ABa
	<b>S<sub>T</sub></b>	1.94 Ca3	1.93 Bab2	1.83 Bb2	1.90 Bb
	<b>S<sub>M+H+T</sub></b>	2.19 ABa1	2.22 Aa 12	2.07 Ab1	2.16 Aa
	<b>S<sub>H+T</sub></b>	2.11 Ba2	2.15 Aa1	2.06 Aa12	2.11 Aa
	<b>S<sub>M+H</sub></b>	2.29 Aa2	2.17 Ab1	1.98 Ac2	2.15 Aa
		<b>2.10 Ba</b>	<b>2.13 Aa</b>	<b>1.98 Bb</b>	<b>2.07 B</b>
2017	<b>S<sub>K</sub> (Kontrol)</b>	2.30 Aa2	2.13 Abb1	1.93 Abc2	2.12 Aa
	<b>S<sub>T</sub></b>	2.32 Aa1	2.02 Bb12	1.85 Bc2	2.06 Aa
	<b>S<sub>M+H+T</sub></b>	2.30 Aa2	2.25 Aa1	2.02 Ab1	2.19 Aa
	<b>S<sub>H+T</sub></b>	2.28 Aa2	2.07 Bb1	1.98 Ab2	2.11 Aa
	<b>S<sub>M+H</sub></b>	2.33 Aa12	2.07 Bb1	1.95 Abc2	2.12 Aa
		<b>2.31 Aa</b>	<b>2.11 ABb</b>	<b>1.95 Bc</b>	<b>2.12 A</b>
2018	<b>S<sub>K</sub> (Kontrol)</b>	2.25 Ba2	1.94 Bc2	2.07 ABb1	2.09 Aa
	<b>S<sub>T</sub></b>	2.12 Ca2	2.09 Aa1	1.98 Bb1	2.06 Aa
	<b>S<sub>M+H+T</sub></b>	2.38 Aa2	2.12 Ab2	2.07 ABb1	2.19 Aa
	<b>S<sub>H+T</sub></b>	2.19 BCa12	2.12 Aa1	2.12 Aa1	2.14 Aa
	<b>S<sub>M+H</sub></b>	2.40 Aa1	2.14 Ab1	2.11 Ab1	2.22 Aa
		<b>2.27 Aa</b>	<b>2.08 Bb</b>	<b>2.07 Ab</b>	<b>2.14 A</b>
	<b>Ortalama</b>	<b>2.23 A</b>	<b>2.11 B</b>	<b>2.00 C</b>	
	<b>S<sub>K</sub> (Kontrol)</b>	2.17 BCa	2.08 Bb	1.98 Bc	2.08 C
	<b>S<sub>T</sub></b>	2.12 Ca	2.01 Cb	1.88 Cc	2.00 D
	<b>S<sub>M+H+T</sub></b>	2.29 Aa	2.20 Ab	2.05 Ac	2.18 A
	<b>S<sub>H+T</sub></b>	2.19 Ba	2.11 Bb	2.05 Ac	2.12 BC
	<b>S<sub>M+H</sub></b>	2.34 Aa	2.13 Bb	2.01 ABc	2.16 AB
<b>P</b>		yıl:0.001; ay:<0.001; sulama:<0.001 yıl×ay:<0.001; yıl×sulama:0.023; ay×sulama: 0.027 yıl×ay×sulama:<0.001			

Aynı yılda ortak harfi büyük olmayan aylar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p<0.05$ ). Aynı ayda ortak harfi küçük olmayan yıllar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p<0.05$ ). Aynı uygulamada aynı ayda ortak rakamı olmayan yıllar arasında fark vardır ( $p<0.05$ ).

Fındık yapraklarının ortalama N konsantrasyonları incelendiğinde en yüksek %2.23 ile temmuz ayında olurken, ilerleyen aylar ile N konsantrasyonu azalmış ve en düşük N %2.00 ile eylül ayında belirlenmiştir. Yaprak örneklerinin alındığı 2016, 2017



ve 2018 yılları arasında N konsantrasyonu açısından önemli istatistiksel ( $p<0.05$ ) farklar bulunurken; N konsantrasyonu 2016 yılında %2.07, 2017 yılında %2.12 ve 2018 yılında %2.14 olarak tespit edilmiştir. 2017 ve 2018 yılları arasında istatistiksel olarak fark gözükmemektedir. Bitki gelişim dönemine göre hasat öncesi yapraklarda N konsantrasyonunun artması ve hasat sonrası azalması azotun bitkilerde taşınım mekanizmalarının bir sonucu olarak ve meyveye taşınarak proteinlere dönüşmesinden dolayı bitki gelişim periyodu açısından fındık bitkisinde beklenen bir durumdur. Konuyla ilgili olarak yürütülen bir çalışmada Öztürk (2014), fındık yapraklarında N konsantrasyonunun temmuz, ağustos ve eylül ayları arasında giderek azaldığını belirtmiştir. Araştırmacı yaptığı çalışmada fındık bitkisinde temmuz ve eylül arasında yıllara göre farklılıklar olduğunu belirtmiş ve N konsantrasyonlarının ilk yıl sırasıyla %1.76-1.66 ve 1.69, ikinci yıl %2.56-2.48 ve 2.54 arasında değiştiğini ve yıllara göre N konsantrasyonunun önemli ölçüde farklılık içerdiğini belirtmiştir. Öztürk (2014) benzer şekilde temmuz ayı sonrasında fındık bitkisinde yaprakların N konsantrasyonunun giderek azaldığını belirtmiştir.

Destek sulamanın yaprakların N konsantrasyonu üzerine etkisi incelendiğinde N konsantrasyonlarının %2.00 ile %2.18 arasında değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. N konsantrasyonları incelendiğinde, en düşük N değerinin %2.0 ile sadece temmuz ayında destek sulama yapıldığı  $S_T$  konusunda, en yüksek değer ise % 2.18 ile tam sulama yapılan  $S_{M+H+T}$  konusunda olduğu belirlenmiştir. Yaprakların ortalama N konsantrasyonları incelendiğinde (Çizelge 4.11); yıllar arasında fark olduğu, genel olarak temmuz ayından sonra meyve gelişimi ve hasat döneminde düşüş devam ettiği ve en düşük değer eylül ayında olduğu belirlenmiştir. Fındık bitkisinde temmuz ayı Bergman (1992)'ye göre yaprak örnekleme dönemi olarak belirtilmekte olup bu dönemde yapraklarda bulunan besin elementi durumuna göre noksanlık durumu tespit edilmektedir. Bu nedenle, sulama uygulamalarının yaprakların N konsantrasyonu üzerine etkisi temmuz ayı açısından incelendiğinde, en yüksek N konsantrasyonunun mayıs ve haziran uygulaması yapılan  $S_{M+H}$  (%2.34) konusunda olduğu tespit edilirken bu uygulamayı %2.29 N ile tam sulamanın yapıldığı  $S_{M+H+T}$  uygulaması takip etmektedir. Bu iki uygulama arasında istatistiksel olarak bir fark olmadığı görülmektedir. Sonuçlar değerlendirildiğinde fındık yapraklarında Snare (2008) tarafından belirtilen fındık yapraklarında N yeterlilik (%2.2 N) sınırına göre  $S_{M+H+T}$  ve

$S_{M+H}$  uygulamalarının fındıkta N konsantrasyonu bakımından yeterli olduğu ve sulamanın fındıkta N beslenmesi açısından önem taşıdığı gözükmektedir.

Çizelge 4.11 incelendiğinde yıl×ay interaksiyonunun istatistiksel olarak önemli ( $p<0.05$ ) olduğu ve en düşük değer %1.95 ile 2017 yılı eylül ayında, en yüksek değer %2.31 ile aynı yılın temmuz ayında olduğu görülmüştür. Ayrıca, yıl×sulama interaksiyonu arasında da istatistiksel olarak önemli ( $p<0.05$ ) fark olduğu belirlenmiştir. Yaprakların N konsantrasyonları %1.90 ile %2.22 arasında değişkenlik göstermiştir. Sonuçlara göre en düşük değer 2016 yılı  $S_T$  uygulamasında, en yüksek değer 2018 yılı mayıs ve haziran aylarında birlikte sulama yapılan  $S_{M+H}$  uygulamasında belirlenmiştir.

Araştırma sonuçları incelendiğinde (Çizelge 4.11) ay×sulama interaksiyonu arasında istatistiksel olarak önemli ( $p<0.05$ ) fark olduğu belirlenmiştir. Yapraklarda N konsantrasyonlarının %1.88 ile %2.34 arasında değiştiği belirlenmiştir. Sonuçlara göre en düşük değer eylül ayı  $S_T$  uygulamasında, en yüksek değer temmuz ayı  $S_{M+H}$  uygulamasında belirlenmiştir.

Çizelge 4.11 incelendiğinde yıl×ay×sulama interaksiyonunun N konsantrasyonu bakımından istatistiksel olarak ( $p<0.001$ ) önemli olduğu görülmektedir. Bu üçlü interaksiyonu etkisi altında yaprakların N konsantrasyonlarının %1.83-2.40 arasında değişiklik gösterdiği görülmektedir. Yaprakların N konsantrasyonları incelendiğinde en yüksek değer 2018 yılında temmuz ayında mayıs ve haziran sulaması yapılan  $S_{M+H}$  konusunda olduğu belirlenirken en düşük N konsantrasyonunun %1.83 ile 2016 yılı eylül ayında temmuz sulaması yapılan  $S_T$  konusunda elde edildiği görülmektedir. Bu sonuçlar değerlendirildiğinde özellikle sulama uygulamalarının yıl ve ay etkisi altında mayıs ve haziran sulamalarının yapıldığı dönemde etkili olduğu söylenebilir. Özellikle bu dönemlerde yapılan sulamanın fındık yapraklarında N konsantrasyonunun Snare (2008) tarafından belirtilen yeterlilik sınırı olarak ifade edilen %2.2 değerinin çok üzerine çıkardığı söylenebilir. Bu olay fındıkta doğru bir N beslenmesi açısından oldukça önemli bir husus olarak değerlendirilmektedir. Fındık ile ilgili olarak yürütülen bir çalışmada sulamanın bitkilerde yaprakların N konsantrasyonunu önemli ölçüde etkilediğini ve doğru ve dengeli sulamanın yaprakların N konsantrasyonunu artırdığını göstermektedir (Bostan ve ark., 2018).

Konuyla ilgili farklı bitkilerde yapılan çalışmalarda da karpuz (Rouphael ve ark., 2008), yer kirazı (Çelik, 2014), fasulye (Saleh ve ark., 2018), çilek (Çeliktöpus ve ark., 2021), mısır yaprak ve tanesinde (Kara ve ark., 2016; Fang ve Su, 2019), elma (Uçgun ve ark., 2017) ve soya bitkisinde (Deliboran, 2009) artan dozda sulama uygulamalarının bitki yapraklarının N konsantrasyonunu artırdığını ve genel olarak en düşük N miktarının sulama yapılmayan kontrol bitkilerinde elde edildiğini ifade etmiştir. Tonkaz ve Bostan (2016) fındık tarımında haziran ve temmuz dönemlerindeki son yıllarda ciddi bir yağış azalması olduğunu ve bu azalmanın fındıkta verim ve kalite kayıplarına yol açtığını bildirmişlerdir. Bu nedenle yürütülen tez çalışması, fındık tarımında destek sulamanın bitkilerin N beslenmesine katkısı sağlayabileceğini ve kuraklık nedeniyle yaşanabilecek olan verim ve kalite kayıplarına engel olabileceğini ortaya koymaktadır.

#### **4.2.2 Destek Sulamanın Yaprakların Fosfor Konsantrasyonunun Dönemsel Değişimi Üzerine Etkisi**

Araştırmanın yürütüldüğü yıllarda farklı dönemlerde destek sulamanın uygulanan yaprakların P konsantrasyonuna ait ortalamalar ve istatistiksel veriler Çizelge 4.12’de verilmiştir. Fındık yapraklarının P konsantrasyonları üzerine destek sulamanın etkileri incelendiğinde, yapılan istatistiksel analiz sonucuna göre yıl, ay, yıl×sulama, ay×sulama interaksiyonları önemli ( $p<0.05$ ) olduğu tespit edilirken sulama, yıl×ay ve yıl×ay×sulama üçlü interaksiyonun önemli olmadığı belirlenmiştir.

Yaprakların ortalama P konsantrasyonları incelendiğinde en yüksek %0.245 ile temmuz ayında olurken, ilerleyen aylar ile P konsantrasyonu azalmış ve en düşük P miktarı %0.220 ile eylül ayında belirlenmiştir. Yaprak örneklerinin alındığı 2016, 2017 ve 2018 yılları arasında istatistiksel fark ( $p<0.05$ ) bulunurken; P konsantrasyonu 2016 yılında %0.290, 2017 yılında %0.198 ve 2018 yılında %0.202 olduğu tespit edilmiştir. 2017 ve 2018 yılları arasında istatistiksel olarak fark gözükmemiştir. Bitki gelişim dönemine göre hasat öncesi yapraklarda P konsantrasyonunun yüksek olması, hasat dönemi yaprakta meyveye taşınarak düşmesi ve hasat sonrası fazla değişmemesi bitki gelişim periyodu açısından fındık bitkisinde olağan bir durumdur. Konuyla ilgili olarak yürütülen bir çalışmada Öztürk (2014), fındık yapraklarında P konsantrasyonunun temmuz, ağustos ve eylül ayları arasında fazla değişim göstermediğini belirtmiştir. Araştırmacı yaptığı çalışmada fındık bitkisinde temmuz-

eylül aylarında belirlenen P konsantrasyonları arasında yıllara göre farklılıklar olduğunu belirtmiş ve P konsantrasyonlarının ilk yıl sırasıyla %0.168-0.160 ve 0.159, ikinci yıl %0.117-0.121 ve 0.153 arasında değiştiğini belirtmiştir. Yürütülen tez çalışmasından elde edilen değerler ve P konsantrasyonunun aylara göre değişim eğilimi Öztürk (2014) ile benzerlik göstermektedir.

Destek sulamanın yapraklarda P konsantrasyonuna etkisi incelendiğinde, en yüksek P değerinin ise %0.236 ile haziran ve temmuz aylarında birlikte sulama yapılan  $S_{H+T}$  konusunda ve tüm aylar sulama yapılan  $S_{M+H+T}$  konusunda olduğu ancak uygulamalar arası istatistiksel farkın olmadığı belirlenmiştir. Sulama uygulamalarının yaprakların P konsantrasyonu üzerine etkisi temmuz ayı açısından incelendiğinde ise yapraklarda en yüksek P konsantrasyonu tam sulamanın yapıldığı  $S_{M+H+T}$  (%0.260) konusunda olduğu tespit edilirken bu uygulamayı %0.255 P ile mayıs ve haziran uygulaması yapılan  $S_{M+H}$  konusu takip etmektedir. Sonuçlar değerlendirildiğinde fındık yapraklarında Snare (2008) tarafından belirtilen fındık yapraklarında P yeterlilik (%0.13) sınırına göre tüm konuların fındıkta N konsantrasyonu bakımından yeterli olduğu ve sulamanın fındıkta P beslenmesi üzerine olumlu etkilerinin olduğu gözükmektedir. Yapılan çalışmaya benzer olarak Gülcan ve ark., (2005) sulama oranı arttıkça kayısı yapraklarında P konsantrasyonunun azalabildiğini, Saleh ve ark., (2018) artan dozda sulama uygulamalarının fasulye yapraklarının P konsantrasyonunda dalgalanmaya neden olduğunu ve tam sulamada en düşük P değeri tespit edildiğini, Bahaulddin (2011) narda, Birgin (2019) kayısıda sulama uygulamalarının tek başına yaprakların P konsantrasyonu üzerine etkisinin olmadığını tespit etmiştir.

Araştırma sonuçları incelendiğinde (Çizelge 4.12) ay×sulama interaksyonu arasında istatistiksel olarak önemli ( $p<0.05$ ) fark olduğu belirlenmiştir. Yapraklarda P konsantrasyonlarının %0.207 ile %0.260 arasında değiştiği belirlenmiştir. Sonuçlara göre en yüksek değer tam sulama uygulaması yapılan  $S_{M+H+T}$  konusunun temmuz ayı örneklerinde belirlenmiştir.

**Çizelge 4.12** Destek Sulamanın Yaprakta P Konsantrasyonu (%) Üzerine Etkisi

YIL	Sulama	Ay			Ortalama
		Temmuz	Ağustos	Eylül	
2016	<b>S<sub>K</sub> (Kontrol)</b>	0.319	0.307	0.293	0.306 Aa
	<b>S<sub>T</sub></b>	0.333	0.303	0.286	0.307 Aa
	<b>S<sub>M+H+T</sub></b>	0.377	0.249	0.319	0.315 Aa
	<b>S<sub>H+T</sub></b>	0.221	0.239	0.249	0.236 Aa
	<b>S<sub>M+H</sub></b>	0.309	0.279	0.274	0.287 Aa
		<b>0.312</b>	<b>0.275</b>	<b>0.284</b>	<b>0.290 A</b>
2017	<b>S<sub>K</sub> (Kontrol)</b>	0.203	0.207	0.186	0.199 Ab
	<b>S<sub>T</sub></b>	0.202	0.184	0.177	0.188 Ab
	<b>S<sub>M+H+T</sub></b>	0.198	0.194	0.211	0.201 Ab
	<b>S<sub>H+T</sub></b>	0.208	0.201	0.207	0.205 Aa
	<b>S<sub>M+H</sub></b>	0.203	0.204	0.190	0.199 Ac
		<b>0.203</b>	<b>0.198</b>	<b>0.194</b>	<b>0.198 B</b>
2018	<b>S<sub>K</sub> (Kontrol)</b>	0.204	0.212	0.169	0.195 Ab
	<b>S<sub>T</sub></b>	0.211	0.214	0.190	0.205 Ab
	<b>S<sub>M+H+T</sub></b>	0.205	0.177	0.190	0.191 Ab
	<b>S<sub>H+T</sub></b>	0.231	0.183	0.175	0.196 Aa
	<b>S<sub>M+H</sub></b>	0.253	0.227	0.183	0.221 Ab
		<b>0.221</b>	<b>0.203</b>	<b>0.182</b>	<b>0.202 B</b>
	<b>Ortalama</b>	<b>0.245 A</b>	<b>0.225 B</b>	<b>0.220 B</b>	
P	<b>S<sub>K</sub> (Kontrol)</b>	0.242 Aa	0.242 Aa	0.216 Aa	0.233
	<b>S<sub>T</sub></b>	0.249 Aa	0.234 Aa	0.218 Aa	0.234
	<b>S<sub>M+H+T</sub></b>	0.260 Aa	0.207 Ab	0.240 Aab	0.236
	<b>S<sub>H+T</sub></b>	0.220 Aa	0.208 Aa	0.210 Aa	0.213
	<b>S<sub>M+H</sub></b>	0.255 Aa	0.237 Aa	0.215 Aa	0.236
		yıl:<0.001; ay:<0.001; sulama: 0.266 yıl×ay:0.085; yıl×sulama:0.001; ay×sulama: 0.042 yıl×ay×sulama:0.149			

Aynı yılda ortak harfi büyük olmayan aylar arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir ( $p<0.05$ ). Aynı ayda ortak harfi küçük olmayan yıllar arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir ( $p<0.05$ ). Aynı uygulamada aynı ayda ortak rakamı olmayan yıllar arasında fark vardır ( $p<0.05$ ).

Yıl×sulama interaksiyonu arasında istatistiksel olarak önemli ( $p<0.05$ ) fark olduğu belirlenmiştir. Yapraklarda P konsantrasyonlarının %0.188 ile %0.315 arasında değiştiği belirlenmiştir. Sonuçlara göre en yüksek düşük değer 2017 yılı  $S_T$  uygulamasında, en yüksek değer 2016 yılı  $S_{M+H+T}$  uygulamasında belirlenmiştir. Sulama uygulamalarına benzer olarak; Oliveira ve ark., (2006) farklı sulama miktarlarının kaju ağaçlarında verim ve verim öğelerini artırdığını ancak sulama etkisinin yıllara değişkenlik gösterdiğini, Çelik (2014) sulama uygulamalarının kiraz yapraklarının P konsantrasyonunu üzerine önemli etkisi olduğunu ve en düşük P konsantrasyonu sulama yapılmayan kontrol bitkilerinde olurken en yüksek değerlerin %100 sulama yapılan ağaçlardan elde edildiğini, Yarış (2018) artan dozda sulama uygulamalarının fasulye yapraklarında besin elementi miktarını artırdığını, en yüksek N, P, K, Ca ve Mg konsantrasyonlarının %100 tarla kapasitesinde, en düşük değerlerin

ise sulama yapılmayan konularda elde edildiği, Çeliktöpez ve ark., (2021) sulama uygulamalarının çilek yapraklarında P konsantrasyonunu artırdığı ve en yüksek değerlerin %75 ve %100 tarla kapasitesinden elde edildiğini ancak tarla kapasitesinin üstünde sulama yapılmasının P konsantrasyonunun azalmasına neden olduğunu ifade etmişlerdir. Tez çalışmasından elde edilen veriler incelendiğinde, fındık tarımında sulama uygulamalarının etkisinin yıllara göre değişebileceği ve bitkilerin P beslenmesi bakımından katkısı olabileceği düşünülmektedir.

#### **4.2.3 Destek Sulamanın Yapraklarda Potasyum Konsantrasyonunun Dönemsel Değişimi Üzerine Etkisi**

Araştırmanın yürütüldüğü yıllarda farklı dönemlerde destek sulama uygulanan yaprakların K konsantrasyonuna ait ortalamalar ve istatistiksel veriler Çizelge 4.13'de verilmiştir. Fındık yapraklarının K konsantrasyonu üzerine destek sulamanın etkileri incelendiğinde, yapılan istatistiksel analiz sonucuna göre yıl, ay, sulama, yıl×ay, yıl×sulama interaksiyonları ve yıl×ay×sulama üçlü interaksiyonun önemli ( $p<0.05$ ) bulunmuş, ay×sulama interaksiyonun önemli olmadığı tespit edilmiştir.

Fındık yapraklarının ortalama K konsantrasyonları incelendiğinde en yüksek %0.964 ile temmuz ayında olurken, ilerleyen aylar ile K konsantrasyonu azalmış ve en düşük K %0.780 ile eylül ayında belirlenmiştir. Yaprak örneklerinin alındığı 2016, 2017 ve 2018 yılları arasında K konsantrasyonu açısından önemli istatistiksel ( $p<0.05$ ) farklar bulunurken; K konsantrasyonu 2016 yılında %1.073, 2017 yılında %0.922 ve 2018 yılında %0.592 olarak tespit edilmiştir. Bitki gelişim dönemine göre hasat öncesi yapraklarda K konsantrasyonunun artması ve hasat sonrası azalması bitki gelişim periyodu açısından fındık bitkisinde beklenen bir durumdur. Konuyla ilgili olarak yürütülen bir çalışmada Öztürk (2014), fındık yapraklarında temmuz ayında yüksek olan K miktarının ağustos ve eylül ayları arasında giderek azaldığını belirtmiştir. Araştırmacı yaptığı çalışmada fındık bitkisinde temmuz ve eylül arasında yıllara göre farklılıklar olduğunu belirtmiş ve K konsantrasyonlarının ilk yıl sırasıyla %1.08-0.81 ve 0.89, ikinci yıl %0.87-0.48 ve 0.45 arasında değiştiğini ve yıllara göre K konsantrasyonunun önemli ölçüde farklılık içerdiğini belirtmiştir. Yürütülen araştırmanın sonuçlarına benzer olarak Öztürk (2014) temmuz ayı sonrasında fındık bitkisinde yaprakların K konsantrasyonunun giderek azaldığını belirtmiştir.

**Çizelge 4.13** Destek Sulamanın Yaprakta K Konsantrasyonu (%) Üzerine Etkisi

YIL	Sulama	Ay			Ortalama
		Temmuz	Ağustos	Eylül	
2016	<b>S<sub>k</sub> (Kontrol)</b>	1.426 Aa1	1.151 Ab1	1.089 Ab1	1.222 Aa
	<b>S<sub>T</sub></b>	0.954 Ba1	0.942 Ba1	0.742 Bb1	0.879 Ca
	<b>S<sub>M+H+T</sub></b>	1.513 Aa1	1.119 ABb1	1.115 Ab1	1.249 Aa
	<b>S<sub>H+T</sub></b>	0.964 Bab1	1.093 ABa1	0.891 Bb1	0.983 BCa
	<b>S<sub>M+H</sub></b>	1.113 Ba1	1.134 ABa1	0.853 Bb1	1.034 Ba
		<b>1.194 Aa</b>	<b>1.088 Ab</b>	<b>0.938 Ac</b>	<b>1.073 A</b>
2017	<b>S<sub>k</sub> (Kontrol)</b>	1.161 Aa2	1.071 Aab1	0.914 Ab2	1.049 ABb
	<b>S<sub>T</sub></b>	0.857 Ba1	0.640 Cb2	0.610 Bb12	0.702 Db
	<b>S<sub>M+H+T</sub></b>	1.228 Aa2	1.160 Aa1	0.936 Ab2	1.108 Ab
	<b>S<sub>H+T</sub></b>	1.038 ABa1	0.867 Bb2	0.905 Aab1	0.937 Ba
	<b>S<sub>M+H</sub></b>	0.877 Ba2	0.808 BCa2	0.764 ABa1	0.816 Cb
		<b>1.032 Ba</b>	<b>0.909 Bb</b>	<b>0.826 Bc</b>	<b>0.922 B</b>
2018	<b>S<sub>k</sub> (Kontrol)</b>	0.778 Aa3	0.720 Aa2	0.777 Aa2	0.758 Ac
	<b>S<sub>T</sub></b>	0.525 Ba2	0.456 BCa3	0.452 Ba2	0.477 Cc
	<b>S<sub>M+H+T</sub></b>	0.708 ABa3	0.638 ABa2	0.614 ABa3	0.653 Abc
	<b>S<sub>H+T</sub></b>	0.701 ABa2	0.429 Cb3	0.470 Bb2	0.533 Cb
	<b>S<sub>M+H</sub></b>	0.623 Aba3	0.418 Cb3	0.574 Bab2	0.539 BCc
		<b>0.667 Ca</b>	<b>0.532 Cb</b>	<b>0.577 Cb</b>	<b>0.592 C</b>
	<b>Ortalama</b>	<b>0.964 A</b>	<b>0.843 B</b>	<b>0.780 C</b>	
	<b>S<sub>k</sub> (Kontrol)</b>	1.121	0.981	0.927	1.010 A
	<b>S<sub>T</sub></b>	0.778	0.679	0.601	0.686 B
	<b>S<sub>M+H+T</sub></b>	1.150	0.972	0.888	1.003 A
	<b>S<sub>H+T</sub></b>	0.901	0.796	0.755	0.817 B
	<b>S<sub>M+H</sub></b>	0.871	0.787	0.730	0.796 B
<b>P</b>	yıl:<0.001; ay:<0.001; sulama:<0.001 yıl×ay:<0.001; yıl×sulama:0.002; ay×sulama:0.558 yıl×ay×sulama:<0.001				

Aynı yılda ortak harfi büyük olmayan aylar arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir ( $p<0.05$ ).  
Aynı ayda ortak harfi küçük olmayan yıllar arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir ( $p<0.05$ ).  
Aynı uygulamada aynı ayda ortak rakamı olmayan yıllar arasında fark vardır ( $p<0.05$ ).

Destek sulamanın yapraklarda K konsantrasyonu üzerine etkisi incelendiğinde K konsantrasyonlarının %0.686 ile %1.010 arasında değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. Yürütülen çalışmada, en düşük K değerinin sadece temmuz ayında sulama yapılan  $S_T$  konusunda, en yüksek değerlerin ise kontrol ocağı ile tam sulama yapılan  $S_{M+H+T}$  konusunda olduğu belirlenmiştir. Sulama uygulamalarının yaprakların K konsantrasyonu üzerine etkisi temmuz ayı açısından incelendiğinde ise yapraklarda en yüksek K konsantrasyonunun %1.150 ile tam sulamanın yapıldığı  $S_{M+H+T}$  konusunda olduğu, en düşük K konsantrasyonunun %0.778 ile sadece temmuz ayında sulamanın yapıldığı  $S_T$  konusunda tespit edilmiştir. Sonuçlar değerlendirildiğinde fındık yapraklarında Snare (2008) tarafından belirtilen K yeterlilik (%0.80) sınırına göre  $S_T$  konusu fındıkta K konsantrasyonu bakımından yeterli değilken diğer konuların yeterli olduğu ve sulamanın fındıkta K beslenmesini artırabildiği gözükmektedir.

Benzer çalışmalarda; karpuz (Rouphael ve ark., 2008), elma (Uçgun ve ark., 2017), fasulye (Saleh ve ark., 2018) yapraklarında sulamanın K konsantrasyonunu artırdığı ifade edilmektedir.

Çizelge 4.13 incelendiğinde yıl×ay interaksiyonunun istatistiksel olarak önemli ( $p<0.05$ ) olduğu ve en düşük değerin %0.532 ile 2018 yılı ağustos ayında, en yüksek değerin %1.194 ile 2016 yılının temmuz ayında olduğu görülmüştür. Fındık yapraklarında eylül ayında K konsantrasyonunun azalması bitki gelişimi dönemi açısından beklenen bir durumdur. Ayrıca, yıl×sulama interaksiyonu arasında da istatistiksel olarak önemli ( $p<0.05$ ) fark olduğu belirlenmiştir. Yapraklarda K konsantrasyonları %0.477 ile %1.249 arasında değişkenlik göstermiştir. Sonuçlara göre en düşük değer 2018 yılı  $S_T$  uygulamasında, en yüksek değer 2016 yılı tam sulama yapılan  $S_{M+H+T}$  uygulamasında belirlenmiştir.

Çizelge 4.13 incelendiğinde yıl×ay×sulama interaksiyonunun K konsantrasyonu bakımından istatistiksel olarak ( $p<0.05$ ) önemli olduğu görülmektedir. Bu üçlü interaksiyonu etkisi altında yaprakların K konsantrasyonlarının %0.452-1.513 arasında değişkenlik gösterdiği görülmektedir. Yaprakların K konsantrasyonları incelendiğinde en yüksek değerin 2016 yılında temmuz ayı örneklerinin tam sulama yapılan  $S_{M+H+T}$  konusunda olduğu belirlendiği ve en düşük K konsantrasyonunun 2018 yılı ağustos ayı örneklerinin mayıs ve haziran sulaması yapılan  $S_{M+H}$  konusunda elde edildiği görülmektedir. Bu sonuçlar değerlendirildiğinde özellikle sulama uygulamalarının yıl ve ay etkisi altında tam sulamanın yapılmasıyla etkili olduğu söylenebilir. Yapılan sulamanın yıllara göre değişmekle birlikte fındık yapraklarında K konsantrasyonunun Snare (2008) tarafından belirtilen yeterlilik sınırı değerinin (%0.80) üzerine çıkarabildiği ve bunun fındıkta doğru bir K beslemesi açısından oldukça önemli bir husus olduğu bilinmektedir. Konuyla ilgili farklı bitkilerde yapılan çalışmalarda da soya (Deliboran, 2009), yer kirazı (Çelik, 2014), kayısı (Birgin, 2019) ve çilekte (Çeliktöpus ve ark., 2021) artan dozda sulama uygulamalarının bitki yapraklarının K konsantrasyonunu artırdığını ve genel olarak en düşük K miktarının sulama yapılmayan kontrol bitkilerinde elde edildiğini ifade etmiştir. Tonkaz ve Bostan (2016) fındık tarımında son yıllarda yaşanan yaz dönemlerindeki yağış azalmalarının fındıkta verim ve kalite kayıplarına yol açtığını bildirmişlerdir. Bu nedenle yürütülen tez çalışması, destek sulamanın fındık tarımında K beslenmesine



katkısı sağlayabileceğini ve kuraklık nedeniyle yaşanabilecek olan verim ve kalite kayıplarının önüne geçilebileceğini ortaya koymaktadır.

#### **4.2.4 Destek Sulamanın Yapraklarda Kalsiyum Konsantrasyonunun Dönemsel Değişimi Üzerine Etkisi**

Araştırmanın yürütüldüğü yıllarda farklı dönemlerde uygulanan destek sulamanın yapraklarda Ca konsantrasyonuna ait ortalamalar ve istatistiksel veriler Çizelge 4.14'te verilmiştir. Fındık yapraklarının Ca konsantrasyonu üzerine destek sulamanın etkileri incelendiğinde, yapılan istatistiksel analiz sonucuna göre yıl, ay, sulama, yıl×ay interaksiyonları önemli ( $p<0.05$ ) bulunmuş, yıl×sulama, ay×sulama ve yıl×ay×sulama üçlü interaksiyonun interaksiyonun önemli olmadığı tespit edilmiştir.

Fındık yapraklarının ortalama Ca konsantrasyonları incelendiğinde en düşük %1.99 ile temmuz ayında olurken, ilerleyen aylar ile Ca konsantrasyonu artmış ve en yüksek Ca %2.22 ile eylül ayında belirlenmiştir. Yaprak örneklerinin alındığı 2016, 2017 ve 2018 yılları arasında Ca konsantrasyonu açısından önemli istatistiksel ( $p<0.05$ ) farklar bulunurken; Ca konsantrasyonu 2016 yılında %1.99, 2017 yılında %2.37 ve 2018 yılında %1.96 olarak tespit edilmiştir. Veriler incelendiğinde 2017 yılı dışında kalan 2016 ve 2018 yılları arasında yapraklarda Ca konsantrasyonu istatistiksel olarak aynı grupta yer alırken yıllar arası bu farklılıkların fındığın periyodisite göstermesinin yanı sıra iklimsel değişikliklerden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Bitki gelişim dönemine göre hasat öncesi yapraklarda Ca konsantrasyonunun düşük olması ve hasat sonrası birikerek artması bitki gelişim periyodu açısından fındık bitkisinde beklenen bir durumdur. Konuyla ilgili olarak yürütülen bir çalışmada Öztürk (2014), fındık yapraklarında temmuz ayında düşük olan Ca miktarının ağustos ve eylül ayları arasında giderek arttığını belirtmiştir. Araştırmacı yaptığı çalışmada fındık bitkisinde temmuz ve eylül arasında yıllara göre farklılıklar olduğunu belirtmiş ve Ca konsantrasyonlarının ilk yıl sırasıyla %1.49-1.58 ve 1.81, ikinci yıl %1.61-1.56 ve 1.76 arasında değiştiğini, yıllara göre Ca konsantrasyonunun önemli ölçüde farklılık içerdiğini ve temmuz ayı sonrasında fındık bitkisinde yaprakların Ca konsantrasyonunun giderek arttığını belirtmiştir.

**Çizelge 4.14** Destek Sulamanın Yaprakta Ca Konsantrasyonu (%) Üzerine Etkisi

YIL	Sulama	Ay			Ortalama
		Temmuz	Ağustos	Eylül	
2016	<b>S<sub>k</sub> (Kontrol)</b>	1.90	1.96	2.46	2.11
	<b>S<sub>T</sub></b>	1.65	1.81	2.28	1.92
	<b>S<sub>M+H+T</sub></b>	2.16	1.89	2.32	2.12
	<b>S<sub>H+T</sub></b>	1.69	1.99	2.38	2.02
	<b>S<sub>M+H</sub></b>	1.49	1.69	2.17	1.78
		<b>1.78 Bb</b>	<b>1.87 Bb</b>	<b>2.32 Aa</b>	<b>1.99 B</b>
2017	<b>S<sub>k</sub> (Kontrol)</b>	2.24	2.17	2.36	2.26
	<b>S<sub>T</sub></b>	1.87	2.44	2.40	2.24
	<b>S<sub>M+H+T</sub></b>	2.58	2.67	2.50	2.58
	<b>S<sub>H+T</sub></b>	2.29	2.68	2.44	2.47
	<b>S<sub>M+H</sub></b>	2.15	2.47	2.37	2.33
		<b>2.23 Ab</b>	<b>2.48 Aa</b>	<b>2.41 Aab</b>	<b>2.37 A</b>
2018	<b>S<sub>k</sub> (Kontrol)</b>	2.02	2.19	2.00	2.07
	<b>S<sub>T</sub></b>	2.16	1.87	1.84	1.96
	<b>S<sub>M+H+T</sub></b>	1.99	2.01	1.92	1.97
	<b>S<sub>H+T</sub></b>	1.92	1.95	1.90	1.92
	<b>S<sub>M+H</sub></b>	1.68	1.94	1.95	1.86
		<b>1.96 Ba</b>	<b>1.99 Ba</b>	<b>1.92 Ba</b>	<b>1.96 B</b>
	<b>Ortalama</b>	<b>1.99 B</b>	<b>2.12 A</b>	<b>2.22 A</b>	
	<b>S<sub>k</sub> (Kontrol)</b>	2.05	2.11	2.27	2.14 A
	<b>S<sub>T</sub></b>	1.89	2.04	2.17	2.04 B
	<b>S<sub>M+H+T</sub></b>	2.24	2.19	2.24	2.22 A
	<b>S<sub>H+T</sub></b>	1.97	2.21	2.24	2.14 A
	<b>S<sub>M+H</sub></b>	1.77	2.03	2.16	1.99 B
<b>P</b>	yıl:<0.001; ay:<0.001; sulama: 0.030 yıl×ay:<0.001; yıl×sulama:0.176; ay×sulama: 0.255 yıl×ay×sulama:0.258				

Aynı yılda ortak harfi büyük olmayan aylar arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir ( $p<0.05$ ).

Aynı ayda ortak harfi küçük olmayan yıllar arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir ( $p<0.05$ ).

Sulama uygulamalarının yapraklarda Ca konsantrasyonu üzerine etkisi incelendiğinde Ca konsantrasyonlarının %1.99 ile %2.22 arasında değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. Ca konsantrasyonları incelendiğinde, en düşük Ca değerinin mayıs ve haziran ayında sulama yapılan  $S_{M+H}$  konusunda olduğu ve sadece temmuz ayında destek sulama yapıldığı  $S_T$  konusuyla aynı istatistiksel grupta yer aldığı, en yüksek değerlerin ise tüm aylar sulama yapılan  $S_{M+H+T}$  konusunda olduğu ve haziran ile temmuz aylarında sulama yapılan  $S_{H+T}$  konusuyla aynı istatistiksel grupta yer aldığı belirlenmiştir. Sulama uygulamalarının yaprakların Ca konsantrasyonu üzerine etkisi temmuz ayı açısından incelendiğinde ise yapraklarda en yüksek Ca konsantrasyonunun %2.24 Ca ile tam sulamanın yapıldığı  $S_{M+H+T}$  konusunda olduğu, en düşük Ca konsantrasyonunun %1.89 ile sadece temmuz ayında sulamanın yapıldığı  $S_T$  konusunda tespit edilmiştir. Sonuçlar değerlendirildiğinde fındık yapraklarında Snare (2008) tarafından belirtilen Ca yeterlilik (%1.00) sınırına göre tüm konuların

yeterli olduğu belirlenirken, sulamanın fındık yapraklarında Ca konsantrasyonu üzerine etkilerinin istatistiksel olarak önemli olmadığı gözükmektedir. Araştırma sonuçlarına göre temmuz ayı baz alınarak yapılan istatistiki analizlere göre de kontrole göre sulamanın etkisinin dalgalanan bir seyir gösterdiği ve tam sulama uygulamasının ( $S_{M+H+T}$ ) yapraklarda Ca konsantrasyonunu rakamsal olarak artırsa da bu artışın istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir. Konuyla ilgili benzer çalışmalarda karpuz yapraklarında (Rouphael ve ark., 2008) sulamanın önemli etkisinin olmadığı belirlenirken, nar (Bahaulddin, 2011), kaju (Oliviera, 2016), yer kirazı (Çelik, 2014), fasulye (Saleh ve ark., 2018; Yarış, 2018), pamuk (Ektiren ve Değirmenci, 2018), kayısı (Birgin, 2019), çilek (Çeliktöpus ve ark., 2021) yapraklarında sulama uygulamalarının Ca konsantrasyonunu artırdığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.14 incelendiğinde yıl×ay interaksiyonunun istatistiksel olarak önemli ( $p<0.05$ ) olduğu ve en düşük değerin %1.78 ile 2016 yılı temmuz ayında, en yüksek değerin %2.48 ile 2017 yılı ağustos ayında olduğu görülmüştür. Fındık yapraklarında temmuz ayından eylül ayına doğru gidildikçe Ca konsantrasyonunun artması, Ca'nın bitkilerde ksilem ile taşınması ve floemde harektliliğinin düşük olması nedeniyle meyveye taşınamamasından kaynaklı olarak dokularada birikmesine bağlanabilir. Bu nedenle Ca'nın gelişim sezonu ilerledikçe dokularda birikmesi bitki gelişim dönemi açısından beklenen bir durumdur. Yapraklarda Ca konsantrasyonu, yıl×sulama interaksiyonu açısından değerlendirildiğinde istatistiksel olarak önemli ( $p<0.05$ ) fark olduğu belirlenmiştir. Yapraklarda Ca konsantrasyonları %1.90 ile %2.22 arasında değişkenlik göstermiştir. Sonuçlara göre en düşük değer 2016 yılı  $S_T$  uygulamasında, en yüksek değer 2018 yılı mayıs ve haziran aylarında birlikte sulama yapılan  $S_{M+H}$  uygulamasında belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre, farklı dönemlerde yapılan destek sulama uygulamalarının yıllara bağlı olarak değiştiği ve yapraklarda Ca konsantrasyonu üzerine önemli etkilerinin olduğu söylenebilir.

#### 4.2.5 Destek Sulamanın Yapraklarda Magnezyum Konsantrasyonunun Dönemsel Değişimi Üzerine Etkisi

Araştırmanın yürütüldüğü yıllarda farklı dönemlerde uygulanan destek sulamanın yapraklarda Mg konsantrasyonuna ait ortalamalar ve istatistiksel veriler Çizelge 4.15'te verilmiştir. Fındık bitkisi yapraklarının Mg konsantrasyonu üzerine destek sulamanın etkileri incelendiğinde, yapılan istatistiksel analiz sonucuna göre yıl, sulama, yıl×ay, ay×sulama ve yıl×ay×sulama üçlü interaksyonları önemli ( $p<0.05$ ) bulunmuş, ay ve yıl×sulama interaksyonunun önemli olmadığı tespit edilmiştir.

Fındık yapraklarının ortalama Mg konsantrasyonları incelendiğinde en düşük %0.403 ile ağustos ayında olurken, en yüksek %0.414 ile eylül ayında belirlenmiştir. Yapraklarda Mg konsantrasyonunun aylar arasında fazla değişim göstermediği ve istatistiksel olarak farkın olmadığı belirlenmiştir. Yaprak örneklerinin alındığı 2016, 2017 ve 2018 yılları arasında Mg konsantrasyonu açısından önemli istatistiksel ( $p<0.05$ ) farklar bulunurken; Mg konsantrasyonu 2016 yılında %0.433, 2017 yılında %0.460 ve 2018 yılında %0.330 olarak tespit edilmiştir. Konuyla ilgili olarak yürütülen bir çalışmada Öztürk (2014), fındık yapraklarında temmuz ayından ağustos ayına geçildiğinde Mg miktarının azaldığını ve eylül ayında arttığını belirtmiştir. Araştırmacı yaptığı çalışmada fındık bitkisinde temmuz ve eylül ayları arasında yıllara göre farklılıklar olduğunu belirtmiş ve Mg konsantrasyonlarının ilk yıl sırasıyla %0.46-0.40 ve 0.48, ikinci yıl %0.38-0.35 ve 0.46 arasında değiştiğini, yıllara göre Mg konsantrasyonunun önemli ölçüde farklılık içerdiğini ve ağustos ayı sonrasında fındık bitkisinde yaprakların Mg konsantrasyonunun giderek arttığını belirtmiştir. Yürütülen tez çalışmasından elde edilen değerler ve Mg konsantrasyonunun aylara göre değişim eğilimi Öztürk (2014) ile benzerlik göstermektedir.

Sonuçlar değerlendirildiğinde bitki gelişim dönemine göre meyve oluşum dönemine kadar Mg konsantrasyonunun artıp hasat sonrası azalması, Mg'nin floemle taşınması nedeniyle yapraklardan meyveye taşınarak yapraklarda Mg konsantrasyonunun düşmesine yol açmasından kaynaklanabilir ve hasat sonrası birikerek artması ise gelişim sezonunun ilerlemesi ve bu dönemde Mg'nin yapraklarda birikmesine bağlanabilir.

**Çizelge 4.15** Destek Sulamanın Yaprakta Mg Konsantrasyonu (%) Üzerine Etkisi

YIL	Sulama	Ay			Ortalama
		Temmuz	Ağustos	Eylül	
2016	<b>S<sub>K</sub> (Kontrol)</b>	0.414 Ab2	0.392 BCb1	0.463 BCa1	0.423
	<b>S<sub>T</sub></b>	0.452 Ab2	0.449 Ab2	0.516 Aa1	0.472
	<b>S<sub>M+H+T</sub></b>	0.426 Aa2	0.381 Cb2	0.417 Cab1	0.408
	<b>S<sub>H+T</sub></b>	0.416 Aab2	0.394 BCb2	0.446 BCa1	0.418
	<b>S<sub>M+H</sub></b>	0.417 Ab2	0.435 ABab12	0.477 ABa1	0.443
			<b>0.425 Bb</b>	<b>0.410 Bc</b>	<b>0.464 Aa</b>
2017	<b>S<sub>K</sub> (Kontrol)</b>	0.458 Aa1	0.424 Bab1	0.398 Bb2	0.427
	<b>S<sub>T</sub></b>	0.509 Aa1	0.508 Aa1	0.466 Ab2	0.494
	<b>S<sub>M+H+T</sub></b>	0.505 Aa1	0.444 Bb1	0.406 Bb1	0.451
	<b>S<sub>H+T</sub></b>	0.485 Aa1	0.450 Ba1	0.448 ABa1	0.461
	<b>S<sub>M+H</sub></b>	0.467 Aa1	0.460 ABa1	0.477 Aa1	0.468
			<b>0.485 Aa</b>	<b>0.457 Ab</b>	<b>0.439 Bc</b>
2018	<b>S<sub>K</sub> (Kontrol)</b>	0.291 Aa3	0.304 Ca3	0.321 Ba3	0.305
	<b>S<sub>T</sub></b>	0.328 Ab3	0.330 BCb3	0.379 Aa3	0.345
	<b>S<sub>M+H+T</sub></b>	0.292 Aa3	0.314 Ca3	0.313 Ba2	0.306
	<b>S<sub>H+T</sub></b>	0.296 Ab3	0.372 Aba2	0.321 Bb2	0.330
	<b>S<sub>M+H</sub></b>	0.341 Ab3	0.396 Aa2	0.358 ABab2	0.365
			<b>0.310 Cb</b>	<b>0.343 Ca</b>	<b>0.338 Ca</b>
	<b>Ortalama</b>	<b>0.407</b>	<b>0.403</b>	<b>0.414</b>	
	<b>S<sub>K</sub> (Kontrol)</b>	0.388 Ba	0.373 Ca	0.394 Ca	0.385 C
	<b>S<sub>T</sub></b>	0.430 Aa	0.429 Aa	0.453 Aa	0.437 A
	<b>S<sub>M+H+T</sub></b>	0.407 ABa	0.380 BCb	0.379 Cb	0.389 C
	<b>S<sub>H+T</sub></b>	0.399 ABa	0.405 ABa	0.405 BCa	0.403 BC
	<b>S<sub>M+H</sub></b>	0.408 ABb	0.430 Aab	0.437 ABa	0.425 AB
<b>P</b>	yıl:<0.001; ay:<0.161; sulama:<0.001 yıl×ay:<0.001; yıl×sulama:0.075; ay×sulama:0.027 yıl×ay×sulama:<0.009				

Aynı yılda ortak harfi büyük olmayan aylar arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir ( $p<0.05$ ). Aynı ayda ortak harfi küçük olmayan yıllar arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir ( $p<0.05$ ). Aynı uygulamada aynı ayda ortak rakamı olmayan yıllar arasında fark vardır ( $p<0.05$ ).

Destek sulamanın yaprakların Mg konsantrasyonu üzerine etkisi incelendiğinde Mg konsantrasyonlarının %0.385 ile %0.437 arasında değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. Mg konsantrasyonları incelendiğinde, en düşük değer in sulama yapılmayan S<sub>K</sub> konusunda, en yüksek değer in ise sadece temmuz ayında destek sulama yapılan S<sub>T</sub> konusunda olduğu ve mayıs ile haziran aylarında sulama yapılan S<sub>M+H</sub> konusunun da yapraklarda Mg miktarını S<sub>T</sub> konusuna yakın bir değer elde edildiği belirlenmiştir. Sulama uygulamalarının yaprakların Mg konsantrasyonu üzerine etkisi temmuz ayı açısından incelendiğinde ise en düşük yaprakların Mg konsantrasyonunun %0.388 ile sulamanın yapılmadığı S<sub>K</sub> konusunda, en yüksek Mg konsantrasyonunun %0.430 ile sadece temmuz ayında sulamanın yapıldığı S<sub>T</sub> konusunda olduğu tespit edilmiştir. Sulama yapılan uygulamalar arasında istatistiksel olarak bir fark olmadığı görülmektedir. Sonuçlar değerlendirildiğinde fındık

yapraklarında Snare (2008) tarafından belirtilen Mg yeterlilik (%0.24) sınırına göre tüm konuların yeterli olduğu ve sulamanın fındıkta Mg beslenmesini açısından önem taşıdığı gözükmemektedir. Sulamanın fındık bitkisinde yapraklarda Mg konsantrasyonu üzerine literatüre rastlanmamıştır. Bu nedenle farklı bitkilerde yürütülen çalışmalarda sulama uygulamalarının karpuz yapraklarında (Rouphael ve ark., 2008) Mg konsantrasyonunu düşürdüğü görülürken, nar (Bahaulddin, 2011), kaju (Oliviera, 2016), yer kirazı (Çelik, 2014), fasulye (Saleh ve ark., 2018; Yarış, 2018), pamuk (Ektiren ve Değirmenci, 2018), kayısı (Birgin, 2019), çilek (Çeliktöpus ve ark., 2021) yapraklarında sulama uygulamalarının Mg konsantrasyonunu artırdığı belirlenmiştir. Yürütülen tez çalışması daha önce yapılan çalışmalar ile benzerlik göstermekte ve sulamanın bitki Mg beslenmesi açısından olumlu etkilerini ortaya koymaktadır.

Çizelge 4.15 incelendiğinde fındık yapraklarının Mg konsantrasyonu üzerine yıl×ay interaksiyonunun istatistiksel olarak önemli ( $p<0.05$ ) olduğu ve en düşük değerin %0.310 ile 2018 yılı temmuz ayında, en yüksek değerin %0.485 ile 2017 yılı temmuz ayında olduğu görülmektedir. Fındık yapraklarında Mg konsantrasyonunun yıllar arasındaki mevsimsel değişimlerin etkisiyle farklılık göstermektedir. Yapraklarda Mg konsantrasyonunun, yıl×sulama interaksiyonu arasında istatistiksel olarak fark olmadığı ve sonuçlara göre en düşük değer %0.305 ile 2018 yılı sulama yapılmayan  $S_K$  uygulamasında, en yüksek değer ise %0.494 ile 2017 yılı temmuz ayında sulama yapılan  $S_T$  uygulamasında belirlenmiştir.

Araştırma sonuçları incelendiğinde (Çizelge 4.15) ay×sulama interaksiyonunun istatistiksel olarak önemli ( $p<0.05$ ) olduğu belirlenmiştir. Yapraklarda Mg konsantrasyonlarının %0.373 ile %0.453 arasında değiştiği belirlenmiştir. Sonuçlara göre en düşük değer sulama yapılmayan  $S_K$  konusundan ağustos ayında alınan yaprak örneklerinde, en yüksek değer ise temmuz ayı sulama yapılan  $S_T$  konusundan eylül ayında alınan yaprak örneklerinde tespit edilmiştir.

Çizelge 4.15 incelendiğinde yıl×ay×sulama interaksiyonunun Mg konsantrasyonu bakımından istatistiksel olarak ( $p<0.05$ ) önemli olduğu görülmektedir. Bu üçlü interaksiyonu etkisi altında yaprakların Mg konsantrasyonlarının %0.291-0.516 arasında değişiklik gösterdiği görülmektedir. Yaprakların Mg konsantrasyonları incelendiğinde en yüksek değerin 2016 yılında eylül ayında temmuz sulaması yapılan

S<sub>T</sub> konusunda olduğu belirlenirken, en düşük Mg konsantrasyonunun 2018 yılı temmuz ayı örneklerinde sulama yapılmayan S<sub>K</sub> konusunda elde edildiği görülmektedir. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, özellikle sulama uygulamalarının yıl ve ay etkisi altında temmuz sulamasının yapıldığı dönemde etkili olduğu söylenebilir. Fındık yapraklarında Mg konsantrasyonları genel olarak Snare (2008) tarafından belirtilen yeterlilik sınırı ifade edilen %0.24 değerinin üzerinde olduğu ve özellikle temmuz döneminde yapılan sulamanın Mg konsantrasyonunu %0.50 değerinin üzerine çıkararak yüksek sınıfına (Snare, 2008) getirdiği söylenebilir. Bu olay fındıkta doğru bir Mg beslemesi açısından önemli bir husus olarak değerlendirilmektedir.

#### **4.2.6 Destek Sulamanın Yaprakların Demir Konsantrasyonunun Dönemsel Değişimi Üzerine Etkisi**

Araştırmanın yürütüldüğü yıllarda farklı dönemlerde uygulanan destek sulamanın yapraklarda Fe konsantrasyonuna ait ortalamalar ve istatistiksel veriler Çizelge 4.16'da verilmiştir. Fındık yapraklarının Fe konsantrasyonu üzerine destek sulamanın etkileri incelendiğinde, yapılan istatistiksel analiz sonucuna göre yıl, ay, yıl×ay, yıl×sulama ve yıl×ay×sulama üçlü interaksiyonları önemli ( $p<0.05$ ) bulunmuş, uygulama ve ay×sulama interaksiyonunun önemli olmadığı tespit edilmiştir.

Fındık yapraklarının ortalama Fe konsantrasyonları incelendiğinde en düşük 158.8 mg kg<sup>-1</sup> ile temmuz ayında olurken, ilerleyen aylar ile Fe konsantrasyonu artmış ve en yüksek Fe 251.3 mg kg<sup>-1</sup> ile eylül ayında belirlenmiştir. Yaprak örneklerinin alındığı 2016, 2017 ve 2018 yılları arasında Fe konsantrasyonu açısından önemli istatistiksel ( $p<0.05$ ) farklar bulunurken; Fe konsantrasyonu 2016 yılında 171.8 mg kg<sup>-1</sup>, 2017 yılında 289.4 mg kg<sup>-1</sup> ve 2018 yılında 166.9 mg kg<sup>-1</sup> olarak tespit edilmiştir. 2016 ve 2018 yılları arasında istatistiksel olarak fark gözükmemektedir. Bitki gelişim dönemine göre hasat öncesi yapraklarda Fe konsantrasyonunun düşük olması ve hasat sonrası birikerek artması bitki gelişim periyodu açısından fındık bitkisinde yürütülen benzer bir çalışmada da görülmektedir. Konuyla ilgili olarak yürütülen çalışmada Öztürk (2014), fındık yapraklarında temmuz ayında düşük olan Fe miktarının ağustos ve eylül ayları arasında giderek arttığını belirtmiştir. Araştırmacı yaptığı çalışmada fındık bitkisinde temmuz ve eylül arasında yıllara göre farklılıklar olduğunu belirtmiş ve Fe konsantrasyonlarının ilk yıl sırasıyla 256.2-237.9 ve 343.1 mg kg<sup>-1</sup>, ikinci yıl 265.2-

268.6 ve 282.6 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiğini, yıllara göre Fe konsantrasyonunun önemli ölçüde farklılık içerdiğini ve temmuz ayı sonrasında fındık bitkisinde yaprakların Fe konsantrasyonunun giderek arttığını belirtmiştir.

**Çizelge 4.16** Destek Sulamanın Yaprakta Fe Konsantrasyonu (mg kg<sup>-1</sup>) Üzerine Etkisi

YIL	Sulama	Ay			Ortalama
		Temmuz	Ağustos	Eylül	
2016	<b>S<sub>k</sub> (Kontrol)</b>	134.8 Ab2	169.0 Aab2	204.0 ABa2	169.3 Ab
	<b>S<sub>T</sub></b>	123.3 Ab3	159.7 Ab2	227.7 ABa2	170.2 Ab
	<b>S<sub>M+H+T</sub></b>	148.7 Ab2	174.9 Ab2	238.9 Aa2	187.5 Ab
	<b>S<sub>H+T</sub></b>	134.3 Ab2	173.8 Aab2	208.5 ABa2	172.2 Ab
	<b>S<sub>M+H</sub></b>	138.1 Ab2	155.7 Aab2	185.3 Ba2	159.7 Ab
			<b>135.8 Bc</b>	<b>166.6 Bb</b>	<b>212.9 Ba</b>
2017	<b>S<sub>k</sub> (Kontrol)</b>	224.6 Aa1	310.3 Ab1	372.3 Ac1	302.4 Aa
	<b>S<sub>T</sub></b>	172.8 Bb1	307.2 Aa1	348.0 ABa1	276.0 Aa
	<b>S<sub>M+H+T</sub></b>	205.4 ABb1	309.8 Aa1	300.3 Ba1	271.8 Aa
	<b>S<sub>H+T</sub></b>	182.4 ABc1	335.1 Ab1	378.0 Aa1	298.5 Aa
	<b>S<sub>M+H</sub></b>	180.6 ABb1	351.3 Aa1	363.2 Aa1	298.4 Aa
			<b>193.2 Ac</b>	<b>322.7 Ab</b>	<b>352.3 Aa</b>
2018	<b>S<sub>k</sub> (Kontrol)</b>	172.4 Aa2	181.2 Aa2	194.8 Aa2	182.8 Ab
	<b>S<sub>T</sub></b>	151.0 Aa2	146.3 Aa2	172.9 Aa3	156.7 Ab
	<b>S<sub>M+H+T</sub></b>	158.4 Aa2	181.6 Aa2	191.4 Aa3	177.1 Ab
	<b>S<sub>H+T</sub></b>	126.0 Ab2	163.2 Aab2	188.2 Aa2	159.1 Ab
	<b>S<sub>M+H</sub></b>	128.6 Ab2	150.7 Ab2	196.1 Aa2	158.5 Ab
			<b>147.3 Bb</b>	<b>164.6 Bab</b>	<b>188.7 Ba</b>
	<b>Ortalama</b>	<b>158.8 C</b>	<b>217.6 B</b>	<b>251.3 A</b>	
<b>P</b>	<b>S<sub>k</sub> (Kontrol)</b>	177.3	220.2	257.0	218.2
	<b>S<sub>T</sub></b>	149.0	204.4	249.5	200.9
	<b>S<sub>M+H+T</sub></b>	170.8	222.1	243.5	212.1
	<b>S<sub>H+T</sub></b>	147.5	224.0	258.2	209.9
	<b>S<sub>M+H</sub></b>	149.1	219.2	248.2	205.5
			yıl: <0.001; ay: <0.001; sulama: 0.293 yıl×ay: 0.001; yıl×sulama:0.019; ay×sulama: 0.121 yıl×ay×sulama: 0.011		

Aynı yılda ortak harfi büyük olmayan aylar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05). Aynı ayda ortak harfi küçük olmayan yıllar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05). Aynı uygulamada aynı ayda ortak rakamı olmayan yıllar arasında fark vardır (p<0.05).

Destek sulamanın yaprakların Fe konsantrasyonu üzerine etkisi incelendiğinde Fe konsantrasyonlarının 200.9 mg kg<sup>-1</sup> ile 218.2 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişiklik gösterdiği ve sulama uygulamalarının yaprakların Fe konsantrasyonunda istatistiksel olarak fark yaratmadığı belirlenmiştir. Sulama uygulamalarının yaprakların Fe konsantrasyonu üzerine etkisi temmuz ayı açısından incelendiğinde ise yapraklarda Fe konsantrasyonunun 149 mg kg<sup>-1</sup> ile 177.3 mg kg<sup>-1</sup> arasında olduğu ve sulama konuları arasında istatistiksel olarak bir fark olmadığı görülmektedir. Sonuçlar değerlendirildiğinde fındık yapraklarında Snare (2008) tarafından belirtilen Fe yeterlilik (50 mg kg<sup>-1</sup>) sınırına göre tüm konuların yeterli sınıfında yer almaktadır.



Konuyla ilgili farklı bitkilerde yapılan çalışmalarda; soya bitkisine buharlaşmayla kaybedilen suyun %67'si uygulandığında Fe konsantrasyonu artarken tam sulama yapıldığında ise Fe değerinin düştüğü (Deliboran, 2009), artan dozda sulama uygulamalarının çilek yapraklarında Fe konsantrasyonunu doğrusal olarak azalttığını (Çeliktöpus ve Özekici, 2020), elma ve nar ağaçlarına farklı düzeylerde uygulanan sulamanın yaprakların Fe konsantrasyonunu etkilemediği (Bahaulddin, 2011; Uçgun ve ark., 2017), sulama uygulamalarının fasulye ve pamuk Fe konsantrasyonunda dalgalanmaya neden olduğu, bazı dozlarda artış sağlarken artan sulama ile bu değerin düştüğü ve en düşük Fe konsantrasyonunun tam sulama dozunda belirlendiğini (Ektiren ve Değirmenci, 2018; Saleh ve ark., 2018), buğday (Rezaei ve ark., 2012), kahve (Covre ve ark., 2018) ve fasulye (Yarış, 2018) bitkilerinde artan dozda sulama uygulamalarının yaprakların Fe konsantrasyonunu artırdığını ve genel olarak en düşük Fe miktarının sulama yapılmayan kontrol bitkilerinde elde edildiğini ifade edilmiştir. Bisbis ve ark., (2018) son yıllarda yaşanan yaz dönemlerindeki yağış azalmalarının küresel ısınmadan kaynaklandığını ve ileride ortalama sıcaklıkların da yükselmesiyle tarımda kayıplarına yol açacağını bildirmişlerdir. Bu nedenle yürütölen tez çalışması, destek sulamanın fındık tarımında kuraklık nedeniyle yaşanabilecek olan kayıpların önüne geçilebileceğini ortaya koymaktadır.

Çizelge 4.16 incelendiğinde yıl×ay interaksiyonunun istatistiksel olarak önemli ( $p<0.05$ ) olduğu ve en düşük değerin  $135.8 \text{ mg kg}^{-1}$  ile 2016 yılı temmuz ayında, en yüksek değerin  $352.3 \text{ mg kg}^{-1}$  ile 2017 yılı eylöl ayında olduğu görölmektedir. Fındık yapraklarında eylöl ayında Fe konsantrasyonunun birikerek artması bitki gelişimi dönemi açısından beklenen bir durumdur. Yapraklarda Fe konsantrasyonu üzerine yıl×sulama interaksiyon etkisinin istatistiksel olarak önemli ( $p<0.05$ ) olduğu belirlenmiştir. Yapraklarda Fe konsantrasyonları  $156.7 \text{ mg kg}^{-1}$  ile  $302.4$  arasında değişkenlik göstermektedir. Sonuçlara göre en düşük değeri 2018 yılı  $S_T$  uygulamasında, en yüksek değeri 2017 yılı  $S_K$  uygulamasındadır.

Çizelge 4.16 incelendiğinde yıl×ay×sulama interaksiyonunun Fe konsantrasyonu bakımından istatistiksel olarak ( $p<0.05$ ) önemli olduğu görölmektedir. Bu üçlü interaksiyonu etkisi altında yaprakların Fe konsantrasyonlarının  $123.3$  ile  $378 \text{ mg kg}^{-1}$  arasında değişiklik gösterdiği görölmektedir. Yaprakların Fe konsantrasyonları incelendiğinde en düşük değeri 2016 yılında temmuz ayı

örneklerinde sadece temmuz sulaması yapılan  $S_T$  konusunda olduğu belirlenirken en yüksek Fe konsantrasyonunun  $378 \text{ mg kg}^{-1}$  ile 2017 yılı eylül ayında haziran ve temmuz sulaması yapılan  $S_{H+T}$  konusunda elde edildiği görülmektedir. Sonuçlar değerlendirildiğinde tüm yaprak örneklerinde Fe konsantrasyonunun Snare (2008) tarafından belirtilen yeterlilik sınırı olarak ifade edilen  $50 \text{ mg kg}^{-1}$  değerinin üzerinde olduğu, sulama uygulamalarının ise yıl ve ay etkisi altında haziran ve temmuz sulamalarının yapıldığı dönemde etkili olduğu ve fındık yapraklarında Fe konsantrasyonunu 3 kat artırarak yüksek seviyelere çıkardığı söylenebilir. Bu olay fındıkta doğru bir Fe beslemesi açısından oldukça önemli bir husus olarak değerlendirilmektedir.

#### **4.2.7 Destek Sulamanın Yaprakların Bakır Konsantrasyonunun Dönemsel Değişimi Üzerine Etkisi**

Araştırmanın yürütüldüğü yıllarda farklı dönemlerde destek sulama uygulanan yaprakların Cu konsantrasyonuna ait ortalamalar ve istatistiksel veriler Çizelge 4.17’de verilmiştir. Fındık yapraklarının Cu konsantrasyonu üzerine destek sulamanın etkileri incelendiğinde, yapılan istatistiksel analiz sonucuna göre ay, yıl, yıl×sulama interaksyonları önemli ( $p<0.05$ ) bulunmuş, uygulama, yıl×ay, ay×sulama ve yıl×ay×sulama üçlü interaksyonunun önemli olmadığı tespit edilmiştir.

Fındık yapraklarının ortalama Cu konsantrasyonları aylar dikkate alınarak incelendiğinde en düşük  $7.05 \text{ mg kg}^{-1}$  ile temmuz ayında olurken, ilerleyen aylar ile Cu konsantrasyonu artmış ve en yüksek Cu  $7.70 \text{ mg kg}^{-1}$  ile eylül ayında belirlenmiştir. Yaprak örneklerinin alındığı 2016, 2017 ve 2018 yılları arasında Cu konsantrasyonu açısından önemli istatistiksel ( $p<0.05$ ) farklar bulunurken; Cu konsantrasyonu 2016 yılında  $8.48 \text{ mg kg}^{-1}$ , 2017 yılında  $7.21 \text{ mg kg}^{-1}$  ve 2018 yılında  $6.17 \text{ mg kg}^{-1}$  olarak tespit edilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre her ne kadar yıllar arası farklılık gözüksede Cu konsantrasyonu Snare (2008) tarafından belirtilen yeterlilik sınırı ( $4 \text{ mg kg}^{-1}$ ) seviyesinin üzerinde olduğu gözükmektedir. Öztürk (2014), benzer şekilde fındık yapraklarında Cu konsantrasyonunun yıllara bağlı olarak değiştiğini ve yaprakların Cu konsantrasyonlarının  $4.80\text{-}8.67 \text{ mg kg}^{-1}$  arasında olduğunu belirtilirken, aylar açısından değerlendirildiğinde temmuz ayında düşük olan Cu konsantrasyonunun ağustos ve eylül ayları arasında sezonun ilerlemesiyle giderek arttığını belirtmiştir.

**Çizelge 4.17** Destek Sulamanın Yaprakta Cu Konsantrasyonu ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) Üzerine Etkisi

YIL	Sulama	Ay			Ortalama
		Temmuz	Ağustos	Eylül	
2016	<b>S<sub>k</sub> (Kontrol)</b>	8.77	8.02	8.77	8.52 ABa
	<b>S<sub>T</sub></b>	8.44	8.12	8.71	8.42 Ba
	<b>S<sub>M+H+T</sub></b>	8.53	8.07	8.09	8.23 Ba
	<b>S<sub>H+T</sub></b>	7.35	8.40	7.98	7.91 Ba
	<b>S<sub>M+H</sub></b>	8.81	9.83	9.36	9.33 Aa
		<b>8.38</b>	<b>8.49</b>	<b>8.58</b>	<b>8.48 A</b>
2017	<b>S<sub>k</sub> (Kontrol)</b>	6.57	6.71	7.86	7.05 Ab
	<b>S<sub>T</sub></b>	7.53	6.75	7.65	7.31 Ab
	<b>S<sub>M+H+T</sub></b>	6.82	6.73	8.40	7.32 Ab
	<b>S<sub>H+T</sub></b>	6.87	6.23	8.52	7.20 Aa
	<b>S<sub>M+H</sub></b>	6.62	7.53	7.42	7.19 Ab
		<b>6.88</b>	<b>6.79</b>	<b>7.97</b>	<b>7.21 B</b>
2018	<b>S<sub>k</sub> (Kontrol)</b>	6.63	7.46	6.29	6.79 Ab
	<b>S<sub>T</sub></b>	5.95	5.70	7.22	6.29 ABc
	<b>S<sub>M+H+T</sub></b>	5.79	6.68	7.34	6.61 Ab
	<b>S<sub>H+T</sub></b>	5.99	5.02	6.15	5.72 Bb
	<b>S<sub>M+H</sub></b>	5.17	5.52	5.69	5.46 Bc
		<b>5.90</b>	<b>6.08</b>	<b>6.54</b>	<b>6.17 C</b>
	<b>Ortalama</b>	<b>7.05 B</b>	<b>7.12 B</b>	<b>7.70 A</b>	
	<b>S<sub>K</sub> (Kontrol)</b>	7.32	7.40	7.64	7.45
	<b>S<sub>T</sub></b>	7.31	6.86	7.86	7.34
	<b>S<sub>M+H+T</sub></b>	7.05	7.16	7.94	7.38
	<b>S<sub>H+T</sub></b>	6.73	6.55	7.55	6.94
	<b>S<sub>M+H</sub></b>	6.86	7.63	7.49	7.33
<b>P</b>	yıl:<0.001; ay:<0.001; sulama: 0.114 yıl×ay:0.093; yıl×sulama:<0.001; ay×sulama: 0.156 yıl×ay×sulama:0.087				

Aynı yılda ortak harfi büyük olmayan aylar arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir ( $p<0.05$ ). Aynı ayda ortak harfi küçük olmayan yıllar arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir ( $p<0.05$ ). Aynı uygulamada aynı ayda ortak rakamı olmayan yıllar arasında fark vardır ( $p<0.05$ ).

Destek sulamanın yaprakların Cu konsantrasyonu üzerine etkisi incelendiğinde, yapraklarda Cu konsantrasyonlarının  $6.94-7.45 \text{ mg kg}^{-1}$  arasında değişiklik gösterdiği ve sulama uygulamalarının yaprak Cu konsantrasyonu bakımından istatistiksel olarak fark olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 4.17). Yaprak analiz sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde fındık yapraklarında herhangi bir Cu noksanlığının olmadığı ve Snare (2008) tarafından belirtilen Cu yeterlilik sınırına göre tüm konuların yeterli sınıfta yer aldığı görülmektedir. Konuyla ilgili farklı bitkilerde yapılan çalışmalarda; sulama uygulamalarının soya yapraklarında Cu konsantrasyonunu denemenin ilk yılında artırırken ikinci yılında azalmasına neden olduğu (Deliboran, 2009), sulama uygulamalarının nar ve elma yapraklarında Cu konsantrasyonunu etkilemediği (Bahaulddin, 2011; Uçgun ve ark., 2017), pamukta sadece tam sulamanın yaprakların Cu konsantrasyonunu artırırken diğer üç farklı su

konusunun aynı istatistiksel grupta olduğunu (Ektiren ve Değirmenci, 2018), fasulyede tam sulamanın Cu konsantrasyonunda düşüşe neden olurken diğer sulama dozlarının yaprakların Cu konsantrasyonu üzerine herhangi bir etkisinin olmadığı (Saleh ve ark., 2018), sulanan ve sulanmayan kahve bitkisi yapraklarında Cu konsantrasyonu çiçeklenme döneminde farklılık gösterirken, ilerleyen dönemlerde farkın azalarak değerlerin birbirine yakınlaştığı (Covre ve ark., 2018) tespit edilmiş, buğday genotiplerinde (Rezaei ve ark., 2012), yer kirazı (Çelik 2014), fasulye (Yarış, 2018) ve çilekte (Çeliktöpus ve ark., 2021) artan dozda sulama uygulamalarının bitki yapraklarının Cu konsantrasyonunu artırdığını tespit etmiştir. Genel olarak en düşük Cu konsantrasyonunun en az sulama yapılan konularda veya sulama yapılmayan kontrol bitkilerinde tespit edildiği ifade edilmiştir.

Çizelge 4.17 incelendiğinde yaprakların Cu konsantrasyonu üzerine yıl×ay interaksyonunun istatistiksel olarak fark yaratmadığı, yıl×sulama interaksyonu arasında ise istatistiksel olarak önemli ( $p<0.05$ ) fark olduğu belirlenmiştir. Yapraklarda Cu konsantrasyonları  $5.46 \text{ mg kg}^{-1}$  ile  $9.33 \text{ mg kg}^{-1}$  arasında değişkenlik göstermektedir. Sonuçlara göre en düşük değer 2016 yılı  $S_{M+H}$  uygulamasında, en yüksek değer 2018 yılı  $S_{M+H}$  konusunda olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre fındık bitkisinde Cu konsantrasyonunun özellikle mayıs ve haziran ( $S_{M+H}$ ) döneminde uygulanan destek sulama konusunda önemli ölçüde etkilendiği görülmektedir.

#### **4.2.8 Destek Sulamanın Yaprakların Çinko Konsantrasyonunun Dönemsel Değişimi Üzerine Etkisi**

Araştırmanın yürütüldüğü yıllarda farklı dönemlerde destek sulama uygulanan yapraklarda Zn konsantrasyonuna ait ortalamalar ve istatistiksel veriler Çizelge 4.18'de verilmiştir. Fındık yapraklarının Zn konsantrasyonu üzerine destek sulamanın etkileri incelendiğinde, yapılan istatistiksel analiz sonucuna göre ay, yıl, sulama ve yıl×sulama interaksyonları önemli ( $p<0.05$ ) bulunmuş, yıl×ay, ay×sulama ve yıl×ay×sulama üçlü interaksyonunun önemli olmadığı tespit edilmiştir.

**Çizelge 4.18** Destek Sulamanın Yaprakta Zn Konsantrasyonu (mg kg<sup>-1</sup>) Üzerine Etkisi

YIL	Sulama	Ay			Ortalama
		Temmuz	Ağustos	Eylül	
2016	<b>S<sub>k</sub> (Kontrol)</b>	30.56	26.21	22.75	26.51
	<b>S<sub>T</sub></b>	29.20	25.17	23.25	25.87
	<b>S<sub>M+H+T</sub></b>	34.40	25.97	23.61	27.99
	<b>S<sub>H+T</sub></b>	30.42	24.69	26.66	27.26
	<b>S<sub>M+H</sub></b>	34.04	28.33	28.89	30.42
		<b>31.72 Aa</b>	<b>26.08 Bb</b>	<b>25.03 Bb</b>	<b>27.61 B</b>
2017	<b>S<sub>k</sub> (Kontrol)</b>	30.30	30.22	27.64	29.38
	<b>S<sub>T</sub></b>	31.78	30.27	29.42	30.49
	<b>S<sub>M+H+T</sub></b>	32.12	31.77	28.16	30.68
	<b>S<sub>H+T</sub></b>	33.82	31.38	30.83	32.01
	<b>S<sub>M+H</sub></b>	32.05	34.84	29.58	32.16
		<b>32.01 Aa</b>	<b>31.69 Aa</b>	<b>29.13 Ab</b>	<b>30.94 A</b>
2018	<b>S<sub>k</sub> (Kontrol)</b>	19.20	19.00	17.97	18.72
	<b>S<sub>T</sub></b>	21.17	19.89	20.62	20.56
	<b>S<sub>M+H+T</sub></b>	24.76	20.70	21.29	22.25
	<b>S<sub>H+T</sub></b>	23.45	19.34	20.67	21.15
	<b>S<sub>M+H</sub></b>	22.15	19.56	20.25	20.65
		<b>22.15 Ba</b>	<b>19.70 Cb</b>	<b>20.16 Cab</b>	<b>20.67 C</b>
	<b>Ortalama</b>	<b>28.63 A</b>	<b>25.82 B</b>	<b>24.77 B</b>	
	<b>S<sub>k</sub> (Kontrol)</b>	26.69	25.14	22.79	24.87 C
	<b>S<sub>T</sub></b>	27.38	25.11	24.43	25.64 BC
	<b>S<sub>M+H+T</sub></b>	30.42	26.15	24.35	26.97 AB
	<b>S<sub>H+T</sub></b>	29.23	25.13	26.05	26.81 AB
	<b>S<sub>M+H</sub></b>	29.41	27.58	26.24	27.74 A
<b>P</b>	yıl: <0.001; ay: <0.001; sulama: <0.001 yıl×ay: <0.001; yıl×sulama: 0.068; ay×sulama: 0.203 yıl×ay×sulama: 0.728				

Aynı yılda ortak harfi büyük olmayan aylar arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir ( $p<0.05$ ). Aynı ayda ortak harfi küçük olmayan yıllar arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir ( $p<0.05$ ).

Fındık yapraklarının ortalama Zn konsantrasyonları incelendiğinde en yüksek 28.63 mg kg<sup>-1</sup> ile temmuz ayında olurken, ilerleyen aylar ile Zn konsantrasyonu azalmış ve en düşük Zn 24.77 mg kg<sup>-1</sup> ile eylül ayında belirlenmiştir. Ağustos ve eylül ayları arasında istatistiksel olarak fark gözükmemektedir. Yaprak örneklerinin alındığı 2016, 2017 ve 2018 yılları arasında Zn konsantrasyonu açısından önemli istatistiksel ( $p<0.05$ ) farklar bulunurken; Zn konsantrasyonu 2016 yılında 27.61 mg kg<sup>-1</sup>, 2017 yılında 30.94 mg kg<sup>-1</sup> ve 2018 yılında 20.67 mg kg<sup>-1</sup> olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.18). Konuyla ilgili olarak yürütülen bir çalışmada Öztürk (2014), fındık yapraklarında temmuz ayında yüksek olan Zn'nin ağustos ve eylül ayları arasında giderek azaldığını belirtmiştir. Araştırmacı yaptığı çalışmada fındık bitkisinde temmuz ve eylül arasında yıllara göre farklılıklar olduğunu belirtmiş ve Zn konsantrasyonlarının ilk yıl sırasıyla 46.8-21.7 ve 14.3 mg kg<sup>-1</sup>, ikinci yıl 53.4-39.2 ve 31.3 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiğini, yıllara göre Zn konsantrasyonunun önemli ölçüde

farklılık içerdiğini ve temmuz ayında eylül ayına gidildikçe yaprakların Zn konsantrasyonunun azaldığını belirtmiştir. Bitkilerde Zn daha çok meyvelerde depo edilmektedir. Bu nedenle temmuz ayı döneminde hasat öncesi meyve dolumu gerçekleşmiş ve yapraklarda yüksek olan Zn konsantrasyonlarını, Zn'nin bu aydan sonra meyveye taşınımı ve sonraki aylarda da Zn'nin alınarak kök ve gövdede birikimi nedeniyle konsantrasyonunun azalmış olacağı düşünülmektedir. Özellikle meyve ağaçlarında Zn konsantrasyonları bakımından yapraklar, yaprak boğumları ve dal üzerindeki boğumlar arasında birikim olabileceği ve Zn'nun konsantrasyonunda bitki kısımlarına göre önemli farklılıkların olduğu bilinmekle birlikte bitki içerisindeki dağılımıyla ilgili de literatürde oldukça ciddi boşluklar vardır (Xie ve ark., 2020).

Destek sulamanın yaprakların Zn konsantrasyonu üzerine etkisi incelendiğinde, Zn konsantrasyonlarının  $24.87 \text{ mg kg}^{-1}$  ile  $27.74 \text{ mg kg}^{-1}$  arasında değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. Zn konsantrasyonları incelendiğinde, en düşük değer sulama yapılmayan  $S_K$  konusunda, en yüksek değer ise mayıs ile haziran aylarında sulama yapılan  $S_{M+H}$  konusunda olduğu ve haziran ile temmuz aylarında sulama yapılan  $S_{H+T}$  ile tam sulama yapılan  $S_{M+H+T}$  konusunun da yapraklarında Zn miktarı bakımından yakın değerler elde edildiği belirlenmiştir. Sulama uygulamalarının yaprakların Zn konsantrasyonu üzerine etkisi temmuz ayı açısından incelendiğinde ise yapraklarda Zn konsantrasyonunun  $26.69 \text{ mg kg}^{-1}$  ile  $30.42 \text{ mg kg}^{-1}$  arasında olduğu ve sulama konuları arasında istatistiksel olarak bir fark olmadığı görülmektedir. Sonuçlar değerlendirildiğinde fındık yapraklarında Snare (2008) tarafından belirtilen Zn yeterlilik ( $16 \text{ mg kg}^{-1}$ ) sınırına göre tüm konular yeterli sınıfta yer almaktadır. Konuyla ilgili farklı bitkilerde yapılan çalışmalarda; buğday (Rezaei ve ark., 2012), yer kirazı (Çelik, 2014), fasulye (Saleh ve ark., 2018; Yarış, 2018), kahve (Covre ve ark., 2018) ve çilekte (Çeliktöpus ve ark., 2021) artan dozda sulama uygulamalarının bitki yapraklarının Zn konsantrasyonunu artırdığını ve genel olarak en düşük Zn konsantrasyonunu sulama yapılmayan kontrol bitkilerinde elde edildiğini ifade etmiştir.

Çizelge 4.18 incelendiğinde yıl×ay interaksiyonunun istatistiksel olarak önemli ( $p<0.05$ ) olduğu ve en düşük değer  $19.70 \text{ mg kg}^{-1}$  ile 2018 yılı ağustos ayında, en yüksek değer  $32.01 \text{ mg kg}^{-1}$  ile 2017 yılı temmuz ayında olduğu görülmektedir. Yapraklarda Zn konsantrasyonunun, yıl×sulama interaksiyonu arasında da istatistiksel

fark görülmemekle birlikte en düşük değer 18.72 mg kg<sup>-1</sup> ile 2018 yılı sulama yapılmayan S<sub>K</sub> uygulamasında, en yüksek değer 32.16 mg kg<sup>-1</sup> ile 2017 yılı mayıs ve haziran aylarında sulama yapılan S<sub>M+H</sub> konusundadır.

#### **4.2.9 Destek Sulamanın Yaprakların Mangan Konsantrasyonunun Dönemsel Değişimi Üzerine Etkisi**

Araştırmanın yürütüldüğü yıllarda farklı dönemlerde uygulanan destek sulamanın yaprakların Mn konsantrasyonuna ait ortalamalar ve istatistiksel veriler Çizelge 4.19'da verilmiştir. Fındık yapraklarının Mn konsantrasyonu üzerine destek sulamanın etkileri incelendiğinde, yapılan istatistiksel analiz sonucuna göre ay, yıl×sulama, ay×sulama ve yıl×ay×sulama üçlü interaksiyonları önemli (p<0.05) bulunmuş, yıl, sulama ve yıl×ay interaksiyonunun önemli olmadığı tespit edilmiştir.

Fındık yapraklarının ortalama Mn konsantrasyonları incelendiğinde en düşük 929.1 mg kg<sup>-1</sup> ile temmuz ayında olurken, ilerleyen aylar ile Mn konsantrasyonu artmış ve en yüksek Mn 1198.1 mg kg<sup>-1</sup> ile eylül ayında belirlenmiştir. Yaprak örneklerinin alındığı 2016, 2017 ve 2018 yıllarında Mn konsantrasyonu sırasıyla 1040.3, 1070.7 ve 1012.2 mg kg<sup>-1</sup> olarak tespit edilirken yıllar arasında istatistiksel (p<0.05) farkın olmadığı görülmüştür (Çizelge 4.19). Bitki gelişim dönemine göre hasat öncesi yapraklarda Mn konsantrasyonunun düşük olması ve hasat sonrası birikerek artması bitki gelişim periyodu açısından fındık bitkisinde beklenen bir durumdur. Konuyla ilgili olarak yürütülen bir çalışmada Öztürk (2014), fındık yapraklarında temmuz ayında düşük olan Mn konsantrasyonunun ağustos ve eylül ayları arasında giderek arttığını belirtmiştir. Araştırmacı yaptığı çalışmada fındık bitkisinde temmuz ve eylül arasında yıllara göre farklılıklar olduğunu belirtmiş ve Mn konsantrasyonlarının ilk yıl sırasıyla 455.7-445.7 ve 471.6 mg kg<sup>-1</sup>, ikinci yıl 538.1-639.3 ve 644.8 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiğini, yıllara göre Mn konsantrasyonunun önemli ölçüde farklılık içerdiğini ve temmuz ayı sonrasında fındık bitkisinde yaprakların Mn konsantrasyonunun giderek arttığını belirtmiştir.

**Çizelge 4.19** Destek Sulamanın Yaprakta Mn Konsantrasyonu ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) Üzerine Etkisi

YIL	Sulama	Ay			Ortalama
		Temmuz	Ağustos	Eylül	
2016	<b>S<sub>K</sub> (Kontrol)</b>	618.0 Ca1	697.3 Ba3	622.5 Ba2	645.9 Cb
	<b>S<sub>T</sub></b>	1106.8 Ab2	1166.0 Ab2	1456.7 Aa1	1243.1 Aa
	<b>S<sub>M+H+T</sub></b>	815.7 BCb2	962.4 Ab1	1229.5 Aa1	1002.5 Bb
	<b>S<sub>H+T</sub></b>	1027.8 ABb2	1106.0 Ab1	1375.4 Aa1	1169.7 ABa
	<b>S<sub>M+H</sub></b>	989.5 ABb1	1047.9 Ab1	1382.7 Aa	1140.0 ABa
		<b>911.5</b>	<b>995.9</b>	<b>1213.4</b>	<b>1040.3</b>
2017	<b>S<sub>K</sub> (Kontrol)</b>	635.1 Bb1	881.4 Ba2	985.5 Ca1	834.0 Ca
	<b>S<sub>T</sub></b>	1173.5 Aa1	1193.3 Aa1	1270.8 ABa1	1212.5 Aab
	<b>S<sub>M+H+T</sub></b>	1058.4 Ab1	1086.2 ABb1	1356.0 Aa1	1166.9 ABa
	<b>S<sub>H+T</sub></b>	1104.7 Ab1	1031.4 ABb1	1259.4 ABa1	1131.8 ABa
	<b>S<sub>M+H</sub></b>	1009.8 Aa1	919.7 Ba1	1095.8 BCa2	1008.4 Bab
		<b>996.3</b>	<b>1022.4</b>	<b>1193.5</b>	<b>1070.7</b>
2018	<b>S<sub>K</sub> (Kontrol)</b>	650.4 Cb1	905.2 Aa1	982.6 Ba1	846.1 Ba
	<b>S<sub>T</sub></b>	920.7 ABb3	986.9 Ab3	1339.6 Aa1	1082.4 Ab
	<b>S<sub>M+H+T</sub></b>	1104.6 Aa1	906.0 Ab1	1273.5 Aa1	1094.7 Aab
	<b>S<sub>H+T</sub></b>	885.9 ABb3	1058.0 Aab1	1200.5 ABa1	1048.1 Aa
	<b>S<sub>M+H</sub></b>	835.5 BCb1	992.8 Aab1	1140.8 ABa2	989.7 ABb
		<b>879.4</b>	<b>969.8</b>	<b>1187.4</b>	<b>1012.2</b>
	<b>Ortalama</b>	<b>929.1 C</b>	<b>996.0 B</b>	<b>1198.1 A</b>	
<b>P</b>	<b>S<sub>K</sub> (Kontrol)</b>	634.5 Bb	828.0 Ba	863.5 Ba	775.3
	<b>S<sub>T</sub></b>	1067.0 Ab	1115.4 Ab	1355.7 Aa	1179.4
	<b>S<sub>M+H+T</sub></b>	992.9 Ab	984.9 Ab	1286.3 Aa	1088.0
	<b>S<sub>H+T</sub></b>	1006.1 Ab	1065.1 Ab	1278.4 Aa	1116.5
	<b>S<sub>M+H</sub></b>	944.9 Ab	986.8 Ab	1206.4 Aa	1046.0
			yıl: 0.099; ay: <0.001; sulama: 0.293 yıl×ay: 0.241; yıl×sulama: <0.001; ay×sulama: 0.048 yıl×ay×sulama: 0.003		

Aynı yılda ortak harfi büyük olmayan aylar arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir ( $p<0.05$ ). Aynı ayda ortak harfi küçük olmayan yıllar arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir ( $p<0.05$ ). Aynı uygulamada aynı ayda ortak rakamı olmayan yıllar arasında fark vardır ( $p<0.05$ ).

Destek sulamanın yaprakların Mn konsantrasyonu üzerine etkisi incelendiğinde, Mn konsantrasyonlarının  $775.3 \text{ mg kg}^{-1}$  ile  $1179.4 \text{ mg kg}^{-1}$  arasında değişiklik gösterdiği, en düşük değer sulama yapılmayan  $S_K$  konusunda olduğu ve sulama uygulamalarının yapraklarda Mn konsantrasyonunu artırdığı ancak istatistiksel olarak fark yaratmadığı belirlenmiştir. Sulama uygulamalarının yaprakların Mn konsantrasyonu üzerine etkisi temmuz ayı açısından incelendiğinde, yapraklarda en yüksek Mn konsantrasyonunun temmuz uygulaması yapılan  $S_T$  ( $1067 \text{ mg kg}^{-1}$ ) konusunda olduğu tespit edilirken, en düşük değer  $634.5 \text{ mg kg}^{-1}$  ile sulama yapılmayan  $S_K$  olduğu ve sulama yapılan diğer konular arasında istatistiksel olarak bir fark olmadığı görülmektedir. Sonuçlar değerlendirildiğinde Snare (2008) tarafından belirtilen fındık yapraklarında Mn yeterlilik ( $25 \text{ mg kg}^{-1}$ ) sınırına göre  $S_K$  konusunun fındıkta Mn konsantrasyonu bakımından yeterli olduğu, sulama uygulamalarının



yapıldığı konuların ise yüksek sınıfında yer aldığı ve sulamanın fındıkta Mn beslenmesi açısından önem taşıdığı gözükmektedir. Konuyla ilgili farklı bitkilerde yapılan çalışmalarda; buğday genotiplerinde sulama uygulamalarının önemli etkisi olmadığı, tohum ve samanda Mn konsantrasyonunun su stresinden etkilenmediği veya çok az etkilendiği (Rezaei ve ark., 2012), sulama uygulamalarının nar yapraklarında Mn konsantrasyonuna ilk yıl önemli etkisi olmazken ikinci yıl azalttığı (Bahaulddin, 2011), farklı düzeydeki sulama uygulamalarının elma yapraklarında Mn konsantrasyonunu etkilemediği (Uçgun ve ark., 2017), fasulye bitkisinde sadece tam sulamanın Mn konsantrasyonunu artırdığı ve diğer sulama dozları arasında istatistiksel farkın olmadığı belirlenirken (Saleh ve ark., 2018); sulanan ve sulanmayan kahve yapraklarında Mn konsantrasyonunun yakın değerlere sahip olduğu (Covre ve ark., 2018), pamuk yapraklarında herhangi bir değişim görülmediği (Ektiren ve Değirmenci, 2018) belirlemiş ve sulama uygulamalarının bitki yapraklarının Mn konsantrasyonunu üzerine fazla etkisinin olmadığını ifade etmiştir.

Çizelge 4.19 incelendiğinde yıl×ay interaksiyonunun istatistiksel olarak fark olmadığı ve Mn konsantrasyonunun 869.8 mg kg<sup>-1</sup> ile 1213.4 mg kg<sup>-1</sup> arasında olduğu görülmektedir. Yapraklarda Mn konsantrasyonunun yıl×sulama interaksiyonu arasında ise istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05). En düşük değer 645.9 mg kg<sup>-1</sup> ile 2016 yılı sulama yapılmayan S<sub>K</sub> uygulamasında, en yüksek değer 1243.1 mg kg<sup>-1</sup> ile aynı yılın temmuz ayında sulama yapılan S<sub>T</sub> konusundadır.

Araştırma sonuçları incelendiğinde ay×sulama interaksiyonunun istatistiksel olarak önemli (p<0.05) olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.19). Yapraklarda Mn konsantrasyonlarının 634.5 mg kg<sup>-1</sup> ile 1355.7 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiği belirlenmiştir. Sonuçlara göre en düşük değer sulama yapılmayan S<sub>K</sub> konusundan temmuz ayında alınan yaprak örneklerinde ve en yüksek değer temmuz ayı sulama yapılan S<sub>T</sub> konusundan eylül ayında alınan yaprak örneklerinde tespit edilmiştir. Temmuz, ağustos ve eylül ayı Mn değerleri incelendiğinde, sulama uygulamalarının Mn konsantrasyonunu önemli derecede artırdığı ve sulama yapılan tüm konuların aynı istatistiksel grupta yer aldığı, sulama yapılmayan S<sub>K</sub> konusuna ait yaprak örneklerinin ise tüm aylar en düşük Mn konsantrasyonuna sahip olduğu gözükmektedir.

Çizelge 4.19 incelendiğinde yıl×ay×sulama interaksiyonunun Mn konsantrasyonu bakımından istatistiksel olarak ( $p<0.05$ ) önemli olduğu görülmektedir. Bu üçlü interaksiyonu etkisi altında yaprakların Mn konsantrasyonlarının 618 ile 1456.7 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişiklik gösterdiği görülmektedir. Yaprakların Mn konsantrasyonları incelendiğinde en düşük değer 2016 yılında temmuz ayında alınan örneklerde sulama yapılmayan S<sub>K</sub> konusunda, en yüksek Mn konsantrasyonunun aynı yılın eylül ayında mayıs ve haziran sulaması yapılan S<sub>M+H</sub> konusunda elde edildiği görülmektedir. Bu sonuçlar değerlendirildiğinde özellikle sulama uygulamalarının yıl ve ay etkisi altında mayıs ve haziran sulamalarının yapıldığı dönemde etkili olduğu söylenebilir. Özellikle bu dönemlerde yapılan sulamanın fındık yapraklarında Mn konsantrasyonunun Snare (2008) tarafından belirtilen yeterlilik üst sınırı olarak ifade edilen 650 mg kg<sup>-1</sup> değerinin çok üzerine çıkardığı ve bu değerlerin yüksek sınıfta yer almasının sağladığı görülmekte ve sulama uygulamaları fındıkta doğru bir Mn beslemesi açısından önemli bir husus olarak değerlendirilmektedir.

#### **4.2.10 Destek Sulamanın Yaprakların Bor Konsantrasyonunun Dönemsel Değişimi Üzerine Etkisi**

Araştırmanın yürütüldüğü yıllarda farklı dönemlerde uygulanan destek sulamanın yaprakların B konsantrasyonuna ait ortalamalar ve istatistiksel veriler Çizelge 4.20'da verilmiştir. Fındık yapraklarının B konsantrasyonu üzerine destek sulamanın etkileri incelendiğinde, yapılan istatistiksel analiz sonucuna göre yıl, ay, sulama, yıl×ay ve yıl×sulama interaksiyonları önemli ( $p<0.05$ ) bulunmuş, ay×sulama ve yıl×ay×sulama üçlü interaksiyonunun önemli olmadığı tespit edilmiştir.

Fındık yapraklarının ortalama B konsantrasyonları incelendiğinde en yüksek 84.99 mg kg<sup>-1</sup> ile temmuz ayında olurken, ilerleyen aylar ile B konsantrasyonu düşmüş ve en düşük B 68.52 mg kg<sup>-1</sup> ile eylül ayında belirlenmiştir. Temmuz ve ağustos ayları arasında istatistiksel olarak fark görülmemiştir. Yaprak örneklerinin alındığı 2016, 2017 ve 2018 yılları arasında B konsantrasyonu açısından önemli istatistiksel ( $p<0.05$ ) farklar bulunurken; B konsantrasyonu 2016 yılında 85.65 mg kg<sup>-1</sup>, 2017 yılında 71.73 mg kg<sup>-1</sup> ve 2018 yılında 83.02 mg kg<sup>-1</sup> olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.20). 2016 ve 2018 yılları arasında istatistiksel olarak fark görülmemiştir. Bitki gelişim dönemine göre hasat öncesi yapraklarda B konsantrasyonunun yüksek olması ve hasat döneminde meyveye taşınarak azalması bitki gelişim periyodu açısından fındık

bitkisinde beklenen bir durumdur. Konuyla ilgili olarak yürütülen bir çalışmada Öztürk (2014), fındık yapraklarında B miktarının hasada kadar arttığını ve sonrasında giderek azaldığını belirtmiştir. Araştırmacı yaptığı çalışmada fındık bitkisinde temmuz ve eylül arasında yıllara göre farklılıklar olduğunu belirtmiş ve B konsantrasyonlarının ilk yıl sırasıyla 54.99-61.27 ve 47.92 mg kg<sup>-1</sup>, ikinci yıl 51.69-51.54 ve 66.29 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiğini, yıllara göre B konsantrasyonunun önemli ölçüde farklılık içerdiğini ve ağustos ayı sonrasında fındık bitkisinde yaprakların B konsantrasyonunun giderek azaldığını belirtmiştir.

**Çizelge 4.20** Destek Sulamanın Yaprakta B Konsantrasyonu (mg kg<sup>-1</sup>) Üzerine Etkisi

YIL	Sulama	Ay			Ortalama
		Temmuz	Ağustos	Eylül	
2016	<b>S<sub>k</sub> (Kontrol)</b>	86.32	78.43	69.70	78.15 C1
	<b>S<sub>T</sub></b>	75.20	77.66	54.22	69.03 C1
	<b>S<sub>M+H+T</sub></b>	71.60	81.79	70.95	74.70 C1
	<b>S<sub>H+T</sub></b>	100.17	104.70	87.97	91.61 B1
	<b>S<sub>M+H</sub></b>	109.93	119.01	97.10	108.68 A1
			<b>88.64 Aa</b>	<b>92.32 Aa</b>	<b>75.99 Ab</b>
2017	<b>S<sub>k</sub> (Kontrol)</b>	78.01	82.85	70.10	76.99 A1
	<b>S<sub>T</sub></b>	67.88	58.84	49.65	58.59 B3
	<b>S<sub>M+H+T</sub></b>	65.55	77.15	62.79	68.50 A1
	<b>S<sub>H+T</sub></b>	70.95	91.81	71.92	78.23 A3
	<b>S<sub>M+H</sub></b>	83.13	82.79	62.55	76.15 A2
			<b>73.11 Ba</b>	<b>78.69 Ba</b>	<b>63.40 Bc</b>
2018	<b>S<sub>k</sub> (Kontrol)</b>	87.38	70.14	75.60	77.70 BC1
	<b>S<sub>T</sub></b>	76.78	67.00	50.26	64.68 D2
	<b>S<sub>M+H+T</sub></b>	86.50	65.73	58.91	70.38 Cd1
	<b>S<sub>H+T</sub></b>	103.31	92.48	68.34	88.05 B2
	<b>S<sub>M+H</sub></b>	112.18	119.70	77.78	103.22 A1
			<b>93.23 Aa</b>	<b>83.01 Bb</b>	<b>66.18 Bc</b>
	<b>Ortalama</b>	<b>84.99 A</b>	<b>84.67 A</b>	<b>68.52 B</b>	
	<b>S<sub>K</sub> (Kontrol)</b>	83.90	77.14	71.80	77.61 B
	<b>S<sub>T</sub></b>	73.29	67.83	51.38	64.17 C
	<b>S<sub>M+H+T</sub></b>	74.55	74.89	64.22	71.22 BC
	<b>S<sub>H+T</sub></b>	91.48	96.33	76.08	87.96 A
	<b>S<sub>M+H</sub></b>	101.75	107.17	79.14	96.02 A
<b>P</b>	yıl: <0,001; ay: <0,001; sulama: <0,001 yıl×ay: 0,001; yıl×sulama:0,001; ay×sulama: 0,056 yıl×ay×sulama: 0,110				

Aynı yılda ortak harfi büyük olmayan aylar arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir (p<0.05). Aynı ayda ortak harfi küçük olmayan yıllar arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir (p<0.05). Aynı uygulamada aynı ayda ortak rakamı olmayan yıllar arasında fark vardır (p<0.05).

Destek sulamanın yapraklarda B konsantrasyonu üzerine etkisi incelendiğinde, B konsantrasyonlarının 64.17 mg kg<sup>-1</sup> ile 96.02 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. B konsantrasyonları incelendiğinde, en düşük değer sadece temmuz ayında sulama yapılan S<sub>T</sub> konusunda, en yüksek değer ise mayıs ile haziran aylarında

sulama yapılan  $S_{M+H}$  konusunda olduğu ve haziran ile temmuz aylarında sulama yapılan  $S_{H+T}$  konusu ile aynı istatistiksel grupta yer aldığı belirlenmiştir. Sulama uygulamalarının yaprakların B konsantrasyonu üzerine etkisi temmuz ayı açısından incelendiğinde ise yapraklarda B konsantrasyonunun  $73.29 \text{ mg kg}^{-1}$  ile  $101.75 \text{ mg kg}^{-1}$  arasında olduğu ve sulama konuları arasında istatistiksel olarak bir fark olmadığı görülmektedir. Sonuçlar değerlendirildiğinde fındık yapraklarında Snare (2008) tarafından belirtilen B yeterlilik ( $30 \text{ mg kg}^{-1}$ ) sınırına göre tüm konular yeterli sınıfta yer almaktadır. Konuyla benzer kahve bitkisinde yapılan çalışmada; sulama uygulamalarının yaprakların B konsantrasyonunu artırdığını ve genel olarak sulama yapılmayan kontrol bitkilerinde B miktarının az olduğunu ifade etmiştir (Covre ve ark., 2018).

Çizelge 4.20 incelendiğinde yıl×ay interaksiyonunun istatistiksel olarak önemli ( $p<0.05$ ) olduğu ve en düşük değer  $63.40 \text{ mg kg}^{-1}$  ile 2017 yılı eylül ayında, en yüksek değer  $93.23 \text{ mg kg}^{-1}$  ile 2018 yılı temmuz ayında olduğu görülmektedir. Fındık yapraklarında eylül ayında B konsantrasyonunun azalması bitki gelişimi dönemi açısından beklenen bir durumdur. Ayrıca, yıl×sulama interaksiyonu arasında da istatistiksel olarak önemli ( $p<0.05$ ) fark olduğu belirlenmiştir. Yaprakların B konsantrasyonları  $58.59-108.68 \text{ mg kg}^{-1}$  arasında değişkenlik göstermektedir. Sonuçlara göre en düşük değer 2017 yılı  $S_T$  uygulamasında, en yüksek değer 2016 yılı mayıs ve haziran aylarında birlikte sulama yapılan  $S_{M+H}$  uygulamasında belirlenmiştir. Destek sulama uygulamalarının yapraklarda B konsantrasyonu üzerine etkisi yıllara göre değişkenlik göstermekle birlikte  $S_{M+H}$  ve  $S_{H+T}$  uygulamalarının fındıkta B konsantrasyonu üzerine olumlu etkilerinin olabildiği görülmüştür.

### **4.3 Destek Sulamanın Fındık Meyvelerinin Besin Elementi Konsantrasyonlarına Etkisi**

#### **4.3.1 Destek Sulamanın Fındık Meyvesinin Azot Konsantrasyonuna Etkisi**

Araştırmanın yürütüldüğü yıllarda farklı dönemlerde uygulanan destek sulamanın meyve N konsantrasyonuna ait ortalamalar ve istatistiksel veriler Çizelge 4.21’de verilmiştir. Fındık meyvesinin N konsantrasyonu üzerine destek sulamanın etkileri incelendiğinde, yapılan istatistiksel analiz sonucuna göre sulama ve yıl önemli ( $p<0.05$ ) bulunmuş, sulama×yıl interaksiyonunun önemli olmadığı tespit edilmiştir.

**Çizelge 4.21** Destek Sulamanın Meyvede Azot Konsantrasyonu (%) Üzerine Etkisi

<b>Sulama</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>Ortalama</b>
<b>S<sub>K</sub> (Kontrol)</b>	3.125	3.026	3.115	<b>3.088 B</b>
<b>S<sub>T</sub></b>	3.027	3.100	3.106	<b>3.078 B</b>
<b>S<sub>M+H+T</sub></b>	3.086	3.012	3.123	<b>3.074 B</b>
<b>S<sub>H+T</sub></b>	3.147	3.050	3.112	<b>3.103 B</b>
<b>S<sub>M+H</sub></b>	3.276	3.100	3.192	<b>3.190 A</b>
<b>Ortalama</b>	<b>3.132 A</b>	<b>3.058 B</b>	<b>3.129 AB</b>	
<b>P</b>	yıl: 0.028; sulama:0.001; yıl×sulama:0.447			

Aynı yılda ortak harfi büyük olmayan aylar arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir ( $p<0.05$ ). Aynı uygulamada ortak harfi küçük olmayan yıllar arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir ( $p<0.05$ ).

Araştırmada meyve örneklerinin üç yıllık ortalama %N miktarları incelendiğinde en yüksek N miktarı %3.190 ile S<sub>M+H</sub> uygulamasında tespit edilirken en düşük N miktarı ise %3.074 ile S<sub>M+H+T</sub> uygulamasında belirlenmiş olup diğer uygulamalar bu değerler arasında değişiklik göstermektedir. Çizelge 4.21 incelendiğinde %N açısından S<sub>M+H</sub> uygulaması dışında kalan diğer uygulamalar ile kontrol arasında istatistiksel olarak bir fark olmadığı görülmektedir. Köksal ve ark., (2006) fındık bitkisinde meyve N konsantrasyonlarının çeşitlere göre değişkenlik gösterdiğini ve %1.90 ile %3.38 arasında değiştiğini, Bostan ve ark., (2018) meyve N konsantrasyonunun sulama ile arttığını ve %2.73 olan N değerinin %2.83 seviyesine çıktığını, Ergin (2019) fındık meyvesi N konsantrasyonunun %2.88 ile %3.31 arasında değiştiğini, Yaman (2019) bakımsız bahçelerde %2.40 iken bakımlı bahçelerde meyve N değerinin artarak %2.63'e çıktığını ve Özkutlu ve ark., (2020) çakıldak çeşit fındık meyvesi N konsantrasyonunun %1.41-2.49 arasında olduğunu, Müller ve ark., (2020) N konsantrasyonunun çeşitlere göre değiştiğini ve yürüttüğü çalışmada bu değerlerin %1.63 ile 3.54 arasında olduğunu belirtmiştir. Bu çalışmada elde edilen değerler literatürle benzerlik göstermektedir.

Meyve N konsantrasyonunun yıllara göre değişimi incelendiğinde en yüksek N miktarının %3.132 ile 2016 yılında ve en düşük N miktarı ise %3.058 ile 2017 yılında belirlenmiş olup yıllar arasındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ) (Çizelge 4.21).

Araştırma sonuçları incelendiğinde (Çizelge 4.21) yıl×sulama etkileşimi istatistiksel olarak önemli ( $p<0.05$ ) olmadığı belirlenmiştir. Çizelge 4.1 incelendiğinde

meyve N konsantrasyonlarının %3.276 ile %3.012 arasında değişkenlik gösterdiği ve en yüksek N değeri 2016 yılı  $S_{M+H}$  uygulamasıyla elde edilmiştir.

Araştırma sonuçları değerlendirildiğinde, mayıs ve haziran dönemlerinde  $S_{(M+H)}$  yapılan destek sulamanın meyve N konsantrasyonunu kontrole göre önemli ölçüde artırdığı görülmektedir. Bölgede fındık yetiştirilen alanlarda iklim değişimlerinin de etkisiyle yağış düzensizliklerinin oluştuğu ve özellikle fındık açısından değerlendirildiğinde haziran ve temmuz aylarının bitkinin fizyolojik olarak su ihtiyacının yüksek olduğu dönemlere denk geldiği bilinmektedir (Tonkaz ve Bostan, 2010). Bu çalışmada deneme yıllarına ait meteorolojik veriler incelendiğinde özellikle haziran ve temmuz dönemlerinde bölgede yağış miktarının giderek düştüğü gözlenmektedir (Şekil 3.1). Yağışın azalması bitkilerde besin elementlerinin taşınmasını da azaltacağından (Korkmaz ve ark., 2021) bu dönemde yapılan sulamanın meyvede N konsantrasyonunu artırdığı düşünölmektedir. Araştırma sonuçlarına göre özellikle meyve tutum döneminde yapılan destek sulamanın meyvede N konsantrasyonu açısından önemli bir faktör olduğu belirlenmiştir. Konuyla ilgili olarak yürütölen çalışmalarda da fındık yetiştiriciliğinde lokasyon, toprak bileşimi, gübre kullanımı ve sulamanın fındığın besin değeri ve kalitesini etkilediği bildirirken (Amini-Nouri ve Ziarati, 2015; Külahçılar, 2016; Şen, 2018; Yaman, 2019; Ortega-Farias ve ark., 2020), Bostan ve ark., (2018) sulamanın fındıkta N konsantrasyonunu artırdığını ifade etmiştir. Konuyla ilgili olarak sulamanın meyve N içeriği etkisi üzerine etkisinin incelendiği çalışmalarda; yer kirazı (Çelik, 2014); kahve (Covre ve ark., 2016); çilek (Çeliktöpez ve ark., 2019) bitkilerinde suyun meyvede N konsantrasyonu üzerine önemli etkileri olduğu ve doğru dönemde ve miktarda verilen suyun N konsantrasyonunu artırdığını bildirmişlerdir. Destek sulamanın fındık bitkisi meyvelerinde de olumlu etkilerinin olabileceği ve  $S_{M+H}$  uygulamasıyla meyve N konsantrasyonunun artabileceği görölmüştür.

#### **4.3.2 Destek Sulamanın Fındık Meyvesinin Fosfor Konsantrasyonuna Etkisi**

Araştırmanın yürütöldüğü yıllarda farklı dönemlerde uygulanan destek sulamanın meyve P konsantrasyonuna ait ortalamalar ve istatistiksel veriler Çizelge 4.22'de verilmiştir. Fındık meyvesinin P konsantrasyonu üzerine destek sulamanın etkileri incelendiğinde, yapılan istatistiksel analiz sonucuna göre sulama önemsiz

bulunurken yıl ve sulama×yıl interaksyonu istatistiki olarak önemli ( $p<0.05$ ) olduğu tespit edilmiştir.

**Çizelge 4.22** Destek Sulamanın Meyvede Fosfor Konsantrasyonu (%) Üzerine Etkisi

Sulama	2016	2017	2018	Ortalama
<b>S<sub>K</sub> (Kontrol)</b>	0.507 Aa	0.504 Aa	0.421 BCb	<b>0.477</b>
<b>S<sub>T</sub></b>	0.479 Aa	0.457 ABab	0.425 BCb	<b>0.453</b>
<b>S<sub>M+H+T</sub></b>	0.466 Aa	0.421 Bb	0.485 Aa	<b>0.458</b>
<b>S<sub>H+T</sub></b>	0.476 Aa	0.435 Ba	0.467 ABa	<b>0.459</b>
<b>S<sub>M+H</sub></b>	0.495 Aa	0.468 ABa	0.406 Cb	<b>0.456</b>
<b>Ortalama</b>	<b>0.485 A</b>	<b>0.457 B</b>	<b>0.441 B</b>	
<b>P</b>	yıl: <0.001; sulama: 0.153; yıl×sulama: <0.001			

Aynı yılda ortak harfi büyük olmayan aylar arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir ( $p<0.05$ ). Aynı uygulamada ortak harfi küçük olmayan yıllar arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir ( $p<0.05$ ).

Meyve örneklerinin ortalama %P konsantrasyonu incelendiğinde en yüksek P miktarı %0.477 ile kontrol uygulamasında tespit edilirken en düşük P miktarı ise %0.453 ile S<sub>T</sub> uygulamasında belirlenmiş ve uygulamalar arasında istatistiki fark görülmemiştir (Çizelge 4.2). Alasalvar ve ark., (2003) tombul fındık çeşidinin meyve P konsantrasyonunun yaklaşık olarak %0.36 olduğunu, Köksal ve ark., (2006) fındık meyve P konsantrasyonlarının çeşitlere göre değişkenlik gösterdiğini ve %0.202 ile %0.370 arasında değerlere sahip olduğunu bildirmiştir. Alasalvar ve ark., (2009), meyve P konsantrasyonları çeşitler arasında farklılık gösterdiğini ve en düşük %0.26 P iken en yüksek %0.32 P değerine rastladığını, Özenç ve Özenç (2014) bu değerlerin %0.289 ile %0.314 arasında değişebileceğini ve Amini-Nouri ve Ziarati (2015) fındık meyvelerinde %0.306 ile %0.344 arasında P olduğunu duyurmuştur. Yürütülen çalışmada elde edilen değerler literatürle benzerlik göstermektedir.

Meyve P konsantrasyonlarının yıllara göre değişimi incelendiğinde en yüksek P miktarının %0.458 ile 2016 yılında ve en düşük P miktarı ise %0.441 ile 2018 yılında belirlenmiş olup yıllar arasındaki fark istatistiki olarak önemli ( $p<0.05$ ) bulunmuştur (Çizelge 4.22).

Araştırma sonuçları incelendiğinde (Çizelge 4.22) sulama×yıl interaksyonu arasında istatistiksel olarak önemli ( $p<0.05$ ) fark olduğu belirlenmiştir. Çizelge 4.22 incelendiğinde meyve P konsantrasyonlarının %0.507 ile %0.406 arasında değiştiği

belirlenmiştir. Sonuçlara göre en yüksek değer 2016 yılı kontrol şartlarında olurken en düşük değer 2018 yılı  $S_{M+H}$  uygulamasında belirlenmiştir.

Destek sulamanın meyve P konsantrasyonu üzerine etkisi incelendiğinde, fındıkta destek sulamanın ortalama meyve P konsantrasyonunu önemli miktarda değiştirmezken, yıl ve sulama×yıl interaksyonunda önemli derecede farklılık olduğu görülmektedir. Denemenin yürütüldüğü yıllarda iklim koşullarında yaşanan değişkenlik, meyveye taşınan besin elementi üzerine önemli etkileri bulunmakta ve meyve P konsantrasyonlarında farklılığa neden olmaktadır. Yağış miktarında ve yıllara göre dağılımındaki değişiklikler ise farklı dönemlerde uygulanan destek sulamanın etkisini değiştirdiği ve meyve P konsantrasyonunda dalgalanmalara neden olduğu düşünülmektedir. Konuyla ilgili olarak yapılan çalışmalarda; cevizde (Mitrovic ve Damjanovic, 1997) ve antep fıstığında (Ak ve Fidan, 2016) meyvede P'nin oldukça stabil olduğu görülmüştür. Roupheal ve ark., (2008) sulama uygulamalarının karpuz meyvesi P konsantrasyonu üzerine herhangi bir etki göstermediğini, Özenç ve ark., (2014) fındıkta fosfor, azot ve potasyum gübre uygulamalarının, Özenç ve Özenç (2015) çinko gübrelemesinin meyve P konsantrasyonlarına etkisinin olmadığını, Alidust ve ark., (2020) fındık bahçelerinde bulunan B ve Zn miktarlarının meyve P konsantrasyonunda dalgalanmalar neden olabildiğini bildirmişlerdir.

#### **4.3.3 Destek Sulamanın Fındık Meyvesinin Potasyum Konsantrasyonuna Etkisi**

Araştırmanın yürütüldüğü yıllarda farklı dönemlerde uygulanan destek sulamanın meyve K konsantrasyonuna ait ortalamalar ve istatistiksel veriler Çizelge 4.23'te verilmiştir. Fındık meyvesinin K konsantrasyonu üzerine destek sulamanın etkileri incelendiğinde, yapılan istatistiksel analiz sonucuna göre sulama ve yıl önemli ( $p<0.05$ ) bulunmuş, sulama×yıl interaksyonunun önemli olmadığı tespit edilmiştir.

Araştırmada meyve örneklerinin ortalama %K konsantrasyonları incelendiğinde, en yüksek K konsantrasyonu %0.860 ile  $S_{M+H+T}$  uygulamasında tespit edilirken en düşük K konsantrasyonu ise %0.772 ile  $S_{H+T}$  uygulamasında belirlenmiş, diğer uygulamalar ise bu aralıkta değişkenlik göstermiştir (Çizelge 4.23). Alasalvar ve ark., (2003) Tombul fındık meyvesi K konsantrasyonunun %0.76 civarında olduğunu, Alasalvar ve ark., (2009) bölgede yetiştirilen fındık çeşitlerinde meyve K konsantrasyonlarının %0.52 ile %0.86 arasında, Güneş ve ark., (2010) fındık meyvesi



K konsantrasyonlarının %0.56 ile %0.89 arasında değişkenlik gösterdiğini, Babiker ve ark., (2020) söz konusu değerin çeşit ve uygulamalara göre değişebileceğini ve K konsantrasyonunun %0.42 ile %0.97 arasında dağılım gösterdiğini belirtmiştir. Merio-Gergichevich ve ark., (2021) ise fındık meyvesinin yaklaşık olarak K konsantrasyonunun ortalama %0.70 olduğunu bildirmiştir. Yürütülen çalışmalar ile elde ettiğimiz sonuçların benzerlik gösterdiği görülmektedir.

Meyve K miktarlarının yıllara göre değişimi incelendiğinde en yüksek K miktarının %0.890 ile 2018 yılında ve en düşük K miktarı ise %0.756 ile 2017 yılında belirlenmiş olup yıllar arasındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ) (Çizelge 4.23).

**Çizelge 4.23** Destek Sulamanın Meyvede Potasyum Konsantrasyonu (%) Üzerine Etkisi

Sulama	2016	2017	2018	Ortalama
<b>S<sub>K</sub> (Kontrol)</b>	0.789	0.746	0.849	<b>0.795 AB</b>
<b>S<sub>T</sub></b>	0.749	0.714	0.893	<b>0.785 AB</b>
<b>S<sub>M+H+T</sub></b>	0.804	0.786	0.990	<b>0.860 A</b>
<b>S<sub>H+T</sub></b>	0.717	0.753	0.847	<b>0.772 B</b>
<b>S<sub>M+H</sub></b>	0.792	0.778	0.871	<b>0.814 AB</b>
<b>Ortalama</b>	<b>0.770 B</b>	<b>0.756 B</b>	<b>0.890 A</b>	
<b>P</b>	yıl: <0.001; sulama: 0.021; yıl×sulama:0.792			

Aynı yılda ortak harfi büyük olmayan aylar arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir ( $p<0.05$ ).

Araştırma sonuçları incelendiğinde (Çizelge 4.23) sulama×yıl interaksyonu arasında istatistiksel olarak önemli ( $p<0.05$ ) fark olmadığı belirlenmiştir. Çizelge 4.2 incelendiğinde meyve K konsantrasyonlarının %0.990 ile %0.714 arasında değişkenlik gösterdiği belirlenmiştir.

Destek sulamanın meyve K konsantrasyonu üzerine etkisi incelendiğinde, tüm dönemlerde yapılan destek sulamanın fındık meyve K konsantrasyonunu önemli ölçüde artırdığı görülmektedir. Fındık yetiştirilen alanlarda su problemlerinin olduğu ve sulamanın meyve gelişimine olumlu etkisi olduğu bilinmektedir. Denemenin kurulduğu yıllarda da iklim verileri incelendiğinde yağışların düzensiz olduğu ve miktarının giderek düştüğü gözlenmektedir. Yağışın azalması bitkilerde besin elementlerinin taşınmasını da azaltacağından (Korkmaz ve ark., 2021) yapılan destek sulama uygulamasının meyvede K konsantrasyonunu artırdığı düşünülmektedir.

Konuyla ilgili olarak Amini-Nouri ve Ziarati (2015), fındık meyvesi K konsantrasyon ortalamasının %1.02 olduğu ve bu değer üzerine toprak ve iklim şartları ile sulama ve gübre uygulamalarının önemli etkisi olduğunu belirlemiştir.

#### 4.3.4 Destek Sulamanın Fındık Meyvesinin Kalsiyum Konsantrasyonuna Etkisi

Araştırmanın yürütüldüğü yıllarda farklı dönemlerde uygulanan destek sulamanın meyve Ca konsantrasyonuna ait ortalamalar ve istatistiksel veriler Çizelge 4.24'te verilmiştir. Fındık meyvesinin Ca konsantrasyonu üzerine destek sulamanın etkileri incelendiğinde, yapılan istatistiksel analiz sonucuna göre sulama, yıl ve sulama×yıl interaksiyonunun önemli olduğu ( $p<0.05$ ) tespit edilmiştir.

Araştırmada meyve örneklerinin ortalama %Ca konsantrasyonu incelendiğinde, en yüksek Ca konsantrasyonu %0.081 ile  $S_{M+H+T}$  uygulamasında tespit edilirken en düşük Ca konsantrasyonu ise %0.065 ile  $S_{M+H}$  uygulamasında belirlenmiş, diğer uygulamalar ise bu aralıkta değişkenlik göstermiştir (Çizelge 4.24). Köksal ve ark., (2006) bölgede yetiştirilen fındık çeşitleri arasında meyve Ca konsantrasyonu bakımından farklılıklar olduğunu ve meyve Ca konsantrasyonlarının %0.065 ile %0.33 arasında dağılım gösterdikleri, Alasalvar ve ark., (2009) meyve örneklerinde Ca miktarının çeşitlere göre %0.16 ile %0.26 arasında değiştiğini, Ergin (2019), fındıkta yapılan uygulamaların etkisiyle meyve Ca değerlerinin %0.124 ile %0.139 arasında farklılık gösterebileceğini bildirmiştir.

**Çizelge 4.24** Destek Sulamanın Meyvede Kalsiyum Konsantrasyonu (%) Üzerine Etkisi

Sulama	2016	2017	2018	Ortalama
<b>S<sub>K</sub> (Kontrol)</b>	0.090Aa	0.083 ABb	0.068 Bc	<b>0.080 A</b>
<b>S<sub>T</sub></b>	0.083 ABa	0.070 Bb	0.053 Cc	<b>0.069 B</b>
<b>S<sub>M+H+T</sub></b>	0.067 BCb	0.091 Aa	0.085 Aa	<b>0.081 A</b>
<b>S<sub>H+T</sub></b>	0.072 ACb	0.089 ABa	0.065 BCb	<b>0.075 AB</b>
<b>S<sub>M+H</sub></b>	0.059 Cb	0.082 ABa	0.055 Cb	<b>0.065 B</b>
<b>Ortalama</b>	<b>0.074 B</b>	<b>0.083 A</b>	<b>0.065 C</b>	
<b>P</b>	yıl: <0.001; sulama: 0.001; yıl×sulama: <0.001			

Aynı yılda ortak harfi büyük olmayan aylar arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir ( $p<0.05$ ).

Aynı uygulamada ortak harfi küçük olmayan yıllar arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir ( $p<0.05$ ).

Meyve Ca konsantrasyonunun yıllara göre değişimi incelendiğinde en yüksek Ca konsantrasyonunun %0.083 ile 2017 yılında ve en düşük Ca konsantrasyonu ise

%0.065 ile 2018 yılında belirlenmiş olup yıllar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ) (Çizelge 4.4).

Araştırma sonuçları incelendiğinde (Çizelge 4.24) sulama×yıl etkisi istatistiksel olarak önemli ( $p<0.05$ ) fark olduğu belirlenmiştir. Çizelge 4.4 incelendiğinde meyve Ca konsantrasyonlarının %0.053 ile %0.091 arasında değiştiği belirlenmiştir. Sonuçlara göre en yüksek değer 2017 yılı tüm dönemlerde sulamanın yapıldığı  $S_{M+H+T}$  uygulamasında olurken en düşük değer 2018 yılı  $S_T$  uygulamasında belirlenmiştir.

Destek sulamanın meyve Ca konsantrasyonu üzerine etkisi incelendiğinde, tüm dönemlerde yapılan destek sulamanın fındık meyve Ca konsantrasyonu üzerine önemli etkisi olduğu görülmektedir. Bitkilerin Ca alımında transpirasyon önemli rol oynamaktadır. Dolayısıyla Ca alımını, taşınımı ve yaprak ile meyve arasındaki hareketinde toprak nemini ile sıcaklık ve rüzgar gibi iklimsel faktörlerin etkisi altındadır. Söz konusu iklimsel faktörlerin değişimi, meyve Ca konsantrasyonlarının yıllar arasında farklılığına neden olabileceği görülmektedir. Fındık yetiştirilen alanlarda yağışın azalması ve yıllık yağışın düzensiz dağılımı bitkilerde besin elementlerinin taşınmasını da azaltacağından tüm dönemlerde destek sulama uygulamanın meyvede Ca konsantrasyonunu artırdığı düşünülmektedir. Konuyla ilgili olarak yürütülen çalışmalarda da fındık yetiştiriciliğinde lokasyon, toprak bileşimi, gübre kullanımı ve sulamanın fındığın besin değerini ve kalitesini etkilediği belirlenmiştir (Özenç ve Özenç, 2014; Amini-Nouri ve Ziarati, 2015; Ergin, 2019; Meriño-Gergichevich ve ark., 2021). Konuyla ilgili olarak sulamanın meyve Ca içeriği etkisi üzerine etkisinin incelendiği çalışmalarda; yer kirazı (Çelik, 2014); domates (Özkan ve Müftüoğlu, 2017); çilek (Çeliktöpez ve ark., 2019); suyun bitkilerde meyvede Ca konsantrasyonu üzerine önemli etkileri olduğu ve doğru dönemde ve miktarda verilen suyun Ca konsantrasyonunu artırdığını bildirmişlerdir.

#### **4.3.5 Destek Sulamanın Fındık Meyvesinin Magnezyum Konsantrasyonuna Etkisi**

Araştırmanın yürütüldüğü yıllarda farklı dönemlerde uygulanan destek sulamanın meyve Mg konsantrasyonuna ait ortalamalar ve istatistiksel veriler Çizelge 4.25'te verilmiştir. Fındık meyvesinin Mg konsantrasyonu üzerine destek sulamanın etkileri incelendiğinde yapılan istatistiksel analiz sonucuna göre sulama önemli

( $p < 0.05$ ) bulunmuş, yıl ve sulama×yıl interaksiyonunun önemli olmadığı tespit edilmiştir.

**Çizelge 4.25** Destek Sulamanın Meyvede Magnezyum Konsantrasyonu (%) Üzerine Etkisi

Sulama	2016	2017	2018	Ortalama
<b>S<sub>K</sub> (Kontrol)</b>	0.201	0.191	0.184	<b>0.192</b>
<b>S<sub>T</sub></b>	0.190	0.175	0.163	<b>0.176</b>
<b>S<sub>M+H+T</sub></b>	0.182	0.173	0.178	<b>0.178</b>
<b>S<sub>H+T</sub></b>	0.185	0.180	0.178	<b>0.181</b>
<b>S<sub>M+H</sub></b>	0.188	0.182	0.171	<b>0.180</b>
<b>Ortalama</b>	<b>0.189 A</b>	<b>0.180 B</b>	<b>0.175 B</b>	
<b>P</b>	yıl: 0.001; sulama: 0.055; yıl×sulama: 0.518			

Aynı yılda ortak harfi büyük olmayan aylar arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir ( $p < 0.05$ ).

Araştırmada meyve örneklerinin ortalama %Mg konsantrasyonu incelendiğinde, en yüksek Mg %0.192 ile kontrol uygulamasında tespit edilirken en düşük ise %0.176 ile S<sub>T</sub> uygulamasında belirlenmiştir. Diğer değerler bu aralıkta değişkenlik gösterirken uygulamalar arasında istatistiki fark olmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.25). Köksal ve ark., (2006) meyvede Mg konsantrasyonlarının çeşitlere göre değiştiği ve bölgede yetiştirilen çeşitlerin meyve Mg konsantrasyonlarının %0.144 ile %0.224 arasında dağılım gösterdiğini, Seyhan ve ark., (2007) fındık meyvesi Mg konsantrasyonlarının %0.112 ile %0.310 arasında olabildiğini, Alasalvar ve ark., (2009) farklı çeşitlerin meyvelerinde Mg konsantrasyonlarının %0.035 ile %0.152 arasında, Müller ve ark., (2020) söz konusu değerlerin %0.15 ile %0.21 arasında değiştiğini, Meriño-Gergichevich ve ark., (2021) bu değerlerin ortalama olarak %0.165 olduğunu bildirmişlerdir. Yürütülen çalışmadan elde edilen değerler literatürde verilen değerler ile uyum göstermektedir.

Meyve Mg konsantrasyonlarının yıllara göre değişimi incelendiğinde en yüksek Mg konsantrasyonu %0.189 ile 2016 yılında ve en düşük Mg konsantrasyonu ise %0.175 ile 2018 yılında belirlenmiş olup yıllar arasındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur ( $p < 0.05$ ) (Çizelge 4.25).

Araştırma sonuçları incelendiğinde (Çizelge 4.25) sulama×yıl interaksiyonu istatistiksel olarak önemli ( $p < 0.05$ ) fark olmadığı belirlenmiştir. Çizelge 4.5 incelendiğinde meyve Mg konsantrasyonlarının %0.163 ile %0.201 arasında değişkenlik gösterdiği belirlenmiştir. Benzer olarak, Ergin (2019) meyve Mg

konsantrasyonunun %0.097 ile %0.117 arasında değiştiğini ve yaptığı uygulamaların istatistiksel fark yaratmadığını, Özenç ve Özenç (2015) fındık meyve Mg konsantrasyonunun %0.15 ile %0.17 arasında değişkenlik gösterdiği ve fındık bitkisine uygulanan Mg gübresinin meyve üzerine istatistiksel olarak etkisinin olmadığını belirtmiştir.

Destek sulamanın meyve Mg konsantrasyonu üzerine etkisi incelendiğinde, sulama uygulamalarının fındık meyve Mg konsantrasyonu üzerine önemli etkisi olmadığı ancak yıllar arasında değişkenlik gösterdiği görülmektedir. Söz konusu değişkenliğin yıllar arasında oluşan iklimsel farklılıklardan kaynaklandığı düşünölmektedir. Konuyla ilgili benzer bir çalışmada, Roupael ve ark., (2008) artan dozda sulama uygulamalarının karpuz meyvesi Mg konsantrasyonunu düşürdüğü, Covre ve ark., (2016) sulanan ve sulanmayan bahçelerde yetiştirilen kahve çekirdeği ve kabuğunun Mg konsantrasyonunda herhangi bir farklılığın olmadığını ifade etmiştir.

#### **4.3.6 Destek Sulamanın Fındık Meyvesinin Demir Konsantrasyonuna Etkisi**

Araştırmanın yürütöldüğü yıllarda farklı dönemlerde uygulanan destek sulamanın meyve Fe konsantrasyonuna ait ortalamalar ve istatistiksel veriler Çizelge 4.26'da verilmiştir. Fındık meyvesinin Fe konsantrasyonu üzerine destek sulamanın etkileri incelendiğinde, yapılan istatistiksel analiz sonucuna göre sulama, yıl ve sulama×yıl interaksiyonunun önemli olduğu ( $p<0.05$ ) tespit edilmiştir.

Araştırmada meyve örneklerinin ortalama Fe konsantrasyonları incelendiğinde, en yüksek Fe konsantrasyonu 47.25 mg kg<sup>-1</sup> ile S<sub>M+H+T</sub> uygulamasında tespit edilirken en düşük Fe konsantrasyonu ise 36.03 mg kg<sup>-1</sup> ile kontrol uygulamasında belirlenmiş, diğer değerler bu aralıkta değişkenlik göstermiştir (Çizelge 4.6). Köksal ve ark., (2006) meyve örneklerinin Fe konsantrasyonlarının çeşitlere göre değişmekle birlikte 32 ile 51 mg kg<sup>-1</sup> arasında dağılım gösterdiğini ve ortalama olarak fındığın 42 mg kg<sup>-1</sup> Fe konsantrasyonuna sahip olduğunu belirtmiştir. şimşek ve Aykut (2007) bölgeden topladığı fındık meyvelerinde 31.60 ile 51.60 mg kg<sup>-1</sup> arasında Fe konsantrasyonları belirlediğini, Seyhan ve ark., (2007) meyve Fe konsantrasyonunu 29.6 mg kg<sup>-1</sup> ile 52.2 mg kg<sup>-1</sup> arasında tespit ettiğini, Alasalvar ve ark., (2009) farklı çeşitlerden aldıkları meyve örneklerinde Fe konsantrasyonlarının

36.6 mg kg<sup>-1</sup> ile 44.2 mg kg<sup>-1</sup> arasında olduğunu, Özkutlu ve ark., (2011) fındık meyvesi Fe konsantrasyonlarının 35.12 mg kg<sup>-1</sup> ile 49.40 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişkenlik gösterdiğini ve insan beslenmesinde önemli yere sahip olduğunu ifade etmiştir. Dobhal ve ark., (2018) meyve Fe konsantrasyonunun 47 mg kg<sup>-1</sup> olduğunu, Ergin (2019) fındık meyvesinde Fe konsantrasyonunun 16.5 mg kg<sup>-1</sup> ile 43.9 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişebildiğini, Müller ve ark., (2020) söz konusu konsantrasyonun çeşitle arasında 30.2 ile 46.7 mg kg<sup>-1</sup> olduğunu açıklamıştır. Bu çalışmada elde edilen değerler literatürle benzerlik göstermektedir.

**Çizelge 4.26** Destek Sulamanın Meyvede Demir Konsantrasyonu (mg kg<sup>-1</sup>) Üzerine Etkisi

Sulama	2016	2017	2018	Ortalama
<b>S<sub>K</sub> (Kontrol)</b>	38.04 Ca	35.28 BCa	34.76 Ca	<b>36.03 C</b>
<b>S<sub>T</sub></b>	39.24 BCa	32.43 Cb	40.78 BCa	<b>37.48 C</b>
<b>S<sub>M+H+T</sub></b>	49.87 Aa	40.50 ABb	51.38 Aa	<b>47.25 A</b>
<b>S<sub>H+T</sub></b>	45.88 ABa	34.94 BCb	51.32 Aa	<b>44.05 AB</b>
<b>S<sub>M+H</sub></b>	43.22 ACa	43.26 Aa	41.43 Ba	<b>42.64 B</b>
<b>Ortalama</b>	<b>43.25 A</b>	<b>37.28 B</b>	<b>43.93 A</b>	
<b>P</b>	yıl: <0.001; sulama: <0.001; yıl×sulama: <0.001			

Aynı yılda ortak harfi büyük olmayan aylar arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir (p<0.05). Aynı uygulamada ortak harfi küçük olmayan yıllar arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir (p<0.05).

Meyve Fe konsantrasyonunun yıllara göre değişimi incelendiğinde en yüksek Fe konsantrasyonu 43.93 mg kg<sup>-1</sup> ile 2018 yılında ve en düşük Fe konsantrasyonu ise 37.28 mg kg<sup>-1</sup> ile 2017 yılında belirlenmiş olup yıllar arasındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur (p<0.05) (Çizelge 4.26). Özenç ve Özenç (2014), fındık meyve Fe konsantrasyonunun yıllara göre değişkenlik gösterebileceğini ve meyve kalitesi üzerine olumlu etkileri olduğu saptamıştır.

Araştırma sonuçları incelendiğinde (Çizelge 4.26) sulama×yıl interaksyonu istatistiksel olarak önemli (p<0.05) fark olduğu belirlenmiştir. Çizelge 4.26 incelendiğinde meyve Fe konsantrasyonlarının 32.43 mg kg<sup>-1</sup> ile 51.38 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiği belirlenmiştir. Sonuçlara göre en yüksek değer 2018 yılı S<sub>M+H+T</sub> uygulamasında olurken en düşük değer 2017 yılı S<sub>T</sub> uygulamasında belirlenmiştir.

Destek sulamanın meyve Fe konsantrasyonu üzerine etkisi incelendiğinde, fındıkta tüm dönemlerde yapılan destek sulamanın meyve Fe konsantrasyonunu

önemli ölçüde artırdığı görülmektedir. Denemenin kurulduğu yıllarda da iklim verileri incelendiğinde bölgede yağışların düzensiz olduğu ve miktarının giderek düştüğü gözlenmektedir. Yağışın azalması bitkilerde besin elementlerinin taşınmasını da azaltacağından yapılan destek sulama uygulamalarının meyvede Fe konsantrasyonunu artırdığı düşünülmektedir. Araştırma sonuçlarına göre sulama yapılmayan kontrol koşulları ve sadece temmuz ayı sulamasının diğer uygulamalara göre yetersiz kaldığı, mayıs ayından itibaren hasat öncesi döneme kadar yapılan destek sulamanın meyvede Fe konsantrasyonu açısından önemli bir faktör olduğu belirlenmiştir. Konuyla ilgili olarak sulamanın meyve Fe içeriği etkisi üzerine etkisinin incelendiği çalışmalarda; kahve (Covre ve ark., 2016; Covre ve ark., 2018); şeker mısırı (Kara ve ark., 2016); çilek (Çeliktöpus ve ark., 2019) su uygulamalarını meyvede Fe konsantrasyonu üzerine önemli etkileri olduğu, doğru dönem ve miktarda verilen suyun Fe konsantrasyonunu artırdığını bildirmişlerdir.

#### **4.3.7 Destek Sulamanın Fındık Meyvesinin Bakır Konsantrasyonuna Etkisi**

Araştırmanın yürütüldüğü yıllarda farklı dönemlerde uygulanan destek sulamanın meyve Cu konsantrasyonuna ait ortalamalar ve istatistiksel veriler Çizelge 4.27’de verilmiştir. Fındık meyvesinin Cu konsantrasyonu üzerine destek sulamanın etkileri incelendiğinde, yapılan istatistiksel analiz sonucuna göre sulama, yıl ve sulama×yıl interaksiyonunun önemli olduğu ( $p<0.05$ ) tespit edilmiştir.

Araştırmada meyve örneklerinin ortalama Cu konsantrasyonu incelendiğinde, en yüksek Cu  $19.96 \text{ mg kg}^{-1}$  ile  $S_{M+H}$  uygulamasında tespit edilirken  $S_{H+T}$  uygulamasıyla aynı istatistiki sınıfta olduğu ve en düşük ise  $17.71 \text{ mg kg}^{-1}$  ile  $S_K$  uygulamasında belirlenirken  $S_{M+H+T}$  uygulamasıyla aynı istatistiki sınıfta olduğu görülmüştür (Çizelge 4.27). Köksal ve ark., (2006) fındık meyve örneklerinin  $17$  ile  $32 \text{ mg kg}^{-1}$  Cu arasında, Şimşek ve Aykut, (2007) çeşitlere göre değişkenlik göstermekle birlikte  $16.23 \text{ mg kg}^{-1}$  ile  $32.23 \text{ mg kg}^{-1}$  arasında dağılım gösterdiğini, Özkutlu ve ark., (2011) çeşitlere göre  $13.76 \text{ mg kg}^{-1}$  ile  $21.71 \text{ mg kg}^{-1}$  arasında değiştiğini, Ergin (2019) fındık bitkisine yapılan uygulamalar göre değişmekle birlikte  $19 \text{ mg kg}^{-1}$  ile  $40 \text{ mg kg}^{-1}$  dağılım gösterdiğini bildirmişlerdir. Yürütülen tez çalışmasından elde edilen değerler literatürle benzerlik göstermektedir. Yürütülen çalışmadan elde edilen değerler literatürle benzerlik göstermektedir.

**Çizelge 4.27** Destek Sulamanın Meyvede Bakır Konsantrasyonu ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) Üzerine Etkisi

Sulama	2016	2017	2018	Ortalama
<b>S<sub>K</sub> (Kontrol)</b>	18.03 BCa	18.25 Ba	16.87 Aa	<b>17.71 B</b>
<b>S<sub>T</sub></b>	20.53 Aa	18.31 Bb	17.38 Ab	<b>18.74 AB</b>
<b>S<sub>M+H+T</sub></b>	17.32 Ca	17.30 Ba	18.54 Aa	<b>17.72 B</b>
<b>S<sub>H+T</sub></b>	19.30 ACa	20.95 Aa	19.08 Aa	<b>19.78 A</b>
<b>S<sub>M+H</sub></b>	20.28 ABa	21.35 Aa	18.23 Ab	<b>19.96 A</b>
<b>Ortalama</b>	<b>19.09 A</b>	<b>19.23 A</b>	<b>18.02 B</b>	
<b>P</b>	yıl:0.002; sulama: 0.002; yıl×sulama:0.001			

Aynı yılda ortak harfi büyük olmayan aylar arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir ( $p<0.05$ ). Aynı uygulamada ortak harfi küçük olmayan yıllar arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir ( $p<0.05$ ).

Meyve Cu konsantrasyonlarının yıllara göre değişimi incelendiğinde en yüksek Cu konsantrasyonunun  $19.23 \text{ mg kg}^{-1}$  ile 2017 yılında ve en düşük Cu konsantrasyonu ise  $18.02 \text{ mg kg}^{-1}$  ile 2018 yılında belirlenmiş olup yıllar arasındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur ( $p<0,05$ ) (Çizelge 4.27). Benzer şekilde Özenç ve Özenç (2014), fındık meyvesi Cu konsantrasyonunu  $18.7 \text{ mg kg}^{-1}$  olarak belirlemiş ve yıllara göre değişkenlik gösterebileceğini ifade etmiştir.

Araştırma sonuçları incelendiğinde (Çizelge 4.27) sulama×yıl interaksyonu istatistiksel olarak önemli ( $p<0.05$ ) fark olduğu belirlenmiştir. Çizelge 4.27 incelendiğinde meyve Cu konsantrasyonlarının  $16.87$  ile  $21.35 \text{ mg kg}^{-1}$  arasında değiştiği belirlenmiştir. Sonuçlara göre en yüksek değer 2017 yılı  $S_{M+H}$  uygulamasında olurken en düşük değer 2018 yılı kontrol şartlarında belirlenmiştir.

Destek sulamanın meyve Cu konsantrasyonu üzerine etkisi incelendiğinde, mayıs ve haziran dönemlerinde fındıkta sulamanın meyve Cu konsantrasyonunu önemli ölçüde artırdığı, haziran ve temmuz dönemlerinde destek sulamanın da yakın sonuçlar verdiği görülmektedir. Denemenin kurulduğu yıllarda da iklim verileri incelendiğinde bölgede yağışların düzensiz olduğu ve miktarının giderek düştüğü gözlenmektedir. Yağışın azalması bitkilerde besin elementlerinin taşınmasını da azaltacağından yapılan destek sulama uygulamalarının meyvede Cu konsantrasyonunu artırdığı düşünülmektedir. Araştırma sonuçlarına göre sulama yapılmayan kontrol koşullarının diğer uygulamalara göre yetersiz kaldığı, mayıs ayından itibaren hasat öncesi döneme kadar iki defa yapılan destek sulamanın meyvede Cu konsantrasyonu



açısından önemli bir faktör olduğu belirlenmiştir. Konuyla ilgili olarak sulamanın meyve Cu içeriği etkisi üzerine etkisinin incelendiği çalışmalarda; kahve (Covre ve ark., 2016); mısır (Kara ve ark., 2016), çilek (Çeliktöpez ve ark., 2019; Çeliktöpez ve Özekici, 2020); bitkilerinde sulamanın meyvede Cu konsantrasyonu üzerine olumlu etkileri olduğu, su uygulama dönemi ve miktarının Cu konsantrasyonunu etkilediği bildirmişlerdir.

#### **4.3.8 Destek Sulamanın Fındık Meyvesinin Çinko Konsantrasyonuna Etkisi**

Araştırmanın yürütüldüğü yıllarda farklı dönemlerde uygulanan destek sulamanın meyve Zn konsantrasyonuna ait ortalamalar ve istatistiksel veriler Çizelge 4.28'de verilmiştir. Fındık meyvesinin Zn konsantrasyonu üzerine destek sulamanın etkileri incelendiğinde, yapılan istatistiksel analiz sonucuna göre sulama ve yıl önemli ( $p < 0.05$ ) bulunmuş, sulama×yıl interaksiyonunun önemli olmadığı tespit edilmiştir.

Araştırmada meyve örneklerinin ortalama Zn konsantrasyonları incelendiğinde, en yüksek Zn konsantrasyonu  $17.98 \text{ mg kg}^{-1}$  ile  $S_{M+H}$  uygulamasında tespit edilirken  $S_{M+H+T}$  ve  $S_{H+T}$  uygulamasıyla aynı istatistiki sınıfta olduğu belirlenmiştir. En düşük Zn konsantrasyonu ise  $16.03 \text{ mg kg}^{-1}$  ile kontrol uygulamasında belirlenirken  $S_T$  uygulamasıyla aynı istatistiki sınıfta olduğu görülmüştür (Çizelge 4.28). Alasalvar ve ark., (2003) Tombul çeşit fındık meyvesini Zn konsantrasyonunu  $19.4 \text{ mg kg}^{-1}$  olduğunu, Seyhan ve ark., (2007) farklı çeşitlerdeki fındık meyvesi Zn konsantrasyonunun  $12.7$  ile  $28.1 \text{ mg kg}^{-1}$  arasında değiştiğini, Alasalvar ve ark., (2009) çeşitlere göre  $18.4$  ile  $24.5 \text{ mg kg}^{-1}$  arasında dağılım gösterdiğini, Ergin (2019) uygulamalar göre değişkenlik göstermekle birlikte  $24-34 \text{ mg kg}^{-1}$  arasında değiştiğini, Alidust ve ark., (2020) fındık meyvesinde Zn konsantrasyonlarının  $19$  ile  $26 \text{ mg kg}^{-1}$  arasında olduğunu ve uygulamalara göre değişkenlik gösterdiğini, Meriño-Gergichevich ve ark., (2021) meyve Zn konsantrasyonunun yaklaşık  $18 \text{ mg kg}^{-1}$  olduğunu ve gübre uygulamalarının Zn konsantrasyonunun değiştirebildiğini bildirmişlerdir. Bu çalışmada elde edilen değerler literatürle benzerlik göstermektedir.

Meyve Zn konsantrasyonunun yıllara göre değişimi incelendiğinde en yüksek Zn konsantrasyonu  $18.25 \text{ mg kg}^{-1}$  ile 2016 yılında ve en düşük Zn konsantrasyonu ise

16.11 mg kg<sup>-1</sup> ile 2017 yılında belirlenmiş olup yıllar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.05) (Çizelge 4.28).

**Çizelge 4.28** Destek Sulamanın Meyvede Çinko Konsantrasyonu (mg kg<sup>-1</sup>) Üzerine Etkisi

Sulama	2016	2017	2018	Ortalama
<b>S<sub>K</sub> (Kontrol)</b>	17.03	14.93	16.13	<b>16.03 B</b>
<b>S<sub>T</sub></b>	17.28	15.12	16.40	<b>16.27 B</b>
<b>S<sub>M+H+T</sub></b>	18.03	16.25	18.35	<b>17.54 A</b>
<b>S<sub>H+T</sub></b>	19.80	17.12	16.95	<b>17.96 A</b>
<b>S<sub>M+H</sub></b>	19.10	17.15	17.68	<b>17.98 A</b>
<b>Ortalama</b>	<b>18.25 A</b>	<b>16.11 C</b>	<b>17.10 B</b>	
<b>P</b>	yıl: <0.001; sulama: <0.001; yıl×sulama:0.075			

Aynı yılda ortak harfi büyük olmayan aylar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05).

Araştırma sonuçları incelendiğinde (Çizelge 4.28) sulama×yıl etkisi istatistiksel olarak önemli (p<0.05) fark olmadığı belirlenmiştir. Çizelge 4.28 incelendiğinde meyve Zn konsantrasyonlarının 15.12 mg kg<sup>-1</sup> ile 19.80 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiği belirlenmiştir. Sonuçlara göre en yüksek değer 2016 yılı S<sub>H+T</sub> uygulamasında olurken en düşük değer 2017 yılı kontrol şartlarında belirlenmiştir. Özenç ve Özenç (2015) fındık meyvesi Zn konsantrasyonlarının yıllara göre değişkenlik gösterebildiğini ancak uygulanan Zn gübresinin meyve konsantrasyonuna etkisinin olmayabileceğini ifade etmiştir.

Destek sulamanın meyve Zn konsantrasyonu üzerine etkisi incelendiğinde, Mayıs ve Haziran dönemlerinde fındıkta destek sulamanın meyve Zn konsantrasyonunu önemli ölçüde artırdığı, Haziran ve Temmuz dönemlerinde destek sulamanın da yakın sonuçlar verdiği görülmektedir. Bu dönemde fındık yetiştirilen alanlarda su problemlerinin olduğu bilinmekte ve denemenin kurulduğu yıllarda da özellikle Haziran ve Temmuz dönemlerinde bölgede yağış miktarının giderek düştüğü gözlenmektedir. Yağışın azalması bitkilerde besin elementlerinin taşınmasını da azaltacağından yapılan destek sulama uygulamalarının meyvede Zn konsantrasyonunu artırdığı düşünülmektedir. Araştırma sonuçlarına göre sulama yapılmayan kontrol koşulları ve sadece Temmuz ayında yapılan destek sulamanın diğer uygulamalara göre yetersiz kaldığı, Mayıs ayından itibaren hasat öncesi döneme kadar iki defa yapılan destek sulamanın meyvede Zn konsantrasyonu açısından önemli bir faktör olduğu

belirlenmiştir. Konuyla ilgili olarak yürütülen çalışmalarda da fındık yetiştiriciliğinde lokasyon, toprak bileşimi, gübre kullanımı ve sulamanın fındığın besin değerini ve kalitesini etkilediği görülmüştür (Amini-Nouri ve Ziarati, 2015; Özenç ve Özenç 2015). Konuyla ilgili olarak sulamanın meyve Zn içeriği etkisi üzerine etkisinin incelendiği çalışmalarda; biber (Pıtır, 2015), kahve (Covre ve ark., 2016), mısır (Kara ve ark., 2016), fasulye (Yarış, 2018), çilek (Çeliktöpez ve Özekici, 2020; Çeliktöpez ve ark., 2021) bitkilerinde sulamanın meyvede Zn konsantrasyonu üzerine etkileri olduğu ve doğru dönemde ve miktarda verilen suyun Zn konsantrasyonunu artırdığını bildirmişlerdir.

#### **4.3.9 Destek Sulamanın Fındık Meyvesinin Manganez Konsantrasyonuna Etkisi**

Araştırmanın yürütüldüğü yıllarda farklı dönemlerde uygulanan destek sulamanın meyve Mn konsantrasyonuna ait ortalamalar ve istatistiksel veriler Çizelge 4.29'da verilmiştir. Fındık meyvesinin Mn konsantrasyonu üzerine destek sulamanın etkileri incelendiğinde, istatistiksel analiz sonucuna göre yıl önemli ( $p < 0.05$ ) bulunmuş, sulama ve sulama $\times$ yıl etkileşiminin önemli olmadığı tespit edilmiştir.

Araştırmada meyve örneklerinin ortalama Mn konsantrasyonu incelendiğinde, en yüksek Mn 99.07 mg kg<sup>-1</sup> ile S<sub>T</sub> uygulamasında tespit edilirken en düşük ise 82.93 mg kg<sup>-1</sup> ile S<sub>K</sub> (kontrol) koşullarında elde edilmiştir. Diğer değerler bu aralıkta değişkenlik gösterirken uygulamalar arasında istatistiksel olarak farkın önemli olmadığı ( $p < 0.05$ ) belirlenmiştir (Çizelge 4.9). Köksal ve ark., (2006) farklı fındık çeşitlerinden alınan meyve örneklerinin Mn konsantrasyonlarının 24 ile 100 mg kg<sup>-1</sup> arasında dağılım gösterdiğini ve Tombul fındığın 77 mg kg<sup>-1</sup> Mn konsantrasyonuna sahip olduğunu, Alsalvar ve ark., (2009) en çok yetiştirilen fındık çeşitlerinin meyvesinde 21.7 mg kg<sup>-1</sup> ile 190 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişkenlik gösterdiğini, Özkutlu ve ark., (2011) bölgedeki çeşitlerin meyvesinde 41.1 ile 116.8 mg kg<sup>-1</sup> Mn belirlediğini, Özenç ve ark., (2015) yetiştirildiği koşullara göre fındık meyvesi Mn konsantrasyonunun 57 ile 98 mg kg<sup>-1</sup> arasında olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışmada elde edilen değerler literatürle benzerlik göstermektedir.

Meyve Mn konsantrasyonunun yıllara göre değişimi incelendiğinde en yüksek Mn miktarının 97.39 mg kg<sup>-1</sup> ile 2018 yılında ve en düşük Mn miktarı ise 87.07 mg kg<sup>-1</sup>

<sup>1</sup> ile 2017 yılında belirlenmiş olup yıllar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ) (Çizelge 4.29).

**Çizelge 4.29** Destek Sulamanın Meyvede Mangan Konsantrasyonu ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) Üzerine Etkisi

Sulama	2016	2017	2018	Ortalama
<b>S<sub>K</sub> (Kontrol)</b>	77.62	88.03	83.14	<b>82.93</b>
<b>S<sub>T</sub></b>	110.25	94.25	92.70	<b>99.07</b>
<b>S<sub>M+H+T</sub></b>	95.53	80.27	110.72	<b>95.51</b>
<b>S<sub>H+T</sub></b>	97.48	87.10	102.54	<b>95.71</b>
<b>S<sub>M+H</sub></b>	103.40	85.68	101.80	<b>96.96</b>
<b>Ortalama</b>	<b>97.10 A</b>	<b>87.07 B</b>	<b>97.39 A</b>	
<b>P</b>	yıl:0.004; sulama: 0.235; yıl×sulama:0.128			

Aynı yılda ortak harfi büyük olmayan aylar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p<0.05$ ).

Araştırma sonuçları incelendiğinde (Çizelge 4.29) sulama×yıl etkisi istatistiksel olarak önemli ( $p<0.05$ ) fark olmadığı belirlenmiştir. Çizelge 4.29 incelendiğinde meyve Mn konsantrasyonlarının  $72.62 \text{ mg kg}^{-1}$  ile  $110.95 \text{ mg kg}^{-1}$  arasında değiştiği belirlenmiştir. Sonuçlara göre en yüksek değer 2016 yılı S<sub>T</sub> uygulamasında olurken en düşük değer 2016 yılı kontrol şartlarında belirlenmiştir.

Destek sulamanın meyve Mn konsantrasyonu üzerine etkisi incelendiğinde, sulama uygulamalarının fındık meyve Mn konsantrasyonu üzerine önemli etkisi olmadığı ancak yıllar arasında değişkenlik gösterdiği görülmektedir. Söz konusu değişkenliğin yıllar arasında oluşan iklimsel farklılıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Konuyla ilgili olarak sulamanın meyve Mn konsantrasyonu üzerine etkisinin incelendiği çalışmalarda; kahve (Covre ve ark., 2018), çilek (Çeliktöpez ve Özekici, 2020), sulama uygulamalarının meyve Mn konsantrasyonu üzerine etkisi önemli bulunmazken, mısır (Kara ve ark., 2016), çilek (Çeliktöpez ve ark., 2019; Çeliktöpez ve ark., 2021); suyun bitkilerde meyvenin Mn konsantrasyonu üzerine önemli etkileri olduğu ve doğru dönemde ve miktarda verilen suyun Mn konsantrasyonunu artırdığını bildirmişlerdir.

#### 4.3.10 Destek Sulamanın Fındık Meyvesinin Bor Konsantrasyonuna Etkisi

Araştırmanın yürütüldüğü yıllarda farklı dönemlerde uygulanan destek sulamanın meyve B konsantrasyonuna ait ortalamalar ve istatistiksel veriler Çizelge 4.30'da verilmiştir. Fındık meyvesinin B konsantrasyonu üzerine destek sulamanın etkileri incelendiğinde, yapılan istatistiksel analiz sonucuna göre sulama, yıl ve sulama×yıl interaksiyonunun önemli olmadığı tespit edilmiştir.

Araştırmada meyve örneklerinin ortalama B konsantrasyonları incelendiğinde, en yüksek B konsantrasyonu 43.12 mg kg<sup>-1</sup> ile S<sub>M+H+T</sub> uygulamasında tespit edilirken en düşük B konsantrasyonu ise 34.44 mg kg<sup>-1</sup> ile S<sub>T</sub> uygulamasında belirlenmiştir. Diğer değerler bu aralıkta değişkenlik gösterirken uygulamalar arasında istatistiki olarak farkın önemli olmadığı (p<0.05) belirlenmiştir (Çizelge 4.30). Şimşek ve Aykut (2007) fındık bahçelerinden aldıkları meyve örneklerinde B konsantrasyonlarının çeşit ve yetiştirme şartlarına göre değişkenlik gösterdiğini ve değerlerin 13.63 mg kg<sup>-1</sup> ile 23.87 mg kg<sup>-1</sup> arasında olduğunu, Özkutlu ve ark., (2011) meyve B konsantrasyonlarının çeşitlere göre 14.60 mg kg<sup>-1</sup> ile 29.90 mg kg<sup>-1</sup> arasında dağılım gösterdiğini, Özenç ve ark., (2014) aynı bahçeden alınan meyve örneklerinin 25 ile 30 mg kg<sup>-1</sup> arasında B konsantrasyonuna sahip olduğunu, Özenç ve Özenç (2015) fındık meyvesinin 27.80 mg kg<sup>-1</sup> ile 31.50 mg kg<sup>-1</sup> arasında B konsantrasyonu olduğunu, Alidust ve ark., (2020) fındık meyvesi B konsantrasyonunun çeşit ve uygulamalara göre değişkenlik gösterebildiğini ifade etmişlerdir. Yürütülen çalışmadan elde edilen değerler ile literatürün örtüştüğü görülmüştür.

**Çizelge 4.30** Destek Sulamanın Meyvede Bor Konsantrasyonu (mg kg<sup>-1</sup>) Üzerine Etkisi

Sulama	2016	2017	2018	Ortalama
S <sub>K</sub> (Kontrol)	38.18	39.97	35.82	<b>37.99</b>
S <sub>T</sub>	32.09	38.73	32.50	<b>34.44</b>
S <sub>M+H+T</sub>	42.19	43.03	44.16	<b>43.12</b>
S <sub>H+T</sub>	35.82	42.32	45.46	<b>41.20</b>
S <sub>M+H</sub>	42.97	42.89	38.60	<b>41.49</b>
<b>Ortalama</b>	<b>38.25</b>	<b>41.39</b>	<b>39.31</b>	
<b>P</b>	yıl:0.451; sulama: 0.157; yıl×sulama:0.785			

Meyve B konsantrasyonlarının yıllara göre değişimi incelendiğinde en yüksek B konsantrasyonunun 41.39 mg kg<sup>-1</sup> ile 2017 yılında ve en düşük B 'ise 38.25 mg kg<sup>-1</sup> ile 2016 yılında belirlenmiş olup yıllar arasındaki istatistiksel olarak fark olmadığı tespit edilmiştir (p<0.05) (Çizelge 4.30).

Araştırma sonuçları incelendiğinde (Çizelge 4.30) sulama×yıl etkisi istatistiksel olarak önemli (p<0.05) fark olmadığı belirlenmiştir. Çizelge 4.30 incelendiğinde meyve B konsantrasyonlarının 32.09 mg kg<sup>-1</sup> ile 45.46 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişkenlik gösterdiği belirlenmiştir.

Destek sulamanın meyve B konsantrasyonu üzerine etkisi incelendiğinde, çalışmanın yürütüldüğü bahçenin toprak analizleri göz önünde bulundurularak yapılan B gübrelenmesinin tüm fındık bitkilerince yeterli düzeyde alınabildiği ve tüm destek sulama uygulamalarının fındık meyve B konsantrasyonu üzerine önemli etkisi olmadığı görülmüştür. Meyve B konsantrasyonlarında yıllar ve uygulamalar arasında oluşan dalgalanmaların iklimsel faktörlerin değişkenliğinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Yürütülen benzer çalışmalarda; Meriño-Gergichevich ve ark., (2021) meyve B konsantrasyonunun genel olarak stabil olduğunu ve yapraklardan verilen gübrenin dahi meyve B konsantrasyonunu değiştirmedini, Covre ve ark., (2018) sulanan ve sulanmayan kahve bitkisi çekirdeklerinde B konsantrasyonunun yakın değerlere sahip olduğunu ve Kara ve ark., (2016) sulama uygulamalarının şeker misir tanelerinde B konsantrasyonunu düşürebildiğini ifade etmişlerdir. Fındık ve diğer bitkilerde yapılan çalışmalarda meyve B konsantrasyonunu genellikle stabil olduğu ve yürütülen çalışma ile benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir.

## 5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu araştırmada, fındıkta destek sulamanın yaprak ve meyvede besin elementi konsantrasyonu üzerine etkisi ve besin elementlerinin sezonsal değişimi incelenmiştir. Elde edilen veriler istatistiksel olarak değerlendirilerek yaprak ve meyve örnekleri için en uygun sulama dönemi ile fındık bitkisinde yaprak örnekleme için doğru zamanın belirlenmesi amaçlanmıştır.

Yapraklarda makro element konsantrasyonunun sezonsal değişimi ile ilgili istatistik analiz sonuçları incelendiğinde tüm besin elementlerinin ay, yıl ve ay×yıl interaksiyonunun önemli olduğu belirlenmiştir. Fındıkta ilerleyen vejetasyon dönemi ile yaprakların N, P ve K konsantrasyonlarının azaldığı, Ca konsantrasyonunun arttığı ve Mg konsantrasyonlarının vejetasyon başında arttıktan sonra farklı dönemlerde azalarak dalgalı bir grafik çizdiği görülmüştür. Yaprakların makro element konsantrasyonlarının N %1.946-2.717, P %0.182-0.318, K %0.532-1.211, Ca %1.513-2.413 ve Mg %0.301-0.545 arasında değişkenlik gösterdiği tespit edilmiştir. Tez çalışmasından elde edilen makro elementlerin sezonsal değişimi incelendiğinde yaprak örneklerinin alımı için temmuz ayının nispeten stabil dönem olarak görüldüğü ve örnekleme için uygun zaman olduğu düşünölmektedir.

Yapraklarda mikro elementlerin mevsimsel değişimi ile ilgili istatistik analiz sonuçları incelendiğinde; tüm mikro besin elementlerinin ay, yıl ve ay×yıl interaksiyonunun önemli olduğu belirlenmiştir. İlerleyen vejetasyon dönemi ile yaprakların Cu konsantrasyonunun azaldığı, Fe ve Mn konsantrasyonlarının arttığı, Zn ve B konsantrasyonlarının vejetasyon başından döllenme sonu, meyve tutumu dönemine kadar arttığı, hasat olumu önu dönemine kadar nispeten sabit kaldığı ve buradan itibaren azalan bir grafik çizdiği görülmüştür. Yaprakların mikro element konsantrasyonlarının Fe 101.1-352.4 mg kg<sup>-1</sup>, Cu 5.90-12.33 mg kg<sup>-1</sup>, Zn 19.70-37.20 mg kg<sup>-1</sup>, Mn 517.7-1193.5 mg kg<sup>-1</sup> ve B 41.54-93.79 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişkenlik gösterdiği belirlenmiştir. Sonuçlar değerlendirildiğinde; mikro elementlerin sezonsal değişiminin temmuz ayında nispeten stabil olduğu ve bu elementlerin noksanlık tespiti için yaprak örneklemesinde en uygun zamanın temmuz dönemi olduğu düşünölmektedir.

Destek sulamanın yaprak makro element konsantrasyonuna etkisi incelendiğinde; yaprakların N, K ve Mg konsantrasyonları üzerine yıl×ay×sulama üçlü interaksiyonunun önemli olduğu ve sulama uygulamalarının olumlu etkisi olduğu tespit edilmiştir. Yaprakların P konsantrasyonunda yıl×sulama interaksiyonu önemli olurken, Ca konsantrasyonunda yıl×ay interaksiyonu istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Destek sulamanın etkisi tüm elementlerde yıl faktörü altında değişkenlik göstermekle birlikte, yalnız sulama uygulaması yapraklarda N, K, Ca ve Mg konsantrasyonlarına istatistiksel olarak önemli etkisi olurken; P konsantrasyonuna etkisinin önemli olmadığı belirlenmiştir. Fındık bitkisinde yaprak örnekleme dönemi temmuz ayı olarak belirtilmekte ve bu dönemde yapraklarda bulunan besin elementi durumuna göre noksanlık durumu tespit edilmektedir (Bergman, 1992). Özellikle bu çalışmanın bitki besin elementleri açısından fındık yapraklarındaki sezonsal değişim sonuçları incelendiğinde de sonuçlar literatürde belirtilen temmuz dönemini destekler niteliktedir. Bu nedenle, temmuz ayı destek sulama açısından değerlendirme noktası olarak alınarak sulama dönemleri belirlenmiştir. Bu dönem açısından destek sulamanın yaprakların N konsantrasyonu üzerine etkisi incelendiğinde; en yüksek N konsantrasyonunun  $S_{M+H}$  (%2.34) sulama konusunda olduğu ve bu uygulamayı aynı istatistiksel grupta yer alan  $S_{M+H+T}$  (%2.29) uygulamasının takip ettiği görülmektedir. Yaprakların P konsantrasyonu en yüksek tam sulamanın yapıldığı  $S_{M+H+T}$  (%0.260) konusunda tespit edilirken bu uygulamayı  $S_{M+H}$  (%0.255) konusu takip etmekte ancak sulama uygulamaları yaprakların P konsantrasyonu üzerine olumlu etkileri görülmesine rağmen sulama yapılmayan  $S_K$  konusuyla aralarında istatistiksel fark olmadığı belirlenmiştir. Yaprakların en yüksek K konsantrasyonunun %1.150 ile  $S_{M+H+T}$  konusunda olduğu, diğer sulama uygulamalarının kontrole göre düşük değere sahip olduğu ve en düşük K konsantrasyonunun sadece temmuz ayında sulamanın yapıldığı  $S_T$  (%0.778) sulama konusunda olduğu belirlenmiştir. Yapraklarda Ca konsantrasyonu incelendiğinde, en yüksek Ca konsantrasyonunun  $S_{M+H+T}$  (%2.24) konusunda ve en düşük Ca konsantrasyonunun ise  $S_T$  (%1.89) konusunda olduğu belirlenmiştir. Deneme sonuçlarına göre fındıkta destek sulama uygulamalarının yapraklarda Ca konsantrasyonunu kontrol uygulamasına kıyasla önemli ölçüde etkilediği ve bu değişimin doğrusal bir ilişkiden ziyade yapraklarda azalan ve artan bir şekilde dalgalanma gösterdiği belirlenmiştir. Fındık yapraklarında Mg



konsantrasyonları incelendiğinde, en yüksek Mg konsantrasyonunun  $S_T$  (%0.430) konusunda, en düşük ise kontrol uygulamasında (%0.388) elde edildiği ve destek sulama uygulamalarının kontrole göre önemli artış sağladığı belirlenmiştir.

Tüm bu veriler değerlendirildiğinde fındık bitkisinde yapraklarda makro besin elementlerinin dönemsel değişimi üzerine destek sulamanın etkisi incelendiğinde, tam sulama yapılan  $S_{M+H+T}$  uygulamasının özellikle baz alınan temmuz ayı değerlendirildiğinde yapraklarda makro elementlerin konsantrasyonu üzerine olumlu etkilerinin olduğu ve bu destek sulama uygulama dönemlerini mayıs ile haziran ( $S_{M+H}$ ) aylarında yapılan destek sulamanın takip ettiği görülmektedir. Bu sonuçlara göre bazı makro elementlere göre farklılıklar olmasına rağmen (Mg için  $S_T$  uygulaması öne çıkmaktadır) genel olarak özellikle tam sulama ( $S_{M+H+T}$ ) yapılan destek sulama uygulamalarının yapraklarda makro element konsantrasyonunun artırabileceği düşünülmektedir.

Destek sulamanın yaprakların mikro element konsantrasyonuna etkisi incelendiğinde; Fe ve Mn konsantrasyonları üzerine yıl×ay×sulama üçlü interaksiyonunun önemli olduğu, Cu ve B konsantrasyonlarında ise yıl×sulama interaksiyonunun istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Destek sulamanın yaprak mikro element konsantrasyonuna etkisi Mn haricinde tüm elementlerde yıl faktörü altında değişkenlik göstermekle birlikte, tek başına sulama uygulamalarının yapraklarda Zn ve B konsantrasyonlarına istatistiksel olarak önemli etkisi olurken; Fe, Cu ve Mn konsantrasyonlarına etkisinin önemli olmadığı belirlenmiştir. Destek sulamanın temmuz ayı yaprak örneklerinde mikro element konsantrasyonlarına etkisi incelendiğinde; kontrol ocakları dahil tüm uygulamalarda yapraklarda Fe, Cu, Zn ve B konsantrasyonunun yeterli seviyede olduğu, Fe konsantrasyonunun  $149 \text{ mg kg}^{-1}$  ile  $177.3 \text{ mg kg}^{-1}$ , Cu konsantrasyonunun  $6.73 \text{ mg kg}^{-1}$  ile  $7.32 \text{ mg kg}^{-1}$ , Zn konsantrasyonunun  $26.69 \text{ mg kg}^{-1}$  ile  $30.42 \text{ mg kg}^{-1}$ , B konsantrasyonunun  $73.29 \text{ mg kg}^{-1}$  ile  $101.75 \text{ mg kg}^{-1}$  arasında dağılım gösterdiği ve sulama konuları arasında istatistiksel olarak bir fark olmadığı belirlenmiştir. Mn konsantrasyonunda en yüksek değer  $S_T$  ( $1067 \text{ mg kg}^{-1}$ ) konusunda tespit edilirken, en düşük değer sulama yapılmayan  $S_K$  ( $634.5 \text{ mg kg}^{-1}$ ) konusunda belirlenmiş ve sulama yapılan tüm konularda  $S_K$ 'ya göre istatistiksel olarak önemli artış sağlandığı ve sulama uygulamalarının Mn konsantrasyonu üzerine olumlu etkileri olduğu belirlenmiştir.

Yürütülen çalışmada; fındık meyvesinde bulunan besin elementleri konsantrasyonları incelendiğinde; meyve örneklerinin besin elementi verilerinde yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre; P, K, Ca, Fe ve Cu konsantrasyonlarında sulama×yıl interaksiyonunun önemli olduğu, N konsantrasyonlarında sulamanın önemli etkisi olurken, Mg ve Mn konsantrasyonlarında sulamanın etkisi olmadığı ve B konsantrasyonunun ise sulama uygulamalarından ve yıl faktöründen etkilenmediği belirlenmiştir. Meyvede makro element konsantrasyonları incelendiğinde; K ve Ca konsantrasyonlarına tam sulamanın yapıldığı  $S_{M+H+T}$  uygulamasının, N konsantrasyonuna ise  $S_{M+H}$  uygulamasının olumlu etkileri görülmüştür. Meyvede mikro element konsantrasyonları incelendiğinde Cu ve Zn konsantrasyonlarına  $S_{M+H}$ , Fe konsantrasyonuna  $S_{M+H+T}$  uygulamasının olumlu etkileri görülürken, meyvede Mn ve B konsantrasyonları üzerine sulama uygulamalarının etkisi olmamıştır.

Bu tez çalışmasında fındık yapraklarında besin elementlerinin sezonsal değişimi ile besin elementlerinin noksanlık gösterebileceği dönemleri ve yaprak örnekleme için doğru dönemin belirlenmesinin yanında, destek sulamanın yaprak ve meyve besin elementi konsantrasyonlarına etkisi ortaya koyulmuştur. Araştırma sonuçlarına göre fındık bitkisinde besin elementi noksanlıklarının belirlenmesi için en uygun dönemin hasat olumu önu dönemi olan temmuz ayı olduğu ve her ne kadar Karadeniz Bölgesi yağışlı bir bölge olmasına rağmen son yıllarda değişen iklimin etkisiyle artan kuraklıklar nedeniyle de tam sulama yapılan ( $S_{M+H+T}$ ) mayıs, haziran ve temmuz aylarında yapılacak destek sulamanın fındıkta mineral beslenme üzerine olumlu etkileri olduğu söylenebilir.

## 6. KAYNAKLAR

- Ajili Lahiji, A. (2022). Study of nutritional status of hazelnut orchards of (*Corylus avellana* L.) Guilan Province by using with deviation of optimum percent (DOP). *Journal Of Horticultural Science*, 35(1), 73-86.
- Ak, BE. & Fidan, M. (2016). Macro-and microelement concentrations in different parts of “on”-and “off”-year ‘Siirt’Pistachio trees. *Options Méditerranéennes. Série A, Séminaires Méditerranéens*, (119), 257-261.
- Akçin, Y. (2018). Damla sulama yönteminde farklı sulama uygulamalarının ‘Tombul’fındık çeşidinde depolama kalitesine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Ordu.
- Akgün, M., Aydemir, ÖE. & Özkutlu, F. (2021) Ünye’de bazı fındık bahçelerinin fosfor beslenme durumunun belirlenmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 8(4): 968–973.
- Anonim, (2021). TÜİK, İstatistiklerle Türkiye. Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara.
- Alasalvar, C., Shahidi, F., Liyanapathirana, CM. & Ohshima, T. (2003). Turkish tombul hazelnut (*Corylus avellana* L.). 1. Compositional characteristics. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(13), 3790-3796.
- Alasalvar, C., Amaral, JS., Satır, G. & Shahidi, F. (2009). Lipid characteristics and essential minerals of native Turkish hazelnut varieties (*Corylus avellana* L.). *Food Chemistry*, 113(4), 919-925.
- Alidust, M., Sedaghatoor, S. & Gheshlaghi, EA. (2020). The effect of foliar application of boron and zinc on qualitative traits of hazelnut cultivars. *Plant Physiology Reports*, 25(1), 131-139.
- Alpaslan, M., Güneş, A. & İnal, A. (1998) Deneme tekniği. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Yayın No: 1501, Ders Kitabı: 455, Ankara.
- Amini-Nouri, F. & Ziarati, P. (2015). Chemical composition of native hazelnut (*Corylus avellana* L.) varieties in Iran, association with ecological conditions. *Bioscience & Biotechnology Research Asia*, 12, 2053-2060.
- Aydin, A. (2020). Fındık üretiminde enerji ve maliyet analizleri. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları ve Teknolojisi Anabilim Dalı, Adana.
- Aydoğdu, E. (2011). Domat ve Uslu zeytin çeşitlerinde yaprakların besin element içerikleri ve bunların mevsimsel değişimlerinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Adana.
- Aydoğdu, E., Turan, HS., Pekcan, T. & Torun, B. (2016). Uslu zeytin çeşidi yapraklarındaki makro besin elementlerinin mevsimsel değişimi. *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 31(3), 207-213.
- Awada, T. & Josiah, S. (2007). Physiological responses f four hazelnut hybrids to water availability in Nebraska. *Great Plains Research: A Journal of Natural and Social Sciences*, 17: 193-202.

- Babiker, EE., Almusallam, IA., Uslu, N., Al-Juhaimi, FY., Özcan, MM., Ghafoor, K. & Ahmed, IAM. (2020). Effect of microwave treatment on oil contents, fatty acid compositions and mineral contents of hazelnut varieties. *Journal of Oleo Science*, ess20037.
- Bahaulddin, A. (2011). Farklı nar çeşitlerinde sulama dozlarının yaprak içeriğine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Bak, T. (2010). Fındıkta (*Corylus avellana* L.) farklı dal sayılarının kalite faktörleri üzerine etkileri. Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. Ordu.
- Baldwin, B. (2009). The effects of site and seasonal conditions on nut yield and kernel quality of hazelnut genotypes grown in Australia. *Acta Hortica*, 845: 83–88.
- Baldwin, B., Gilchrist, K. & Snare, L. (2003). Hazelnut Variety Assessment for Southeastern Australia, A report for the Rural Industries Research and Development Corporation, RIRDC Publication No 03/141, RIRDC Project No US-74A.
- Balık, Hİ., Balık, KS., Beyhan, N. & Erdoğan, V. (2016). Fındık çeşitleri. Trabzon Ticaret Borsası, Klasmat Matbaacılık, 89, Trabzon.
- Bellitürk, K. & Aslam, Z. (2021). Fertilizers and their efficient use in sustainable agriculture. Iksad Publishing House, P:596. ISBN: 978-625-7562-11-9.
- Beyhan, N., Demir, T. & Sürücü, A. (1998). Farklı azot dozlarının Palaz fındık çeşidinde verim, meyve kalitesi ve beslenme üzerine etkisi. *Ondokuz Mayıs Üniv. Ziraat Fak. Dergisi*, 13 (1) 1-13.
- Beyhan, N., Demir, T. & Turan, A. (2007). İlkbahar dönemi iklim koşullarının fındığın verim ve gelişmesi üzerine etkileri. Türkiye V. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi Bildirileri, 1, 04-07.
- Benou, KG., Ioannou, DI. & Moustakas, NK. (2020). Seasonal variations in leaf nutrient concentrations in three fig (*Ficus Carica* L.) varieties. *Journal of Elementology*, 24(4).
- Bigname, C. & Natali, S. (1997). Influence of irrigation on the growth and production of young hazelnuts. IV. International Society for Horticultural Science, 01 Mayıs, Leuven, Belgium. *Acta Hort*, 445:247-262.
- Bigname, C., Cristofori, V., Ghini, P. & Rugini, E. (2009). Effects of irrigation on growth and yield components of hazelnut (*Corylus Avellana* L.) in central Italy. VII. International Society for Horticultural Science (ISHS), Leuven, Belgium. *Acta Hortica*, 845: 309-314.
- Bigname, C., Cristofori, V. & Bertazza, G. (2011). Effects of water availability on hazelnut yield and seed composition during fruit growth. 31.12.2011, XXVIII. International Society for Horticultural Science. *Acta Horticulturae*, 922: 333-340.
- Bisbis, MB., Gruda, N. & Blanke, M. (2018). Potential impacts of climate change on vegetable production and product quality—A review. *Journal of Cleaner Production*, 170, 1602-1620.

- Birgin, İ. (2019). Farklı sulama ve gübreleme uygulamalarının Kabaası kayısı çeşidinde vegetatif gelişime ve verim üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Malatya Turgut Özal Üniversitesi, Malatya.
- Bougiouklis, JN., Karachaliou, Z., Tsakos, J., Kalkanis, P., Michalakos, A. & Moustakas, N. (2020). Seasonal variation of macro-and micro-nutrients in leaves of fig (*Ficus carica L.*) under Mediterranean conditions. *Agronomy Research*, 18(4), 2328-2339.
- Bouranis DL, Chorianopoulou SN, Zakyntinos G, Sarlis, G. & Drossopoulos BJ, (2001). Flower analysis for prognosis of nutritional dynamics of almond tree. *Journal of Plant Nutrition*, 24 (4-5): 705-716.
- Bostan, SZ. (2005). Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesinde fındık üretim ve verimi ile bazı önemli iklim değerleri arasındaki ilişkiler. "Doğu Karadeniz Bölgesi Kalkınma Sempozyumu" 13-14 Ekim 2005, Trabzon. Bidiriler Kitabı, s:1-10.
- Bostan, SZ. (2006). Fındık tarımında iklimin yeri ve Önemi. 3. Milli Fındık Şurası. S: 462-470. Giresun İl Özel İdare Müdürlüğü.
- Bostan, SZ. (2007). The interrelationships among hazelnut production and yield with some important climatic data in Giresun province (Northern Turkey)". *Acta Horticulturae*, 825: 413-419.
- Bostan, SZ. (2009). The İnterrelationship Among Hazelnut Production and Yield with Some İmportant Data İn Giresun Province (Northern Turkey). *Acta Holticulturae*, 825:413-429
- Bostan, SZ. & Tonkaz, T. (2013). The effects of arid and rainy years on hazelnut yield in the Eastern Black Sea region of Turkey. In Proceedings of the 24th International Scientific-Expert-Conference of Agriculture and Food Industry, Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, Faculty of Agriculture and Food Sciences, University of Sarajevo, 25-28 September 2013 (pp. 467-470).
- Bray, RH. & Kurtz, LT. (1945). Determination of toplam, organic and available forms of phosphorus in soils. *Soil Science*, 59, 39-45.
- Brown, JC., Foy, CD., Bennett, JH. & Christiansen, MN. (1979). Two light sources differentially affected ferric iron reduction and growth of cotton. *Plant physiology*, 63(4), 692-695..
- Canali, S., Nardi, P., Neri, U. & Gentili, A. (2005). Leaf analysis as a tool for evaluating nutritional status of hazelnut orchards in central Italy. *ISHS Acta Horticulturae*, 686.
- Catoni, R., Gratani, L., Bracco, F. & Granata, MU. (2017). How water supply during leaf development drives water stress response in *Corylus avellana* saplings. *Scientia Horticulturae*, 214: 122–132.
- Covre, AM., Rodrigues, WP., Vieira, HD., Braun, H., Ramalho, J. & Partelli, FL. (2016). Nutrient accumulation in bean and fruit from irrigated and non-irrigated *Coffea canephora* cv. Conilon. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 402-409.

- Covre, AM., Partelli, FL., Bonomo, R. & Gontijo, I. (2018). Micronutrients in the fruits and leaves of irrigated and non-irrigated coffee plants. *Journal of Plant Nutrition*, 41(9), 1119-1129.
- Cristofori, V., Muleo, R., Bignami, C. & Rugini, E. (2014). Long term evaluation of hazelnut response to drip irrigation. *Acta Horticulture*, 1052:179-185.
- Cristofori, V., Bortolato, A., Valentini, R., Stelliferi, R. & Valentini, B. (2018). Total foliar nutrition applied on European hazelnut. *Acta Hortic* 1226: 273–280.
- Cruz, AF., Almeida, GMD., Wadt, PGS., Pires, MDC. & Ramos, MLG. (2019). Seasonal Variation of Plant Mineral Nutrition in Fruit Trees. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 62.
- Çalışkan N., & Küçük A. (1990). Tombul fındık çeşidinin fenolojik dönemlerinde azotun kritik seviyelerinin araştırılması, T.C. Tarım ve Köy işleri Bakanlığı Fındık Araştırma Enstitüsü Giresun.
- Çalışkan, K. (2018). Çakmak barajı havzasında (Çarşamba) organik olarak yetiştirilen Palaz ve Tombul fındık çeşitlerinde ocaktaki gövde sayısına bağlı olarak verim ve meyve özelliklerinin değişimi. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Ordu.
- Çelik, A. (2014). Yer kirazında farklı su uygulamalarının meydana getirdiği fizyolojik, morfolojik ve kimyasal değişikliklerin belirlenmesi. Yüksek Lisan Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Namık Kemal Üniversitesi.
- Çeliktöpez, E., Kapur, B., Sarıdaş, MA., Kargı, S. P. & Özekici, B. (2019). Effects of Four Irrigation Levels and Bio-activator Application on Strawberry Fruit and Leaf Calcium Concentration. *International Congress on Biosystems Engineering, 24-27 September, Proceedings E-Book*, 307.
- Çeliktöpez, E. & Özekici, B. (2020) Çilek meyve ve yaprak mikro besin elementlerinin farklı sulama seviyeleri ile biyo-aktivatör uygulamasına tepkileri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 30(1), 18-29.
- Celiktöpez, E., Kapur, B., Sarıdas, MA. & Kargı, SP. (2021). Response of strawberry fruit and leaf nutrient concentrations to the application of irrigation levels and a biostimulant. *Journal of Plant Nutrition*, 44(2), 153-165.
- Deliboran, A. (2009). Harran ovası koşullarında farklı sulama miktarlarının ve fosfor magnezyum dozlarının soyada (*Glycine max. L.*) verim ve kalite unsurları üzerine etkisi. Doktora Tezi, Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, Şanlıurfa.
- Dias, R., Conçalves, B., Moutinho-Pereira, J., Carvalho, JL. & Silva, AP. (2005). Effect of irrigation on physiological and biochemical traits of hazelnuts (*Corylus Avellana L.*). VI. International Society for Horticultural Science (ISHS), 30 Temmuz, Leuven, Belgium. *Acta Hortic*, 686: 201-206.
- Dobhal, K., Singh, N., Semwal, A. & Negi, A. (2018). A brief review on hazelnuts. *International Journal of Recent Scientific Research*, 9(1), 23680-23684.
- Doğanay, H. (2012). Türkiye fındık meyveciliğindeki yeni gelişmeler. *Eastern Geographical Review*, 17(27).

- Drossopoulos, B., Kouchaji, GG. & Bouranis, DL. (1996). Seasonal dynamics of mineral nutrients and carbohydrates by walnut tree leaves. *Journal of Plant Nutrition*, 19(3-4), 493-516.
- Ektiren, Y. & Değirmenci, H. (2018). Kısıntılı sulama uygulamalarının pamukta (*Gossypium hirsutum* L.) yaprak bitki besin elementlerine etkisi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 21(5), 691-698.
- Erdoğan, V. & Aygün, A. (2009). Affet of foliar boron application on fruit set in "Tombul" hazelnut. *Acta Horticulture*, 845: 331-336.
- Ergin, MN. (2019). Gıda uygulamasının fındıkta verim ve kalite üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Ordu.
- Fageria, NK. (2016). The use of nutrients in crop plants. CRC press.
- Fang, J. & Su, Y. (2019). Effects of soils and irrigation volume on maize yield, irrigation water productivity, and nitrogen uptake. *Scientific reports*, 9(1), 1-11.
- Garrity, DP., Watts, DG. Sullivan, CY. & Gilley, JR. (1982). Moisture deficits and grain sorghum performance: effects of genotype and limited irrigation strategy. *Agronomy. J.74*: 808-814.
- Gispert, JR., Tous, J., Romero, A., Plana, J., Gil, J. & Company, J. (2005). The influence of different irrigation strategies and the percentage of wet soil volume on the productive and vegetative behaviour of the hazelnut tree (*Corylus Avellana* L.). International Society for Horticultural Science, Leuven, Belgium. *Acta Hortic.* 686: 333-342.
- Gülcan, R., Ölmez, H. A., Şahin, M., Yürekli, F., Demirtaş, N. & Çelik, B. (2005). Malatya yöresinde bazı kurutmalık kayısı çeşitlerinin kuraklık stresine dayanımlarının ve yapılarındaki morfolojik, biyokimyasal değişimlerin belirlenmesi. Proje raporu. Tubitak proje no.TARP-2573-14. Malatya.
- Gucci, R., Caruso, G. & Sebastiani, L., (2010). Seasonal changes in leaf nitrogen of olive trees grown under different irrigation regimes and crop level. *Journal of Plant Nutrition*, 33:12, 1849-1859.
- Güneş, A., Alparslan, M. & İnal, A. (2000). Bitki besleme ve gübreleme. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın no:1514.
- Güneş, NT., Köksal, Aİ., Artık, N. & Poyrazoğlu, E. (2010). Biochemical content of hazelnut (*Corylus avellana* L.) cultivars from West Black Sea Region of Turkey. *European Journal of Horticultural Science*, 75(2), 77-84.
- Güngör, Y. & Yıldırım, O. (1989). Tarla sulama sistemleri. Ankara Üniv. Ziraat Fak Yayınları No: 1155, Ankara, 370s.
- Güzel, N., Gülüt, YK. & Büyük, G. (2008). Toprak verimliliği ve gübreler. Ç. Ü. Ziraat Fakültesi, Genel Yayınları No: 246, Ders Kitapları Yayın No: A-80, Adana, 654 s.

- Hashemimajda, K. & Somarin, J. (2010). Evaluation of nutrient concentration of leaf and yield of hazelnut (*Corylus avellana* L.) as affected by Fe and Zn enriched vermicompost, *Plant Ecophysiology* 2, 179-186.
- Honar, T., Shabani, A., Abdolahipour-Haghighi, M., Dalir, N., Sepaskhah, AR., Kamgar-Haghighi, ALI. & Jafari, M. (2021). Effect of supplemental irrigation timing and potassium fertilizer on rain-fed fig in micro-catchment: yield and yield quality. *Iran Agricultural Research*, 39(2), 29-36.
- Kacar, B. & Katkat, AV. (2007). Bitki Besleme. Nobel Yayın No:849. 659s. Ankara.
- Kacar, B. & Katkat, AV. (2009). Bitki Besleme. Nobel Yayın No:849, Fen Bilimleri:30, 300 s. Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.
- Kadasiddappa, MM., Rao, VP., Reddy, KY., Ramulu, V., Devi, MU. & Reddy, SN. (2017). Effect of irrigation (drip/surface) on sunflower growth, seed and oil yield, nutrient uptake and water use efficiency-A review. *Agricultural reviews*, 38(2), 152-158.
- Kahraman, M. (2016). Ordu-Merkez ilçe fındık bahçelerinin toprak verimliliği ve bitki besleme ilişkilerinin saptanması. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Ordu.
- Kapluhan, E. (2013). Türkiye’de kuraklık ve kuraklığın tarıma Etkisi. *Marmara Coğrafya Dergisi*. 27: 487-510.
- Kara, B., Ertek, A. & Atar, B. (2016). Mineral nutrient content of sweet corn under deficit irrigation. *Journal of Agricultural Sciences*, 22(1), 54-61.
- Karaca, E. (2016). Fındık zurufu kompostunun toprakların ve fındık bitkisi yapraklarının besin maddesi içerikleri üzerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Ordu.
- Karaman, MR. (2012). Bitki besleme kitabı. Gübretaş Rehber Kitaplar Dizisi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, 2, 179-181.
- Kaur, S., Kaur, R. & Chauhan, B. S. (2018). Understanding crop-weed-fertilizer-water interactions and their implications for weed management in agricultural systems. *Crop Protection*, 103, 65-72.
- Kebapçı, T. (2020). Farklı üre uygulamalarının fındıkta mineral beslenme ve verim üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Ordu.
- Klein, I., Strime, M., Fanberstein, L. & Mani, Y. (2000). Irrigation and fertigation effects on phosphorus and potassium nutrition of wine grapes. *Vitis-Geilweilerhof*, 39(2), 55-62.
- Korkmaz, K. (2005). Kireçli toprakların fosfor durumlarının belirlenmesi ve fosfor uygulamasının mısır verimine etkisi. Çukurova Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 136s, Adana.
- Korkmaz, K., Ibrikci, H., Karnez, E., Buyuk, G., Ryan, J., Ulger, AC. & Oguz, H. (2009). Phosphorus use efficiency of wheat genotypes grown in calcareous soils. *Journal of Plant Nutrition*, 32 (12), 2094-2106.



- Kotze, WAG. & de Villiers, J. (1989). Seasonal uptake and distribution of nutrient elements by kiwifruit vines 2. *Micronutrients. South African Journal Of Plant And Soil*, 6(4), 265-270.
- Kovancı, İ. & Köseoğlu, AT. (1978). Manisa Bölgesi Dixired ve Hale Haven Çeşidi Şeftali Yaprakla-rında N, P, K, Ca ve Mg'un Mevsimsel Değişiminin İncelenmesi. *Bitki*, 5(2): 131-153.
- Kowalenko, CG. & Maas, EF. (1982). Seasonal effect on leaf nutrient concentrations of filbert. *Canadian Journal of Soil Science*, 62(1), 209-211.
- Kowalenko, CG. (1984). Derivation of nutrient requirements of filberts using orchard surveys. *Canadian journal of soil science*, 64 (1), 115-123.
- Köksal, Aİ., Artik, N., Şimşek, A. & Güneş, N. (2006). Nutrient composition of hazelnut (*Corylus avellana* L.) varieties cultivated in Turkey. *Food Chemistry*, 99(3), 509-515.
- Król, K., Gantner, M. & Piotrowska, A. (2019). Morphological traits, kernel composition and sensory evaluation of hazelnut (*Corylus avellana* L.) cultivars grown in Poland. *Agronomy*, 9(11), 703.
- Külahçılar, A. (2016). Tombul fındık çeşidinde mini yağmurlama sulama yönteminde farklı su seviyesi uygulamalarının verim ve kaliteye etkisi (Master's thesis, Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Külahçılar, A., Tonkaz, T. & Bostan, SZ. (2017). Effect of irrigation regimes by mini sprinkler on yield and pomological traits in Tombul hazelnut. IX. International Congress on Hazelnut.15-19 August-2017, Atakum, Samsun, Turkey.
- Lakso, AN, (2003). Water Relations of Apple. Apples: Botany, Production and Uses (Ed. Fer-ree DC, Warrington IJ). CABI Publishing, USA, 167-194 p.
- Mačkić, K., Pejić, B., Belić, M., Janković, D. & Pavlović, L. (2016). Hazelnut (*Corylus avellana* L.) response to microsprinkler irrigation in climatic conditions of Vojvodina province. *Research journal of agricultural science*, 48: 1-7.
- Marschner, H. (2011). Marschner's mineral nutrition of higher plants. Academic press.
- Meriño-Gergichevich, C., Luengo-Escobar, A., Alarcón, D., Reyes-Díaz, M., Ondrasek, G., Morina, F. & Ogass, K. (2021). Combined spraying of boron and zinc during fruit set and premature stage improves yield and fruit quality of European hazelnut cv. Tonda di Giffoni. *Frontiers in Plant Science*, 12, 984.
- Milosevic, T., Milosevic, N., Glisic, I. & Paunovic, G. (2009). Leaf nutritional status and macronutrient dynamics in European hazelnut (*Corylus avellana* L.) under western Serbian conditions. *Pakistan Journal Bot*, 41(6), 3169-3178.
- Milosevic, T. & Milosevic, N. (2012). Cluster drop phenomenon in hazelnut (*Corylus avellana* L.). Impact on productivity, nut traits and leaf nutrients content. *Scientia horticulturae*, 148, 131-137.
- Mingeau, M. & Rousseau, P. (1994). Water use of hazelnut trees as measured with lysimeters. iii. international society for horticultural science. *France. Acta Horticulturae*, 351:315-322.

- Mingeau, M., Ameglio, T., Pons, B. & Rousseau, P. (1994). Effects of water stress on development growth and yield of hazelnut trees. 01.01.1994, III. International Society for Horticultural Science, *Acta Horticulturae*, 351:305-314.
- Mitrovic, M. & Gavrilovic-Damjanovic, J. (1997). Micro and macro elements in the leaves of some walnut cultivars. Proceeding III international walnut congress. Ed. Gomes Pereira. *Acta Horticulturae*, 442: 159-162.
- Miwa, K. & Fujiwara, T. (2010). Boron transport in plants: co-ordinated regulation of transporters. *Annals of Botany*, 105(7), 1103-1108.
- Munoz, N., Guerri, J., Legaz, F. & Primo-Millo, E. (1993). Seasonal uptake of  $^{15}\text{N}$ -nitrate and distribution of absorbed nitrogen in peach trees. *Plant and soil*, 150(2), 263-269.
- Müller, AK., Helms, U., Rohrer, C., Möhler, M., Hellwig, F., Glei, M., Schwerdtle, T., Lorkowski, S. & Dawczynski, C. (2020). Nutrient composition of different hazelnut cultivars grown in Germany. *Foods*, 9(11), 1596.
- Neilsen, GH. & Neilsen, D. (2003). Nutritional re-quirements of apple. (Ed. Ferree DC, Warring-ton IJ). *CABI Publishing*, USA, 267-302 p.
- Nelson, DW. & Sommers, LE. (1982). Total carbon, organic carbon and organic matter. In 'Methods of Analysis. *Chemical and Microbiological Propertise*, :539-580.
- Oliosi, G., Partelli, FL., da Silva, CA., Dubberstein, D., Gontijo, I. & Tomaz, MA. (2020). Seasonal variation in leaf nutrient concentration of conilon coffee genotypes. *Journal of Plant Nutrition*, 44(1), 74-85.
- Oliveira, VD., Miranda, FD., Lima, RN. & Cavalcante, RRR. (2006). Effect of irrigation frequency on cashew nut yield in Northeast Brazil. *Scientia Horticulturae*, 108(4), 403-407.
- Ortega-Farias, S., Villalobos-Soublett, E., Riveros-Burgos, C., Zúñiga, M. & Ahumada-Orellana, LE. (2020). Effect of irrigation cut-off strategies on yield, water productivity and gas exchange in a drip-irrigated hazelnut (*Corylus avellana* L. cv. Tonda di Giffoni) orchard under semiarid conditions. *Agricultural Water Management*, 238, 106173.
- OSU, (1985). Growing hazelnuts in Oregon, Extension Circular 1219, Oregon State University Extension Service.
- Özbucak, S., Özbucak, İ. & Özbucak, TB. (2019). İklim değişikliğinin fındık üzerindeki olası etkileri. 3. Karadeniz Ünidokap Sempozyum Kitabı, 21-23 Haziran, s:90.
- Özdemir, M., Ackurt, F., Kaplan, M., Yildiz, M., Löker, M., Gürcan, T., Biringen, G., Okay, A. & Seyhan, FG. (2001). Evaluation of new turkish hybrid hazelnut (*corylus avellana* l.) varieties: fatty acid composition, alpha-tocopherol content, mineral composition and stability.
- Özenç, N. & Bender Özenç, D. (2014). Effect of iron fertilization on nut traits and nutrient composition of 'Tombul'hazelnut (*Corylus avellana* L.) and its

- potential value for human nutrition. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B—Soil & Plant Science*, 64(7), 633-643.
- Özenç, N., Bender Özenç, D. & Duyar, Ö. (2014). Nutritional composition of hazelnut (*Corylus avellana* L.) as influenced by basic fertilization. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B—Soil & Plant Science*, 64(8), 710-721.
- Özenc, N. & Özenc, DB. (2015). Effect of magnesium fertilization on some plant nutrient interactions and nut quality properties in Turkish hazelnut (*Corylus avellana* L.). *Scientific Research and Essays*, 10(14), 465-470.
- Özenç, N. & Bender Özenç, D. (2015). Nut traits and nutritional composition of hazelnut (*Corylus avellana* L.) as influenced by zinc fertilization. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(9), 1956-1962.
- Özkan, N. & Müftüoğlu, NM. (2017). Farklı kalsiyum ve azotlu gübre uygulamalarının domates verimi ve kalsiyum içeriği üzerine etkisi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 4(2), 213-219.
- Özkutlu, F., Turan, M., Korkmaz, K. & Huang, YM. (2009). Assessment of heavy metal accumulation in the soils and hazelnut plant (*Corylus avellana* L.) from Black Sea coastal region of Turkey. *Asian J.of Chemistry*, 21(6): 4371-4388.
- Özkutlu, F., Doğru, YZ., Özenç, N., Yazıcı, G., Turan, M. & Akcay, F. (2011). The importance of Turkish hazelnut trace and heavy metal contents for human nutrition. *Journal of Soil Science and Environmental Management*, 2(1), 25-33.
- Özkutlu, F., Korkmaz, K., Akgün, M. & Ete, Ö. (2016). Magnezyum gübrelemesinin fındığın (*corylus avellana* l.) verim ve bitki besin elementi içeriklerine etkisi. *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6(2), 48-58.
- Özkutlu, F., Korkmaz, K., Özenç, N., Aygün, A., Şahin, Ö., Kahraman, M., Ete, Ö., Akgün, M. & Taşkın, B. (2016). Ordu-Merkez ilçedeki bazı fındık bahçelerinin mineral beslenme durumunun belirlenmesi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 5(2), 77-86.
- Özkutlu, F., Özcan, B., Aydemir, ÖE. & Akgün, M. (2018). Yaprak analizleriyle fındığın çinko (Zn) ve diğer elementlerle beslenme durumunun belirlenmesi. *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 8(2), 195-205.
- Özkutlu, F., Kebapçı, T. & Aydemir, ÖE. (2020). Fındıkta yapraktan üre uygulamasının mineral besin elementleri ve verim üzerine etkisi. *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 10(1), 23-31.
- Öztürk, Y. (2014). Palaz ve Tömbul çeşit fındık bitkisi yapraklarında bitki besin maddesi içeriklerinin mevsimsel değişiminin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Ordu.
- Öztürk, Y. (2020). Azotlu ve potasyumlu gübrelemenin kivi bitkisinin farklı dönemlerde yaprakların besin elementleri içeriği ile verim ve meyve kalitesi üzerine etkisi. Doktora Tezi, Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Ordu.

- Öztürk, Y. & Tarakçioğlu, C. (2016). Palaz ve Tombul fındık çeşitlerinde yaprakların besin maddesi içeriklerinin mevsimsel değişimi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 5(2), 87-96.
- Padder, BA. (2015). Nutrient status and its impact on quality and yield of almonds. Sher-e-Kashmir University of Agricultural Sciences & Technology of Kashmir, Doctoral dissertation, Faculty of Horticulture, p:157.
- Panigrahi, P. & Srivastava, AK. (2017). Water and nutrient management effects on water use and yield of drip irrigated citrus in vertisol under a sub-humid region. *Journal of Integrative Agriculture*, 16(5), 1184-1194.
- Pasqualotto, G., Carraro, V., Conati, S., Chloé, C., Salaün, G., Mercadal, M., Vacca, A., Castagna, A., Utili, G., Lisperguer, M.J., De Gregorio, T. & Anfodillo, T. (2018). Stomatal sensitivity in *Corylus avellana* (L.): first analysis from a global dataset. *Acta Horticulturae*, 1226, 181-188. DOI: 10.17660/ActaHortic.2018.1226.27.
- Pıtır, M. (2015). Biber yetiştiriciliğinde farklı su kısıtlarının meydana getirdiği fizyolojik, morfolojik ve kimyasal değişikliklerin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Rezaei, M., Mohammadi, S. & Eivazi, A. (2012). Effect of different levels of irrigation on yield and micronutrients uptake by bread wheat genotypes. *Research on Crops*, 13(2), 432-438.
- Rouphael, Y., Cardarelli, M., Colla, G. & Rea, E. (2008). Yield, mineral composition, water relations, and water use efficiency of grafted mini-watermelon plants under deficit irrigation. *HortScience*, 43(3), 730-736.
- Rodriguez-Cabello, J., Perez-Gonzalez, A., Ortega-Garcia, L. & Arteaga-Barrueta, M. (2020). Hydrosustainable study in tomato cultivation, its effect on fruit yield and quality. *Cultivos Tropicales*, 41(2).
- Saleh, S., Liu, G., Liu, M., Ji, Y., He, H. & Gruda, N. (2018). Effect of irrigation on growth, yield, and chemical composition of two green bean cultivars. *Horticulturae*, 4(1), 3.
- Seferoğlu, S. & Kaptan, M. (2010). Camarosa çilek çeşitinde besin maddelerinin mevsimsel değişimi. 5. Ulusal Bitki Besleme ve Gübre Kongresi, 15-17.
- Sentis, X., Ferran, J., Tous, J. & Romero, A. (2004). Correlations between leaf mineral content and production and quality parameters, in an experimental orchard of 'negret' hazelnut (*Corylus avellana* L.). proceedings of the sixth international congress on hazelnut. tarragona-reus, Spain. June 14-18, p.281.
- Seyhan, F., Ozay, G., Saklar, S., Ertas, E., Satır, G. & Alasalvar, C. (2007). Chemical changes of three native Turkish hazelnut varieties (*Corylus avellana* L.) during fruit development. *Food Chemistry*, 105: 590-596.
- Shedeed, SI., Nasef, MA., & Abo-Basha, DM. (2011). A comparative study on response of lettuce plants to different K-fertilizer sources through applying fertigation system. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 7(1), 68-78.

- Shen, J., Yuan, L., Zhang, j., Li, H., bai, Z., Chen, X., Zhang, W. & Zhang, F. (2011). Phosphorous Dynamics: From Soil to Plant. *Plant Physiology*, (156): 997-1005.
- Shimshi, D. (1969). Interaction between irrigation and plant nutrition. Transition from extensive to intensive agriculture with fertilizers, 111-120.
- Silvestri, C., Bacchetta, L., Bellincontro, A. & Cristofori, V. (2021). Advances in cultivar choice, hazelnut orchard management, and nut storage to enhance product quality and safety: an overview. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101(1), 27-43.
- Snare, L. (2008). Hazelnut production. Primefacts. Profitable ve Sustainable Primary Industry, 765, 1-8.
- Şahin, M. (2010). Borlu gübrelemenin fındık bitkisinin verim ve yaprakların bazı bitki besin maddesi içerikleri üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Ordu.
- Şahin, M., Topal, E., Özsoy, N. & Altunoğlu, E. (2015). İklim değişikliğinin meyvecilik ve arıcılık üzerine etkileri. *Anadolu Doğa Bilimleri Dergisi*, 6 (Özel Sayı 2): 147-154.
- Şen, Y. (2018). Farklı güneşlenme şartlarının Tombul ve Palaz fındık çeşitlerinde verim ve kalite özelliklerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Entitüsü.
- Şimsek, A. & Aykut, O. (2007). Evaluation of the microelement profile of Turkish hazelnut (*Corylusavellana* L.) varieties for human nutrition and health. *Int Journal of Food Science and Nutrition*; 58: 677-688.
- Tanaka, M., Takano, J., Chiba, Y., Lombardo, F., Ogasawara, Y., Onouchi, H. & Fujiwara, T. (2011). Boron-dependent degradation of NIP5; 1 mRNA for acclimation to excess boron conditions in Arabidopsis. *The Plant Cell*, 23(9), 3547-3559.
- Tanrıvermiş, S. (2019). Humik asit bor interaksiyonunun tombul fındık çeşidinde (*Corylus avellana* L.) verim ve bazı kalite parametrelerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Samsun.
- Tarakçıoğlu, C. (2001). Ordu yöresinde yetiştirilen fındık (*Corylus Avellana* L.) bitkisinin beslenme durumunun toprak ve bitki analizleriyle belirlenmesi ve fındık meyvesinin bazı kalite özellikleri. Doktora, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, Ankara.
- Tarakçıoğlu, C. & Bektaş, Z. (2019). Organik ve konvansiyonel tarım yapılan fındık bahçesinin toprak ve yaprak analizleriyle beslenme durumunun karşılaştırılması. *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 9(2), 112-125.
- Tarakçıoğlu, C., Yalçın, SR., Bayrak, A., Küçük, M. & Karabacak, H. (2003). Ordu yöresinde yetiştirilen fındık bitkisinin *Corylus avellana* L. beslenme durumunun toprak ve yaprak analizleriyle belirlenmesi. *Journal of Agricultural Sciences*, 9(01), 13-22.
- Tayel, MY. & Sabreen, K. P. (2011). Effect of irrigation regimes, phosphorous level and two vica faba varities on II-yield, water and phosphorous use efficiency. *Journal of Applied Sciences Research*, (November), 1518-1526.

- Tombesi, A. (1994). Influence of soil water levels on assimilation and water use efficiency in hazelnut. III. International Society for Horticultural Science, 01.01.1994, Leuven, Belgium. *Acta Hort*,351:247-256.
- Tonkaz, T. & Bostan, SZ. (2010). Giresun ili standardize yağış indeksi değerlerinin fındık verimi ile ilişkilerinin incelenmesi. I. Sulama ve Tarımsal Yapılar Kongresi 27-29 Mayıs, Kahramanmaraş, Türkiye
- Tonkaz, T. & Bostan SZ (2016). Climatic trends in the Eastern Black Sea Region, Turkey. *Ordu University Journal of Science and Technology*, 6 (1), 1-7.
- Tonkaz, T., Şahin, S., Bostan, SZ. & Korkmaz, K. (2017). Effects of Supplematry Irrigation on Hazelnut Yield and Pomological Traits. IX. International Congress on Hazelnut, 15-19 August 2017, Atakum, Samsun, Turkey.
- Toprak, S. & Seferoğlu, S. (2013). The seasonal changes of nutritional elements of chestnut (*castanea sativa*) plant and determination of leaf sampling times. *American Journal of Research Communication*, 1(5): 1-8.
- Tunçil, YE. (2020). Dietary fibre profiles of Turkish Tombul hazelnut (*Corylus avellana* L.) and hazelnut skin. *Food chemistry*, 316, 126338.
- Uçgun, K., Gezgin, S., Akgül, H., Atasay, A., Harmankaya, M., Altındal, M. & Seymen, T. (2014). Elma ağaçlarında besin elementlerinin dönemsel değişimi ve bu değişimlerin nedenlerinin incelenmesi. *Meyve Bilimi*, 1(2), 30-37.
- Uçgun, K., Küçükyumuk, C., Altındal, M., Yıldız, H. & Cansu, M. (2017). Elma ağaçlarında farklı malç ve sulama uygulamalarının bazı toprak özellikleri ve besin elementlerinin alımı üzerine etkileri. *Meyve Bilimi*, 4(2), 13-18.
- Uçgun, K., Bayav, A., Altındal, M. & Koçal, H. (2019). Seasonal Variation of Nutrients and Nutrient Rations in Apricot Leaves. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 14(1), 1-10.
- Ustaoglu, B. (2012). The effect of climatic conditions on hazelnut (*corylus avellana*) yield in Giresun (Turkey). *Marmara Coğrafya Dergisi Sayı: 26*, S. 302-323.
- Xie, R., Zhao, J., Lu, L., Brown, P., Lin, X., Webb, SM. & Tian, S. (2020). Seasonal zinc storage and a strategy for its use in buds of fruit trees. *Plant Physiology*, 183(3), 1200-1212.
- Wimmer, MA. & Eichert, T. (2013). Mechanisms for boron deficiency-mediated changes in plant water relations. *Plant science*, 203, 25-32.
- Williams, LE. & Miller, AJ. (2001). Transporters responsible for the uptake and partitioning of nitrogenous solutes. *Annual review of plant biology*, 52(1), 659-688.
- Wu, D., Xu, X., Chen, Y., Shao, H., Sokolowski, E. & Mi, G. (2019). Effect of different drip fertigation methods on maize yield, nutrient and water productivity in two-soils in Northeast China. *Agricultural Water Management*, 213, 200-211.
- Yaman, İ. (2019). Çarşamba (Samsun) ilçesinde bakımlı ve bakımsız fındık bahçelerinde yetiştirilen çakıldak çeşidinin verim ve meyve özelliklerinin

belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Bölümü.

Yarış, A. (2018). Farklı sulama oranlarının taze fasülyede meydana getirdiği fizyolojik, morfolojik ve kimyasal değişikliklerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Namık Kemal Üniversitesi.

Yıldırım, O. (2005). Sulama Sistemlerinin Tasarımı, 2. Baskı, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Yayın No:1542.

Yılmaz, İ. (2019). Ordu yöresi fındık bahçesi topraklarının bitkiye yararlı fosfor miktarının belirlenmesinde değişik ekstraksiyon yöntemlerinin karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Ordu.

Yorulmaz, A., Erinç, H., Tatlı, A. & Tekin, A. (2019). Sulama işleminin zeytin ve zeytinyağının özelliklerine etkisi. *Gıda*, 44 (6): 1081-1091 doi: 10.15237/gıda.GD19104.

## ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Mehmet AKGÜN
Doğum Yeri	
Doğum Tarihi	
Uyruğu	<input checked="" type="checkbox"/> T.C. <input type="checkbox"/> Diğer:
Telefon	
E-Posta Adresi	
Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Fakülte	Ziraat Fakültesi
Bölümü	Toprak Bilimi ve Bitki Besleme
Mezuniyet Yılı	10.12.2012
Yüksek Lisans	
Üniversite	Ordu Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı
Mezuniyet Tarihi	09.02.2015
Doktora	
Üniversite	Ordu Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı
Mezuniyet Tarihi	01.05.2021
Yayınlar	
<p>Korkmaz, K., Akgün, M., Özcan, M. M., Özkutlu, F. &amp; Kara, Ş.M. (2021). Interaction Effects of Phosphorus (P) and Zinc (Zn) on Dry Matter, Concentration and Uptake of P and Zn in Chia. <i>Journal of Plant Nutrition</i>, 44(5), 755-764.</p> <p>Akgün, M., Aydemir, Ö.E. &amp; Özkutlu, F. (2021) Ünye’de bazı fındık bahçelerinin fosfor beslenme durumunun belirlenmesi. <i>Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi</i>, 8(4): 968–973.</p> <p>Korkmaz, K., Ertürk, Ö., Ayvaz, M. Ç., Özcan, M. M., Akgün, M., Kirli, A. &amp; Alver, D. O. (2018). Effect of Cadmium Application on Antimicrobial, Antioxidant and Total Phenolic Content of Basil Genotypes. <i>Indian Journal of Pharmaceutical Education and Research</i>, 52(4), S108-S114.</p> <p>Korkmaz, K., Kirli, A., Akgun, M. &amp; Dede, O. (2018). Effects of different levels of foliar zinc and application time on total phenolic content and antioxidant activity of potato. <i>Fresenius Environmental Bulletin</i>, 27(6), 4192-4197.</p> <p>Korkmaz, K., Kara, Ş.M., Özkutlu, F., Akgün, M. &amp; Şenkal, B.C. (2017). Profile of Heavy Metal and Nutrient Elements in Some Sideritis Species. <i>Indian Journal of Pharmaceutical Education and Research</i>, 51(3):209-212.</p>	