

T.C.
AYDIN ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TOPRAK BİLİMİ ve BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI
2021-DR-002

**AZOTLU GÜBRELEMENİN FARKLI KURAKLIK
KOŞULLARINDA YETİŞTİRİLEN ZEYTİN
BİTKİSİNDE FİZYOLOJİK VE BİYOKİMYASAL
ÖZELLİKLERE OLAN ETKİLERİNİN
İNCELENMESİ**

Seçil KÜÇÜK KAYA

Tez Danışmanı:
Prof. Dr. Mehmet Ali DEMİRAL

AYDIN

T.C.
AYDIN ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE
AYDIN

Bu tezde sunulan tüm bilgi ve sonuçların, bilimsel yöntemlerle yürütülen gerçek deney ve gözlemler çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, çalışmada bana ait olmayan tüm veri, düşünce, sonuç ve bilgilere bilimsel etik kuralların gereği olarak eksiksiz şekilde uygun atıf yaptığımı ve kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

15/03/2021

Seçil KÜÇÜK KAYA

ÖZET

AZOTLU GÜBRELEMENİN FARKLI KURAKLIK KOŞULLARINDA YETİŞTİRİLEN ZEYTİN BİTKİSİNDE FİZYOLOJİK VE BİYOKİMYASAL ÖZELLİKLERE OLAN ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Seçil KÜÇÜK KAYA

Doktora Tezi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Mehmet Ali DEMİRAL

2021, 114 sayfa

Bu çalışmanın amacı, kuraklık stresine maruz bırakılmış 2 farklı zeytin çeşidinde azotlu gübrelemenin bazı fizyolojik ve biyokimyasal parametreler üzerine olan etkilerinin incelenmesidir. Deneme sera koşullarında “delice” anacı üzerine aşılı 2 yaşındaki Memecik ve Gemlik fidanları kullanılarak, 3 farklı düzeyde kısıtlı su uygulaması (tarla kapasitesinin %100’ü, %50’si ve %25’i) ile 3 farklı azotlu gübre dozu (45 mg L^{-1} , 90 mg L^{-1} , 180 mg L^{-1}) altında tesadüf parselleri deneme desenine göre 4 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Deneme sonrasında bitkilerde çeşitli fizyolojik parametreler olan kuru madde verimi, yaprak oransal su içeriği ve sukulens indeks değerleri belirlenmiştir. Deneme bitkilerinin fotosentetik aktivitelerindeki değişimleri izlemek için yaprak gaz değişim parametreleri, klorofil, karotenoid ve prolin içerikleri belirlenmiştir. Ayrıca yaprak örneklerinde bitki besin elementi analizleri yapılmıştır.

Kısıtlı su uygulamalarıyla deneme bitkilerinin yaprak oransal su içeriği, stoma iletkenliği, transpirasyon oranı, klorofil ve karotenoid miktarları azalmış, kuru madde içeriği artmıştır. Bu durum yaprakların bitki besin element konsantrasyonlarını da etkilemiştir. Deneme bitkilerine uygulanan artan miktarlardaki azotlu gübre dozları hem fotosentetik aktiviteyi arttıran klorofil-karotenoid düzeyini hem de oksidatif stresi azaltan prolin miktarını arttırmıştır. Sonuç olarak, stres altındaki bitkilere uygulanan azot deneme bitkilerinin kuraklık stresinin etkilerini aşmak üzere kullandığı mekanizmaları farklılaştırmıştır. Bu açıdan çeşitler arasında olasılıkla bazı farklılıklar bulunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Memecik, Gemlik, fotosentez, su kullanım etkinliği, bitki besin element içeriği

ABSTRACT

INVESTIGATION OF EFFECTS OF NITROGEN SUPPLY ON PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL PROPERTIES OF OLIVE GROWN UNDER DIFFERENT DROUGHT CONDITIONS

Seçil KÜÇÜK KAYA

PhD Thesis, Soil Science and Plant Nutrition

Supervisor: Prof. Dr. Mehmet Ali DEMİRAL

2021, 114 pages

The aim of this study is to examine the effects of nitrogen fertilization on some physiological and biochemical parameters in 2 different olive cultivars exposed to drought stress. The experiment was carried out in greenhouse conditions using 2-year-old Memecik and Gemlik seedlings grafted with rootstock of wild origin, under 3 different levels of limited water supply (100 %, 50 % and 25 % of field capacity) and 3 different nitrogen fertilizer doses (45 mg L⁻¹, 90 mg L⁻¹, 180 mg L⁻¹) according to a randomized plot design with 4 replicates. Various physiological parameters such as dry matter yield, leaf relative water content and succulence index values were determined at the end of the experiment. Leaf gas exchange parameters, chlorophyll, carotenoid and proline contents were determined to monitor the changes in photosynthetic activities of experimental plants. In addition, plant nutrient element analyzes were performed in leaf samples.

The limited water supply reduced the relative water content, stomatal conductance, transpiration rate, chlorophyll and carotenoid contents, photosynthesis and water use efficiency of the plants decreased, the dry matter content increased. The plant nutrient concentrations of the leaves also effected. Increasing nitrogenous fertilizer doses applied to experimental plants increased both the chlorophyll-carotenoid level increasing photosynthetic activity and the amount of proline reducing oxidative stress. As a result, nitrogen applied to stressed plants differentiated the mechanisms used by the experimental plants to overcome the effects of drought stress. In this respect, there are probably some differences between the cultivars.

Key Words: Memecik, Gemlik, photosynthesis, water use efficiency, plant nutritions

ÖNSÖZ

Dünyada zeytin üretimi yapılan ülkeler arasında ülkemiz 6. sırada yer almaktadır (FAO, 2019). Türkiye’de ise zeytin üretiminin en fazla yapıldığı il %18’lik pay ile Aydın ilidir (TUİK, 2019). Aydın’da yağlık zeytin çeşitlerinden Memecik, sofralık çeşitlerden de Gemlik çeşidininin kullanımı yaygındır.

Zeytin sıcaklık ve kuraklığa dayanıklı bitki çeşitleri arasında yer alır. Ancak olumsuz çevre şartları zeytinde verim ve kaliteyi olumsuz etkilemektedir. Zeytinin çevre şartlarına karşı geliştirdiği adaptasyonlar çeşitler arasında farklılık göstermektedir. Bu farklılıkların belirlenmesi yeni çeşitlerin geliştirilmesinde veya mevcut çeşitlerin yetiştirilecek bölgelere göre tercih edilmesinde önemli rol oynayacaktır. Bitki gelişimi üzerine olumlu etkileri olan azotlu gübrelemenin çevresel stres koşullarına karşı bitkilerin adaptasyonlarını doğrudan veya dolaylı şekilde etkilediği bilinmektedir. Bu çalışmanın amacı zeytinde kısıtlı su uygulamaları altında uygulanan azotlu gübrelemenin bitkide bazı fizyolojik ve biyokimyasal özelliklerle birlikte, bitkinin fotosentez kabiliyeti üzerine olan etkisini incelemek ve 2 zeytin çeşidi (Memecik ve Gemlik) arasındaki farklılığı gözlemlemektir.

Çalışma konusunun belirlenmesi, araştırmanın yürütülmesi ve değerlendirilmesinde yol gösterici olan başta tez danışmanım Prof. Dr. Mehmet Ali DEMİRAL olmak üzere tez savunma jüri üyesi hocalarım Prof. Dr. Mehmet AYDIN, Prof. Dr. İsmail TÜRKAN, Prof. Dr. Arife Alev KARAGÖZLER ve Prof. Dr. Burçin ÇOKUYSAL’a, yapılan biyokimyasal analizlerde yardımlarını esirgemeyen Dr. Öğr. Üyesi Barış UZİLDAY ve Dr. Öğr. Üyesi Rengin ÖZGÜR UZİLDAY’a, istatistiksel analizlerde yardımcı olan Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Ali KAPTAN’a ve çalışmanın gerçekleşmesi için maddi destek sağlayan ADÜ Bilimsel Araştırma Fonu (Proje No: ZRF-12030)'na teşekkürü bir borç bilirim.

Tüm eğitim öğretim hayatımda beni destekleyerek bugünlere gelmemde emeği büyük olan annem Şengül KÜÇÜK, babam Rasim KÜÇÜK, ablam Sibel ALTUN’a, her koşulda yanımda olarak bana güç veren çok değerli eşim Baki KAYA ile ailemizin yeni üyesi biricik oğlum Umut KAYA’ya sevgi ve saygılarımı sunarım.

Seçil KÜÇÜK KAYA

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY SAYFASI.....	iii
BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI	v
ÖZET.....	vii
ABSTRACT.....	ix
ÖNSÖZ	xi
SİMGELER DİZİNİ.....	xvii
KISALTMALAR DİZİNİ	xix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xxi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xxiii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	7
2.1. Türkiye’de ve Dünya’da Zeytin Üretimi.....	7
2.2. Kuraklık Stresi ve Zeytin Üzerine Etkisi	8
2.2.1. Kuraklığa Karşı Morfolojik Yanıtlar.....	9
2.2.2. Kuraklığa Karşı Fizyolojik Yanıtlar.....	10
2.2.3. Kuraklığa Karşı Biyokimyasal Yanıtlar	15
2.3. Azot ile İlgili Çalışmalar	17
3. MATERYAL VE YÖNTEM	19
3.1. Deneme Materyali	19
3.2. Yöntem.....	22
3.3. Yetiştirme Ortamında Yapılan Analizler	25
3.4. Yaprak Bitki Besin Maddesi İçeriği.....	25
3.4.1. Bitki Azot İçeriğinin Belirlenmesi	25
3.4.2. Bitki Fosfor İçeriğinin Belirlenmesi.....	26

3.4.3. Bitkide Değişebilir Sodyum, Potasyum, Kalsiyum ve Magnezyum İçeriğinin Belirlenmesi.....	26
3.4.4. Bitkide Demir, Çinko, Mangan ve Bakır İçeriğinin Belirlenmesi.....	26
3.4.5. Bitki Besin Element İçeriklerinin Değerlendirilmesi	26
3.5. Fizyolojik Parametreler	27
3.5.1. Yaprak Kuru Madde Verimi.....	27
3.5.2. Yaprak Oransal Su İçeriği (YOSİ)	27
3.5.3. Yaprak Sukkulens İndeksi (Sİ).....	27
3.6. Biyokimyasal Parametreler	28
3.6.1. Yaprak Klorofil ve Karotenoid İçeriği	28
3.6.2. Yaprak Prolin İçeriği (PRO).....	28
3.7 Fotosentetik Parametreler	29
3.8. Sonuçların İstatiksel Olarak Değerlendirilmesi.....	29
4. BULGULAR	30
4.1. Yaprak Bitki Besin Elementleri.....	30
4.1.1. Yaprak Azot İçeriği	30
4.1.2. Yaprak Fosfor İçeriği	32
4.1.3. Yaprak Potasyum İçeriği	33
4.1.4. Yaprak Kalsiyum İçeriği	35
4.1.5. Yaprak Magnezyum İçeriği	37
4.1.6. Yaprak Sodyum İçeriği.....	38
4.1.7. Yaprak Demir İçeriği.....	40
4.1.8. Yaprak Çinko İçeriği	42
4.1.9. Yaprak Mangan İçeriği.....	44
4.1.10. Yaprak Bakır İçeriği.....	47
4.2. Yapraklarda Belirlenen Fizyolojik Parametreler	49

4.2.1. Yaprak Kuru Madde Verimi	49
4.2.2. Yaprak Oransal Su İçeriği	50
4.2.3. Yaprak Sukkulens İndeksi.....	52
4.3. Yapraklarda Belirlenen Biyokimyasal Parametreler	55
4.3.1. Yaprak Klorofil a (Kla) İçeriği.....	55
4.3.2. Yaprak Klorofil b (Klb) İçeriği	57
4.3.3. Yaprak Klorofil a/b Oranı	58
4.3.4. Yaprak Karotenoid İçeriği.....	60
4.3.5. Yaprak Prolin İçeriği.....	62
4.4. Fotosentetik Parametreler.....	64
4.4.1. Fotosentez Hızı.....	64
4.4.2. Stoma iletkenliği	65
4.4.3. İçsel CO ₂	67
4.4.4. Fotosistem II Etkinliği.....	69
4.4.5. Maksimum PSII Verimliliği (Fv/Fm)	71
4.4.6. Elektron Transfer Oranı (ETO).....	73
4.4.7. Transpirasyon Oranı.....	75
4.4.8. İçsel CO ₂ 'nin Ortam (dış) CO ₂ miktarına Oranı (Ci/Ca)	77
4.4.9. Su Kullanım Etkinliği (SKE)	79
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	81
KAYNAKLAR	95
ÖZGEÇMİŞ	113

SİMGELER DİZİNİ

mm : Milimetre

nm : Nanometre

% : Yüzde

mg : Miligram

mg kg⁻¹ : Miligram/kilogram

µg : Mikrogram

CO₂ : Karbondioksit

N : Azot

P : Fosfor

K : Potasyum

Ca : Kalsiyum

Mg : Magnezyum

Na : Sodyum

Fe : Demir

Zn : Çinko

Cu : Bakır

Mn : Mangan

Ci/Ca : İçsel karbondioksit/Ortam karbondioksiti

PSII : Fotosistem II

PSI : Fotosistem I

Fv/Fm : Max. PSII etkinliği

RubisCO: Ribuloz 1.5 bifosfat

NO₃ : Nitrat

NH₄ : Amonyum

- N0 : 45 mg L⁻¹ azot uygulaması
N1 : 90 mg L⁻¹ azot uygulaması
N2 : 180 mg L⁻¹ azot uygulaması
S1 : Tarla kapasitesi düzeyinde sulama
S2 : Tarla kapasitesinin % 50'si düzeyinde sulama
S3 : Tarla kapasitesinin % 25'i düzeyinde sulama

KISALTMALAR DİZİNİ

YOSİ : Yaprak oransal su içeriği

Sİ : Sukkulens İndeks

SKE : Su kullanım etkinliği

ETO : Elektron transfer oranı

Kla : Klorofil a

Klb : Klorofil b

KSU : Kısıtlı su uygulamaları

ROS : Reaktif oksijen türleri

PRO : Prolin

NADP : Nikotinamid adenin dinükleotit fosfat

ATP : Adenozin trifosfat

ABA : Absisik asit

SOD : Süperoksit dismutaz enzimi

POD : Peroksidaz enzimi

APOX : Askorbat peroksidaz enzimi

CAT : Katalaz enzimi

TSP : Triple süper fosfat gübresi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Dünyada zeytin yetiştirilebilen alanların coğrafi dağılımı	7
Şekil 3.1. Denemeden görünüm	22
Şekil 3.2. Zeytin çeşitlerinin kök sistemi ve temizlenmesi	23
Şekil 3.3. Tarla kapasitesinin belirlenmesi.....	24
Şekil 3.4. Fotosentetik aktivitenin Li-COR ile belirlenmesi	29
Şekil 5.1. Azotlu gübreleme ve kısıtlı su uygulamalarının zeytin bitkisine etkisi .	91

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Memecik zeytin çeşidine ait bazı özellikler	19
Çizelge 3.2. Gemlik zeytin çeşidine ait bazı özellikler	20
Çizelge 3.3. Denemede kullanılan vermikulite ait bazı özellikler	21
Çizelge 3.4. Denemede kullanılan toprak ve kuma ait bazı özellikler	21
Çizelge 3.5. Denemede yer alan uygulama konuları	24
Çizelge 3.6. Zeytinde bitki besin elementi sınır değerleri.....	26
Çizelge 4.1. Farklı N ve KSU'nın Memecik ve Gemlik zeytin çeşitlerinin yaprak N içerikleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları	30
Çizelge 4.2. Uygulamalara göre yaprak N içeriğindeki değişim (%).....	31
Çizelge 4.3. Azot içeriği (%) ile ilgili N×S interaksyonu	31
Çizelge 4.4. Farklı N ve KSU'nın Memecik ve Gemlik zeytin çeşitlerinin yaprak P içerikleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları	32
Çizelge 4.5. Uygulamalara göre yaprak P içeriğindeki değişim (%)	33
Çizelge 4.6. Farklı N ve KSU'nın Memecik ve Gemlik zeytin çeşitlerinin yaprak K içerikleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları	33
Çizelge 4.7. Uygulamalara göre yaprak K içeriğindeki değişim (%).....	34
Çizelge 4.8. Potasyum içeriği (%) ile ilgili N×S interaksyonu	35
Çizelge 4.9. Farklı N ve KSU'nın Memecik ve Gemlik zeytin çeşitlerinin yaprak Ca içerikleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları	35
Çizelge 4.10. Uygulamalara göre yaprak Ca içeriğindeki değişim (%)	36
Çizelge 4.11. Kalsiyum içeriği (%) ile ilgili Ç×S interaksyonu.....	36
Çizelge 4.12. Farklı N ve KSU'nın Memecik ve Gemlik zeytin çeşitlerinin yaprak Mg içerikleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları	37
Çizelge 4.13. Uygulamalara göre yaprak Mg içeriğindeki değişim (%).....	38
Çizelge 4.14. Farklı N ve KSU'nın Memecik ve Gemlik zeytin çeşitlerinin yaprak Na içerikleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları.....	39

Çizelge 4.15. Uygulamalara göre yaprak Na içeriğindeki değişim (%).....	40
Çizelge 4.16. Sodyum içeriği (%) ile ilgili Ç×N interaksyonu	40
Çizelge 4.17. Farklı N ve KSU'nın Memecik ve Gemlik zeytin çeşitlerinin yaprak Fe içerikleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları.....	41
Çizelge 4.18. Uygulamalara göre yaprak Fe içeriğindeki değişim (mg kg ⁻¹).....	42
Çizelge 4.19. Demir içeriği (mg kg ⁻¹) ile ilgili Ç×N interaksyonu.....	42
Çizelge 4.20. Farklı N ve KSU'nın Memecik ve Gemlik zeytin çeşitlerinin yaprak Zn içerikleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları	43
Çizelge 4.21. Uygulamalara göre yaprak Zn içeriğindeki değişim (mg kg ⁻¹)	44
Çizelge 4.22. Çinko içeriği (mg kg ⁻¹) ile ilgili Ç×N interaksyonu	44
Çizelge 4.23. Farklı N ve KSU'nın Memecik ve Gemlik zeytin çeşitlerinin yaprak Mn içerikleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları ...	45
Çizelge 4.24. Uygulamalara göre Mn içeriğindeki değişim (mg kg ⁻¹)	46
Çizelge 4.25. Mangan içeriği (mg kg ⁻¹) ile ilgili Ç×N interaksyonu.....	46
Çizelge 4.26. Mangan içeriği (mg kg ⁻¹) ile ilgili N×S interaksyonu	46
Çizelge 4.27. Farklı N ve KSU'nın Memecik ve Gemlik zeytin çeşitlerinin yaprak Cu içerikleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları	47
Çizelge 4.28. Uygulamalara göre yaprak Cu içeriğindeki değişim (mg kg ⁻¹)	48
Çizelge 4.29. Bakır içeriği (mg kg ⁻¹) ile ilgili N×S interaksyonu	48
Çizelge 4.30. Farklı N ve KSU'nın Memecik ve Gemlik zeytin çeşitlerinin yaprak kuru madde miktarları üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları.....	49
Çizelge 4.31. Uygulamalara göre kuru madde verimindeki değişim (%)	50
Çizelge 4.32. Kuru madde verimi (%) ile ilgili Ç×S interaksyonu	50
Çizelge 4.33. Farklı N ve KSU'nın Memecik ve Gemlik zeytin çeşitlerinin YOSİ üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları	51
Çizelge 4.34. Uygulamalara göre YOSİ'ndeki değişim (%)	52
Çizelge 4.35. Yaprak oransal su içeriği (%) ile ilgili Ç×N interaksyonu.....	52

Çizelge 4.36. Farklı N ve KSU'nın Memecik ve Gemlik zeytin çeşitlerinin yaprak Sİ üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları	53
Çizelge 4.37. Uygulamalara göre yaprak Sİ'ndeki değişim.....	54
Çizelge 4.38. Sukkulens indeks ($\text{mg H}_2\text{O cm}^2$) ile ilgili N×S interaksiyonu	54
Çizelge 4.39. Farklı N ve KSU'nın Memecik ve Gemlik zeytin çeşitlerinin Kla içeriği üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları	55
Çizelge 4.40. Uygulamalara göre Kla içeriğindeki değişim (mg g^{-1}).....	56
Çizelge 4.41. Klorofil a içeriği (mg g^{-1}) ile ilgili N×S interaksiyonu	56
Çizelge 4.42. Klorofil a içeriği (mg g^{-1}) ile ilgili Ç×N interaksiyonu.....	56
Çizelge 4.43. Farklı N ve KSU'nın Memecik ve Gemlik zeytin çeşitlerinin Klb içeriği üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları	57
Çizelge 4.44. Uygulamalara göre Klb içeriğindeki değişim (mg g^{-1})	58
Çizelge 4.45. Farklı N ve KSU'nın Memecik ve Gemlik zeytin çeşitlerinin Kla/b oranı üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları.....	58
Çizelge 4.46. Uygulamalara göre Kla/b oranındaki değişim	59
Çizelge 4.47. Klorofil a/b ile ilgili Ç×N interaksiyonu.....	59
Çizelge 4.48. Klorofil a/b ile ilgili N×S interaksiyonu	60
Çizelge 4.49. Farklı N ve KSU'nın Memecik ve Gemlik zeytin çeşitlerinin karotenoid içeriği üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları	60
Çizelge 4.50. Uygulamalara göre karotenoid içeriğindeki değişim (mg g^{-1})	61
Çizelge 4.51. Karotenoid içeriği (mg g^{-1}) ile ilgili Ç×N interaksiyonu.....	61
Çizelge 4.52. Karotenoid içeriği (mg g^{-1}) ile ilgili Ç×S interaksiyonu	61
Çizelge 4.53. Farklı N ve KSU'nın Memecik ve Gemlik zeytin çeşitlerinin PRO içeriği üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları.....	62
Çizelge 4.54. Uygulamalara göre PRO içeriğindeki değişim ($\mu\text{M g}^{-1}$).....	63
Çizelge 4.55. Prolin içeriği ($\mu\text{M g}^{-1}$) ile ilgili N×S interaksiyonu.....	63
Çizelge 4.56. Farklı N ve KSU'nın Memecik ve Gemlik zeytin çeşitlerinin fotosentez hızı üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları	64

Çizelge 4.57. Uygulamalara göre fotosentez hızındaki değişim ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	65
Çizelge 4.58. Fotosentez hızı ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) ile ilgili $\text{C} \times \text{N}$ interaksyonu.....	65
Çizelge 4.59. Farklı N ve KSU'nun Memecik ve Gemlik zeytin çeşitlerinin stoma iletkenliği üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları	66
Çizelge 4.60. Uygulamalara göre stoma iletkenliğindeki değişim ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	67
Çizelge 4.61. Farklı N ve KSU'nun Memecik ve Gemlik zeytin çeşitlerinin içsel CO_2 miktarı üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları	68
Çizelge 4.62. Uygulamalara göre içsel CO_2 değişim ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol hava}^{-2}$).....	69
Çizelge 4.63. Farklı N ve KSU'nun Memecik ve Gemlik zeytin çeşitlerinin PSII etkinliği üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları	70
Çizelge 4.64. Uygulamalara göre PSII'deki değişim	71
Çizelge 4.65. Farklı N ve KSU'nun Memecik ve Gemlik zeytin çeşitlerinin Fv/Fm oranı üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları	72
Çizelge 4.66. Uygulamalara göre PSII verimliliğindeki (Fv/Fm) değişim	73
Çizelge 4.67. Fotosistem II verimliliği ile ilgili $\text{C} \times \text{S}$ interaksyonu.....	73
Çizelge 4.68. Farklı N ve KSU'nun Memecik ve Gemlik zeytin çeşitlerinin elektron transfer oranı (ETO) üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları.....	74
Çizelge 4.69. Uygulamalara göre ETO'ndaki değişim ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$).....	75
Çizelge 4.70. Elektron transfer oranındaki değişim ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) ile ilgili $\text{C} \times \text{N}$ interaksyonu.....	75
Çizelge 4.71. Farklı N ve KSU'nun Memecik ve Gemlik zeytin çeşitlerinin transpirasyon oranı üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları	76
Çizelge 4.72. Uygulamalara göre transpirasyon oranındaki değişim ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	77

Çizelge 4.73. Farklı N ve KSU'nın Memecik ve Gemlik zeytin çeşitlerinin Ci/Ca oranı üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları	78
Çizelge 4.74 Uygulamalara göre Ci/Ca değişim	78
Çizelge 4.75. Farklı N ve KSU'nın Memecik ve Gemlik zeytin çeşitlerinin SKE üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları	79
Çizelge 4.76. Uygulamalara göre su kullanım etkinliğindeki değişim (μmol $\text{CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}/\mu\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$).....	80
Çizelge 4.77. Su kullanım etkinliği ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}/\mu\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) ile ilgili $\text{C}\times\text{S}$ interaksyonu.....	80

1. GİRİŞ

Farklı nedenlerle iklimin ortalama durumunda uzun yıllar boyunca gözlenen değişiklikler iklim değişikliği olarak tanımlanır (Anonim, 2014). Günümüzde gerçekleşen iklim değişikliğinin nedenleri, fosil yakıtların kullanımı, ormanların yok edilmesi ve sanayideki gelişmelere bağlı olarak atmosfere salınan gazların oluşturduğu sera etkisi bir diğer deyimle küresel ısınmadır (Öztürk, 2015). Tüm dünyada olduğu gibi Türkiye de küresel ısınmanın olumsuz etkisi ile karşı karşıyadır. Tüm ekosistemlerdeki canlı yaşamını olumsuz etkileyecek olan küresel ısınmanın tarımsal açıdan önemi, artan sıcaklıkların ve düzensiz yağışların ortaya çıkaracağı kuraklıktır. Yapılan araştırmalar Türkiye’de ortalama sıcaklığın 1981-2010 yılları arasında 0,6 °C arttığını, yağış miktarında ise yaklaşık %20-25 azalma olduğunu göstermiştir (Öztürk, 2015). Zeytin yetiştiriciliğinde iklim faktörleri yanında toprak ve sulama koşulları da etkili olmaktadır (Baykara, 2011).

Abiyotik stres faktörleri ile birlikte iklim değişimi tarımsal üretimin verim ve kalitesinde son derece etkili olmaktadır. Stres koşulları bitkilerin hem büyüüp gelişmesini hem de verimliliğini olumsuz yönde etkilemekte, yayılışlarını sınırlamaktadır. Türkiye’de zeytin yetiştiriciliği yapılan alanlar yarı kurak ve kurak bölgelerde olup, zeytinin gereksinim duyduğu dönemlerde yeterli yağış düşmemektedir. Zeytin kuraklığa dayanıklı bir bitki olmakla birlikte, sulamaya gösterdiği tepki bölge, çeşit ve üretim sistemlerine göre farklılık göstermektedir (Goldhamer, 1999; Moriana vd., 2003; Grattan vd., 2006). Aydın için önemli olan zeytin yetiştiriciliğinde son yıllarda zeytin ve zeytinyağının ekonomik değerinin artmasıyla zeytinden alınabilecek verimin artırılması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bu durum zeytinde geleneksel kuru tarım yerine sulamanın da yapıldığı yoğun tarımı zorunlu hale getirmektedir. Bu gelişmelerle ilgili olarak kısıtlı sulama koşullarında yetiştirilen zeytinde farklı çeşitlerde kuraklığa karşı dayanımın ortaya konması ve bitki besleme açısından da ele alınarak bitkide su kullanım etkinliğinin araştırılması verimin artırılması açısından önem kazanmaktadır.

Su stresi özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde tarımsal verimliliği sınırlandıran önemli etkenlerden biridir (Boyer, 1982). Hızla artan dünya nüfusunun 2025 yılında 8 milyar olması beklenmektedir (Pinstrup-Andersen vd., 1999). Bu durum şu anda yaklaşık 7 milyar olan nüfusa her yıl ortalama 100 milyon kişi daha eklenmesi anlamına gelmektedir. Diğer önemli bir konu ise söz konusu nüfus

artışının büyük bir bölümünün az gelişmiş ya da gelişmekte olan ülkelerde gerçekleşecek olmasıdır. Tarımsal alanlar üzerindeki baskının oldukça fazla olduğu bu ülkelerde yaşayan insanlar ciddi beslenme eksikliği çekmektedir. Artan dünya nüfusunu beslemek için önümüzdeki 25 yıl içerisinde dünya gıda üretiminin en az %100 oranında artırılması gerekmektedir (Borlaug ve Dowsell, 1993). Gıda üretiminde bahsedilen söz konusu bu artışın şu anda kullanılan tarım arazilerinde gerçekleşmesi gerekmektedir. Çünkü potansiyel olarak tarım yapılabilecek alanların sınırına gelinmiştir. Bununla beraber son dönemde yapılan çalışmalar küresel olarak toprakların verimliliğindeki azalmanın önemli nedenlerinden birinin toprak degradasyonu ve uygun toprak yönetim pratikleri gözetilmeksizin yapılan yoğun kullanım olduğunu göstermektedir (Gruhn vd., 2000; Çakmak, 2002). Su kıtlığı ve tuzluluk gibi çevresel sorunlar da artan dünya nüfusuna ve doğal kaynakların yoğun kullanımına paralel olarak artmakta ve verimin azalmasına neden olmaktadır. İçinde kuraklığın da bulunduğu abiyotik stres faktörlerine bağlı olarak meydana gelen verim kaybı %54 ile %82 arasında değişmektedir (Bray, 2000). Bu nedenle yeterli gıda arzını ve güvenliğini sürdürebilmek kuraklığın verim üzerindeki olumsuz etkilerinin ortadan kaldırılmasıyla yakından ilgilidir.

Kuraklık sorununa eksiksiz bir çözüm sağlayan tek yöntem yeterli sulamadır. Bununla beraber su kıtlığı çekilen bir dünyada sulama intensif ve modern tarımsal üretimde kuraklıkla mücadele etmek için bir yöntem olarak değerlendirilemez. Diğer bir yaklaşım ise kuraklığa tolerant genotiplerin üretilmesi ve yaygınlaştırılmasıdır. Ancak bu yaklaşım da uzun zaman alan, masraflı ve uygulanabilirliği sınırlı bir yöntemdir. İklim değişikliklerine bağlı kuraklık riskinin ve tarımsal ürün talebinin giderek arttığı bir dünyada kuraklığa bağlı verim düşüklüğü ile mücadele etmek için başka tarımsal yöntemlerin de ele alınması gereklidir. Bitkilerin su ve bitki besin maddelerini temelde toprakaltı organlarıyla topraktan aldıkları düşünüldüğünde mevcut sorunun aynı zamanda bir bitki besleme sorunu olduğu açıktır. Bitkilerin kökleriyle aldığı bitki besin maddesi miktarı topraktaki alınabilir nem miktarına bağlıdır (Miletic vd., 2010). Mineral bitki besin maddesi düzeyi bitkilerdeki çevresel stres faktörlerinin etkilerinin giderilmesi ve bitki direncinin artırılması üzerinde etkilidir (Marschner, 2011). Optimum besleme ve en uygun toprak işleme yöntemleri bitki bünyesindeki su sirkülasyonunu büyük oranda etkiler. Bu sirkülasyon kuraklıkla savaşmakta

oldukça etkili bir yöntemdir. Topraktaki düşük bitki besin maddesi konsantrasyonlarında bitkiler metabolizmaları için gerekli olan bitki besin maddesi miktarını alabilmek için topraktaki yeterli bitki besin maddesi düzeylerinde absorbe ettiklerine oranla daha fazla su absorbe etmek zorunda kalırlar. Diğer yandan düşük toprak nemi şartları altındaki bitkiler optimum düzeylerde bitki besin maddesi almak konusunda yetersizdirler. Bu durum ise genel olarak bitkilerde gelişme ve meyve kalitesi üzerine olumsuz etkiler yaratır.

Bitkilerin kökleriyle absorbe ettikleri toplam bitki besin maddesinin yaklaşık %80'i azot (N)'dur (Marschner, 2011). Azot özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerdeki toprakların büyük bölümünde yetersiz düzeylerde bulunur (Hernández vd., 1997). Azot bitkilerde pek çok yapısal, genetik ve metabolik bileşiğin önemli bileşenlerinden biridir (Hassan vd., 2005; Tisdale ve Nelson, 1975). Bitkiler N'ü topraktan hem organik hem de inorganik formlarda amonyum (NH_4^+) ve nitrat (NO_3^-) olarak alır (Jalloh vd., 2009). NH_4^+ ve NO_3^- içeren gübrelerin bir arada verilmesi bitki gelişimini olumlu yönde etkiler (Frechilla vd., 1999). Azot kuraklık stresi altındaki bitkilerin gelişimi ve verimliliği için de çok önemlidir. Bitkide karbon ayrılmasını etkiler ve çözünebilir şekerlerin ve özellikle yaprak gelişimini hızlandıran nişastanın birikimini artırır (Rufty vd., 1988). Işığın sınırlandırıcı bir etken olmadığı durumlarda N uygulaması antioksidatif savunma mekanizmasını kloroplast pigmentlerinde azalan fotooksidasyon ve azalan yaprak yaşlanmasının bir sonucu olarak artırır (Marschner, 2011). Gübre olarak uygulanan ya da diğer kaynaklardan alınan N miktarı köklerin topraktan su alma kabiliyeti ile yakından ilgilidir. Bitkinin yeterince su alması ya da alamaması stomaların açılıp-kapanmasını etkiler. Bu durum ise transpirasyon düzeyini ve buna bağlı olarak bitki kökleri tarafından alınan su ve bitki besin maddesi düzeyini değiştirir (Waraich vd. 2011). Kuraklığa bağlı olarak ortaya çıkan N noksanlığı büyük oranda kuraklığın yarattığı gelişme geriliğine temelde hücre sayısı ve hücre boyutu üzerinden yaprak boyutunu etkileyerek katkıda bulunur (MacAdam vd., 1989). Toth vd. (2002), N noksanlığı şartlarında yaprak üretiminde ve yaprak alanında azalma olduğunu belirlemiştir. Yaprak fotosentez düzeyinde bitki N içeriğindeki değişimlere bağlı olarak farklılaşmalar gözlemlendiği belirlenmiştir (Goudriaan ve Van Keulen, 1979; Just vd., 1989).

Yaprak N içeriği tarafından etkilenen fotosentetik aktivitenin düzeyi, ışınım düzeyi ve farklı bitki türlerine göre değişebilmektedir (Sinclair ve Horie, 1989).

Düşük N şartlarındaki düşük fotosentetik aktivite sıklıkla klorofil ve RubisCO aktivitesindeki azalmaya atfedilir (Evans ve Terashima, 1987; Verhoeven vd., 1997; Toth vd., 2002). C3 bitkilerinde yapraklardaki N içeriğinin %75'i fotosentezle ilgili olmakla beraber yaprakların çözünebilir protein miktarının yaklaşık %50'si RubisCO enzimi için kullanılır (Gimenez vd., 1992). Lawlor (2002) bitkilerdeki protein merkezli metabolik süreçlerin, vejetatif ve generatif gelişmenin ve verimdeki artışın tamamen yeterli N bulunmasıyla ilgili olduğunu bildirmiştir. Kuraklık stresi protein metabolizmasında bozulmaya neden olur (Ranieri vd., 1989). Buğday genotiplerinde kuraklık stresi altında ortaya çıkan protein azalmasının dehidrasyona bağlı olarak RNase aktivitesinde meydana gelen artış sonucu azalan RNA içeriği ile ilgili olabileceği düşünülmektedir (Martin ve Dasilva, 1972). Verga vd. (1992), soya fasülyesinde ekimden önce toprağa N uygulandığında protein içeriğinde bir artış meydana geldiğini, ancak daha sonraki aşamalarda yapılan N uygulamasının ise herhangi bir değişime yol açmadığını bildirmiştir. Kettlewell ve Juggins (1992) buğdayda üre uygulamasıyla beraber protein içeriğinde bir artış olduğunu, öte yandan yaprak nişasta içeriğindeki artışın ise çok düşük düzeylerde gerçekleştiğini bildirmiştir. Pek çok çalışma bitkilerde NO_3^- 'in asimilasyonunu sağlayan enzimlerin davranışlarında kuraklık stresine bağlı olarak bazı değişiklikler olduğuna işaret etmektedir (Kaiser ve Brendle-Behnisch, 1991; Kenis vd., 1994). Azotun asimilasyonunda dikkat çeken ilk enzim nitrat redüktazdır ve kuraklık stresi altındaki ayçiçeği yapraklarında azaldığı belirlenmiştir (Azedo-Silva vd., 2004). Kuraklık stresi altındaki bitkilere uygulanan artan düzeylerdeki N, NO_3 alımını arttırmak yoluyla nitrat redüktaz enzim aktivitesini olumlu yönde etkiler (Kathju vd., 1990). Dehidrasyon ayçiçeği köklerindeki nitrat redüktaz enzim aktivitesini azaltır (Azedo-Silva vd., 2004). Aynı durum buğdayda da belirlenmiştir (Larsson vd., 1989). Bununla beraber benzer koşullarda mısır köklerinin nitrat redüktaz aktivitesinde herhangi bir değişim olmadığı rapor edilmiştir (Abd-El Baki vd., 2000). Correia vd. (2005), ayçiçeğinde ve köklerinde rhizobium nodülleri bulunmayan beyaz acı bakla (*Lupinus albus* L.) bitkisinde nitrat redüktaz aktivitesinin toprak kurummasına bağlı olarak azaldığını ve bu durumun alınan NO_3 miktarında meydana gelen azalmayla ilgili olduğunu bildirmiştir. Azotlu besleme yoluyla su kullanım etkinliğinin geliştirilmesi ve kuraklığın olumsuz etkilerinin azaltılmasıyla ilgili olası mekanizmalar Waraich vd. (2011) tarafından tanımlanmıştır. Kimyasal gübrelemenin kültür bitkilerinin büyümesi ve gelişmesi

sırasında su stresinin yan etkilerini hafiflettiği rapor edilmiştir (Marschner, 2011; Payne vd., 1995; Raun ve Johnson, 1999). Bu şartlar altında farklı gelişme evrelerindeki bitkilerde oluşan kuraklık stresi aklimasyon evresinde çeşitli morfo-fizyolojik değişimlere neden olmaktadır (Ali vd., 2010). Fidan aşamasındaki kuraklık stresi daha yüksek kök kuru maddesi ağırlığı, daha uzun kökler, koleoptiller ve daha yüksek kök/sürgün oranını teşvik edebilir. Bu parametreler gelişimlerinin erken evrelerinde bulunan kültür bitkilerinin strese toleranslarını ölçmek için seçilen kriterlerdir (Takele, 2000; Dhanda vd., 2004; Kashiwagi vd., 2004).

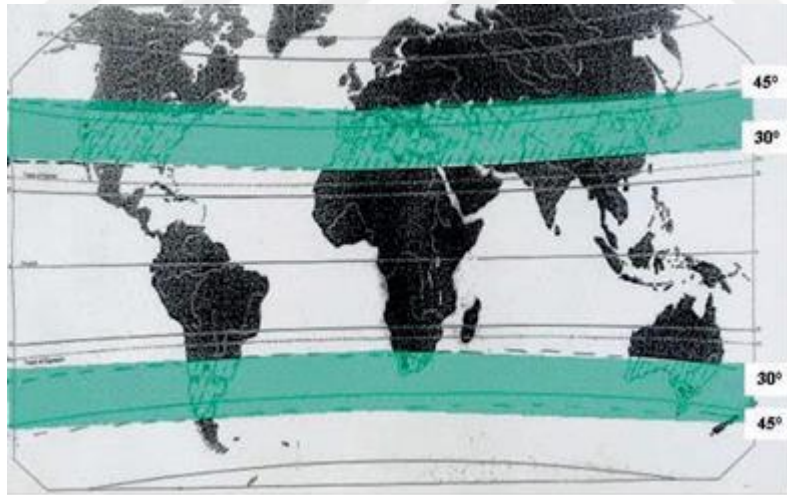
Aydın yöresi Türkiye’de en fazla zeytin ağacı varlığına (yaklaşık 22,5 milyon adet) sahip olan ildir ve zeytinden elde edilen verim yöreye önemli ekonomik katkı yapmaktadır (Anonim, 2019). Kuru koşullarda ve mevsimsel yağışlara bağlı olarak yapılan yetiştiricilikte kuraklığa bağlı olarak ciddi verim kayıpları olabilmektedir. Günümüzde Aydın yöresi zeytinliklerinin sadece %10’unda sulama yapılmaktadır. Bununla beraber son dönemde değişen sosyo-ekonomik şartlara bağlı olarak Aydın zeytin tarımında da bazı değişiklikler yaşanmaktadır. Bunlardan en önemlisi son yıllara kadar gübreleme de dahil olmak üzere gerekli yıllık bakım işlerinin birçoğunun uygulanmadığı zeytin yetiştiriciliğinde, ürünün değer kazanması ile beraber üreticilerde gübreleme isteği ve buna paralel olarak ilgili kuruluşlara analiz edilmek üzere getirilen toprak ve yaprak örneği sayısının giderek artmasıdır. Bu durum sulama imkanının sınırlı olduğu kurak ekosistemlerde yapılan zeytin yetiştiriciliğinde kimyasal gübreleme ile ilgili daha fazla çalışma yapılması gereğini ortaya çıkarmaktadır. Diğer önemli değişiklik ise özellikle son 15-20 yılda Tarım Bakanlığı tarafından yörede yeni zeytin plantasyonlarının kurulmasına verilen destekle beraber geniş alanlarda modern zeytin plantasyonlarının kurulmuş olmasıdır. Söz konusu bahçeler günümüzde verim çağına gelmiştir. Ancak bu plantasyonların büyük bir bölümünde daha nemli ve serin bölgelerin çeşidi olan Gemlik çeşidinden oluşmaktadır. Bunun en önemli nedeni en kolay köklenen çeşitlerden biri olan Gemlik’in ticari fidanlıklarda kısa sürede büyük miktarlarda üretilebilmiş olmasıdır. Gemlik çeşidinin Aydın yöresinde gittikçe artan oranlarda yetiştirilmesi doğal olarak daha nemli ve serin kuzey bölgelerde yetişen bu çeşidin güney Ege’deki sulama imkanının sınırlı olduğu kurak koşullarda gübrelemeye nasıl bir performans göstereceği konusunda soru işaretleri yaratmaktadır.

Yetersiz N'lu besleme ve kuraklık bitkilerde verim üzerine etkili 2 önemli sınırlayıcı faktördür (Glass, 2003; Parry vd., 2005). Bitkisel üretimin hedefi verim ve kalitenin artırılmasıdır. Üretim pratiklerinde bilinçsiz gübreleme oldukça sık rastlanan sorunlardan biridir. Bu durum yetersiz veya fazla N alımına neden olarak bitkilerde verim ve kaliteyi etkilemektedir. Ayrıca son yıllarda yaşanan düzensiz yağışlar, su kaynaklarında meydana gelen azalmalar nedeniyle yeterli sulamanın yapılamaması bitkisel üretimi olumsuz etkilemektedir. Kurak koşullar altında bitki türlerinin hayatının sürdürülebilirliği geliştirdikleri savunma mekanizmalarına bağlıdır. Birçok bitki türü stres koşullarıyla mücadelede farklı stratejiler geliştirmiştir. Bitkilerin bu kabiliyeti türler arasında farklı olmakla birlikte çeşitler arasında da farklılık gösterir. Bitkinin ihtiyaç duyduğu bitki besin elementlerini topraktan yeterli düzeyde alması stres koşullarıyla mücadelesinde etkili olur. Bitkilerin en fazla ihtiyaç duyduğu bitki besin elementi olarak N'un yeterli düzeyde alınması bitkinin savunma geliştirmesine katkı sağlayabilir. Özellikle bitkilerin kuraklığa tolerans mekanizmalarından olan osmotik düzenleyici moleküllerin yapısında bulunması veya bu bileşiklerin üretilmesindeki rolü sebebiyle kurak koşullar altında N'un alımı ve kullanımı önemlidir. Bu çalışmanın amacı; kısıtlı su uygulamaları koşullarında yetiştirilen 2 farklı zeytin çeşidinde (Memecik, Gemlik), farklı düzeylerdeki N'lu gübrelemenin yarattığı kimyasal, fizyolojik ve biyokimyasal değişimleri gözlemlemektir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Türkiye’de ve Dünya’da Zeytin Üretimi

Akdeniz iklim kuşağı içinde yer alan Aydın ili uzun, bulutsuz, sıcak ve kurak bir yaz periyoduna sahiptir. Bu iklim tipi mevsimsel yağışlara bağlı olarak yetiştirilen bitkilerde stres kaynaklı ciddi verim kayıplarına neden olabilmektedir. Buna ek olarak, devam eden iklimsel değişimlerin şu andaki oluşum hızı, yakın bir gelecekte Akdeniz Havzasında yer alan pek çok bölgede sulama suyu kaynaklarının daha da azalacağı beklentisini yaratmaktadır. Bu durum büyük bir olasılıkla bölgede tarımı yapılan pek çok bitkide daha uzun süreli kuraklık periyotlarına neden olacaktır (Blumthaler ve Ambach 1990, Madronich vd., 1995, Kolb ve Pfündel, 2005). Zeytin (*Olea europaea* L.) Akdeniz ikliminin tipik bitkisidir ve dünyada yalnızca Akdeniz ikliminin hüküm sürdüğü 30-45. kuzey-güney enlem bölgelerinde yetiştirilebilmektedir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Dünyada zeytin yetiştirilebilen alanların coğrafi dağılımı

Söz konusu enlem aralığındaki kurak koşullara son derece iyi bir şekilde adapte olan zeytin ağacı kuraklıktan en az zarar gören bitkilerden biridir. Bununla beraber olağandan daha uzun süreli kuraklık periyotlarında mevsimsel yağışlara bağlı olarak yetiştirilen zeytin bitkisinde ciddi gelişme gerilikleri ve verim kayıpları yaşanabilmektedir (Xiloyannis vd., 1997). Dünyada zeytin yetiştirilen alanların % 85’inde kuru tarım yapılmakta ve bu alanlarda 1000-2000 kg ha⁻¹ arasında ürün

kaybı ortaya çıkmaktadır (Touzani, 2001). Ülkemizde de durum pek farklı değildir. Aydın yöresi zeytinliklerinin yaklaşık %90'ında kuru şartlarda yetiştiricilik yapılmaktadır (Tunalıoğlu ve Gökçe, 2002).

Aydın ili iklim verilerine bakıldığında uzun yıllar yıllık sıcaklık ortalaması 17,7°C, yıllık ortalama yağış miktarı 664,9 mm'dir. Ancak yıllar içerisinde yağış düzensizlikleri görülmektedir. 2020 yılı Türkiye geneli ortalama sıcaklık 14,9°C olup, 1971'den beri en sıcak 3. yıl olarak değerlendirilmektedir. Ayrıca yıllık yağış miktarı ise 500 mm ile uzun dönem iklim verileri ortalamasının %13 altında kalmıştır. Aydın'da yağışların yılın sadece 3-4 ayında gerçekleşmesi de bitkilerin dönemsel kuraklıklar yaşamasına neden olmaktadır. Yağışlar kadar güneş radyasyonu da bitkilerde kuraklık stresine neden olur. Türkiye yıllık güneş radyasyonu 1360,1 kwsaat/m², Aydın'da ise Türkiye ortalaması üzerinde olup 1754 kwsaat/ m² olarak tespit edilmiştir (Anonim, 2020).

2.2. Kuraklık Stresi ve Zeytin Üzerine Etkisi

Kuraklık, yağışın uzun yıllar ortalamasından daha az gerçekleşmesi ile ortaya çıkan ve herhangi bir zamanda herhangi bir yerde meydana gelebilecek doğal bir iklim olayıdır. Uzun bir zaman içinde yağışın belirgin şekilde normal değerlerin altına düşmesi 'Meteorolojik Kuraklık' olarak tanımlanmaktadır. Yağış miktarı ve yağışlı gün sayısı ile hesaplanan kuraklık periyotları bölgeden bölgeye değişiklik gösterir. Meteorolojik kuraklığın uzaması durumunda yeraltı suları ve yüzey sularının azalmasıyla 'Hidrolojik Kuraklık' meydana gelmektedir. Toprakta bitkinin ihtiyaç duyduğu dönemlerde yeterli nemin bulunmadığı koşullar ise 'Tarımsal Kuraklık' olarak tanımlanır. Bu koşullar bitkinin gelişme döneminde stres ile karşı karşıya kalmasına neden olur (Kaplukan, 2013).

Kuraklık stresi arid ve semi-arid koşullarda verimi sınırlandıran önemli bir unsurdur (Farzi vd., 2017; Chaves vd., 2003; Parry vd., 2007; Lambers vd., 2008). Kuraklığın, türler ve çeşitler arasında farklı olmakla birlikte, verimi yaklaşık %13-94 düzeylerinde azalttığı tespit edilmiştir (Farooq vd., 2009). Zeytin bitkisi anatomik, fizyolojik ve biyokimyasal mekanizmalar geliştirerek kuraklığa tolerans gösterebilen bir bitkidir (Chartzoulakis vd., 1999; Bacelar vd., 2006; Ennajeh vd., 2008). Bu durum çeşitler arasında farklı düzeylerde gerçekleşebilmektedir. Dayanıklı çeşitler daha fazla kök uzunluğu ile su alımını artırırken aynı zamanda

su transpirasyonunu da azaltma yollarını aramaktadır (Guerfel vd., 2009b; Tognetti vd., 2005). Ancak uzun dönem su kısıtlılığı zeytin yetiştiriciliği için sınırlayıcı faktördür. Yüksek verim ancak yeterli su alımı ve beslemeyle gerçekleşir. Bunu kısıtlı sulama koşullarında sürdürebilmek için genotipler adaptasyon geliştirmek durumundadır (Chartzoulakis vd., 2010; Petridis, 2012). Bu adaptasyonlar çeşitler arasında farklı karakteristik özellikler (ağaç boyu, yaş-kuru ağırlığı, yaprak sayısı, boyutu, çiçek sayısı, meyve sayısı, verimi, element alımı, enzim aktivitesi vb.) ortaya çıkarır. Osmotik düzenleme su stresine karşı en önemli savunma mekanizmalarındandır. Tolerans için prolin (PRO) gibi çözünebilir karbohidratların bitkide birikimi bu yüzdendir. Bu bileşikler hücrenin daha fazla su alımına devam etmesine yardımcı olur (Xu vd., 1996; Gholami ve Zahedi, 2019).

Kuraklık ile karşı karşıya kalındığında bitkiler 3 yolla yanıt verir. Bunlar kuraklıktan kaçınma (escape), kuraklığı önleme (avoidance) ve kuraklığa tolerans (tolerance) mekanizmalarıdır. Kuraklıktan kaçış stratejileri arasında yaşam süresinin kısaltılması, erken hasat ve dormansi yer alır (Vilagrosa vd., 2012). Kuraklığı önleme stratejilerine örnek olarak ise su alım etkinliğini arttırmak, stomaları kapatmak, köklerin uzamasını sağlayarak daha fazla su alınıp yapraklara iletilmesini sağlamak, yaprak boyutlarını düzenlemek vb. durumlar verilebilir (Jackson vd., 2000). Osmotik düzenleme kabiliyetini geliştirmek, çözünebilir proteinleri arttırarak antioksidan savunma mekanizmasını arttırmak kuraklığa tolerans mekanizmalarındandır (Morgan 1984; Ding vd., 2018).

2.2.1. Kuraklığa Karşı Morfolojik Yanıtlar

Büyüme ve gelişme

Yapılan çalışmalar kuraklığın bitkilerin büyüme ve gelişmesi üzerine olumsuz etkiler yaptığını ortaya koymuştur. Kuraklık etkisi altındaki bitkilerde çimlenme geriler (Harris vd., 2002), hücre bölünmesinin engellenmesiyle birlikte hücre uzaması ve genişlemesi azalır (Hussain vd., 2008). Yaprak yüzey alanının genişlemesi turgor, sıcaklık ve asimilasyon miktarı ile ilişkili olup turgor azaldığında yaprak alanı da azalır (Rucker vd., 1995).

Ennajeh vd. (2010), 2 farklı zeytin çeşidinin (Chemlali, Meski) kuraklığa olan

direncini bitkilerin morfolojik ve anatomik özellikler bakımından araştırmıştır. Morfoanatomik yapıları her 2 çeşitte farklı bulunmuştur. Bu farklılık fotosentez asimilasyon oranları ve terleme oranlarında farklılığa neden olmuştur. Chemlali çeşidi stres altında diğer çeşide göre yapraklarının üst palizat ve sünger parenkima kalınlıklarını arttırdığı için fotosentez oranını yüksek tutabilmiştir. Çünkü yaprak parenkiması fazla miktarda CO₂ fiksasyon bölgesi içerir. Ayrıca stoma yoğunluğunu da artırır. Morfolojik olarak meydana gelen bu farklılıklar strese karşı tolerans mekanizmalarını anlamada yol gösterici olmuştur.

Verim

Birçok bitkide kuraklık altında stomaların kapanmasıyla birlikte fotosentezin sınırlanmasıyla verimde azalmalar olduğu gözlenmiştir (Farooq vd., 2009; Cornic, 2000; Chaves, 1991; Flexas vd., 2004).

2.2.2. Kuraklığa Karşı Fizyolojik Yanıtlar

Kök sinyal iletimi

Kuraklık altında köklerden yapraklara sinyal iletimi gerçekleşir. Absisik asit (ABA), sitokinin, etilen gibi büyüme düzenleyicileri bu sinyal iletiminde rol alır ve stomaların kapanması sağlanır. Kuraklık etkisiyle ABA artar.

Bitki su ilişkileri

Gholami ve Zahedi (2019), 7 farklı zeytin çeşidinde kuraklığın etkisini belirlemek amacıyla fizyolojik-biyokimyasal özellikler, meyve ve yağ verimi ile su kullanım etkinliğini ölçmüştür. Sonuçlar çeşitler arasında kuraklığa tepki açısından farklılık olduğunu göstermiştir. Kuraklık YOSİ, Ca/K ve meyve verimini etkilemiştir. Su kullanım etkinliğinin yüksek olduğu çeşitler kuraklığa toleransı yüksek çeşitler olarak değerlendirilmiştir.

Fotosentez

Fotosentezde bitkiler suyu oksitlemek için güneş enerjisini kullanarak oksijen açığa çıkarır ve karbondioksiti indirgeyerek şekerler başta olmak üzere çeşitli karbon bileşiklerini oluşturur. Fotosentez; 'tilakoid reaksiyonları' ve 'karbon

indirgeme reaksiyonları' olmak üzere kloroplastlarda 2 aşamada gerçekleşen bir olaydır. 'ışığa bağımlı reaksiyonlar' olarak da anılan tilakoid reaksiyonları kloroplastların tilakoid membranlarında gerçekleşir. Bu reaksiyonlar sonucunda ışık enerjisi fotosistem I (PSI) ve fotosistem II (PSII) adı verilen 2 farklı işlevsel birim tarafından kimyasal enerjiye dönüştürülürken, yüksek enerjili ATP ve NADPH bileşikleri sentezlenir. 'ışığa bağımlı olmayan reaksiyonlar' olarak da bilinen karbon indirgeme reaksiyonları ise stromada gerçekleşir.

Fotosentezin en önemli kaynağı ışıktır ve bu işlem için güneşten gelen elektromanyetik spektrumun 'görünür bölge' olarak adlandırılan 400 nm (mor) ile 700 nm (kırmızı) arasında kalan radyasyon dalgaları kullanılır. Bu dalga boyu aralığı fotosentetik aktif ışınım (PAR) olarak ifade edilir. Işık bitkinin mezofil hücrelerinde bulunan kloroplastların içerisindeki pigmentler tarafından soğurulur. Bu pigmentler klorofil a, klorofil b ve karotenoidlerdir. Düşük enerjili veya temel durumdaki pigment bir fotonu soğurunca daha yüksek enerjili ve uyarılmış hale geçer. Uyarılmış pigment içerdiği enerjiyi ısı enerjisine dönüştürebilir veya fotonu dışa verebilir (floresans). Ya da enerjiyi elektron transferiyle başka bir moleküle aktararak fotosentezin gerçekleşmesini sağlar.

Karotenoidler soğurdukları ışını klorofillere aktarır. Ayrıca fotooksidasyona karşı pigmentlerin korunmasında rol alır. Klorofiller fotonu (ışığı) toplar ve reaksiyon merkezine aktarır. Her klorofilin kendine özgü reaksiyon merkezi yoktur. Bir kaç yüz pigment bir reaksiyon merkezi ile çalışır. İki fotokimyasal kompleks olan ve seri halde çalışan PSI ve PSII fotosentezde enerjinin depolanmasını sağlayan başlangıç reaksiyonlarını gerçekleştiren sistemlerdir. PSI NADP⁺'ı indirgeyebilen güçlü bir indirgeyici ve zayıf bir yükseltgeyici üretir. PSII suyu oksitleyebilen çok güçlü bir yükseltgeyici ve daha zayıf bir indirgeyici üretir. İki sistemin birlikte çalışması fotosentez Z şeması olarak adlandırılır. PSI ve PSII arasında elektron taşıma zinciri bulunur.

Karbon indirgeme reaksiyonları da Calvin Döngüsü adıyla anılır. Kloroplastların stromasında gerçekleşen 3 aşamalı reaksiyon zinciridir.

1. Karboksilasyon- CO₂'nin alıcı Ribuloz 1.5 bifosfat (RubisCO)'a bağlanması ve 3 fosfogliseraldehit oluşumu,

2. İndirgeme- 3 fosfogliseraldehitin indirgenmesiyle gliseraldehit 3 fosfat oluşumu,
3. Yenilenme- Gliseraldehit 3 fosfattan yeniden CO₂ alıcısı RubisCO'nun oluşumu.

RubisCO çoğu yaprakta toplam proteinlerin % 40'ını oluşturacak kadar fazladır.

Kuraklık etkisi altında fotosentezi sınırlandıran faktörler 'stomaya bağlı' ve 'stomaya bağlı olmayan' faktörler olarak gruplandırılabilir (Kamanga vd., 2018). Stomaya bağlı nedenler arasında stoma iletkenliğinin azalması, transpirasyon oranı, içsel CO₂ konsantrasyonu gibi parametreler yer alır. Stomaya bağlı olmayan nedenler ise fotosentezin gerçekleşmesini sağlayan pigmentlerin zarar görmesiyle birlikte elektron transferinin azalması, dolayısıyla fotosistemlerin iyi çalışmaması ve RubisCO enzimine bağlı olarak CO₂ asimilasyonunun gerilemesidir.

Su noksanlığı altında bitkilerde stomaların kapatılması verilen en erken yanıttır (Martin-StPaul vd., 2017). Stomaların kapanması su kullanımını dengelemede önemli iken, diğer taraftan da yapraklarda ısı birikimine ve CO₂ difüzyonunun kısıtlanmasına bağlı olarak fotosentezin engellenmesine neden olmaktadır (Karimi vd., 2018). Kuraklıkla ilgili birçok çalışmada stoma iletkenliğinin belirlenmesi, strese dayanıklılık mekanizmalarını anlamada yol gösterici olmuştur (Dichio vd., 2006; Ennajeh vd., 2006; Guerfel vd., 2009'a; Sofu 2011; Zhao vd., 2011; Abdallah vd., 2018).

Karimi vd. (2018), 2 yaşındaki 4 farklı zeytin çeşidinde (Fishomi, Dezful, Amigdalolia ve Conservolia) 30 günlük kuraklık ve sıcaklık şartlarında verdikleri tepkileri osmoprotektan birikimleri, su ilişkileri ve büyüme düzeyleri açısından incelemişlerdir. Yapılan çalışma kuraklığın gövde uzamasını, gövde genişliğini, yeni yaprak oluşumunu, yaprak alanını ve spesifik yaprak ağırlığını sınırladığını ortaya koymuştur. Fishomi çeşidinde yaprak oransal su içeriği, membran stabilite indeksinin düşük olması sebebiyle büyümenin gerilemesi diğer çeşitlere göre daha fazla bulunmuştur. Ayrıca elde edilen bulgular kuraklığa toleransın çözünebilir karbohidratlar, PRO, K ve Ca içeriği ile ilişkili olabileceğini ortaya koymuştur.

Abdallah vd. (2018), tuzluluk ve kuraklık stresi altında yetiştirilen zeytin çeşidi Chetoui'nin bazı fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler mekanizmalarını incelemiştir. Fotosentetik parametrelerin azalmasının PSII, yaprak N içeriğinin azalması, Calvin döngüsü ve N metabolizması ile ilişkili olduğunu tespit etmişlerdir. Bu çeşidin karotenoid seviyelerindeki artış ile fotokoruyucu/antioksidan olarak geçici olarak lipid peroksidasyonunu dengeleyebildiğini, sonuçta su tükenmesini tolere edebilme kabiliyetine karşın kuraklığa ve tuzluluğa orta derecede duyarlı olduğunu belirtmişlerdir.

Dias vd. (2018), 2 yaşında 3 farklı zeytin çeşidi (Cobraçoşa, C. Serpa ve C.C. Branco) ile yaptıkları çalışmada kuraklık ve sıcaklık stres koşulları altında klorofil floresans parametreleri ile oksidatif stres düzeylerini karşılaştırmışlardır. Stresten en az etkilenen çeşidin Cobraçoşa olduğunu, bunun yüksek Fv/Fm değerleri, pigment içeriğinin daha az etkilenmesi ve oksidatif savunma kapasitesinin diğerlerine göre yüksek olmasından kaynaklandığını belirlemişlerdir.

Ennajeh vd. (2006), kuraklığa karşı savunma mekanizmalarını değerlendirmek üzere dayanıklı olarak bilinen Chemlali, hassas olarak bilinen Meski zeytin çeşitlerinde bazı morfolojik ve biyokimyasal özelliklerin yanında fotosentez oranını incelemiştir. İki yaşındaki zeytin çeşitleri 1 ay süre ile serada yetiştirilmiş, sonrasında 55 günlük kuraklık koşulları sulamanın kısıtlanması ile oluşturulmuştur. Süre sonunda yaprakların stoma ve tüy yoğunlukları ışık mikroskobu altında incelenmiştir. Ayrıca gaz değişim parametreleri, YOSİ, PRO içerikleri ölçülmüştür. Bulgular Chemlali'nin daha fazla stoma ve tüy yoğunluğuna sahip olduğunu göstermiştir. Ayrıca YOSİ ve fotosentetik aktivite her iki çeşitte de azalsa da hassas çeşitte azalma oranı daha fazla bulunmuştur. Her iki çeşitte de PRO ve çözünebilir şeker birikimi artmıştır. Ancak Chemlali'de çözünebilir şeker oranının diğerine göre az olmasının nedeninin savunma mekanizması olarak PRO sentez mekanizmalarına şekerlerin aktarılmasından kaynaklandığı belirtilmiştir. Tüm bu parametreler 2 çeşit arasında yüksek tüy ve stoma yoğunluğu farkına bağlı olarak, Chemlali'nin etkili osmotik düzenleme ile daha fazla kuraklığa tolerans gösterdiğini ortaya koymuştur.

Bosabalidis ve Kofidis (2002), kuraklık stresi altında 2 farklı zeytin çeşidinin (Mastoidis, Koroneiki) yaprakta meydana gelen anatomik değişiklikleri izlemiştir. Su stresi her iki çeşitte de hücre çöküşünü engellemek üzere bir

mekanizmaya bağlı olarak epidermal ve mezofil hücre miktarlarında azalmaya neden olmuştur. Ancak bu azalma Mastoidis'te daha belirgin olmuştur. CO₂'nin mezofil dokulardan geçmesiyle gerçekleşen fotosentez miktarı da bu çeşitte daha çok azalmıştır. Araştırma bulguları ışığında her iki çeşidin de kuraklıktan etkilendiğini ancak Koroneiki'nin morfolojik değişiklikler ile beraber daha tolerant bir çeşit olduğunu ortaya koymuştur.

Boussadia vd. (2008), Koroneiki ve Messi zeytin çeşitlerinde kuraklık stresi altında yaptıkları çalışmada klorofil floresans ölçümleri, gaz değişim parametreleri ve YOSİ'ni incelemiştir. Serada 2 yaşındaki zeytin fidanları kontrole ek olarak 3 farklı kuraklık düzeyine maruz bırakılmıştır. Kontrol bitkileri tarla kapasitesi sulama düzeyinde her gün düzenli olarak sulanırken, 10 gün sulama yapılmadan 'hafif kuraklık', 20 gün sulama yapılmadan 'orta düzeyde kuraklık', 30 gün sulama yapılmadan şiddetli kuraklık ortamları yaratılmıştır. Stres sonunda her iki çeşitte de YOSİ azalırken, bu azalışın Koroneiki'de diğerine göre daha fazla olduğu gözlenmiştir. Klorofil floresans parametrelerine bağlı olarak net fotosentez oranı stres düzeyi arttıkça azalmıştır. PSII'nin maksimum fotokimyasal verimliliğini ifade eden Fv/Fm değerlerinde azalma meydana gelmiştir. Bu parametrelerdeki değişikliklerden yola çıkılarak 2 zeytin çeşidi arasında bazı farklılıklar olduğu ve bunun kuraklığa tolerans mekanizmalarındaki çeşitlilikten kaynaklandığı ortaya konmuştur.

Guerfel vd. (2009'a), 1 yaşındaki 2 farklı zeytin çeşidi (Chemlali, Chetoui) ile yaptıkları çalışmada kuraklık stresinin etkilerini fotosentez açısından değerlendirmişlerdir. Çalışmada kontrol grubu zeytin fidanları tarla kapasitesinde olacak şekilde sulanırken, stres grubunda yetiştirme ortamı 1 ay boyunca solma noktasında (% 6,2) tutulmuştur. Uygulanan stres sonucunda fotosentez ile ilişkili olan yaprak morfolojik yapıları, gaz değişim parametreleri ve bitki-su ilişkileri incelenmiştir. Bulgular 2 çeşit arasında morfolojik ve fizyolojik önemli farklılıklar olduğunu göstermiştir. Daha kalın palizat parenkimaya, daha fazla stomaya ve tüy yoğunluğuna sahip zeytin çeşidinin (Chemlali) su stresine daha tolerant olduğunu tespit etmişlerdir. Bu morfolojik özelliklerdeki farklılıklar fotosentezle ilgili parametrelerdeki farklılıklara neden olmuştur. Her iki çeşitte de kontrole göre stres düzeyi arttığında fotosentez, YOSİ, klorofil içeriği ve stoma iletkenliği azalmıştır. Ancak dayanıklı olarak bilinen çeşitte bu azalmaların şiddeti diğerine göre daha yoğun bulunmuştur.

Faraloni vd. (2011), kuraklık stresine maruz bıraktıkları 24 farklı zeytin çeşidinde *in vitro* ve *in vivo* koşullarda yürüttükleri çalışmada klorofil floresans parametrelerini incelemişlerdir. *In vitro* koşullarda çevre koşulları düzenlenerek zeytin fidanları 24 saat kuraklığa maruz bırakılmıştır. *In vitro* çalışmasının bulguları Fv/Fm oranındaki düşüşlerin çeşitler arasında farklı düzeylerde olduğunu göstermiştir. Duyarlı çeşitlerde %90'a varan Fv/Fm azalması görülürken, toleran çeşitlerde değişim olmamıştır. Bulgulara göre 8 çeşit Fv/Fm oranını korumasından dolayı kabul edilebilir düzeyde toleran bitki olarak değerlendirilmiştir. Orta derecede dayanıklı ve hassas bitki grupları *in vivo* ortamda yetiştirilmek üzere seçilmiştir. Serada 28 gün ciddi kuraklık stresine maruz bırakılan bu bitkilerde de Fv/Fm değerleri ölçülmüş, bulgular *in vitro* koşullardaki zeytin tepkileri ile aynı olduğunu göstermiştir. Bu da *in vitro* koşullarda hızlıca Fv/Fm ölçümlerinin kuraklık stresine karşı tepkilerin belirlenmesinde kullanılabilir bir belirteç olduğunu ortaya koymuştur.

Grisafi vd. (2004), 3 farklı zeytin çeşidiyle (Biancolilla, Cerasuola, Nocellara del Belice) yaptıkları çalışmada yüksek sıcaklık ve kuraklık stresinin etkilerini incelemişlerdir. Morfolojik ve anatomik olarak meydana gelen değişimlerin düzeyleri çeşitler arasında kuraklığa tolerans mekanizmalarının açıklanmasında etkili olmuştur.

2.2.3. Kuraklığa Karşı Biyokimyasal Yanıtlar

Reaktif oksijen türlerinin (ROS) oluşumu

Reaktif oksijen türleri (ROS) hücrede doğal biyokimyasal mekanizmalarla belirli bir denge halinde sentezlenen hücresel moleküllerdir. Bu moleküller oksijen moleküllerinin farklı türleri olup süperoksit anyon (O_2^-), tekli oksijen ($\cdot O_2$) ve hidroksil ($\cdot OH$) ile hidrojen peroksit (H_2O_2) olup birbirlerine dönüşerek veya başka moleküller tarafından temizlenerek bir denge halinde bulunurlar. Biyotik veya abiyotik stres faktörleri altında bu moleküllerin fazla miktarda oluşumu ve birikimi başlar. Bu durumda lipid peroksidasyonu, protein oksidasyonu, nükleik asit zararı, enzim inhibisyonu ve programlanmış hücre ölümü gibi birçok olay tetiklenir (Sharma vd., 2012; Kamanga vd., 2018).

Fotosentezde elektron transferi yapan kloroplastlar aynı zamanda oksidatif strese yol açan ROS'nin en önemli kaynağıdır. Kloroplastların stres altında zarar görmesi veya işlevlerini yerine getirememesi gibi durumlarda değerlendirilemeyen enerji fazla miktarda ROS oluşumuna ve birikimine neden olur. Ancak bitkiler bu ROS'nin oluşumunu engelleyen veya temizleyen birçok mekanizma geliştirmiştir (Pintó-Marijuan ve Munné-Bosch, 2014). Örneğin, ışık absorpsiyonu veya fotonların ekstra enerjisi fotokimyasal ve fotokimyasal olmayan mekanizmalar yoluyla azaltılabilir. Ayrıca bitkiler serbest ROS'ni nötralize edebilen ve azaltan enzimatik veya enzimatik olmayan antioksidanlardan oluşan antioksidan sisteme sahiptir (Dias vd., 2014).

Antioksidanların birikimi

Antioksidan enzimler olarak süperoksit dismutaz (SOD), peroksidaz (POD), askorbat peroksidaz (APOX), katalaz (CAT) ile ROS'nin temizlenmesi bir savunma mekanizması olup stres koşullarında fazla ROS birikimini engeller. Kuraklık stresi altında SOD, CAT, POD gibi enzimlerin arttığı birçok araştırmacı tarafından kanıtlanmış ve bitkinin antioksidan kapasitesinin kuraklığa toleransı ile ilişkili olduğu vurgulanmıştır (Yuan vd., 2016; Petridis vd., 2012).

Osmoprotektanların birikimi

Su noksanlığında hücrede çeşitli çözünmüş maddeler birikir ve osmotik potansiyel düşer. Osmotik düzenleme çeşitli iyonlar, şekerler, amino asitler, prolin (PRO) gibi çözünmüş maddelerin birikimiyle artan hücresel osmotik potansiyelin etkisiyle hücresel su açığı belli bir eşik değeri aştığında meydana gelir. Bu osmoprotektan birikiminin strese karşı bitkilerin geliştirdiği bir savunma mekanizması olduğu bilinmekte (Munns ve Tester, 2008; Sofo vd., 2004) ve birikim düzeyi bitki türlerine göre değişiklik göstermektedir. Kuraklık altında bitkinin su alımına devam edebilmesini sağlayan PRO, hücresel osmotik potansiyelin düzenlenmesinde anahtar role sahiptir (Xu vd., 1996; Hassine vd., 2008). Kuraklık stresi altındaki bitkilerin PRO içeriklerini artırarak dayanıklılık mekanizmasını geliştirdikleri birçok çalışmayla kanıtlanmıştır (Ennajeh vd., 2006; Karimi vd., 2018; Gholami ve Zahedi, 2019).

Biyokimyasal moleküllerin yanı sıra Ca^{+2} ve K^{+} iyonları da hücrenin osmotik potansiyelin düzenlenmesinde rol oynar. Ca^{+2} iyonları plazma zarının geçirgenliğini azaltarak kuraklığa toleransa katkı sağlarken (Ma vd., 2009), K^{+} hücrede osmotik düzenlemeyi sağlayarak su taşınımında etkili olur (Raza vd., 2014).

2.3. Azot ile İlgili Çalışmalar

Köklerden bitki besin elementlerinin alınması ve yapraklara taşınması kurak koşullarda azalır. Bitkide stomaların kapanmasına bağlı olarak transpirasyon azalır ve sonuç olarak besin elementlerinin taşınması sınırlanır (Hu vd., 2007; Farooq vd., 2009; da Silva vd., 2011). Stres koşullarında bitkinin toleransı beslenme durumundan etkilenir (Huber vd., 2012, Sanzani vd., 2012; Fernández-Escobar, 2019).

Bitkiler için mutlak gerekli bir bitki besin elementi olan N, bitki hücrelerinde pek çok önemli organik molekülün (protein, nükleik asit, koenzim, vitamin vs.) yapısına katılır. Bitkiler için yararlı olan formları NO_3^- ve NH_4^+ iyonlarıdır. Bu iyonlar kökler aracılığıyla topraktan alınır. Sonrasında köklerde nitrat redüktaz gibi enzimler aracılığıyla indirgenerek N'lu bileşiklere asimile edilir (Marschner, 2011; Mengel ve Kirkby, 2001). Kuraklık nitrat redüktaz aktivitesini azaltır.

Yaprak N'unun yaklaşık % 50'si enzimlerin ve klorofilin yapısına katılır. Ayrıca N ile stoma iletkenliği arasında pozitif ilişki söz konusudur. Kurak koşullarda stomaların açılmasını düzenler. Bu nedenlerle N fotosentezle doğrudan ilişkilidir (Banziger vd., 2000; Xiong vd., 2015). Su stresine bağlı olarak bitkinin yeterli N'a ulaşamaması durumunda fotosentezin olumsuz etkilendiği birçok araştırmacı tarafından doğrulanmıştır (Wu vd., 2008).

Kurak koşullar altındaki bitkilere yapılan ekstra N uygulamaları bitkilerin çoğunluğunda strese olan toleransı artırır (Wu vd., 2008; DaMatta vd., 2002; Saneoka vd., 2004). Azot; aminoasitler, çözünebilir şeker, protein gibi biyokimyasal moleküllerin yapısına katılarak kuraklık stresi altında bu bileşiklerin osmoprotektan olarak görev yapmasını sağlar (Ashraf ve Foolad, 2007).

Zeytinde N gübrelemesinin uzun vadede etkisinin araştırıldığı bir çalışmaya göre yetersiz N gübrelemesinin bitki büyüme ve gelişme parametrelerinde azalmaya

neden olduğu ve yağ verimini azalttığı belirlenmiştir. Çalışmada ayrıca zeytinin optimum N ihtiyacının ortalama olarak 150 kg/ha olup, bu miktarda N'un uzun vadeli verim için gerekli olduğu ortaya konmuştur (Haberman vd., 2019).

Tabatabei (2006), 3 zeytin eşidi (Mission, Manzanila, Zard) ile yaptığı 12 aylık çalışmada tuzluluk ve N uygulamalarının zeytinde büyüme parametreleri ve fotosentez üzerine etkilerini incelemiştir. Bu amaçla 4 farklı tuz dozu NaCl ile 0-50-100-150 mM konsantrasyonlarda, 3 farklı N uygulaması ise Amonyum nitrat ile 100-200-300 mg L⁻¹ konsantrasyonlarda zeytin fidanlarına uygulanmıştır. Tüm çeşitlerde tuzluluğun büyüme üzerine önemli düzeyde olumsuz etkisi gözlenmiştir. Kontrol uygulamasına (NaCl-0;N-100) göre yaprak alanı tuzluluğa bağlı olarak azalmıştır. Bitki büyümesi üzerine 200 mg L⁻¹ N dozu olumlu etki yaparken, 300 mg L⁻¹ düzeyine çıktığında etki ters yöne dönmüştür. Diğer yandan fotosentez ve transpirasyon oranı da tuzluluk ile olumsuz etkilenmiştir. Artan N dozları Mission ve Manzanila eşitlerinde fotosentez oranına etki yapmazken, Zard eşidinde fotosentezi azaltmıştır. Bunun sebebinin toplam N ve NO₃ alımındaki azalmaya bağlı olarak nitrat redüktaz enziminin azalması olabileceği ortaya konmuştur. Ayrıca araştırıcı N'un olumlu etkisinin N dozuna bağlı olduğu, 200 mg L⁻¹'ye kadar N uygulaması tuzlulukla mücadelede etkili olurken 300 mg L⁻¹'de bu etkinin görülmediğini belirtmiştir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Deneme Materyali

Denemede materyal olarak özel sektöre ait bir fidanlıktan sağlanan yabancı zeytin formu 'Delice' anacı üzerine aşılı 2 yaşındaki, sertifikalı Memecik ve Gemlik zeytin fidanları kullanılmıştır. Memecik zeytin çeşidi Aydın'da en fazla yetiştirilen yağlık zeytin çeşitlerindedir. Gemlik çeşidi ise daha çok Kuzey Ege bölgesinde yetiştirilen sofralık zeytin çeşitlerindedir. İlgili çeşitlere ait genel bilgiler ise Çizelge 3.1 ve Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Memecik zeytin çeşidine ait bazı özellikler (Canözer, 1991)

Adı ve Sinonimleri	Taş arası, Aşyeli, Tekir, Gülümbe, Şehir, Yağlık		
Orjini	Muğla ili		
Coğrafi Dağılımı	İzmir, Aydın, Manisa, Denizli, Muğla, Antalya, Sinop, Kahramanmaraş, Kastamonu' ya kadar uzanan geniş bir coğrafi dağılıma sahiptir.		
Ağaç Morfolojisi			
Kuvveti	İyi bakım şartlarında kuvvetli gelişir		
Habitusu	Toplu, yuvarlak taç teşkil eder. Sarkık gelişen yan dallar taca yayvan bir görünüm kazandırır		
Taç Yoğunluğu	Yaprak oluşumu yoğun olup iyi giyimli bir çeşittir.		
Dalların Rengi	İki veya daha yaşlı dallar gri renkli genç dallar ise gri- yeşil renklidir.		
Dalların Açılı Durumu	Yaşlı dallar dik açılı, özellikle etek kısmındaki genç dallar ise geniş açılı		
Gövde Rengi	Genç ağaçlarda gri renkli olup, ağaç yaşlandıkça koyu gri tona dönüşür.		
Gövde Yüzeyinin Durumu	Genç ağaçlarda düzgün olan gövde kabuğu ağaç yaşlandıkça pürüzlü bir görünüm kazanır.		
Yaprak		Meyve	
Şekli	Orta uzun, orta geniş eliptik	Büyüklüğü	İri
Sap Rengi	Tüysüz gri- yeşil	Şekli	Oval
Ortalama Boy	53,70 mm	Ağırlığı (100 Meyve)	478,00 g
Çekirdek		Hacmi (100 Meyve)	465,60 cm ³
Ağırlığı (100 Çekirdek)	56,00 g	% Et Oranı	88,28
Hacmi (100 Çekirdek)	52 cm ³	% Yağ Oranı	24,50
% Çekirdek	11,72		

Çizelge 3.1. Memecik zeytin çeşidine ait bazı özellikler (Canözer, 1991) (devamı)

Fizyolojik Özellikler	
Gelişme Kuvveti	İyi bakım şartlarında kuvvetli gelişir.
Periyodisite Durumu	Genellikle kuvvetli periyodisite gösterir.
Çiçeklenme Dönemi	16 Mayıs- 6 Haziran
Döllenme Durumu	Yapılan bir araştırma sonucunda kısmen kendine verimli olduğu, fakat Ayvalık, Çakır, Gemlik, Erkence ve Memeli çeşitlerinin Memecik için baba olarak kullanılabilceği tespit edilmiştir.

Çizelge 3.2. Gemlik zeytin çeşidine ait bazı özellikler (Canözer, 1991)

Adı ve Sinonimleri	Gemlik, Trilye, Kaplık, Kıvrıcık, Kara		
Orjini	Kocaeli ilinin Gemlik İlçesi		
Coğrafi Dağılımı	Bursa, Tekirdağ, Kocaeli, Bilecik, Kastamonu, Zonguldak, Sinop, Samsun, Trabzon, Balıkesir, İzmir, Manisa, Aydın, İçel, Adana, Antalya, Adıyaman illerinde yetiştirilmekte ve oldukça geniş bir coğrafi dağılım göstermektedir.		
Ağaç			
Kuvveti	Orta kuvvettedir.		
Habitusu	Genellikle orta büyüklükte, düzgün yuvarlak bir taç oluşturur.		
Taç Yoğunluğu	Dallanma durumu iyi ve dallar iyi giyimlidir.		
Dalların Rengi	Yeşil-gri renkte ve boğum araları kısadır.		
Dalların Açık Durumu	Ana dallar dik açılı, genç dallar geniş açılıdır. Etek dallar ağaca sarkık bir görünüm vermektedir.		
Gövde Rengi	Gri- yeşil		
Gövde Yüzeyinin Durumu	Gövde üzerinde yumru oluşumları ve oluk şeklinde girintiler bulunur. Kabuk genellikle düzgündür.		
Yaprak		Meyve	
Şekli	Kısa-geniş eliptik	Büyüklüğü	Orta
Sap Rengi	Gri-yeşil	Şekli	Yuvarlağa yakın, silindirik
Ortalama Boy	50,68 mm	Ağırlığı (100 Meyve)	372,80 g
Çekirdek		Hacmi (100 Meyve)	370 cm ³
Ağırlığı (100 Çekirdek)	52,70 g	% Et Oranı	85,86
Hacmi (100 Çekirdek)	50 cm ³	% Yağ Oranı	29,98
% Çekirdek	14,14		
Fizyolojik Özellikler			
Gelişme Kuvveti	Orta kuvvette		
Periyodisite Durumu	İyi bakım şartlarında düzenli ürün verir.		
Çiçeklenme Dönemi	12 Mayıs- 9 Haziran		
Döllenme Durumu	Kısmen kendine verimlidir. Ayvalık, Çakır, Erkence çeşitleri Gemlik için baba olarak önerilebilir.		

Yetiştirme ortamı olarak 4:3:3 oranında vermikulit-kum-toprak karışımı kullanılmıştır. Vermikulit Agrekal firmasına ait olup 4 mm boyutlarındadır. Bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 3.3'te verilmiştir. Toprak ve kum ise fidanların satın alındığı işletmeden zeytin çeliklerinin köklendirilmesi aşamasında kullanılan karışımdan alınmıştır.

Çizelge 3.3. Denemede kullanılan vermikulite ait bazı özellikler

Fiziksel ve Kimyasal Özellikler	
Renk	Altın-Gri
Boyut	4 mm
pH	6-7
Su Tutma Kapasitesi	%20-50 (Hacim)
Katyon Değişim Oranı	50-150 me/100 g
Geçirgenlik	95%
SiO ₂	%38-46
Al ₂ O ₃	%10-16
MgO	%16-35
CaO	%1-5
K ₂ O	%1-6
Fe ₂ O ₃	%6-13
TiO ₂	%1-3
Diğer	%0,2-1,2

Çizelge 3.4. Denemede kullanılan toprak ve kuma ait bazı özellikler

	Toprak	Değerlendirme	Kum	Değerlendirme
pH	8,58	Kuvvetli Alkali	8,57	Kuvvetli Alkali
Tuz	0,0071	Tuzsuz	0,001	Tuzsuz
Kireç	2,65	Kireçli	7,61	Yüksek
Organik Madde	0,4	Çok Düşük	0,33	Çok Düşük
%				
Kum	68,72		94,72	
Silt	24,72	Kumlu Tın	5,12	Kum
Kil	6,56		0,16	
Toplam N	0,056	Düşük	0,042	Çok Düşük
Yarıyışlı P	8,08	Orta	1,98	Çok Düşük
Değişebilir K	22	Çok Düşük	9	Çok Düşük
Değişebilir Ca	1890	Orta	1720	Orta
Değişebilir Mg	135	Orta	117	Düşük
Değişebilir Na	25	Çok Düşük	17	Çok Düşük

3.2. Yöntem

Deneme faktöriyel düzende ve tesadüf parselleri deneme deseninde olacak şekilde kurulmuştur. Çalışmada 2 farklı zeytin çeşidi (Memecik ve Gemlik), 3 farklı N'lu gübre dozu (düşük-45 mg L⁻¹, orta-90 mg L⁻¹, yüksek-180 mg L⁻¹), 3 farklı kısıtlı su uygulaması (tarla kapasitesinin %100'ü, %50'si ve %25'i) bulunmaktadır. Her uygulama 8 tekerrürlü olarak planlanmış, toplamda 144 adet zeytin fidanı 15 lt'lik saksılara dikilmiştir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Denemeden görünüm

Yetiştirme ortamı saksılara doldurulduktan sonra saksılardaki karışımların, tarla kapasitesi ve solma noktası tespit edilmiştir. Bu işlem öncesinde çeşitlerden 10'ar adet fidan tüplerden çıkartılıp kökleri temizlenerek bitki ağırlıkları kaydedilmiştir. Ortalama bitki ağırlıkları Memecik çeşidinin 117 g iken daha fazla kök sistemi oluşturmuş olan Gemlik çeşidinin ise 244 g olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Zeytin çeşitlerinin kök sistemi ve temizlenmesi

Denemede yeterli drenajın sağlanması için saksıların alt kısmında delikler açılmış, alt kısımlara çakıl konulduktan sonra yetiştirme ortamının kaybını önlemek için sineklik tel ile iç kısmı kaplanmıştır. Daha sonra saksılardaki karışımın tarla kapasitesinde tuttuğu su miktarını belirlemek amacıyla, saksılar içi su dolu bir havuzda tamamen suyla doymun hale gelene kadar 24 saat bekletilmiştir. Bu işlem sırasında havuzdaki su düzeyinin, saksı içerisindeki toprakla aynı yüzeyde olmasına dikkat edilmiştir. Saksılardaki yetiştirme ortamı suyla tamamen doymun hale geldiğinde havuzdan çıkarılmış, üst yüzeyleri buharlaşmayı önleyecek şekilde alüminyum folyo ile kapatılarak serbest drenaja bırakılmıştır. Saksılardaki drenaj akışı sona erdiğinde her saksının ağırlığı alınmış ve her saksının tarla kapasitesi düzeyinde tuttuğu su miktarındaki ağırlığı belirlenmiştir (saksı+yetiştirme ortamı+su) (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Tarla kapasitesinin belirlenmesi

Fidanların saksılara dikiminden sonra her sulama uygulaması için ilgili saksılara yetiştirme ortamının tarla kapasitesinde tuttuğu suyun % 100 (S1), % 50 (S2) ve % 25 (S3)'i düzeyinde sulama yapılmıştır. Bir sonraki sulamada tüm saksılar tartılarak, eksilen miktar kadar su ilgili saksılara eklenmiştir.

Azotlu gübre dozları N0 (45 mg N L⁻¹) N1 (90 mg N L⁻¹) ve N2 (180 mg N L⁻¹) olarak belirlenmiştir (Çizelge 3.5).

Çizelge 3.5. Denemede yer alan uygulama konuları

Azotlu Gübre Uygulamaları (N)		Kısıtlı Su Uygulamaları (KSU)	
N0	45 mg L ⁻¹ N	S1	Tarla kapasitesindeki suyun %100'ü
N1	90 mg L ⁻¹ N	S2	Tarla kapasitesindeki suyun %50'si
N2	180 mg L ⁻¹ N	S3	Tarla kapasitesindeki suyun %25'i

Azotlu gübreleme 25.05.2016 tarihinde ve 23.09.2016 tarihinde olmak üzere 2 seferde yapılmıştır. Azot kaynağı olarak amonyum nitrat gübresi (%33 N) kullanılmıştır. 1. azot dozu için uygulama yapılmamış, 2. azot dozu için 10 g, 3.

azot dozu için ise 20 g gübre yetiştirme ortamına karıştırılarak sulama yapılmıştır. Temel gübreleme için ise 10 g TSP (%42 P₂O₅) 10 g potasyum sülfat (%51 K₂O) gübreleri 18.05.2016 tarihinde yetiştirme ortamına verilmiştir.

3.3. Yetiştirme Ortamında Yapılan Analizler

Zeytin çeliklerinin köklendirildiği ve aynı zamanda denemede yetiştirme ortamı olarak kullanılan toprak ve kum örneklerinde; toprak tekstürü (Bouyoucos, 1951), pH (Jackson, 1967), toplam tuz (US. Salinity Lab. Staff., 1954), kireç (Kacar, 1996), organik madde (Walkley ve Black, 1934), azot (Bremner, 1965), fosfor (Olsen ve Dean, 1965), potasyum, kalsiyum, magnezyum ve sodyum (Kacar, 1996) analizleri yapılmıştır.

3.4. Yaprak Bitki Besin Maddesi İçeriği

Deneme sonunda özellikle S3 sulama düzeylerinde şiddetli yaprak dökülmesi nedeniyle tüm örneklemeler ve analizler 4 tekerrürlü olacak şekilde yapılmıştır.

Kurutulup öğütülmüş 0,25 g yaprak örneği alınarak 150 ml'lik erlenmayerlere konmuş ve üzerlerine nitrik-perklorik asit (HNO₃/HClO₄) (4/1, v/v) karışımı eklenerek çeker ocak içerisinde 800-1000°C sıcaklıkta yaklaşık 1 ml'lik ekstrakt kalana kadar yakılmıştır. Soğuması beklenen erlenmayerlerdeki ekstraktlar kaynama derecesindeki saf su ile 5-6 kez yıkanmış ve mavi bantlı filtre kâğıtları ile 10 ml'lik balon jodelere süzölmüştür. Süzüklerin son hacmi saf su ile 100 ml'ye tamamlanmıştır (Kacar ve İnal, 2008). Elde edilen süzüklerde P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Zn, Cu, Mn elementleri belirlenmiştir.

3.4.1. Bitki Azot İçeriğinin Belirlenmesi

Yaprak örneklerinin toplam N içeriği modifiye edilmiş Kjeldahl yöntemi ile belirlenmiştir. Bu amaçla 0,25 g örnek yaş yakma ünitesinde (Velp Scientifica, DK20) yakılmış ve destilasyon ünitesinde (Velp Scientifica, UDK 126A) destile edilmiştir. Elde edilen ekstrakt 0,1 N HCl ile pembe renk alana kadar titre edilmiştir. Sonuçlar % olarak ifade edilmiştir (Kacar ve İnal, 2008).

3.4.2. Bitki Fosfor İçeriğinin Belirlenmesi

Yaş yakma uygulanarak analize hazır hale getirilen örneklerde P, vanadomolibdofosforik sarı renk yöntemine göre spektrofotometre cihazında (UV-160 A Shimadzu) belirlenmiştir. Sonuçlar % olarak ifade edilmiştir (Kacar ve İnal, 2008).

3.4.3. Bitkide Değişebilir Sodyum, Potasyum, Kalsiyum ve Magnezyum İçeriğinin Belirlenmesi

Yaş yakma uygulanarak analize hazır hale getirilen örneklerdeki Na, K ve Ca içeriği flamefotometre cihazında (Jenway PFP7), Mg içeriği ise atomik absorpsiyon spektrofotometre cihazında (Varian SpetrAA 220FS) belirlenmiştir. Sonuçlar % olarak ifade edilmiştir (Kacar ve İnal, 2008).

3.4.4. Bitkide Demir, Çinko, Mangan ve Bakır İçeriğinin Belirlenmesi

Yaş yakma uygulanarak analize hazır hale getirilen örneklerin Fe, Zn, Mn ve Cu içerikleri atomik absorpsiyon spektrofotometre cihazında (Varian SpetrAA 220FS) belirlenmiştir. Sonuçlar mg kg⁻¹ olarak ifade edilmiştir (Lindsay ve Norvell, 1978).

3.4.5. Bitki Besin Element İçeriklerinin Değerlendirilmesi

Yapraklarda belirlenen bitki besin maddesi içeriklerinin yeterlilik değerlendirmesi Çizelge 3.6'ya göre yapılmıştır.

Çizelge 3.6 Zeytinde bitki besin elementi sınırlar (Jones vd., 1991)

Element	Noksan	Yeterli	Fazla
N, %	<1,50	1,50-2,50	>2,50
P	<0,10	0,10-0,30	>0,30
K	0,50-0,80	0,81-1,20	>1,20
Ca	<1,0	>1,0	
Mg	<0,20	>0,20	
Mn, mg kg ⁻¹	<25	>25	
Cu	<25	>25	

3.5. Fizyolojik Parametreler

3.5.1. Yaprak Kuru Madde Verimi

Her saksıdan 21.11.2016 tarihinde yaprak örneği alınmıştır. Örneklenen yapraklar zeytinlerin yeni sürgün uçlarının 4. ve 5. sırasındaki yaprak çiftleri arasından seçilmiştir. Alınan yaprak örnekleri laboratuvarında 1 kez çeşme suyundan ve 2 kez saf sudan geçirildikten sonra etüvde 65°C'de 24 saat kurutulmuştur. Kurutma öncesi ve sonrası yaprak ağırlıkları kaydedilerek bitki kuru madde içeriği (%) hesaplanmıştır. Kurutulan yaprak örnekleri çelik öğütücü (IKA A-11 Basic) ile öğütülmüş ve ilgili analizlerde kullanmak üzere plastik poşetlere aktarılmıştır.

3.5.2. Yaprak Oransal Su İçeriği (YOSİ)

Yaprak oransal su içeriğinin (YOSİ) belirlenebilmesi için 20.10.2016 tarihinde yaprak örnekleri alınmıştır. Alınan yaprak örneklerinden 0,9 cm çapında 5 adet disk kesilmiş ve hassas terazi ile tartılarak (Wf) 48 saat süre ile 4°C'de saf su içinde bekletilerek sature edilmiştir. Sature olan diskler yeniden tartılarak saturasyon ağırlıkları (Ws) alınmış, sonrasında 70°C sabit ısıya ayarlanmış etüvde 24 saat kurutularak kuru ağırlıkları (Wd) belirlenmiştir. Hesaplamalar aşağıda verilen formüle göre yapılmıştır (Bacelar vd., 2004).

$$YOSİ = 100 (Wf - Wd) / (Ws - Wd)$$

Wf: Yaprak yaş ağırlığı (g)

Ws: Yaprak sature ağırlığı (g)

Wd: Yaprak kuru ağırlığı (g)

3.5.3. Yaprak Sukkulens İndeksi (Sİ)

Birim yaprak alanındaki su tutma özelliği özellikle tuz stresi altındaki bitkilerde görülen bir savunma mekanizması olmakla birlikte kuraklık stresinde de stres düzeyinin ölçülmesinde kullanılan etkili bir göstergedir.

YOSİ ölçümünde de kullanılan yaprak örneklerinden 0,9 cm çapında 10 adet disk kesilerek taze olarak tartılmış (Wf), sonrasında 70°C'de etüvde 24 saat kurutulmuş

ve tekrar tartılmıştır (Wd). Hesaplama aşağıdaki formüle göre yapılmış ve sonuçlar mg H₂O cm² olarak belirlenmiştir (Bacelar vd., 2004).

$$S\dot{I} = W_f - W_d / \text{Birim yaprak alanı}$$

3.6. Biyokimyasal Parametreler

3.6.1. Yaprak Klorofil ve Karotenoid İçeriği

Bitkilerin klorofil ve karotenoid içerikleri Arnon (1949)'a göre belirlenmiştir. 20.10.2016 tarihinde alınan bitki örneklerinden 0,1 g taze örnek -24°C'de buzluğa konmuştur. Analiz için buzluktan çıkarılan örnekler %80'lik 15 ml aseton ile homojenize edilip Whatman No:1 filtre kağıdından süzölmüştür. Süzölen örneklerden spektrofotometrede (Shimadzu UV-160 A) 652 nm, 663 nm, 645 nm ve 470 nm'de absorbanslar kaydedilmiş ve aşağıdaki formüllere göre hesaplanmıştır (Lichtenthaler ve Wellburn ,1983).

$$\text{Klorofil a} = (11.75 \times A_{663} - 2.35 \times A_{645}) \times 20 / \text{mg örnek ağırlığı}$$

$$\text{Klorofil b} = (18.61 \times A_{645} - 3.96 \times A_{663}) \times 20 / \text{mg örnek ağırlığı}$$

$$\text{Karotenoid} = ((1000 \times A_{470} - 2.27 \times K_{1a} - 81.4 \times K_{1b}) / 227) \times 20 / \text{mg örnek ağırlığı}$$

3.6.2. Yaprak Prolin İçeriği (PRO)

Yaprak PRO içeriğini belirlemek üzere yaprak örnekleri 21.11.2016 tarihinde alınmış, saf su ile temizlendikten sonra 65°C'de kurutularak öğütölmüştür. Kuru yaprak örneğinden 0,5 g alınarak %3'lük (w/v) sülfosalisilik asit çözeltisi ile homojenize edilip, filtre kağıdından süzölmüştür. Bu süzöklere ninhidrin, ortofosforik asit ve glacial asetik asit eklenip 100 °C'de su banyosunda 1 saat bekletilmiştir. Sonrasında buz banyosunda soğütölen örneklere toluen ilave edilip, vortexlendikten sonra üstteki süpernatant kısmın absorbans değeri spektrofotometrede (Shimadzu UV-160 A) 520 nm dalga boyunda okunmuştur. Prolin konsantrasyonu kalibrasyon eğrisi kullanılarak µg g⁻¹ olarak hesaplanmıştır (Bates vd., 1973).

3.7. Fotosentetik Parametreler

Yaprak gaz alışverişi parametreleri, taşınabilir fotosentez sistem cihazı (Li6400xt, Li-COR, Lincoln, NE, USA) ile belirlenmiştir. Ölçümler, sera ortamında, 26.10.2016- 17.11.2016 tarihleri arasında her gün ve 09:00-16:00 saatleri arasında yapılmıştır. Bu amaçla, Fluorometer başlığı ile PAR (Fotosentetik Aktif Radyasyon) $1000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ve CO_2 konsantrasyonu $400 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ olarak ayarlanmıştır.

Ölçüm kaydı her bir bitki için 40 dakika aralıklarla gerçekleştirilmiştir. Bu şekilde fotosentez hızı, stoma iletkenliği, içsel CO_2 , PSII etkinliği, elektron transfer oranı (ETO) ve transpirasyon oranı belirlenmiştir. Fotosentez hızının transpirasyona oranlanmasıyla su kullanım etkinliği (SKE) hesaplanmıştır.

Maksimum PSII verimliliğinin (F_v/F_m) belirlenebilmesi amacıyla, yapraklar ölçüm öncesi 20 dk alüminyum folyo ile kapatılmış (Dark Adapted) ve sonrasında ölçüm yapılmıştır. Cihaza kaydedilen değerler RS-232 taşıyıcı programı ile bilgisayara aktarılıp, ilgili sonuçlar tezde kullanılmıştır (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Fotosentetik aktivitenin Li-COR (Li6400xt) ile belirlenmesi

3.8. Sonuçların İstatiksel Olarak Değerlendirilmesi

Elde edilen sonuçlara MSTAT istatistik programı kullanılarak varyans analizi (ANOVA) uygulanmış, ortalamalar arasındaki fark LSD (Least Significant Difference) ($p < 0,05$, $p < 0,01$) testi ile değerlendirilmiştir (Little ve Hills, 1978).

4. BULGULAR

4.1. Yaprak Bitki Besin Elementleri

4.1.1. Yaprak Azot İçeriği

Farklı N'lu gübre ve KSU'nun her iki zeytin çeşidinin yaprak N içeriği üzerine etkisine ait varyans analiz tablosu Çizelge 4.1'de verilmiştir. Kısıtlı su uygulamalarının yaprak N içeriği üzerine belirgin bir etkisi görülmezken, yapılan N'lu gübrelemenin yaprak N içeriği üzerine etkisi istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur ($p<0,01$).

Çizelge 4.1. Farklı N ve KSU'nun Memecik ve Gemlik zeytin çeşitlerinin yaprak N içerikleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Genel	71	29,908	-	-
Çeşit (Ç)	1	0,675	0,675	17,512**
Azotlu Gübre Uygulamaları (N)	2	25,790	12,895	334,676**
Kısıtlı Su Uygulamaları (S)	2	0,009	0,004	0,117
Ç×N	2	0,234	0,117	3,034
Ç×S	2	0,106	0,053	1,381
N×S	4	0,686	0,172	4,454**
Ç×N×S	4	0,293	0,073	1,902
Hata	51	1,965	0,039	-

*: $p<0,05$; **: $p<0,01$

Azotlu gübre uygulamasıyla birlikte her iki çeşidin yaprak N içeriğinde de artış görülmüştür. Memecik çeşidinde en düşük N içeriği N0 dozunda 1,22 bulunurken, bu değer Gemlik çeşidinde 1,33 olarak belirlenmiştir. Memecik çeşidinde S1 dozundaki N'lu gübre uygulaması yaprak N içeriğini %1,22'den %2,45'e, Gemlik çeşidinde ise %1,33'den %2,69'a yükseltmiştir. Hem artan N'lu gübre uygulaması hem de KSU yaprak N içeriğini artırmıştır. Azotlu gübre uygulaması S2 dozunda yaprak N içeriğini Memecik çeşidinde %1,25'den %2,72'ye Gemlik çeşidinde ise %1,36'dan %2,93'e yükseltmiştir. S3 dozunda artan N'lu gübre uygulamaları Memecik çeşidinde yaprak N içeriğini %1,41'den %2,45'e, Gemlik çeşidinde ise %1,42'den %3,04'e yükseltmiştir. Uygulamaların etkisi altında Gemlik zeytin çeşidinin yaprak N içeriği Memecik çeşidinkine göre daha yüksek bulunmuştur.

Çeşitler arasındaki bu farklılık istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur ($p<0,01$) (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. Uygulamalara göre yaprak N içeriğindeki değişim (%)

Kısıtlı Su Uygulamaları (S)	Çeşit (Ç)	Azotlu Gübre Uygulamaları (N)			Çeşit Ort.	KSU Ort.
		N0	N1	N2		
S1	Memecik	1,22	2,65	2,45	2,11	2,15
	Gemlik	1,33	2,57	2,69	2,20	
	Gübre Ort.	1,28	2,61	2,57		
S2	Memecik	1,25	2,23	2,72	2,10	2,18
	Gemlik	1,36	2,59	2,93	2,29	
	Gübre Ort.	1,31	2,41	2,83		
S3	Memecik	1,41	2,23	2,45	2,06	2,16
	Gemlik	1,42	2,43	3,04	2,30	
	Gübre Ort.	1,42	2,33	2,75		
Ortalama		1,33c	2,45b	2,71a		
LSDÇ	0,09					
LSDN	0,11					
LSDS	öd					
LSDÇ×N	öd					
LSDÇ×S	öd					
LSDN×S	0,20					
LSDÇ×N×S	öd					

Ayrıca N içeriği üzerine N×S interaksyonu istatistiki olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. Azot içeriği (%) ile ilgili N×S interaksyonu

Kısıtlı Su Uygulamaları (S)	Azotlu Gübre Uygulamaları (N)			KSU Ort.
	N0	N1	N2	
S1	1,28	2,61	2,57	2,15
S2	1,31	2,41	2,83	2,18
S3	1,42	2,33	2,75	2,16
Gübre Ort.	1,33c	2,45b	2,71a	

4.1.2. Yaprak Fosfor İçeriği

Farklı N ve KSU uygulamalarının her iki zeytin çeşidinde yaprak P içerikleri üzerine etkisine ait varyans analiz tablosu izelge 4.4'te verilmiştir. Yapılan N'lu gübrelemenin yaprak P içeriği üzerine etkisi istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur ($p<0,01$). Öte yandan KSU'nın belirgin bir etkisi görülmemiştir.

Çizelge 4.4. Farklı N ve KSU'nın Memecik ve Gemlik zeytin çeşitlerinin yaprak P içerikleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Genel	71	0,101	-	-
eşit ()	1	0,02	0,02	2,949
Azotlu Gübre Uygulamaları (N)	2	0,052	0,026	46,813**
Kısıtlı Su Uygulamaları (S)	2	0,001	0,001	1,336
×N	2	0,001	0,001	0,924
×S	2	0,003	0,001	2,544
N×S	4	0,005	0,001	2,062
×N×S	4	0,005	0,001	2,335
Hata	51	0,028	0,001	-

*: $p<0,05$; **: $p<0,01$

Aynı su uygulamaları altında artan N dozları her iki çeşitte de yaprak P içeriğini yaklaşık %50 oranında azaltmıştır. Memecik eşidinde S1 dozunda N'lu gübre uygulaması yaprak P içeriğini %0,20'den %0,10'a düşürmüştür. Gemlik eşidinde ise S1 dozunda N'lu gübre uygulaması yaprak P içeriğini %0,18'den %0,14'e düşürmüştür. Yaprak P içerikleri N'lu gübre uygulaması ve KSU ile azalmıştır. Azotlu gübre uygulamaları S2 dozunda yaprak P içeriğini Memecik eşidinde %0,17'den %0,11'e, Gemlik eşidinde ise %0,15'den %0,12'ye düşürmüştür. S3 dozunda ise artan N'lu gübre uygulamaları Memecik eşidinde yaprak P içeriğini %0,15'den %0,10'a düşürmüştür, Gemlik eşidinde ise %0,20'den %0,12'ye düşürmüştür (izelge 4.5).

Çizelge 4.5. Uygulamalara göre yaprak P içeriğindeki değişim (%)

Kısıtlı Su Uygulamaları (S)	Çeşit (Ç)	Azotlu Gübre Uygulamaları (N)			Çeşit Ort.	KSU Ort.
		N0	N1	N2		
S1	Memecik	0,20	0,12	0,10	0,14	0,14
	Gemlik	0,18	0,12	0,14	0,15	
	Gübre Ort.	0,19	0,12	0,12		
S2	Memecik	0,17	0,12	0,11	0,13	0,13
	Gemlik	0,15	0,12	0,12	0,13	
	Gübre Ort.	0,16	0,12	0,12		
S3	Memecik	0,15	0,12	0,10	0,12	0,14
	Gemlik	0,20	0,13	0,12	0,15	
	Gübre Ort.	0,18	0,13	0,11		
Ortalama		0,18a	0,12b	0,12b		
LSDÇ	öd					
LSDN	0,01					
LSDS	öd					
LSDÇ×N	öd					
LSDÇ×S	öd					
LSDN×S	öd					
LSDÇ×N×S	öd					

4.1.3. Yaprak Potasyum İçeriği

Farklı N'lu gübre ve KSU'nun her iki zeytin çeşidinde yaprak K içeriği üzerine etkisine ait varyans analiz tablosu Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Azotlu gübre ve KSU her iki çeşitte yaprak K içeriklerine olan etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,05$).

Çizelge 4.6. Farklı N ve KSU'nun Memecik ve Gemlik zeytin çeşitlerinin yaprak K içerikleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Genel	71	2,475	-	-
Çeşit (Ç)	1	0,052	0,052	2,202
Azotlu Gübre Uygulamaları (N)	2	0,354	0,177	7,441**
Kısıtlı Su Uygulamaları (S)	2	0,157	0,079	3,307*
Ç×N	2	0,013	0,007	0,281
Ç×S	2	0,145	0,072	3,038
N×S	4	0,447	0,112	4,693**
Ç×N×S	4	0,122	0,031	1,285
Hata	51	1,213	0,024	-

*: $p < 0,05$; **: $p < 0,01$

S1 dozunda artan N'lu gübrelemeyle beraber Memecik çeşidinde yaprak K içeriği %1,36'dan %1,10'a, Gemlik çeşidinde ise %1,23'den %1,05'e düşmüştür. S2 dozunda artan N'lu gübre uygulaması Memecik çeşidinin yaprak K içeriğini %1,24'den %0,99'a düşürürken, Gemlik çeşidinde yaprak K içeriğini %1,16'dan %1,03'e düşürmüştür. S3 dozunda artan N'lu gübreleme ile beraber yaprak K içeriği Memecik çeşidinde % 1,28'den %1,23'e, Gemlik çeşidinde ise %1,33'den %1,17'ye düşmüştür.

Çeşitlerden bağımsız olarak ortalamalara bakıldığında KSU ile yaprak K içeriği artarken, N'lu gübre uygulamasıyla azalmıştır. Tüm uygulamalarda yaprak K içeriklerinde noksanlık durumu gözlenmemektedir (Çizelge 3.5).

Çizelge 4.7. Uygulamalara göre yaprak K içeriğindeki değişim (%)

Kısıtlı Su Uygulamaları (S)	Çeşit (Ç)	Azotlu Gübre Uygulamaları (N)			Çeşit Ort.	KSU Ort.
		N0	N1	N2		
S1	Memecik	1,36	1,21	1,10	1,22	1,14b
	Gemlik	1,23	0,86	1,05	1,05	
	Gübre Ort.	1,30	1,04	1,08		
S2	Memecik	1,24	1,33	0,99	1,19	1,20ab
	Gemlik	1,23	1,36	1,03	1,21	
	Gübre Ort.	1,24	1,35	1,01		
S3	Memecik	1,28	1,21	1,23	1,24	1,25a
	Gemlik	1,33	1,27	1,17	1,26	
	Gübre Ort.	1,31	1,24	1,20		
Ortalama		1,28a	1,21a	1,10b		
LSDÇ	öd					
LSDN	0,09					
LSDS	0,09					
LSDÇ×N	öd					
LSDÇ×S	öd					
LSDN×S	0,15					
LSDÇ×N×S	öd					

Ayrıca yaprak K içeriği açısından N×S interaksyonu istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p<0,01$).

Çizelge 4.8. Potasyum içeriği (%) ile ilgili N×S interaksyonu

Kısıtlı Su Uygulamaları (S)	Azotlu Gübre Uygulamaları (N)			KSU Ort.
	N0	N1	N2	
S1	1,30	1,04	1,08	1,14b
S2	1,24	1,35	1,01	1,20ab
S3	1,31	1,24	1,20	1,25a
Gübre Ort.	1,28a	1,21a	1,10b	

4.1.4. Yaprak Kalsiyum İçeriği

Farklı N'lu gübre ve KSU'nun her iki zeytin çeşidinde yaprak Ca içerikleri üzerine etkisine ait varyans analiz tablosu Çizelge 4.9'da verilmiştir. Kısıtlı su uygulamalarının yaprak Ca içeriği üzerine belirgin bir etkisi olmazken, N'lu gübre uygulamalarının her iki çeşitte yaprak Ca içeriklerine olan etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p<0,01$).

Çizelge 4.9. Farklı N ve KSU'nun Memecik ve Gemlik zeytin çeşitlerinin yaprak Ca içerikleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Genel	71	71,920	-	-
Çeşit (Ç)	1	0,000	0,000	0,001
Azotlu Gübre Uygulamaları (N)	2	47,994	23,997	92,743**
Kısıtlı Su Uygulamaları (S)	2	0,225	0,113	0,435
Ç×N	2	0,690	0,354	1,334
Ç×S	2	1,656	0,828	3,201*
N×S	4	2,299	0,575	2,221
Ç×N×S	4	3,348	0,837	3,235*
Hata	51	13,196	0,259	-

*: $p<0,05$; **: $p<0,01$

Azotlu gübre uygulamaları her iki çeşitte de yaprak Ca içeriğini arttırmıştır. S1 dozunda N'lu gübre uygulaması Memecik çeşidinde yaprak Ca içeriğini %0,87'den %3,15'e, Gemlik çeşidinde ise %0,65'den %2,20'ye yükseltmiştir. S2 dozunda N'lu gübre uygulaması ile birlikte Memecik çeşidinde yaprak Ca içeriği %1,09'dan %2,96'a yükselirken, Gemlik çeşidinde %1,06'dan %3,16'ya yükselmiştir. S3 dozunda yapılan N'lu gübre uygulaması arttıkça yaprak Ca içeriği

Memecik çeşidinde %1,30'dan %2,44'e yükselmiş, Gemlik çeşidinde ise %0,74'den %3,56'ya yükselmiştir.

Çeşitlerden bağımsız olarak sonuçlar değerlendirildiğinde N'lu gübre uygulaması ile yaprak Ca içeriği artarken, KSU'nın etkisi belirgin bulunmamıştır (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.10. Uygulamalara göre yaprak Ca içeriğindeki değişim (%)

Kısıtlı Su Uygulamaları (S)	Çeşit (Ç)	Azotlu Gübre Uygulamaları (N)			Çeşit Ort.	KSU Ort.
		N0	N1	N2		
S1	Memecik	0,87	2,65	3,15	2,22	2,01
	Gemlik	0,65	2,53	2,20		
	Gübre Ort.	0,76	2,59	2,68		
S2	Memecik	1,09	1,98	2,96	2,01	2,13
	Gemlik	1,06	2,50	3,16		
	Gübre Ort.	1,08	2,24	3,06		
S3	Memecik	1,30	1,98	2,44	1,91	2,01
	Gemlik	0,74	2,04	3,56		
	Gübre Ort.	1,02	2,01	3,00		
Ortalama		0,95c	2,28b	2,91a		
LSDÇ	öd					
LSDN	0,29					
LSDS	öd					
LSDÇ×N	öd					
LSDÇ×S	0,41					
LSDN×S	öd					
LSDÇ×N×S	0,72					

Ayrıca Ç×S interaksyonu ile Ç×N×S interaksyonlarının yaprak Ca içeriği üzerine etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Çizelge 4.11. Kalsiyum içeriği (%) ile ilgili Ç×S interaksyonu

Çeşit (Ç)	Kısıtlı Su Uygulamaları (S)			Çeşit Ort.
	S1	S2	S3	
Memecik	2,22	2,01	1,91	2,05
Gemlik	1,79	2,24	2,11	2,05
KSU Ort.	2,01	2,13	2,01	

4.1.5. Yaprak Magnezyum İçeriği

Farklı N'lu gübreleme ve KSU'nın her iki zeytin çeşidinde yaprak Mg içerikleri üzerine etkisine ait varyans analiz tablosu Çizelge 4.12'de verilmiştir. Farklı N'lu gübre ve KSU altında çeşitlerin yaprak Mg içerikleri arasındaki farklılık istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Azotlu gübre uygulamaları her iki çeşitte de yaprak Mg içeriklerini arttırmıştır. Bu artış istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,01$). Kısıtlı su uygulamalarının ise yaprak Mg içeriği üzerine belirgin bir etkisi bulunmamıştır.

Çizelge 4.12. Farklı N ve KSU'nın Memecik ve Gemlik zeytin çeşitlerinin yaprak Mg içerikleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Genel	71	1,051	-	-
Çeşit (Ç)	1	0,053	0,053	6,760*
Azotlu Gübre Uygulamaları (N)	2	0,519	0,260	33,309**
Kısıtlı Su Uygulamaları (S)	2	0,225	0,113	0,435
Ç×N	2	0,042	0,021	2,706
Ç×S	2	0,002	0,001	0,158
N×S	4	0,011	0,003	0,355
Ç×N×S	4	0,012	0,003	0,372
Hata	51	0,398	0,008	-

*: $p<0,05$; **: $p<0,01$

Azotlu gübre uygulamaları S1 dozunda yaprak Mg içeriğini Memecik çeşidinde %0,20'den %0,45'e, Gemlik çeşidinde ise %0,29'dan %0,49 yükseltmiştir. S2 dozunda N'lu gübre uygulaması Memecik çeşidinin yaprak Mg içeriğini %0,20'den %0,47'ye arttırırken, Gemlik çeşidinde ise %0,28'den %0,44'e arttırmıştır. S3 dozunda Memecik çeşidinin yaprak Mg içeriği N'un artışına bağlı olarak %0,22'den %0,47'ye, Gemlik çeşidinde ise %0,32'den %0,41'e yükselmiştir. Ortalamalara bakıldığında Gemlik çeşidinde Mg içeriğinin Memecik çeşidindekine göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.13).

Çizelge 4.13. Uygulamalara göre yaprak Mg içeriğindeki değişim (%)

Kısıtlı Su Uygulamaları (S)	Çeşit (Ç)	Azotlu Gübre Uygulamaları (N)			Çeşit Ort.	KSU Ort.
		N0	N1	N2		
S1	Memecik	0,20	0,36	0,45	0,34	0,37
	Gemlik	0,29	0,43	0,49	0,40	
	Gübre Ort.	0,25	0,40	0,47		
S2	Memecik	0,20	0,32	0,47	0,33	0,36
	Gemlik	0,28	0,44	0,44	0,39	
	Gübre Ort.	0,24	0,38	0,46		
S3	Memecik	0,22	0,37	0,47	0,35	0,37
	Gemlik	0,32	0,44	0,41	0,39	
	Gübre Ort.	0,27	0,41	0,44		
Ortalama		0,25c	0,39b	0,46a		
LSDÇ	0,04					
LSDN	0,05					
LSDS	öd					
LSDÇ×N	öd					
LSDÇ×S	öd					
LSDN×S	öd					
LSDÇ×N×S	öd					

4.1.6. Yaprak Sodyum İçeriği

Farklı N'lu gübre ve KSU'nun her iki zeytin çeşidinde yaprak Na içerikleri üzerine etkisine ait varyans analiz tablosu Çizelge 4.14'te verilmiştir. Artan N'lu gübre uygulamaları her iki çeşitte yaprak Na içeriğini arttırmıştır. Bu artış istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,01$). Kısıtlı su uygulamaları altında yaprak Na içeriği kontrole göre azalma meydana gelse de bu azalış istatistiksel anlamda önemli bulunmamıştır.

Çizelge 4.14. Farklı N ve KSU'nın Memecik ve Gemlik zeytin çeşitlerinin yaprak Na içerikleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Genel	71	0,151	-	-
Çeşit (Ç)	1	0,004	0,004	2,440
Azotlu Gübre Uygulamaları (N)	2	0,036	0,018	10,912**
Kısıtlı Su Uygulamaları (S)	2	0,003	0,001	0,832
Ç×N	2	0,013	0,007	3,973*
Ç×S	2	0,002	0,001	0,507
N×S	4	0,006	0,002	0,985
Ç×N×S	4	0,004	0,001	0,545
Hata	51	0,084	0,002	-

*:p<0,05; **:p<0,01

Azotlu gübre uygulamaları aynı su uygulamalarında her iki çeşidin de yaprak Na içeriğini arttırmıştır. S1 dozunda N'lu gübre uygulaması arttıkça Memecik çeşidinde yaprak Na içeriği %0,02'den %0,06'ya yükselmiştir. Benzer etki S2 dozunda da görülmüştür. Gemlik çeşidinde ise S1 dozunda bu değer %0,03'den %0,10'a çıkmıştır. S2 dozunda ise Gemlik çeşidinin yaprak Na içeriği %0,02'den %0,11'e yükselmiştir. S3 dozunda ise N'lu gübre uygulaması arttıkça yaprak Na içeriği Memecik çeşidinde %0,03'ten %0,04'e, Gemlik çeşidinde ise %0,03'ten %0,11'e yükselmiştir.

Çizelge 4.15. Uygulamalara göre yaprak Na içeriğindeki değişim (%)

Kısıtlı Su Uygulamaları (S)	Çeşit (Ç)	Azotlu Gübre Uygulamaları (N)			Çeşit Ort.	KSU Ort.
		N0	N1	N2		
S1	Memecik	0,02	0,10	0,06	0,06	0,06
	Gemlik	0,03	0,07	0,10	0,07	
	Gübre Ort.	0,03	0,09	0,08		
S2	Memecik	0,02	0,03	0,06	0,04	0,05
	Gemlik	0,02	0,06	0,11	0,06	
	Gübre Ort.	0,02	0,05	0,09		
S3	Memecik	0,03	0,05	0,04	0,04	0,05
	Gemlik	0,03	0,03	0,11	0,06	
	Gübre Ort.	0,03	0,04	0,08		
Ortalama		0,25b	0,39a	0,46a		
LSDÇ	öd					
LSDN	0,02					
LSDS	öd					
LSDÇ×N	0,03					
LSDÇ×S	öd					
LSDN×S	öd					
LSDÇ×N×S	öd					

Ayrıca yaprak Na içeriği açısından Ç×N interaksyonu istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Çizelge 4.16. Sodyum içeriği (%) ile ilgili Ç×N interaksyonu

Çeşit (Ç)	Azotlu Gübre Uygulamaları (N)			Çeşit Ort.
	N0	N1	N2	
Memecik	0,02	0,06	0,05	0,05
Gemlik	0,03	0,05	0,11	0,06
Gübre Ort.	0,03	0,06	0,08	

4.1.7. Yaprak Demir İçeriği

Farklı N'lu gübre ve KSU'nun her iki zeytin çeşidinde yaprak Fe içerikleri üzerine etkisine ait varyans analiz tablosu Çizelge 4.17'de verilmiştir. Uygulamaların yaprak Fe içeriğine etkisi değerlendirildiğinde çeşitler arasında farklı olmakla birlikte N'lu gübre uygulamalarının ve KSU'nun yaprak Fe içeriğine etkisi istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur ($p<0,01$, $p<0,05$).

Çizelge 4.17. Farklı N ve KSU'nın Memecik ve Gemlik zeytin çeşitlerinin yaprak Fe içerikleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Genel	71	530984,787	-	-
Çeşit (Ç)	1	71589,076	71589,076	26,391**
Azotlu Gübre Uygulamaları (N)	2	198382,193	99191,097	36,566**
Kısıtlı Su Uygulamaları (S)	2	16365,317	8182,659	3,016*
Ç×N	2	18471,153	9235,577	3,405*
Ç×S	2	1803,886	901,943	0,332
N×S	4	12882,998	3220,749	1,187
Ç×N×S	4	9582,573	2395,643	0,883
Hata	51	138344,991	2712,647	-

*:p<0,05; **:p<0,01

Aynı su uygulamalarında N'lu gübre uygulamaları arttıkça yaprak Fe içeriklerinde her iki çeşitte de azalma meydana gelirken, aynı N'lu gübre uygulamalarında su kısıtı arttıkça yaprak Fe içeriğinde artış gözlenmiştir. S1 dozunda N'lu gübre uygulamasının artmasıyla Memecik çeşidinde yaprak Fe içeriği 183,17'den 124,95 mg kg⁻¹'e düşmüştür. Gemlik çeşidinde ise yaprak Fe içeriği S1 dozunda 306,97'den 147,02 mg kg⁻¹'e düşmüştür. Azotlu gübre uygulaması arttıkça S2 dozunda Memecik çeşidinde yaprak Fe içeriği 241,02'den 119,48 mg kg⁻¹'e azalırken, Gemlik çeşidinde 354,97'den 156,02 mg kg⁻¹'e azalmıştır. S3 dozunda artan N'lu gübre uygulamaları Memecik çeşidi yaprak Fe içeriğini 221,32'den 138,62 mg kg⁻¹'e düşürmüş, Gemlik çeşidinde ise 305,32'den 176,95 mg kg⁻¹'e düşürmüştür. Uygulamaların etkisi altında Gemlik çeşidinin yaprak Fe içeriği Memecik çeşidinin Fe içeriğine göre daha yüksek bulunmuştur. Çeşitler arasındaki bu farklılık istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur (p<0,01). Kısıtlı su uygulamaları altında yaprak Fe içeriği her iki çeşitte de artmıştır. Çeşitlerden bağımsız olarak ortalama yaprak Fe içeriği S1 dozunda 176,40 mg kg⁻¹ iken S3 dozunda 210,35 mg kg⁻¹'e yükselmiştir (Çizelge 4.18).

Çizelge 4.18. Uygulamalara göre yaprak Fe içeriğindeki değişim (mg kg⁻¹)

Kısıtlı Su Uygulamaları (S)	Çeşit (Ç)	Azotlu Gübre Uygulamaları (N)			Çeşit Ort.	KSU Ort.
		N0	N1	N2		
S1	Memecik	183,17	117,22	124,95	141,78	176,40b
	Gemlik	306,97	179,07	147,02	211,02	
	Gübre Ort.	245,07	148,14	135,99		
S2	Memecik	241,02	183,92	119,48	181,47	205,94ab
	Gemlik	354,97	180,27	156,02	230,42	
	Gübre Ort.	297,99	182,09	137,75		
S3	Memecik	221,32	164,62	138,62	174,85	210,35a
	Gemlik	305,32	255,32	176,95	245,86	
	Gübre Ort.	263,32	209,97	157,78		
Ortalama		268,79a	180,07b	143,84c		
LSDÇ	24,47					
LSDN	29,97					
LSDS	öd					
LSDÇ×N	42,39					
LSDÇ×S	öd					
LSDN×S	öd					
LSDÇ×N×S	öd					

Ayrıca yaprak Fe içeriği açısından Ç×N interaksiyonu istatistiki olarak önemli bulunmuştur (p<0,05).

Çizelge 4.19. Demir içeriği (mg kg⁻¹) ile ilgili Ç×N interaksiyonu

Çeşit (Ç)	Azotlu Gübre Uygulamaları (N)			Çeşit Ort.
	N0	N1	N2	
Memecik	215,17	155,25	127,68	166,04
Gemlik	322,42	204,89	160,00	229,10
Gübre Ort.	268,80a	180,07b	143,84c	

4.1.8. Yaprak Çinko İçeriği

Farklı N'lu gübre ve KSU'nun her iki zeytin çeşidinde yaprak Zn içerikleri üzerine etkisine ait varyans analiz tablosu Çizelge 4.20'de verilmiştir. Azotlu gübre ve KSU yaprak Zn içeriklerinde çeşitler arasında farklılık yaratmıştır (p<0,01). Hem N'lu gübrelemenin hem de KSU'nun yaprak Zn içeriğine olan etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur (p<0,01, p<0,05).

Çizelge 4.20. Farklı N ve KSU'nun Memecik ve Gemlik zeytin çeşitlerinin yaprak Zn içerikleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Genel	71	2783,358	-	-
Çeşit (Ç)	1	357,365	357,365	13,937**
Azotlu Gübre Uygulamaları (N)	2	163,281	81,641	3,184*
Kısıtlı Su Uygulamaları (S)	2	405,567	202,783	7,908**
Ç×N	2	191,619	95,810	3,736*
Ç×S	2	25,425	12,713	0,496
N×S	4	77,560	19,390	0,756
Ç×N×S	4	47,471	11,868	0,463
Hata	51	1307,726	25,642	-

*:p<0,05; **:p<0,01

Aynı N dozlarında su kısıtı arttıkça yaprak Zn içeriklerinde her iki çeşitte de artış meydana gelmiştir. Uygulamaların etkisi altında Gemlik çeşidinin yaprak Zn içeriği Memecik çeşidinkine göre yüksek bulunmuştur. Çeşitler arasındaki bu farklılık istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur (p<0,01). Kısıtlı su uygulamaları altında ortalama yaprak Zn içeriği S1 dozunda 28,57 mg kg⁻¹ iken S3 dozunda 34,37 mg kg⁻¹'e yükselmiştir. Çeşitlerden bağımsız olarak N'lu gübre uygulamaları ile yaprak Zn içeriği N0 dozunda ortalama 32,94 mg kg⁻¹ iken N2 dozunda 29,48 mg kg⁻¹'e düşmüştür. Aynı su uygulama dozunda N'lu gübre uygulamalarının çeşitlerin yaprak Zn içeriklerine olan etkisi farklılık göstermektedir. S1 dozunda N'lu gübre uygulamaları arttıkça Memecik çeşidinde yaprak Zn içeriği 25,43'den 27,82 mg kg⁻¹'a yükselmiş, S2 dozunda bu değer yaklaşık 27 mg kg⁻¹ olarak sabit kalmış, S3 dozunda ise 32,45'den 30,06 mg kg⁻¹'a azalmıştır. Gemlik çeşidinde ise S1 dozunda N'lu gübre uygulaması yaprak Zn içeriğini 33,81'den 25,21 mg kg⁻¹'a, S2 dozunda 37,97'den 33,39 mg kg⁻¹'a, S3 dozunda ise 40,11'den 31,04 mg kg⁻¹'a düşürmüştür.

Çizelge 4.21. Uygulamalara göre yaprak Zn içeriğindeki değişim (mg kg⁻¹)

Kısıtlı Su Uygulamaları (S)	Çeşit (Ç)	Azotlu Gübre Uygulamaları (N)			Çeşit Ort.	KSU Ort.
		N0	N1	N2		
S1	Memecik	25,43	28,27	27,82	27,17	28,57b
	Gemlik	33,81	30,89	25,20	29,97	
	Gübre Ort.	29,62	29,58	26,51		
S2	Memecik	27,87	29,94	29,38	29,06	31,81a
	Gemlik	37,97	32,32	33,39	34,56	
	Gübre Ort.	32,92	31,13	31,39		
S3	Memecik	32,45	32,98	30,06	31,83	34,37a
	Gemlik	40,11	39,59	31,04	36,91	
	Gübre Ort.	36,28	36,29	30,55		
Ortalama		32,94a	32,33ab	29,48b		
LSDÇ	2,38					
LSDN	2,91					
LSDS	2,91					
LSDÇ×N	4,12					
LSDÇ×S	öd					
LSDN×S	öd					
LSDÇ×N×S	öd					

Yaprak Zn içeriği açısından bakıldığında Ç×N interaksyonu istatistiki olarak önemli bulunmuştur (p<0,05).

Çizelge 4.22. Çinko içeriği (mg kg⁻¹) ile ilgili Ç×N interaksyonu

Çeşit (Ç)	Azotlu Gübre Uygulamaları (N)			Çeşit Ort.
	N0	N1	N2	
Memecik	28,58	30,40	29,09	29,36
Gemlik	37,30	34,27	29,88	33,81
Gübre Ort.	32,94	32,33	29,48	

4.1.9. Yaprak Mangan İçeriği

Farklı N'lu gübre ve KSU'nun her iki zeytin çeşidinde yaprak Mn içerikleri üzerine etkisine ait varyans analiz tablosu Çizelge 4.23'te verilmiştir. Azotlu gübre ve KSU'nun yaprak Mn içeriği üzerine etkisi istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur (p<0,01).

Çizelge 4.23. Farklı N ve KSU'nun Memecik ve Gemlik zeytin çeşitlerinin yaprak Mn içerikleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Genel	71	30401,287	-	-
Çeşit (Ç)	1	7262,803	7262,803	141,534**
Azotlu Gübre Uygulamaları (N)	2	14913,060	7456,530	145,309**
Kısıtlı Su Uygulamaları (S)	2	2150,774	1075,387	20,957**
Ç×N	2	1717,079	858,540	16,731**
Ç×S	2	31,257	15,629	0,305
N×S	4	1170,622	292,655	5,703**
Ç×N×S	4	200,141	50,035	0,975
Hata	51	2617,066	51,315	-

*:p<0,05; **:p<0,01

Aynı su uygulamalarında N'lu gübre uygulamaları yaprak Mn içeriklerini her iki çeşitte azaltmıştır. S1 dozunda N'lu gübre uygulamaları arttıkça Memecik çeşidinde yaprak Mn içeriği 53,46'dan 40,38 mg kg⁻¹'e, Gemlik çeşidinde yaprak Mn içeriği 78,76'dan 47,41 mg kg⁻¹'e düşmüştür. S2 dozunda Memecik çeşidinde yaprak Mn içeriği N'lu gübre uygulamaları arttıkça 63,81'den 42,71 mg kg⁻¹'e düşmüş, S3 dozunda bu değer 73,56'dan 38,64 mg kg⁻¹'e düşmüştür. Gemlik çeşidinde ise S2 dozunda artan N'lu gübre uygulamaları yaprak Mn içeriğini 100,61'den 47,91 mg kg⁻¹'e, S3 dozunda ise 107,86'dan 51,04 mg kg⁻¹'e düşürmüştür. Çeşit ortalamaları karşılaştırıldığında Gemlik çeşidinin yaprak Mn içeriğinin Memecik çeşidine göre yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu farklılık istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur (p<0,01). Kısıtlı su uygulamaları altında ortalama yaprak Mn içeriği S1 dozunda 56,27 mg kg⁻¹'den S3 dozunda 69,55 mg kg⁻¹' e yükselmiştir (Çizelge 4.24).

Çizelge 4.24. Uygulamalara göre yaprak Mn içeriğindeki değişim (mg kg⁻¹)

Kısıtlı Su Uygulamaları (S)	Çeşit (Ç)	Azotlu Gübre Uygulamaları (N)			Çeşit Ort.	KSU Ort.
		N0	N1	N2		
S1	Memecik	53,46	47,61	40,38	47,15	56,27c
	Gemlik	78,76	70,01	47,41	65,39	
	Gübre Ort.	66,11	58,81	43,90		
S2	Memecik	63,81	55,56	42,71	54,03	64,41b
	Gemlik	100,61	75,86	47,91	74,79	
	Gübre Ort.	82,21	65,71	45,31		
S3	Memecik	73,56	64,56	38,64	58,92	69,55a
	Gemlik	107,86	81,61	51,04	80,17	
	Gübre Ort.	90,71	73,09	44,84		
Ortalama		79,68a	65,87b	44,68c		
LSDÇ	3,37					
LSDN	4,12					
LSDS	4,12					
LSDÇ×N	5,83					
LSDÇ×S	öd					
LSDN×S	7,14					
LSDÇ×N×S	öd					

Ayrıca yaprak Mn içeriği açısından Ç×N ve N×S etkileşimleri istatistik olarak önemli bulunmuştur (p<0,01).

Çizelge 4.25. Manganez içeriği (mg kg⁻¹) ile ilgili Ç×N etkileşimi

Çeşit (Ç)	Azotlu Gübre Uygulamaları (N)			Çeşit Ort.
	N0	N1	N2	
Memecik	63,61	55,91	40,58	53,37
Gemlik	95,74	75,83	48,79	73,45
Gübre Ort.	79,68a	65,87b	44,68c	

Çizelge 4.26. Manganez içeriği (mg kg⁻¹) ile ilgili N×S etkileşimi

Kısıtlı Su Uygulamaları (S)	Azotlu Gübre Uygulamaları (N)			KSU Ort.
	N0	N1	N2	
S1	66,11	58,81	43,9	56,27c
S2	82,21	65,71	45,31	64,41b
S3	90,71	73,09	44,84	69,55a
Gübre Ort.	79,68a	65,87b	44,68c	

4.1.10. Yaprak Bakır İçeriği

Farklı N'lu gübre ve KSU'nun her iki zeytin çeşidinde yaprak Cu içerikleri üzerine etkisine ait varyans analiz tablosu Çizelge 4.27'de verilmiştir. Azotlu gübre ve KSU yaprak Cu içeriğini önemli düzeyde etkilemiştir ($p<0,01$).

Çizelge 4.27. Farklı N ve KSU'nun Memecik ve Gemlik zeytin çeşitlerinin yaprak Cu içerikleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Genel	71	61203,463	-	-
Çeşit (Ç)	1	10284,967	10284,967	66,391**
Azotlu Gübre Uygulamaları (N)	2	32517,660	16258,830	104,954**
Kısıtlı Su Uygulamaları (S)	2	2601,157	1300,579	8,395**
Ç×N	2	4177,475	2088,737	13,483**
Ç×S	2	145,063	72,532	0,468
N×S	4	1815,172	453,793	2,929*
Ç×N×S	4	1298,908	324,727	2,096
Hata	51	7900,623	154,914	

*: $p<0,05$; **: $p<0,01$

Aynı sulama koşullarında N'lu gübre uygulamaları yaprak Cu içeriklerini her iki çeşitte azaltmıştır. S1 dozunda N'lu gübre uygulamaları arttıkça Memecik çeşidinde yaprak Cu içeriği 40,53'den 16,46 mg kg⁻¹'a, Gemlik çeşidinde yaprak Cu içeriği 79,48'den 18,93 mg kg⁻¹'a düşmüştür. S2 dozunda Memecik çeşidinde yaprak Cu içeriği N'lu gübre uygulamaları arttıkça 50,98'den 24,20 mg kg⁻¹'a düşmüş, S3 dozunda bu değer 67,53'dan 18,00 mg kg⁻¹'a düşmüştür. Gemlik çeşidinde ise S2 dozunda artan N'lu gübre uygulamaları yaprak Cu içeriğini 102,33'ten 36,33 mg kg⁻¹'a, S3 dozunda ise 109,08'den 24,53 mg kg⁻¹'a düşürmüştür. Kısıtlı su uygulamaları altında yaprak Cu içeriğinde her iki çeşitte de artış meydana gelmiştir. Ortalama yaprak Cu içeriği S1 dozunda 39,69 mg kg⁻¹ iken S3 dozunda 53,88 mg kg⁻¹'e yükselmiştir. Ayrıca çeşitler arasındaki farklılık istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur ($p<0,01$). Gemlik çeşidinin yaprak Cu içeriğinin Memecik'e oranla daha yüksek olduğu ortaya konmuştur (Çizelge 4.28).

Çizelge 4.28. Uygulamalara göre yaprak Cu içeriğindeki değişim (mg kg⁻¹)

Kısıtlı Su Uygulamaları (S)	Çeşit (Ç)	Azotlu Gübre Uygulamaları (N)			Çeşit Ort.	KSU Ort.
		N0	N1	N2		
S1	Memecik	40,53	21,18	16,46	26,06	39,69b
	Gemlik	79,48	61,58	18,93	53,33	
	Gübre Ort.	60,01	41,38	17,70		
S2	Memecik	50,98	39,23	24,20	38,14	50,19a
	Gemlik	102,33	48,08	36,33	62,25	
	Gübre Ort.	76,66	43,66	30,27		
S3	Memecik	67,53	45,63	18,00	43,72	53,88a
	Gemlik	109,08	58,53	24,53	64,05	
	Gübre Ort.	88,31	52,08	21,27		
Ortalama		74,99a	45,71b	23,08c		
LSDÇ	5,85					
LSDN	7,16					
LSDS	7,16					
LSDÇ×N	10,13					
LSDÇ×S	öd					
LSDN×S	12,41					
LSDÇ×N×S	öd					

Yaprak Cu içeriği açısından N×S interaksyonu istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0,01).

Çizelge 4.29. Bakır içeriği (mg kg⁻¹) ile ilgili N×S interaksyonu

Kısıtlı Su Uygulamaları (S)	Azotlu Gübre Uygulamaları (N)			KSU Ort.
	N0	N1	N2	
S1	60,01	41,38	17,70	39,70b
S2	76,66	43,66	30,27	50,20a
S3	88,31	52,08	21,27	53,89a
Gübre Ort.	74,99a	45,71b	23,08c	

4.2. Yapraklarda Belirlenen Fizyolojik Parametreler

4.2.1. Yaprak Kuru Madde Verimi

Farklı N'lu gübre ve KSU'nun her iki zeytin çeşidinde kuru madde verimi üzerine etkisine ait varyans analiz tablosu Çizelge 4.30'da verilmiştir. Uygulamaların çeşitler arasındaki etkisindeki farklılık istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p<0,01$). Memecik çeşidinin kuru madde verimi Gemlik çeşidinininkine göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Azotlu gübre uygulaması ve KSU'nun yaprak kuru madde verimine etkisi istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur ($p<0,01$).

Çizelge 4.30. Farklı N ve KSU'nun Memecik ve Gemlik zeytin çeşitlerinin yaprak kuru madde miktarları üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Genel	71	3182,764	-	-
Çeşit (Ç)	1	467,510	467,510	37,610**
Azotlu Gübre Uygulamaları (N)	2	194,949	97,474	7,842**
Kısıtlı Su Uygulamaları (S)	2	1415,331	707,666	56,930**
Ç×N	2	35,849	17,925	1,442
Ç×S	2	245,014	122,507	9,855**
N×S	4	55,952	13,988	1,125
Ç×N×S	4	86,319	21,580	1,736
Hata	51	633,955	12,430	-

*: $p<0,05$; **: $p<0,01$

Aynı N'lu gübre uygulamalarında su kısıtı arttıkça kuru madde veriminde artış meydana gelmiştir. Aynı su uygulamalarında ise N dozu arttıkça genel olarak her iki çeşitte de kuru madde veriminde artış olmuştur. S1 dozunda artan N'lu gübre uygulaması Memecik çeşidinde yaprak kuru madde oranını %48,80'den %53,12'ye, S2 dozunda %53,19'dan %55,73'e, S3 dozunda ise %61,24'den %70,52'ye yükseltmiştir. Gemlik çeşidinde ise S1 dozunda artan N'lu gübre uygulamaları ile kuru madde verimi %50,37'den 49,77'ye düşerken S2 dozunda %50,01'den %52,84'e, S3 dozunda ise %53,13'den %56,76'ya yükselmiştir.

Çizelge 4.31. Uygulamalara göre kuru madde verimindeki değişim (%)

Kısıtlı Su Uygulamaları (S)	Çeşit (Ç)	Azotlu Gübre Uygulamaları (N)			Çeşit Ort.	KSUOrt.
		N0	N1	N2		
S1	Memecik	48,80	51,14	53,12	51,02	50,70c
	Gemlik	50,37	51,02	49,77	50,39	
	Gübre Ort.	49,59	51,08	51,45		
S2	Memecik	53,19	58,90	55,73	55,94	53,44b
	Gemlik	50,01	49,99	52,84	50,95	
	Gübre Ort.	51,60	54,45	54,29		
S3	Memecik	61,24	66,26	70,52	66,01	61,17a
	Gemlik	53,13	59,13	56,76	56,34	
	Gübre Ort.	57,19	62,70	63,64		
Ortalama		52,79b	56,07a	56,46a		
LSDÇ	1,66					
LSDN	2,03					
LSDS	öd					
LSDÇ×N	öd					
LSDÇ×S	2,87					
LSDN×S	öd					
LSDÇ×N×S	öd					

Yaprak kuru madde verimi açısından Ç×S interaksyonu da istatistiki olarak önemli bulunmuştur (p<0,01).

Çizelge 4.32. Kuru madde verimi (%) ile ilgili Ç×S interaksyonu

Çeşit (Ç)	Kısıtlı Su Uygulamaları (S)			Çeşit Ort.
	S1	S2	S3	
Memecik	51,02	55,94	66,01	57,66
Gemlik	50,39	50,94	56,34	52,56
KSU Ort.	50,71c	53,44b	61,18a	

4.2.2. Yaprak Oransal Su İçeriği

Farklı N'lu gübre ve KSU'nın her iki zeytin çeşidinde YOSİ üzerine etkisine ait varyans analiz tablosu Çizelge 4.33'te verilmiştir. Uygulamaların etkisi istatistiksel anlamda önemlidir (p<0,01).

Çizelge 4.33. Farklı N ve KSU'nın Memecik ve Gemlik zeytin çeşitlerinin YOSİ üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Genel	71	11596,809	-	-
Çeşit (Ç)	1	1505,356	1505,356	59,990**
Azotlu Gübre Uygulamaları (N)	2	731,689	365,845	14,579**
Kısıtlı Su Uygulamaları (S)	2	7079,190	3539,595	141,057**
Ç×N	2	190,853	95,427	3,803*
Ç×S	2	117,474	58,737	2,341
N×S	4	225,067	56,267	2,242
Ç×N×S	4	412,673	103,168	4,111**
Hata	51	1279,759	25,093	-

*:p<0,05; **:p<0,01

Aynı N'lu gübre uygulamalarında KSU'na bağlı olarak YOSİ azalmıştır. Azotlu gübre uygulamalarının aynı su uygulama koşullarında YOSİ üzerine etkisi farklılık göstermiştir. Ortalamalara bakıldığında S1 dozunda YOSİ %70,14 iken, S3 dozunda %45,86'ya düşmüştür. S1 dozunda Memecik çeşidinde YOSİ N'lu gübre uygulamaları arttıkça %75,46'dan 59,51'e düşmüş, S2 dozunda %54,58'den %58,73'e artmış, S3 dozunda ise %38,73'den %39,80'e yükselmiştir. Gemlik çeşidinde ise S1 dozunda artan N dozları YOSİ'ni %75,61'den %77,32'ye arttırmış, S2 dozunda %67,05'den %63,87'ye, S3 dozunda ise %55,63'den %55,22'ye azaltmıştır. Ayrıca Gemlik zeytin çeşidinin YOSİ Memecik çeşidinin YOSİ'ne göre daha yüksektir. Bu durum isatiksel anlamda önemli bulunmuştur (p<0,01) (Çizelge 4.34).

Çizelge 4.34. Uygulamalara göre YOSİ'ndeki değişim (%)

Kısıtlı Su Uygulamaları (S)	Çeşit (Ç)	Azotlu Gübre Uygulamaları (N)			Çeşit Ort.	KSU Ort.
		N0	N1	N2		
S1	Memecik	75,46	65,90	59,51	66,96	70,14a
	Gemlik	75,61	67,06	77,32	73,33	
	Gübre Ort.	75,54	66,48	68,42		
S2	Memecik	54,83	47,47	58,73	53,68	57,94b
	Gemlik	67,05	55,68	63,87	62,20	
	Gübre Ort.	60,94	51,58	61,30		
S3	Memecik	38,73	40,23	39,80	39,59	45,86c
	Gemlik	55,63	45,52	55,22	52,12	
	Gübre Ort.	47,18	42,88	47,51		
Ortalama		61,22a	53,64b	59,08a		
LSDÇ	2,35					
LSDN	2,88					
LSDS	2,88					
LSDÇ×N	4,08					
LSDÇ×S	öd					
LSDN×S	4,99					
LSDÇ×N×S	7,06					

Ayrıca YOSİ açısından Ç×N ve Ç×N×S interaksiyonları da istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,01$).

Çizelge 4.35. Yaprak oransal su içeriği (%) ile ilgili Ç×N interaksiyonu

Çeşit (Ç)	Azotlu Gübre Uygulamaları (N)			Çeşit Ort.
	N0	N1	N2	
Memecik	56,34	51,20	52,68	53,41
Gemlik	66,10	56,09	65,47	62,55
Gübre Ort.	61,22a	53,64b	59,08a	

4.2.3. Yaprak Sukkulens İndeksi

Farklı N'lu gübre ve KSU'nın her iki zeytin çeşidinde yaprak Sİ üzerine etkisine ait varyans analiz tablosu Çizelge 4.36'da verilmiştir. Uygulamaların etkisi çeşitler arasında farklılık göstermekle birlikte istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur ($p<0,01$). Uygulamalar yaprak Sİ üzerine önemli düzeyde etkili olmuştur ($p<0,01$).

Çizelge 4.36. Farklı N ve KSU'nın Memecik ve Gemlik zeytin çeşitlerinin yaprak Sİ üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Genel	71	946,786	-	-
Çeşit (Ç)	1	120,393	120,393	32,259**
Azotlu Gübre Uygulamaları (N)	2	58,218	29,109	7,800**
Kısıtlı Su Uygulamaları (S)	2	493,004	246,502	66,050**
Ç×N	2	0,802	0,401	0,108
Ç×S	2	9,773	4,886	1,309
N×S	4	46,151	11,538	3,092*
Ç×N×S	4	20,526	5,132	1,375
Hata	51	190,335	3,732	-

*:p<0,05; **:p<0,01

Aynı N'lu gübre uygulamaları altında su kısıtının artmasıyla Sİ değerleri (mg H₂O cm²) azalmıştır. Ortalamalara bakıldığında Memecik çeşidinin Sİ değeri S1 dozunda 17,25 (mg H₂O cm²) iken %40 azalarak S3 dozunda 10,20 (mg H₂O cm²)'ye düşmüştür. Gemlik çeşidinde ise bu azalma %30 düzeyindedir. Azotlu gübre uygulamaları ile Memecik çeşidinde S1 ve S3 dozlarında azalma meydana gelirken, S2 dozunda çok az da olsa artış görülmektedir. Gemlik çeşidinde ise N'lu gübre uygulaması arttıkça tüm sulama düzeylerinde Sİ değerleri düşmüştür (Çizelge 4.37).

Çizelge 4.37. Uygulamalara göre yaprak Sİ'indeki değişim (mg H₂O cm²)

Kısıtlı Su Uygulamaları (S)	Çeşit (Ç)	Azotlu Gübre Uygulamaları (N)			Çeşit Ort.	KSU Ort.
		N0	N1	N2		
S1	Memecik	19,97	15,65	16,12	17,25	18,03a
	Gemlik	20,84	17,22	18,40	18,82	
	Gübre Ort.	20,41	16,44	17,26		
S2	Memecik	14,08	11,80	14,78	13,55	15,20b
	Gemlik	18,79	15,81	15,96	16,85	
	Gübre Ort.	16,44	13,81	15,37		
S3	Memecik	9,75	10,46	10,38	10,20	11,64c
	Gemlik	12,82	12,11	14,31	13,08	
	Gübre Ort.	11,29	11,29	12,35		
Ortalama		16,04a	13,84b	14,99a		
LSDÇ	0,91					
LSDN	1,11					
LSDS	1,11					
LSDÇ×N	öd					
LSDÇ×S	öd					
LSDN×S	1,93					
LSDÇ×N×S	öd					

Ayrıca Sİ açısından bakıldığında N×S interaksyonu istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur (p<0,05).

Çizelge 4.38. Sukkulens indeksi (mg H₂O cm²) ile ilgili N×S interaksyonu

Kısıtlı Su Uygulamaları (S)	Azotlu Gübre Uygulamaları (N)			KSU Ort.
	N0	N1	N2	
S1	20,41	16,44	17,26	18,03a
S2	16,44	13,81	15,37	15,20b
S3	11,29	11,29	12,35	11,64c
Gübre Ort.	16,04a	13,84b	14,99a	

4.3. Yapraklarda Belirlenen Biyokimyasal Parametreler

4.3.1. Yaprak Klorofil a (Kla) İçeriği

Farklı N'lu gübre ve KSU'nun her iki zeytin çeşidinde yaprak Kla içeriği üzerine etkisine ait varyans analiz tablosu Çizelge 4.39'da verilmiştir. Yaprak Kla içeriklerine bakıldığında N'lu gübre uygulamalarının etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p<0,01$, $p<0,05$). Kısıtlı su uygulamaları ile Kla içeriklerinde azalma meydana gelse de bu durum istatistiksel anlamda önemli bulunmamıştır.

Çizelge 4.39. Farklı N ve KSU'nun Memecik ve Gemlik zeytin çeşitlerinin Kla içeriği üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Genel	71	2,374	-	-
Çeşit (Ç)	1	0,120	0,120	4,818*
Azotlu Gübre Uygulamaları (N)	2	0,232	0,116	4,645*
Kısıtlı Su Uygulamaları (S)	2	0,043	0,023	0,913
Ç×N	2	0,195	0,097	3,901*
Ç×S	2	0,179	0,089	3,577*
N×S	4	0,210	0,052	2,101
Ç×N×S	4	0,117	0,029	1,177
Hata	51	1,273	0,025	-

*: $p<0,05$; **: $p<0,01$

Aynı N dozlarında su kısıtının artması Kla içeriğinde genel olarak azalmaya neden olmuştur. Aynı su uygulamalarında N'lu gübre uygulamalarının etkisi çeşitler arasında farklı olmuştur. S1 dozunda N'lu gübre uygulaması arttıkça Memecik çeşidinde 1,17'den 1,15 mg g⁻¹'a, S2 dozunda 0,99'dan 1,02 g⁻¹'a artarken, S3 dozunda ise 0,94'den 0,99 g⁻¹'a düşmüştür. Gemlik çeşidinde ise S1 dozunda N'lu gübre uygulaması yaprak Kla içeriğini 1,06'dan 1,21'e g⁻¹'a, S2 dozunda 0,91'den 1,17 g⁻¹'a, S3 dozunda ise 0,94'den 1,20 g⁻¹'a arttırmıştır. Çeşitlerden bağımsız olarak ortalamalar değerlendirildiğinde N0 dozunda Kla içeriği 1,00 mg g⁻¹ iken N2 dozunda 1,12 mg g⁻¹ e yükselmiştir (Çizelge 4.40).

Çizelge 4.40. Uygulamalara göre Kla içeriğindeki değişim (mg g⁻¹)

Kısıtlı Su Uygulamaları (S)	Çeşit (Ç)	Azotlu Gübre Uygulamaları (N)			Çeşit Ort.	KSU Ort.
		N0	N1	N2		
S1	Memecik	1,17	1,02	1,15	1,11	1,12
	Gemlik	1,06	1,09	1,21	1,12	
	Gübre Ort.	1,12	1,06	1,18		
S2	Memecik	0,99	1,19	1,02	1,07	1,07
	Gemlik	0,91	1,16	1,17	1,08	
	Gübre Ort.	0,95	1,18	1,10		
S3	Memecik	0,94	0,92	0,99	0,95	1,06
	Gemlik	0,94	1,37	1,20	1,17	
	Gübre Ort.	0,94	1,15	1,10		
Ortalama		1,00b	1,13a	1,12a		
LSDÇ	0,07					
LSDN	0,09					
LSDS	öd					
LSDÇ×N	0,13					
LSDÇ×S	0,13					
LSDN×S	öd					
LSDÇ×N×S	öd					

Ayrıca Kla içeriği üzerine Ç×S ve Ç×N interaksyonları istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur (p<0,05).

Çizelge 4.41. Klorofil a içeriği (mg g⁻¹) ile ilgili Ç×S interaksyonu

Kısıtlı Su Uygulamaları (S)	Azotlu Gübre Uygulamaları (N)			KSU Ort.
	N0	N1	N2	
S1	1,12	1,06	1,18	1,12
S2	0,95	1,18	1,10	1,07
S3	0,94	1,15	1,10	1,06
Gübre Ort.	1,00b	1,13a	1,12a	

Çizelge 4.42. Klorofil a içeriği (mg g⁻¹) ile ilgili Ç×N interaksyonu

Çeşit (Ç)	Azotlu Gübre Uygulamaları (N)			Çeşit Ort.
	N0	N1	N2	
Memecik	1,03	1,04	1,05	1,04
Gemlik	0,97	1,21	1,19	1,12
Gübre Ort.	1,00b	1,13a	1,12a	

4.3.2. Yaprak Klorofil b (Klb) İçeriği

Farklı N'lu gübre ve KSU'nun her iki zeytin çeşidinde yaprak Klb içeriği üzerine etkisine ait varyans analiz tablosu Çizelge 4.43'te verilmiştir. Azotlu gübre uygulamalarının Klb üzerine etkisi istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Ayrıca Ç×N×S interaksiyonu istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$).

Çizelge 4.43. Farklı N ve KSU'nun Memecik ve Gemlik zeytin çeşitlerinin Klb içeriği üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Genel	71	0,586	-	-
Çeşit (Ç)	1	0,10	0,10	1,509
Azotlu Gübre Uygulamaları (N)	2	0,061	0,030	4,424*
Kısıtlı Su Uygulamaları (S)	2	0,030	0,02	0,238
Ç×N	2	0,013	0,06	0,915
Ç×S	2	0,010	0,05	0,739
N×S	4	0,061	0,015	2,215
Ç×N×S	4	0,073	0,018	2,637*
Hata	51	0,351	0,07	-

*: $p<0,05$; **: $p<0,01$

Genel olarak aynı su uygulamalarında N'lu gübre uygulamaları arttıkça Klb içeriği de artmıştır. Memecik çeşidinde S1 dozunda N'lu gübre uygulamaları Klb içeriğini 0,51'den 0,60 mg g⁻¹'a, S2 dozunda 0,47'den 0,55 mg g⁻¹'e, S3 dozunda ise 0,47'den 0,59 mg g⁻¹'a arttırmıştır. Gemlik çeşidinde ise S1 dozunda artan N'lu gübre uygulamaları Klb içeriğini 0,60'dan 0,52 mg g⁻¹'a, S2 dozunda 0,57'den 0,54 mg g⁻¹'a düşürürken, S3 dozunda ise 0,46'den 0,66 mg g⁻¹'a yükseltmiştir.

Çizelge 4.44. Uygulamalara göre Klb içeriğindeki değişim (mg g⁻¹)

Kısıtlı Su Uygulamaları (S)	Çeşit (Ç)	Azotlu Gübre Uygulamaları (N)			Çeşit Ort.	KSU Ort.
		N0	N1	N2		
S1	Memecik	0,51	0,50	0,60	0,54	0,54
	Gemlik	0,60	0,53	0,52	0,55	
	Gübre Ort.	0,56	0,52	0,56		
S2	Memecik	0,47	0,56	0,55	0,53	0,53
	Gemlik	0,57	0,47	0,54	0,53	
	Gübre Ort.	0,52	0,52	0,55		
S3	Memecik	0,47	0,46	0,59	0,51	0,54
	Gemlik	0,46	0,57	0,66	0,56	
	Gübre Ort.	0,99	0,99	0,99		
Ortalama		0,51b	0,52b	0,58a		
LSDÇ	öd					
LSDN	0,048					
LSDS	öd					
LSDÇ×N	öd					
LSDÇ×S	öd					
LSDN×S	öd					
LSDÇ×N×S	0,118					

4.3.3. Yaprak Klorofil a/b Oranı

Farklı N'lu gübre ve KSU'nun her iki zeytin çeşidinde yaprak klorofil a/b oranına etkisine ait varyans analiz tablosu Çizelge 4.45'te verilmiştir. Azotlu gübre uygulamalarının Klb üzerine etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur (p<0,01).

Çizelge 4.45. Farklı N ve KSU'nun Memecik ve Gemlik zeytin çeşitlerinin Klb oranı üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Genel	71	5,608	-	-
Çeşit (Ç)	1	0,105	0,105	3,393
Azotlu Gübre Uygulamaları (N)	2	0,855	0,427	13,799**
Kısıtlı Su Uygulamaları (S)	2	0,076	0,038	1,235
Ç×N	2	1,357	0,679	21,916**
Ç×S	2	0,192	0,096	3,096
N×S	4	0,870	0,217	7,023**
Ç×N×S	4	0,554	0,139	4,474**
Hata	51	1,579	0,031	-

*:p<0,05; **:p<0,01

Genel olarak aynı su uygulamalarında dozlarında N'lu gübre uygulamaları arttıkça Kla/b oranı Memecik çeşidinde azalırken, Gemlik çeşidinde artmıştır. Memecik çeşidinde S1 dozunda N'lu gübre uygulamaları Kla/b oranını 2,28'den 1,93'e, S2 dozunda 2,13'den 1,85'e, S3 dozunda ise 1,98'den 1,67'ye düşürmüştür. Gemlik çeşidinde ise S1 dozunda artan N'lu gübre uygulamaları Kla/b oranını 1,76'dan 2,24'e, S2 dozunda 1,62'den 2,33'e yükseltirken, S3 dozunda ise 2,07'den 1,90'a düşürmüştür. Kısıtlı su uygulamaları ile Kla/b azalmış olsa da bu azalış istatistiksel anlamda önemli bulunmamıştır.

Çizelge 4.46. Uygulamalara göre klorofila/b oranındaki değişim

Kısıtlı Su Uygulamaları (S)	Çeşit (Ç)	Azotlu Gübre Uygulamaları (N)			Çeşit Ort.	KSU Ort.
		N0	N1	N2		
S1	Memecik	2,28	2,07	1,93	2,09	2,08
	Gemlik	1,76	2,08	2,34	2,06	
	Gübre Ort.	2,02	2,08	2,14		
S2	Memecik	2,13	2,12	1,85	2,03	2,06
	Gemlik	1,62	2,46	2,17	2,08	
	Gübre Ort.	1,88	2,29	2,01		
S3	Memecik	1,98	2,03	1,68	1,90	2,00
	Gemlik	2,07	2,43	1,82	2,11	
	Gübre Ort.	2,03	2,23	1,75		
Ortalama		1,97b	2,20a	1,97b		
LSDÇ	0,08					
LSDN	0,10					
LSDS	öd					
LSDÇ×N	0,14					
LSDÇ×S	öd					
LSDN×S	0,18					
LSDÇ×N×S	0,25					

Ayrıca Kla/b ile ilgili olarak Ç×N ve N×S interaksiyonları da istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,01$, $p<0,05$).

Çizelge 4.47. Klorofil a/b ile ilgili Ç×N interaksiyonu

Çeşit (Ç)	Azotlu Gübre Uygulamaları (N)			Çeşit Ort.
	N0	N1	N2	
Memecik	2,13	2,07	1,82	2,01
Gemlik	1,82	2,32	2,11	2,08
Gübre Ort.	1,97b	2,20a	1,97b	

Çizelge 4.48. Klorofil a/b ile ilgili N×S interaksyonu

Kısıtlı Su Uygulamaları (S)	Azotlu Gübre Uygulamaları (N)			KSU Ort.
	N0	N1	N2	
S1	2,02	2,08	2,14	2,08
S2	1,88	2,29	2,01	2,06
S3	2,03	2,23	1,75	2,00
Gübre Ort.	1,97b	2,20a	1,97b	

4.3.4. Yaprak Karotenoid İçeriği

Farklı N'lu gübre ve KSU'nun her iki zeytin çeşidinde yaprak karotenoid içeriği üzerine etkisine ait varyans analiz tablosu Çizelge 4.49'da verilmiştir. Uygulamalar karotenoid içeriğini arttırmış olsa da bu artış istatistiksel anlamda önemli bulunmamıştır.

Çizelge 4.49. Farklı N ve KSU'nun Memecik ve Gemlik zeytin çeşitlerinin karotenoid miktarı üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Genel	71	0,447	-	-
Çeşit (Ç)	1	0,002	0,002	0,397
Azotlu Gübre Uygulamaları (N)	2	0,014	0,070	1,530
Kısıtlı Su Uygulamaları (S)	2	0,010	0,050	1,089
Ç×N	2	0,100	0,050	11,249**
Ç×S	2	0,051	0,026	5,755**
N×S	4	0,007	0,002	0,420
Ç×N×S	4	0,029	0,007	1,606
Hata	51	0,227	0,004	-

*:p<0,05; **:p<0,01

Aynı su uygulamalarında artan N'lu gübre uygulamaları Memecik çeşidinde karotenoid içeriğini azaltırken, Gemlik çeşidinde ise arttırmıştır. S1 dozunda N'lu gübre uygulaması arttıkça Memecik çeşidinde karotenoid içeriği 0,23'den 0,19 mg g⁻¹'a, S2 dozunda 0,21'den 0,18 mg g⁻¹'a, S3 dozunda ise 0,21'den 0,11 mg g⁻¹'a azalmıştır. Gemlik çeşidinde ise S1 dozunda N'lu gübre uygulaması arttıkça karotenoid içeriği 0,13'den 0,21 mg g⁻¹'a, S2 dozunda 0,13'den 0,22 mg g⁻¹'a, S3 dozunda ise 0,17'den 0,37 mg g⁻¹'a artmıştır.

Çizelge 4.50. Uygulamalara göre karotenoid içeriğindeki değişim (mg g⁻¹)

Kısıtlı Su Uygulamaları (S)	Çeşit (Ç)	Azotlu Gübre Uygulamaları (N)			Çeşit Ort.	KSU Ort.
		N0	N1	N2		
S1	Memecik	0,23	0,19	0,19	0,20	0,19
	Gemlik	0,13	0,17	0,21	0,17	
	Gübre Ort.	0,18	0,18	0,20		
S2	Memecik	0,21	0,29	0,18	0,23	0,21
	Gemlik	0,13	0,20	0,22	0,18	
	Gübre Ort.	0,17	0,25	0,20		
S3	Memecik	0,21	0,20	0,11	0,17	0,22
	Gemlik	0,17	0,24	0,37	0,26	
	Gübre Ort.	0,19	0,22	0,24		
Ortalama		0,18	0,22	0,21		
LSDÇ	öd					
LSDN	öd					
LSDS	öd					
LSDÇ×N	0,05					
LSDÇ×S	0,05					
LSDN×S	öd					
LSDÇ×N×S	0,09					

Ayrıca karotenoid içeriği üzerine Ç×N, Ç×S ve Ç×N×S etkileşimleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0,01, p<0,05).

Çizelge 4.51. Karotenoid içeriği (mg g⁻¹) ile ilgili Ç×N etkileşimi

Çeşit (Ç)	Azotlu Gübre Uygulamaları (N)			Çeşit Ort.
	N0	N1	N2	
Memecik	0,22	0,23	0,16	0,20
Gemlik	0,14	0,20	0,27	0,20
Gübre Ort.	0,18	0,22	0,21	

Çizelge 4.52. Karotenoid içeriği (mg g⁻¹) ile ilgili Ç×S etkileşimi

Çeşit (Ç)	Kısıtlı Su Uygulamaları (S)			Çeşit Ort.
	S1	S2	S3	
Memecik	0,20	0,23	0,17	0,20
Gemlik	0,17	0,18	0,26	0,20
KSU Ort.	0,19	0,21	0,22	

4.3.5. Yaprak Prolin İçeriği

Farklı N'lu gübre ve KSU'nun her iki zeytin çeşidinde yaprak PRO içeriği üzerine etkisine ait varyans analiz tablosu Çizelge 4.53'te verilmiştir. Azotlu gübre ve KSU çeşitlerin PRO içerikleri üzerine önemli düzeyde etkili olmuştur ($p<0,01$, $p<0,05$).

Çizelge 4.53. Farklı N ve KSU'nun Memecik ve Gemlik zeytin çeşitlerinin PRO miktarı üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Genel	71	0,931	-	-
Çeşit (Ç)	1	0,124	0,124	30,807**
Azotlu Gübre Uygulamaları (N)	2	0,344	0,172	42,815**
Kısıtlı Su Uygulamaları (S)	2	0,037	0,018	4,594*
Ç×N	2	0,012	0,006	1,518
Ç×S	2	0,017	0,008	2,061
N×S	4	0,111	0,028	6,904**
Ç×N×S	4	0,055	0,014	3,400*
Hata	51	0,205	0,004	-

*: $p<0,05$; **: $p<0,01$

Aynı su uygulamalarında her iki çeşidin PRO içeriği artan N'lu gübre uygulamasıyla birlikte artmıştır. Memecik çeşidinde S1 dozunda N dozu arttıkça PRO içeriği 0,15'den 0,27 $\mu\text{M g}^{-1}$ 'a artmıştır. Gemlik çeşidinde ise S1 dozunda PRO içeriği 0,04'den 0,13 $\mu\text{M g}^{-1}$ 'a artmıştır. S2 dozunda artan N'lu gübre uygulamaları PRO içeriğini Memecik çeşidinde 0,13'den, 0,48 $\mu\text{M g}^{-1}$ 'a, Gemlik çeşidinde ise 0,07'den 0,24 $\mu\text{M g}^{-1}$ 'a arttırmıştır. S3 dozunda N'lu gübre uygulamaları arttıkça Memecik çeşidinde PRO içeriği 0,13'den 0,22 $\mu\text{M g}^{-1}$ 'e artmış, Gemlik çeşidinde ise 0,08'den 0,24 $\mu\text{M g}^{-1}$ 'a yükselmiştir. Ayrıca Memecik çeşidinin PRO içeriği Gemlik çeşidine göre daha yüksek bulunmuştur. Çeşitler arasındaki bu farklılık istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur ($p<0,01$) (Çizelge 4.54).

Çizelge 4.54. Uygulamalara göre PRO içeriğindeki değişim ($\mu\text{M g}^{-1}$)

Kısıtlı Su Uygulamaları (S)	Çeşit (Ç)	Azotlu Gübre Uygulamaları (N)			Çeşit Ort.	KSU Ort.
		N0	N1	N2		
S1	Memecik	0,15	0,21	0,20	0,19	0,15b
	Gemlik	0,04	0,17	0,13	0,11	
	Gübre Ort.	0,10	0,19	0,17		
S2	Memecik	0,13	0,16	0,48	0,26	0,20a
	Gemlik	0,07	0,12	0,24	0,14	
	Gübre Ort.	0,10	0,14	0,36		
S3	Memecik	0,13	0,14	0,22	0,16	0,15b
	Gemlik	0,08	0,06	0,24	0,13	
	Gübre Ort.	0,11	0,10	0,23		
Ortalama		0,10c	0,14b	0,25a		
LSDÇ	0,03					
LSDN	0,04					
LSDS	0,04					
LSDÇ×N	öd					
LSDÇ×S	öd					
LSDN×S	0,06					
LSDÇ×N×S	0,09					

Ayrıca PRO içeriği bakımından N×S ve Ç×N×S etkileşimler istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,01$, $p < 0,05$).

Çizelge 4.55. Prolin içeriği ($\mu\text{M g}^{-1}$) ile ilgili N×S etkileşimi

Kısıtlı Su Uygulamaları (S)	Azotlu Gübre Uygulamaları (N)			KSU Ort.
	N0	N1	N2	
S1	0,10	0,19	0,17	0,15b
S2	0,10	0,14	0,36	0,20a
S3	0,11	0,10	0,23	0,15b
Gübre Ort.	0,10c	0,14b	0,25a	

4.4. Fotosentetik Parametreler

4.4.1. Fotosentez Hızı

Farklı N'lu gübre ve KSU'nun her iki zeytin çeşidinde fotosentez oranı üzerine etkisine ait varyans analiz tablosu Çizelge 4.56'da verilmiştir. Azotlu gübre ve KSU her iki çeşitte de fotosentezi önemli derece etkilemiştir ($p<0,01$, $p<0,05$).

Çizelge 4.56. Farklı N ve KSU'nun Memecik ve Gemlik zeytin çeşitlerinin fotosentez hızı üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Genel	71	216,597	-	-
Çeşit (Ç)	1	0,847	0,847	0,77
Azotlu Gübre Uygulamaları (N)	2	7,822	3,911	3,589*
Kısıtlı Su Uygulamaları (S)	2	117,336	58,668	53,831**
Ç×N	2	13,696	6,848	6,283**
Ç×S	2	2,257	1,129	1,036
N×S	4	1,094	0,273	0,251
Ç×N×S	4	15,352	3,838	3,522*
Hata	51	55,583	1,090	-

*: $p<0,05$; **: $p<0,01$

Memecik çeşidinde aynı N dozları altında su kısıtı arttıkça fotosentez hızı azalmıştır. Çeşitlerden bağımsız olarak ortalamalara bakıldığında S1 dozunda fotosentez hızı $4,34 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ iken S3 dozunda $1,61 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 'e düşmüştür. Aynı su uygulamaları altında N'lu gübre uygulamaları arttığında gözlenmiştir. S1 dozunda N'lu gübre uygulamaları arttığında Memecik çeşidinde fotosentez hızında %47, S2 dozunda %53, S3 dozunda ise %43 azalma meydana gelmiştir. Gemlik çeşidinde ise S1 dozunda N'lu gübre uygulamaları arttığında fotosentez hızı %51 artmış, S2 dozunda %29 azalmış, S3 dozunda ise %9 azalmıştır.

Çizelge 4.57. Uygulamalara göre fotosentez hızındaki değişim ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)

Kısıtlı Su Uygulamaları (S)	Çeşit (Ç)	Azotlu Gübre Uygulamaları (N)			Çeşit Ort.	KSU Ort.
		N0	N1	N2		
S1	Memecik	6,19	3,09	3,25	4,18	4,34a
	Gemlik	3,48	4,75	5,27	4,50	
	Gübre Ort.	4,84	3,92	4,26		
S2	Memecik	2,62	1,52	1,22	1,79	1,66b
	Gemlik	1,90	1,34	1,34	1,53	
	Gübre Ort.	2,26	1,43	1,28		
S3	Memecik	1,67	1,32	0,95	1,31	1,61b
	Gemlik	2,14	1,62	1,94	1,91	
	Gübre Ort.	1,91	1,47	1,45		
Ortalama		3,00a	2,27b	2,33b		
LSDÇ	öd					
LSDN	0,60					
LSDS	0,60					
LSDÇ×N	0,85					
LSDÇ×S	öd					
LSDN×S	öd					
LSDÇ×N×S	1,47					

Ayrıca fotosentez hızları açısından değerlendirildiğinde Ç×N ve Ç×N×S interaksiyonları istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p<0,01$).

Çizelge 4.58. Fotosentez hızı ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) ile ilgili Ç×N interaksiyonu

Çeşitler (Ç)	Azotlu Gübre Uygulamaları (N)			Çeşit Ort.
	N0	N1	N2	
Memecik	3,49	1,98	1,81	2,43
Gemlik	2,51	2,57	2,85	2,64
Gübre Ort.	3,00a	2,27b	2,33b	

4.4.2 Stoma iletkenliği

Farklı N'lu gübre ve KSU'nun her iki zeytin çeşidinde yaprak stoma iletkenliği üzerine etkisine ait varyans analiz tablosu Çizelge 4.59'da verilmiştir. Azotlu gübre uygulamalarının stoma iletkenliği üzerine belirgin etkisi olmamasına rağmen KSU altında her iki çeşitte stoma iletkenliği değerlerindeki değişim istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p<0,01$).

Çizelge 4.59. Farklı N ve KSU'nun Memecik ve Gemlik zeytin çeşitlerinin stoma iletkenliği üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Genel	71	0,012	-	-
Çeşit (Ç)	1	8,266E-5	8,266E-5	0,726
Azotlu Gübre Uygulamaları (N)	2	0,000	0,000	1,693
Kısıtlı Su Uygulamaları (S)	2	0,003	0,001	12,358**
Ç×N	2	0,000	0,000	0,986
Ç×S	2	0,001	0,000	2,841
N×S	4	0,001	0,000	1,592
Ç×N×S	4	0,001	0,000	2,099
Hata	51	0,006	0,000	-

*:p<0,05; **:p<0,01

Aynı N'lu gübre uygulamaları altında su kısıtı arttığında her iki çeşitte de genel olarak stoma iletkenliği azalmıştır. N0 dozunda su kısıtı arttığında Memecik çeşidinde stoma iletkenliği 0,04'den 0,02 mol H₂O m⁻² s⁻¹'e düşmüş, N1 dozunda sabit kalmış (0,02), N2 dozunda ise su kısıtı arttıkça stoma iletkenliği 0,03'den 0,01 H₂O m⁻² s⁻¹'e düşmüştür. Gemlik çeşidinde ise N0 uygulamasında su kısıtı arttığında stoma iletkenliği sabit kalmış (0,03), N1 dozunda 0,03'den 0,01 H₂O m⁻² s⁻¹'e düşmüş, N2 dozunda ise 0,04'den 0,02 H₂O m⁻² s⁻¹'e azalmıştır.

Çizelge 4.60. Uygulamalara göre stoma iletkenliğindeki değişim ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$)

Kısıtlı Su Uygulamaları (S)	Çeşit (Ç)	Azotlu Gübre Uygulamaları (N)			Çeşit Ort.	KSU Ort.
		N0	N1	N2		
S1	Memecik	0,04	0,02	0,03	0,03	0,03a
	Gemlik	0,03	0,03	0,04	0,03	
	Gübre Ort.	0,04	0,03	0,04		
S2	Memecik	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02b
	Gemlik	0,01	0,01	0,01	0,01	
	Gübre Ort.	0,02	0,02	0,02		
S3	Memecik	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02b
	Gemlik	0,03	0,01	0,02	0,02	
	Gübre Ort.	0,03	0,02	0,02		
Ortalama		0,03	0,02	0,02		
LSDÇ	öd					
LSDN	öd					
LSDS	0,006					
LSDÇ×N	öd					
LSDÇ×S	öd					
LSDN×S	öd					
LSDÇ×N×S	öd					

4.4.3. İçsel CO₂

Farklı N'lu gübre ve KSU'nun her iki zeytin çeşidinde içsel CO₂ üzerine etkisine ait varyans analiz tablosu Çizelge 4.61'de verilmiştir. Kısıtlı su uygulamalarının her iki çeşitte içsel CO₂ miktarı üzerine etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p<0,01$).

Çizelge 4.61. Farklı N ve KSU'nın Memecik ve Gemlik zeytin çeşitlerinin içsel CO₂ miktarı üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Genel	71	583991,299	-	-
Çeşit (Ç)	1	2314,237	2314,237	0,326
Azotlu Gübre Uygulamaları (N)	2	31542,248	15771,124	2,222
Kısıtlı Su Uygulamaları (S)	2	74428,768	37214,384	5,242**
Ç×N	2	16701,805	8350,902	1,176
Ç×S	2	16361,314	8180,657	1,152
N×S	4	32351,502	8087,875	1,139
Ç×N×S	4	16438,181	4109,545	0,579
Hata	51	362043,551	7098,893	-

*:p<0,05; **:p<0,01

Aynı su uygulamalarında N'lu gübre uygulamalarının artışı genel olarak her iki çeşitte de içsel CO₂ miktarında artışa neden olmuştur. Ayrıca, sabit N'lu gübreleme uygulamalarında da su kısıtının artışı içsel CO₂ miktarını arttırmıştır. N0 dozunda su kısıtı arttığında Memecik çeşidinde içsel CO₂ miktarı 152,68'den 161,61µmol'e, N1 dozunda 91,22'den 236,79 µmol'e, N2 dozunda ise 191,70'den 253,89 µmol'e yükselmiştir. Gemlik çeşidinde ise N0 uygulamasında S1'e kıyasla S2 ve S3 uygulamalarında içsel CO₂ miktarı 153,44'den 262,26 µmol'e, N1 dozunda 112,46'dan 207,39 µmol'e, N2 dozunda ise 193,32'den 218,71'e yükselmiştir. Kısıtlı su uygulamalarının etkisi altında çeşitlerden bağımsız olarak ortalama içsel CO₂ miktarı S1 dozunda 149,14 µmol CO₂ mol hava⁻¹ iken, S3 dozunda 223,44 µmol CO₂ mol hava⁻¹'e yükselmiştir (Çizelge 4.62).

Çizelge 4.62. Uygulamalara göre içsel CO₂ değişimi (µmol CO₂ mol hava⁻¹)

Kısıtlı Su Uygulamaları (S)	Çeşit (Ç)	Azotlu Gübre Uygulamaları (N)			Çeşit Ort.	KSU Ort.
		N0	N1	N2		
S1	Memecik	152,68	91,22	191,70	145,20	149,14b
	Gemlik	153,44	112,46	193,32	153,07	
	Gübre Ort.	153,06	101,84	192,51		
S2	Memecik	164,48	276,09	266,98	235,85	208,90a
	Gemlik	157,58	174,31	213,94	181,94	
	Gübre Ort.	161,03	225,20	240,46		
S3	Memecik	161,61	236,79	253,89	217,43	223,44a
	Gemlik	262,26	207,39	218,71	229,45	
	Gübre Ort.	211,94	222,09	236,30		
Ortalama		175,34	183,04	223,09		
LSDÇ	öd					
LSDN	öd					
LSDS	48,49					
LSDÇ×N	öd					
LSDÇ×S	öd					
LSDN×S	öd					
LSDÇ×N×S	öd					

4.4.4. Fotosistem II Etkinliği

Farklı N'lu gübre ve KSU'nun her iki zeytin çeşidinde yaprak PSII etkinliği üzerine etkisine ait varyans analiz tablosu Çizelge 4.63'te verilmiştir. Fotosistem II etkinliği açısından değerlendirildiğinde uygulamaların çeşitler arasında yarattığı farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,01$). Azotlu gübre ve KSU PSII etkinliği üzerinde önemli düzeyde etkili olmuştur ($p<0,01$). Ayrıca Ç×N×S arasındaki interaksiyon istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Çizelge 4.63. Farklı N ve KSU'nın Memecik ve Gemlik zeytin çeşitlerinin PSII etkinliği üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Genel	71	0,370	-	-
Çeşit (Ç)	1	0,036	0,036	26,871**
Azotlu Gübre Uygulamaları (N)	2	0,018	0,009	6,699**
Kısıtlı Su Uygulamaları (S)	2	0,207	0,103	77,936**
Ç×N	2	0,005	0,002	1,837
Ç×S	2	0,000	0,000	0,151
N×S	4	0,013	0,003	2,529
Ç×N×S	4	0,014	0,004	2,665*
Hata	51	0,068	0,001	-

*:p<0,05; **:p<0,01

Aynı N'lu gübre uygulamalarında su kısıtı arttığında çeşitlerin PSII etkinliğinde azalma meydana gelmiştir. Ortalamalara göre S1 dozunda 0.21 olan PSII etkinliği S3 dozunda 0.08'e düşmüştür. Su uygulama düzeyi sabit iken N'lu gübre uygulamasındaki artış ise genel olarak çeşitlerin PSI etkinliğini arttırmıştır. Memecik çeşidinde N0 dozunda su kısıtı arttığında PSII etkinliği %69, N1 dozunda %68, N2 dozunda ise %64 düzeyinde azalmıştır. Gemlik çeşidinde ise su kısıtının artmasıyla beraber N0 dozunda PSII etkinliği %45, N1 dozunda %67, N2 dozunda ise %55 düzeyinde azalmıştır. Ayrıca Gemlik çeşidinin PSII etkinliğinin Memecik çeşidinin PSII etkinliğine göre daha yüksek olduğu ortaya konmuştur. Bu durum istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur (p<0,01) (Çizelge 4.64).

Çizelge 4.64. Uygulamalara göre PSII etkinliğindeki değişim

Kısıtlı Su Uygulamaları (S)	Çeşit (Ç)	Azotlu Gübre Uygulamaları (N)			Çeşit Ort.	KSU Ort.
		N0	N1	N2		
S1	Memecik	0,18	0,20	0,17	0,18	0,21a
	Gemlik	0,17	0,26	0,28	0,24	
	Gübre Ort.	0,17	0,23	0,22		
S2	Memecik	0,08	0,08	0,14	0,10	0,12b
	Gemlik	0,13	0,12	0,17	0,14	
	Gübre Ort.	0,11	0,10	0,15		
S3	Memecik	0,06	0,06	0,06	0,06	0,08c
	Gemlik	0,09	0,08	0,12	0,10	
	Gübre Ort.	0,07	0,07	0,09		
Ortalama		0,12b	0,13b	0,16a		
LSDÇ	0,02					
LSDN	0,02					
LSDS	0,02					
LSDÇ×N	öd					
LSDÇ×S	öd					
LSDN×S	öd					
LSDÇ×N×S	0,05					

4.4.5. Maksimum PSII Verimliliği (Fv/Fm)

Farklı N'lu gübre ve KSU'nın her iki zeytin çeşidinde yaprak PSII verimliliği üzerine etkisine ait varyans analiz tablosu Çizelge 4.65'de verilmiştir. Uygulamaların etkisi altında PSII verimliliğinde çeşitler arasındaki farklılık istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Azotlu gübre uygulamalarının PSII verimliliği üzerine belirgin bir etkisi olmazken, KSU'nın etkisi istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur ($p < 0,01$).

Çizelge 4.65. Farklı N ve KSU'nun Memecik ve Gemlik zeytin çeşitlerinin Fv/Fm oranı üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Genel	71	1,879	-	-
Çeşit (Ç)	1	0,225	0,225	19,765**
Azotlu Gübre Uygulamaları (N)	2	0,056	0,028	2,469
Kısıtlı Su Uygulamaları (S)	3	0,820	0,410	36,032**
Ç×N	2	0,005	0,003	0,226
Ç×S	2	0,079	0,040	3,480*
N×S	4	0,058	0,015	1,281
Ç×N×S	4	0,009	0,002	0,206
Hata	51	0,580	0,011	-

*:p<0,05; **:p<0,01

Aynı N'lu gübre uygulamaları altında su kısıtı arttıkça PSII verimliliğinde azalma meydana gelmiştir. Çeşitlerden bağımsız olarak değerlendirildiğinde S1 dozunda PSII verimliliği 0,74 iken S3 dozunda 0,49'a düşmüştür. Ayrıca çeşitler arasında da PSII verimliliği açısından istatistiksel anlamda önemli düzeyde farklılık vardır. Gemlik çeşidinin PSII verimliliği Memecik çeşidinin PSII verimliliğinden yüksektir. Memecik çeşidinde N0 dozunda su kısıtının artmasıyla birlikte PSII verimliliği %33, N1 dozunda %59, N2 dozunda %25 azalmıştır. Gemlik çeşidinde bu azalmalar sırasıyla N0 dozunda %16, N1 dozunda %32, N2 dozunda %18 olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.66. Uygulamalara göre PSII verimliliğindeki (Fv/Fm) değişim

Kısıtlı Su Uygulamaları (S)	Çeşit (Ç)	Azotlu Gübre Uygulamaları (N)			Çeşit Ort.	KSU Ort.
		N0	N1	N2		
S1	Memecik	0,70	0,73	0,74	0,72	0,74a
	Gemlik	0,75	0,75	0,76	0,75	
	Gübre Ort.	0,73	0,74	0,75		
S2	Memecik	0,66	0,57	0,66	0,63	0,69a
	Gemlik	0,72	0,73	0,78	0,74	
	Gübre Ort.	0,69	0,65	0,72		
S3	Memecik	0,47	0,30	0,40	0,39	0,49b
	Gemlik	0,63	0,51	0,62	0,59	
	Gübre Ort.	0,55	0,41	0,51		
Ortalama		0,66a	0,60b	0,66a		
LSDÇ	0,05					
LSDN	0,06					
LSDS	0,06					
LSDÇ×N	öd					
LSDÇ×S	0,09					
LSDN×S	öd					
LSDÇ×N×S	öd					

Ayrıca PSII verimliliği üzerine Ç×S interaksiyonu istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Çizelge 4.67. Fotosentez II verimliliği ile ilgili Ç×S interaksiyonu

Çeşit (Ç)	Kısıtlı Su Uygulamaları (S)			Çeşit Ort.
	S1	S2	S3	
Memecik	0,72	0,63	0,39	0,58
Gemlik	0,75	0,74	0,59	0,69
KSU Ort.	0,74a	0,69a	0,49b	

4.4.6. Elektron Transfer Oranı (ETO)

Farklı N'lu gübre ve KSU'nın her iki zeytin çeşidinde yaprak elektron transfer oranı üzerine etkisine ait varyans analiz tablosu Çizelge 4.68'de verilmiştir. Azotlu gübre ve KSU çeşitlerin elektron transfer oranı üzerine önemli düzeyde etkili olmuştur ($p<0,01$). Bu etki çeşitler arasında da farklılık göstermiştir Gemlik çeşidinin ETO, Memecik'e göre yüksektir ($p<0,01$).

Çizelge 4.68. Farklı N ve KSU'nun Memecik ve Gemlik zeytin çeşitlerinin elektron transfer oranı (ETO) üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Genel	71	43126,288	-	-
Çeşit (Ç)	1	4989,601	4989,601	37,440**
Azotlu Gübre Uygulamaları (N)	2	3265,537	1632,768	12,252**
Kısıtlı Su Uygulamaları (S)	2	23623,854	11811,927	88,631**
Ç×N	2	1249,874	624,937	4,689*
Ç×S	2	549,281	274,640	2,061
N×S	4	839,013	209,753	1,574
Ç×N×S	4	1392,510	348,127	2,612*
Hata	51	6796,813	133,271	-

*:p<0,05; **:p<0,01

Aynı N'lu gübre uygulamalarında su kısıtı arttıkça ETO'nda da azalma meydana gelmiştir. Memecik çeşidinde N0 dozunda su kısıtı arttıkça ETO'nda %61, N1 dozunda %67, N2 dozunda ise %64 oranında azalma tespit edilmiştir. Gemlik çeşidinde N0 dozunda su kısıtı arttıkça ETO %57, N1 dozunda %68, N2 dozunda %56 azalmıştır. Ortalamalara göre KSU altında S1 dozunda ETO 69,45 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ iken S3 dozunda ise 26,40 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 'e düşmüştür. Azotlu gübre uygulamaları ile N0 dozunda 38,73 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ olan ETO 54,21 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 'e yükselmiştir (Çizelge 4.69).

Çizelge 4.69. Uygulamalara göre ETO'ndaki değişim ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)

Kısıtlı Su Uygulamaları (S)	Çeşit (Ç)	Azotlu Gübre Uygulamaları (N)			Çeşit Ort.	KSU Ort.
		N0	N1	N2		
S1	Memecik	61,84	52,55	57,53	57,31	69,45a
	Gemlik	60,13	87,28	97,36	81,59	
	Gübre Ort.	60,99	69,92	77,45		
S2	Memecik	23,07	21,63	49,70	31,47	38,60b
	Gemlik	37,57	42,43	57,20	45,73	
	Gübre Ort.	30,32	32,03	53,45		
S3	Memecik	23,96	17,48	20,68	20,71	26,40c
	Gemlik	25,82	27,72	42,76	32,10	
	Gübre Ort.	24,89	22,60	31,72		
Ortalama		38,73b	41,52b	54,21a		
LSDÇ	5,42					
LSDN	6,64					
LSDS	6,64					
LSDÇ×N	9,40					
LSDÇ×S	öd					
LSDN×S	öd					
LSDÇ×N×S	öd					

Ayrıca elektron transfer oranı bakımından Ç×N interaksyonu istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Çizelge 4.70. Elektron transfer oranındaki değişim ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) ile ilgili Ç×N interaksyonu

Çeşit (Ç)	Azotlu Gübre Uygulamaları (N)			Çeşit Ort.
	N0	N1	N2	
Memecik	36,29	30,55	42,64	36,49
Gemlik	41,17	52,48	65,77	53,14
Gübre Ort.	38,73b	41,52b	54,21a	

4.4.7. Transpirasyon Oranı

Farklı N'lu gübre ve KSU'nun her iki zeytin çeşidinde yaprak transpirasyon oranı üzerine etkisine ait varyans analiz tablosu Çizelge 4.71'de verilmiştir. Azotlu gübre ve KSU her iki çeşitte transpirasyon oranını istatistiksel olarak önemli düzeyde etkilemiştir ($p<0,05$, $p<0,01$).

Çizelge 4.71. Farklı N ve KSU'nun Memecik ve Gemlik zeytin çeşitlerinin transpirasyon oranı üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Genel	71	1,911	-	-
Çeşit (Ç)	1	0,045	0,045	2,409
Azotlu Gübre Uygulamaları (N)	2	0,170	0,085	4,525*
Kısıtlı Su Uygulamaları (S)	2	0,297	0,149	7,917**
Ç×N	2	0,042	0,021	1,129
Ç×S	2	0,102	0,051	2,718
N×S	4	0,078	0,019	1,034
Ç×N×S	4	0,189	0,047	2,521
Hata	51	0,958	0,019	-

*:p<0,05; **:p<0,01

Aynı su uygulamalarında N'lu gübre uygulamalarının artışı transpirasyon oranını genel olarak arttırmıştır. Memecik çeşidinde S1 dozunda N dozu arttıkça transpirasyon oranı %44, S2 uygulaması %28, S3 dozunda %53 oranında azalmıştır. Gemlik çeşidinde S1 dozunda N'lu gübre uygulamalarının artışı transpirasyon oranında %2 arttırmış, S2 dozunda %30, S3 dozunda ise %33 azaltmıştır. Çeşitlerden bağımsız olarak ortalamalar değerlendirildiğinde su kısıtlı arttıkça transpirasyon oranı azalmıştır (Çizelge 4.71).

Çizelge 4.72. Uygulamalara göre transpirasyon oranındaki değişim ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)

Kısıtlı Su Uygulamaları (S)	Çeşit (Ç)	Azotlu Gübre Uygulamaları (N)			Çeşit Ort.	KSU Ort.
		N0	N1	N2		
S1	Memecik	0,48	0,12	0,27	0,29	0,36a
	Gemlik	0,37	0,46	0,43	0,42	
	Gübre Ort.	0,43	0,29	0,35		
S2	Memecik	0,25	0,25	0,18	0,23	0,20b
	Gemlik	0,20	0,19	0,14	0,18	
	Gübre Ort.	0,23	0,22	0,16		
S3	Memecik	0,32	0,20	0,15	0,22	0,26b
	Gemlik	0,42	0,18	0,28	0,29	
	Gübre Ort.	0,37	0,19	0,22		
Ortalama		0,34a	0,23b	0,24b		
LSDÇ	öd					
LSDN	0,08					
LSDS	0,08					
LSDÇ×N	öd					
LSDÇ×S	öd					
LSDN×S	öd					
LSDÇ×N×S	öd					

4.4.8. İçsel CO₂'nin Ortam (dış) CO₂ miktarına Oranı (Ci/Ca)

Farklı N'lu gübre ve KSU'nun her iki zeytin çeşidinde yaprak Ci/Ca üzerine etkisine ait varyans analiz tablosu Çizelge 4.73'te verilmiştir. Uygulamalar Ci/Ca değerlerinde çeşitler arasında fark yaratmıştır ($p < 0,05$). Azotlu gübre uygulamaları ile Ci/Ca değerinde belirgin değişim olmazken, KSU'nun her iki çeşitte Ci/Ca değerlerine etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,01$).

Çizelge 4.73. Farklı N ve KSU'nın Memecik ve Gemlik zeytin çeşitlerinin Ci/Ca üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Genel	71	4,505	-	-
Çeşit (Ç)	1	0,216	0,216	4,188*
Azotlu Gübre Uygulamaları (N)	2	0,016	0,008	0,155
Kısıtlı Su Uygulamaları (S)	2	0,922	0,461	8,961**
Ç×N	2	0,083	0,042	0,808
Ç×S	2	0,130	0,065	1,266
N×S	4	0,384	0,096	1,863
Ç×N×S	4	0,069	0,017	0,335
Hata	51	2,625	0,051	-

*:p<0,05; **:p<0,01

Aynı N dozları altında su kısıtındaki artış Ci/Ca oranında artışa neden olmuştur. Memecik çeşidinde N0 dozunda su kısıtı arttığında Ci/Ca oranı 0,38'den 0,73'e, N1 dozunda 0,38'den 0,67'ye, N2 dozunda ise 0,48'den 0,63'e artmıştır. Gemlik çeşidinde N0 dozunda su kısıtı arttıkça Ci/Ca oranı 0,30'dan 0,81'e, N1 dozunda 0,29'dan 0,55'e, N2 dozunda 0,49'dan 0,55'e artmıştır.

Çizelge 4.74. Uygulamalara göre Ci/Ca değişimi

Kısıtlı Su Uygulamaları (S)	Çeşit (Ç)	Azotlu Gübre Uygulamaları (N)			Çeşit Ort.	KSU Ort.
		N0	N1	N2		
S1	Memecik	0,38	0,38	0,48	0,41	0,39b
	Gemlik	0,30	0,29	0,49	0,36	
	Gübre Ort.	0,34	0,34	0,49		
S2	Memecik	0,54	0,84	0,67	0,68	0,57a
	Gemlik	0,40	0,44	0,54	0,46	
	Gübre Ort.	0,47	0,64	0,61		
S3	Memecik	0,73	0,67	0,63	0,68	0,66a
	Gemlik	0,81	0,55	0,55	0,64	
	Gübre Ort.	0,77	0,61	0,59		
Ortalama		0,53	0,53	0,56		
LSDÇ	0,11					
LSDN	öd					
LSDS	0,13					
LSDÇ×N	öd					
LSDÇ×S	öd					
LSDN×S	öd					
LSDÇ×N×S	öd					

4.4.9. Su Kullanım Etkinliği

Farklı N'lu gübre ve KSU'nun her iki zeytin çeşidinde yaprak SKE üzerine etkisine ait varyans analiz tablosu Çizelge 4.75'de verilmiştir. KSU'nun her iki çeşitte SKE değerlerine etkisi istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0,01$).

Çizelge 4.75. Farklı N ve KSU'nun Memecik ve Gemlik zeytin çeşitlerinin SKE üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Genel	71	9383,791	-	-
Çeşit (Ç)	1	204,731	204,731	2,000
Azotlu Gübre Uygulamaları (N)	2	465,342	232,671	2,272
Kısıtlı Su Uygulamaları (S)	2	1110,668	555,334	5,424**
Ç×N	2	258,581	129,290	1,263
Ç×S	2	618,864	309,432	3,022
N×S	4	546,549	136,637	1,335
Ç×N×S	4	802,748	200,687	1,960
Hata	51	5221,757	102,387	-

*: $p<0,05$; **: $p<0,01$

Aynı su uygulamalarında N'lu gübre uygulamalarındaki artış su kullanım etkinliğini Memecik çeşidinde azaltmıştır. Gemlik çeşidinde ise farklı su uygulamalarında N'un etkisi değişiklik göstermiştir. Memecik çeşidinde S1 dozunda N'lu gübre uygulamaları arttıkça SKE %28, S2 dozunda %38, S3 dozunda %15 oranında azalmıştır. Gemlik çeşidinde S1 dozunda N'lu gübre uygulamalarının artışı ile SKE %13 artmış, S2 dozunda %7 azalmış, S3 dozunda ise %8 artmıştır. Azotun SKE üzerindeki bu etkisi istatistik olarak önemsiz bulunmuştur. Su kısıtı arttıkça ise SKE her iki çeşitte de azalmıştır.

Çizelge 4.76. Uygulamalara göre SKE'ndeki değişim ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}/\mu\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)

Kısıtlı Su Uygulamaları (S)	Çeşit (Ç)	Azotlu Gübre Uygulamaları (N)			Çeşit Ort.	KSU Ort.
		N0	N1	N2		
S1	Memecik	16,36	23,25	11,70	17,10	14,20a
	Gemlik	10,71	10,98	12,15	11,28	
	Gübre Ort.	13,54	17,12	11,93		
S2	Memecik	12,21	8,33	7,48	9,34	9,58b
	Gemlik	10,02	10,12	9,29	9,81	
	Gübre Ort.	11,12	9,23	8,39		
S3	Memecik	7,79	8,53	6,55	7,62	8,16b
	Gemlik	6,81	11,86	7,41	8,69	
	Gübre Ort.	7,30	10,20	6,98		
Ortalama		10,65	12,18	9,10		
LSDÇ	öd					
LSDN	öd					
LSDS	5,82					
LSDÇ×N	öd					
LSDÇ×S	8,23					
LSDN×S	öd					
LSDÇ×N×S	öd					

Ayrıca SKE bakımından Ç×S interaksyonu istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Çizelge 4.77. Su kullanım etkinliği ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}/\mu\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) ile ilgili Ç×S interaksyonu

Çeşit (Ç)	Kısıtlı Su Uygulamaları (S)			Çeşit Ort.
	S1	S2	S3	
Memecik	17,10	9,34	7,62	11,35
Gemlik	11,28	9,81	8,69	9,93
KSU Ort.	14,19a	9,58b	8,16b	

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Zeytin bitkisi Akdeniz Havzası dendiğinde akla ilk gelen, en tipik ve en fazla ekonomik önemi olan kültür bitkilerinden biridir. Bu havzada yetişen bitkilerin çoğu gibi zeytin bitkisi de bölgenin yarı-kurak iklimine son derece iyi bir şekilde adapte olmuştur. Havzanın son derece düşük olan toprak su içeriğiyle başa çıkabilmek için birbirini tamamlayan bazı morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal mekanizmalar geliştirmiştir. Kuraklık ile mücadelede bitkiler genel olarak 3 farklı strateji izler. Bunlar: (i) kuraklıktan kaçınma, (ii) kuraklığı önleme ve (iii) kuraklığa toleranstır. Kuraklıktan kaçınma yaşam süresinin kısaltılması ve dormansi gibi unsurları barındırırken, kuraklığı önleme su alımını ve alınan suyun korunabilmesini arttıran bazı morfolojik adaptasyonları (yaprak ve köklerdeki değişimler, stomaların kapatılması vb.) içerir. Kuraklığa tolerans ise osmotik düzenleme kabiliyetini ve antioksidan savunma mekanizmasını arttırmayı hedefler.

Bu anlamda çalışmada ele alınan Gemlik ve Memecik çeşitlerinin de düzeyleri ve etkinlikleri birbirlerinden kısmen farklı olmakla beraber denemede yarattığımız kuraklık koşullarıyla mücadele edebilmek için aynı anda hem kuraklığı önleme hem de kuraklığa tolerans stratejilerinden yararlanmıştır. Bu stratejileri anlamak için bitki besin element içerikleri, yaprak gaz değişim parametreleri, klorofil floresans değişimleri ve bazı fizyolojik özellikler incelenmiştir.

Azotlu gübreleme ve KSU yaprak KM verimi, YOSİ ve Sİ parametreleri gibi fizyolojik parametreler üzerine etkili olmuştur. Kısıtlı su uygulamaları ile yaprak KM verimi (%) ortalama 50,70'den 61,17'e yükselmiştir. Kuru madde verimi açısından değerlendirildiğinde çeşitler arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir ($p<0,01$). Memecik çeşidinde kuru madde verimi Gemlik çeşidine göre %10 fazladır. (Çizelge 4.31). Kısıtlı su uygulamaları ile bitkilerin yeteri kadar su alamaması kuru madde içeriğini artırmıştır. Yaprak kuru maddesindeki artışın sebebi YOSİ'ndeki azalmadır (Çizelge 4.34). YOSİ kuraklık stresine karşı dayanıklılığın belirlenmesinde önemli bir belirteçdir (Silva vd., 2007). Çalışmada kullanılan çeşitlerden kuru madde verimi daha yüksek olan Memecik'de YOSİ Gemlik çeşidine göre yaklaşık %17 daha az bulunmuştur (Çizelge 4.35). Söz konusu bulgular daha önce yapılan çok sayıda çalışma sonucuyla benzerlik göstermektedir (Ennajeh vd., 2006; Abdallah, 2018; Guerfel, 2009a). Çalışmada

yapılan N uygulamasına çeşitlerin reaksiyonu farklı olmuştur. Memecik çeşidinde YOSİ genel olarak artarken, Gemlik çeşidinde belirgin bir değişim yakalanamamıştır (Çizelge 4.34). Bununla beraber Çizelge 4.34'te görüldüğü gibi her iki çeşidin ortalamasından yararlanılarak yapılan değerlendirmede Ç×N interaksiyonu beklendiği şekilde gerçekleşmiştir.

Kuru madde ve YOSİ'nde elde ettiğimiz sonuçlar her iki çeşitin KSU altında beklenen tepkileri verdiğini göstermiştir. Yaprak anatomisinde meydana gelen değişimler bu parametreler üzerinde etkili olabilmektedir. Bu amaçla çalışmada yapraklardaki sukkülenleşmenin düzeyi belirlenmiştir. Çalışmada KSU ile her iki çeşitte de sukkülenleşmenin azaldığı gözlenmiştir. Yapılan N'lu gübreleme ile S1 ve S2 düzeylerinde sukkülenleşmede azalma, ancak ciddi kuraklık düzeyinde (S3) sukkülenleşmede artış belirlenmiştir (Çizelge 4.37). Zeytin çeşitleri arasında Sİ değerlerinin farklılık gösterebileceği birçok araştırmacı tarafından ortaya konmuştur (Bosabalidis ve Kofidis, 2002; Ennajeh vd., 2010). Ayrıca yapraklardaki sukkülenleşme kuraklığa karşı savunma mekanizmalarından olmakla birlikte daha çok tuz stresi koşullarında iyonların geçişini önleme mekanizması olarak etkili olmaktadır (Bacelar vd., 2004; Larbi vd., 2020). Bu bağlamda Sİ parametresi N ve KSU altında önemli düzeyde etkilenmiştir ancak N uygulamalarına karşılık gelen Sİ değerlerindeki bir kısım dalgalanmanın nedenlerinin belirlenebilmesi için daha kontrollü şartlarda çalışmalar yapılması gereklidir.

Kurak koşullar altında zeytin bitkisinde belirlenen YOSİ, kuru madde verimi ve Sİ gibi fizyolojik parametrelerde çeşitler arasında farklılık tespit edilmiştir. Bu farklılıklar kuraklığa dayanıklılık mekanizmalarını anlamada yol gösterici nitelik taşımaktadır. Çalışmada kullanılan Memecik zeytin çeşidi KSU altında Gemlik çeşidine göre su alımını daha fazla azalttığından yaprak kuru madde verimi daha fazla, YOSİ ise daha az bulunmuştur. Bu durum kuraklığı önleme stratejisi olarak çeşitler arasında farklılık olduğunu ve SKE ile ilgili olduğunu göstermektedir. Çalışmada fotosentez ile ilgili ölçülen parametrelerden fotosentez hızı ve transpirasyon oranları kullanılarak SKE hesaplanmıştır. Kısıtlı su uygulamaları SKE'ni her iki çeşitte de azaltmıştır (Çizelge 4.76). Stres koşulları altında uygulanan N'un genel olarak SKE'ni arttırdığı ve çeşitler arasında SKE düzeylerinde farklılık olabileceği çeşitli araştırmacılar tarafından ortaya konmuştur (Zhao vd., 2011; Shangguan vd., 2000). Ancak bu çalışmada N'lu gübrelemenin çeşitler üzerinde belirgin bir etkisi bulunmamıştır (Çizelge 4.76). Bunun nedeni

fotosentez hızı ve transpirasyon oranlarındaki değişimdir. Su kullanım etkinliğini etkileyen bir başka unsur ise stomaların kapanmasıdır. Stres koşulları altında stomaların kapandığına işaret eden ve fotosentezi etkileyen en önemli parametre stoma iletkenliği değeridir (Hernandez-Santana vd., 2018). Stoma iletkenliği azaldığında içsel CO₂ konsantrasyonu artar. İçsel CO₂ konsantrasyonunun ortam CO₂ konsantrasyonuna oranının artması fotosentezin CO₂ asimilasyonu reaksiyonlarının sekteye uğradığını gösterir. Bu olay mezofil direnci olarak tanımlanır (Xie vd., 2020). Stoma iletkenliğinin azalmasıyla ayrıca transpirasyon oranı da düşer. Çalışmada KSU altında genel olarak her iki çeşitte de stoma iletkenliği azalmıştır. Benzer bulgular birçok araştırmacının çalışmalarında da yer almıştır (Guerfel, 2009a; Sofu, 2011; Abdallah, 2018). Sadece Gemlik çeşidinde N1 dozunda KSU stoma iletkenliğinde değişime neden olmamıştır. Bu durum olasılıkla Gemlik çeşidinin N1 düzeyinde Memecik çeşidine göre daha yüksek düzeyde fotosentez hızına sahip olmasını sağlamıştır (Çizelge 4.58). Stoma iletkenliği azaldığında her iki çeşitte de içsel CO₂ konsantrasyonu artmıştır. Elde edilen bulgular hücreler arasındaki CO₂ birikiminin stoma iletkenliğinin azalmasından kaynaklandığını ortaya koyan Shangguan vd. (2000)'nin çalışması ile uyumludur. İçsel CO₂ konsantrasyonunun ortam CO₂ konsantrasyonuna (Ci/Ca) oranında meydana gelen artış alınan CO₂'in asimile edilemediğini ortaya koymaktadır. Fotosentez hızındaki azalma bu sonucu destekler niteliktedir. Yaprak N'u ile stoma iletkenliği arasında pozitif ilişki olduğu, kurak koşullarda uygulanan N'un stoma iletkenliğini arttırdığı bazı araştırmacılar tarafından ortaya konsa da, çalışmada N'lu gübreleme belirgin etki yapmamıştır (Xiong vd., 2015; Zhong vd., 2018). Azotlu gübreleme ile içsel CO₂ içeriğinde artış ile birlikte içsel CO₂ konsantrasyonunun ortam CO₂ konsantrasyonuna oranında artış her iki çeşitte gözlenmiştir. Stoma iletkenliğine bağlı bir diğer parametre ise transpirasyon oranıdır. Stomalar kapandığında transpirasyon oranının azalması beklenir. Transpirasyon oranı üzerine KSU ve N'lu gübre uygulamaları istatistiki olarak önemli düzeyde etkili olmuştur (Çizelge 4.72). Kısıtlı su uygulamaları ile Memecik çeşidinde transpirasyon oranı tüm N dozları altında azalmıştır. Gemlik çeşidinde ise N1 ve N2 dozlarında transpirasyon oranı artmıştır. Azotlu gübreleme ile ise genel olarak her iki çeşitte de transpirasyon oranı azalırken, Gemlik çeşidinde S1 dozunda artmıştır (Çizelge 4.72). Ayrıca istatistiksel olarak önemli olmamakla birlikte KSU koşullarında Gemlik çeşidinin daha yüksek transpirasyon oranına sahip olması stoma iletkenliğinin Memecik çeşidine göre daha yüksek

olmasından kaynaklandığını düşündürmektedir.

Zeytinde meydana gelen YOSİ ve buna bağlı SKE parametreleri kuraklığı önleme mekanizmalarını anlamada önemli parametreler olarak değerlendirilmektedir. Kuraklığa karşı yaşamı sürdürebilmenin bir diğer yolu da çeşitli tolerans mekanizmaları geliştirmektir. Bitkilerde gerçekleşen farklı biyokimyasal olayların düzeyleri türler ve çeşitler arasında değişiklik göstermektedir. Kuraklık stresi koşulları altında pek çok bitkide hücresel düzeyde osmotik düzenleme en önemli savunma mekanizmalarından biridir. Bunun için hücresel düzeyde aminoasit, çözünebilir proteinler, karbohidratlar ve PRO gibi osmoprotektan maddeler türler ve çeşitler arasında farklılık göstermekle birlikte savunma mekanizması olarak biriktirilerek hücrenin daha fazla su alabilmesi sağlanmaktadır (Munns ve Tester, 2008; Sofu vd., 2004; Xu vd., 1996). Prolin birikimi açısından çeşitler arasında istatistiksel olarak önemli düzeyde fark vardır (Çizelge 4.54). Memecik çeşidinde PRO birikimi Gemlik çeşidine göre daha fazladır. YOSİ sonuçları da PRO içeriği sonuçlarını destekler niteliktedir. Yaprak oransal su içeriğinin Gemlik çeşidinde daha fazla olması Memecik çeşidine göre daha fazla su alabildiğinin bir göstergesidir. Ancak olasılıkla Memecik çeşidi su alımını arttırabilmek için daha fazla PRO biriktirme kabiliyeti göstermiştir. Benzer durum Ennajeh vd. (2006) çalışmasında da bulunmuş ve PRO içeriğindeki artış kuraklığa toleransı gösteren bir parametre olarak değerlendirilmiştir. Kısıtlı su uygulamaları ile Memecik çeşidinde N0 ve N1 dozlarında PRO içeriği azalırken, N2 dozunda artmıştır. Gemlik çeşidinde ise KSU ile N0 ve N2 dozlarında artış, N1 dozunda azalma meydana gelmiştir. Azotlu gübreleme ile her iki çeşitte de PRO içeriğinde artış meydana gelmiştir (Çizelge 4.54). Bunun sebebi bir aminoasit olan PRO'in yapısında N bulunmasıdır. Bitki tarafından alınan N'un PRO sentezinde kullanıldığı ve bunun kuraklığa karşı tolerans geliştirmede önemli rol oynadığı düşünülmektedir (Ashraf ve Foolad, 2007).

Kuraklık koşulları altında bitkilerde bitki besin elementi alımlarının ve bitkide taşınımının etkilendiği bilinmektedir (da Silva vd., 2011; Amtmann ve Blatt, 2009; Hu ve Schmidhalter, 2005). Büyüme ve gelişme için gerekli bitki besin elementlerinin çoğu inorganik formda topraktan alınmaktadır. Bu bitki besin elementlerinin alımı topraktaki nem miktarıyla ilişkilidir. Toprakta yetersiz su bulunduğu koşullarda toprakta su hareketinin kısıtlanmasıyla birlikte iyonların difüzyonundaki azalmaya ve düşük kök aktivitesine bağlı olarak yeterli miktarda

besin elementi alınamamaktadır (Taiz ve Zeiger, 2006; Dubey ve Pessaraki, 1995). Bitkiler su bilançolarını, fotosentezi, karbohidrat, protein, aminoasit ve diğer organik bileşiklerin metabolizmalarını farklı fizyolojik ve biyokimyasal yollar ile düzenlemek suretiyle kuraklık stresine karşı yanıtlar oluşturmaktadır (Ashraf ve Harris, 2013; Lawlor, 2002; Kamanga vd., 2018). Çalışmada yaratılan su noksanlığı koşullarında genel olarak N, P, K, Ca ve Mg element konsantrasyonları azalırken, Fe, Zn, Cu, Mn gibi mikro besin element konsantrasyonları artmıştır. Ancak çeşitler arasında bazı farklılıklar da tespit edilmiştir.

Azot bitkiler için büyüme ve gelişmeyi etkileyen birçok metabolik olay için önemli bir bitki besin elementidir (Xu vd., 2012; Wang vd., 2014) Kuraklık stresi altında uygulanan N'lu gübre uygulamalarının türler ve çeşitler arasında farklılık göstermekle birlikte büyüme ve gelişmeyi etkileyerek bitkinin kuraklık karşısında savunmasında önemli rol üstlendiği çeşitli araştırmacılar tarafından ortaya konmuştur (Agami vd., 2018; Wang vd., 2019; Wu vd., 2008). Azotlu gübreleme su kullanım etkinliğini ve dolayısıyla bitki besin elementi alımını artırmaktadır (Waraich vd., 2011) Çalışmada farklı su uygulamalarında verilen N'lu gübre uygulamaları her iki çeşitte tüm bitki besin element içeriklerini istatistiksel olarak önemli düzeyde etkilemiştir. Uygulanan N'lu gübreleme ile bitki N içeriği (%) çeşitlerden bağımsız olarak ortalama 1,33'den 2,71'e yükselmiştir (Çizelge 4.2). Bu durum uygulamalar ile zeytin bitkisinde etkili bir şekilde bitkiler tarafından N'un alınabildiğini göstermektedir. Memecik çeşidinde N içeriği açısından bakıldığında uygulanan su miktarı azaldığında yaprak N içeriği N0 dozuna kıyasla N1 dozunda azalmış, N2 dozunda ise değişmemiştir. Uygulanan N'lu gübre ile yaprak N içeriği N0 dozuna göre N2 dozunda artmıştır. Gemlik çeşidinde ise uygulanan su miktarı azaldığında N0 ve N2 dozlarında yaprak N içeriği artmış, sadece N1 dozunda azaltmıştır. Gemlik çeşidinde N içeriği Memecik çeşidine göre daha fazla bulunmuştur.

Topraktaki su miktarı fosfatın yayılımını ve bitkiler tarafından P'un alımını etkiler. Fosfat iyonları toprakta difüzyonla hareket eder, eğer su miktarı azalır hareketi de yavaşlar. Kuraklık P alımını ve taşınımını olumsuz etkiler (Faye vd., 2006). Fosfor hücrede enerji metabolizmasında önemli rol üstlenir. Fotosentez için önemli bir elementtir. Eksikliği fotosentezi de diğer metabolik olaylarda olduğu gibi sınırlandırır. Memecik ve Gemlik çeşitlerinde yaprak P içerikleri N

uygulanması arttıkça azalmıştır. Uygulanan su miktarı azaldığında Memecik çeşidinde tüm N dozları seviyesinde genel olarak azalırken, Gemlik zeytin çeşidinde ise N0 ve N1 dozunda artmış N2 dozunda azalmıştır (Çizelge 4.5). Deneme başlangıcında yapılan P'lu gübreleme ile zeytinin ihtiyaç duyduğu P miktarı karşılanmış, tüm uygulama koşullarında yaprak P içerikleri yeterlilik sınırları içerisinde yer almaktadır (Çizelge 3.6). Bu sebeple yaprak P içeriğindeki değişimlerin diğer parametrelere katkısının olmayacağı düşünülmektedir.

Potasyumun bitki bünyesinde enzim aktivasyonu, protein sentezi, fotosentez, osmotik düzenleme, hücre uzaması, stomaların açılıp kapanması vb. gibi birçok önemli fonksiyonu bulunmaktadır (Marschner, 2011; Taiz ve Zeiger, 2006; Farooq vd., 2009). Bazı araştırmacılar ilave N'lu gübrelemenin bitkinin K içeriğini arttırdığını belirtirken (Zou vd., 2005; Tabatabei vd., 2008) bazıları ise N fazlalığında bitkilerde K içeriklerinin düştüğünü tespit etmişlerdir (Raese, 1997; Uysal, 2012). Çalışmada N'lu gübreleme ile her iki çeşitte de yaprak K içeriği azalmıştır. İki çeşitte yaprak K içeriği açısından değerlendirildiğinde istatistiksel olarak önemli düzeyde olmasa da farklılık vardır. Memecik çeşidinde su kısıtı arttıkça yaprak K içeriğinde belirgin bir değişim gözlenmezken, Gemlik çeşidinde uygulanan su miktarındaki azalma tüm N seviyelerinde yaprak K içeriğini arttırmıştır. Potasyumun bitkide su tüketimi, stomaların açılıp kapanması ve osmotik düzenleme gibi mekanizmalarda rol alarak bitkinin kuraklığa toleransında önemli rol oynadığı bilinmektedir (Raza, 2014; Fernández-Escobar, 2019). Çalışmada Gemlik çeşidinin K içeriğinin KSU'yla artması kuraklığa tolerans mekanizması olarak değerlendirilmektedir.

Kurak koşullar altında su alımına bağlı olarak bitkilerde Ca ve Mg alımının azaldığı çeşitli araştırmacılar tarafından ortaya konmuştur (Singh ve Singh, 2004; Hu ve Schmidhalter, 2005; Grabarova ve Martinkova, 2001; Brown vd., 2006). Çalışmada KSU ile her iki çeşitte de yaprak Ca içeriğinde belirgin değişim gözlenmemiştir. Ancak yapılan N'lu gübrelemeyle birlikte zeytin bitkisinde çeşitlere bağlı olmaksızın yaprak Ca içeriğinde artış meydana gelmiştir (Çizelge 4.10). Kalsiyum iyonlarının membran stabilitesini etkilemek suretiyle plazma zarının geçirgenliğini azaltarak kuraklığa toleransta önemli rol oynadığı bilinmektedir (Marschner, 2011; Ma vd., 2009). Bu bağlamda elde ettiğimiz sonuçlar zeytin bitkisinde kuraklığa tolerans mekanizması geliştirmede N'lu gübrelemenin önemini vurgulamaktadır. Benzer bulgular Biesiada ve Kuś (2010)'

un çalışmasında da ortaya konmuştur. Uygulamaların yaprak Ca içeriğine etkisi Mg ve Na içeriğinde de benzer şekilde ortaya çıkmıştır (Çizelge 4.13, Çizelge 4.15).

Kurak koşullar altında makro besin elementlerinde görülen etkinin aksine mikro besin element (Fe, Zn, Cu, Mn) içeriklerinde artış meydana gelmiştir. Bu bitki besin elementleri büyük bir olasılıkla kuraklık stresine karşı bitkide oluşturulan savunma mekanizmalarında önemli rol oynamaktadır. Bu elementler kuraklık stresi altında hücresel düzeyde meydana gelen oksidatif stresin giderilmesinde rol alan süperoksit dismutaz (SOD), peroksidaz (POD), katalaz (CAT) gibi enzimlerin yapısına kofaktör olarak katılırlar (Marschner, 1995; Waraich vd., 2011). Çalışmada elde edilen sonuçlara göre stres düzeyinin yüksek olduğu koşullarda mikro besin elementleri (Fe, Zn, Cu ve Mn) de yüksek düzeydedir. Azotlu gübreleme ise her iki çeşitte de mikro besin element içeriklerini azaltmıştır. Bu durum N'lu gübreleme ile stresin bir miktar giderildiğini düşündürmektedir. Mikro besin element içerikleri açısından çeşitler arasında farklılık vardır. Bu durum çeşitlerin stres koşullar altında su alımıyla ilgili olarak geliştirdikleri tolerans mekanizmalarının farklılığından kaynaklanmaktadır. Stres koşulları altında yapılacak çalışmalarda özellikle SOD enziminin belirlenmesinin çeşitler arasındaki tolerans mekanizmalarındaki farklılığın anlaşılmasında faydası olacağı düşünülmektedir. Çalışmada SOD gibi bazı biyokimyasal içeriklerin moleküler tekniklerle belirlenmesinde yaşanan sorunlar sonraki çalışmalarda alternatif yöntemlerin araştırılması gerekliliğini ortaya çıkarmıştır.

Memecik ve Gemlik zeytin çeşitlerinin bitki besin element içerikleri tüm uygulamalar altında genel olarak yeterli düzeyde bulunmuştur. Bu durum bitkide ortaya çıkan fizyolojik ve biyokimyasal parametreler üzerine bitki besin element içeriklerinin doğrudan etkisinin olmadığını göstermektedir (Çizelge 3.6).

Kuraklık koşullarında yaprak su içeriğinin de azalmasıyla birlikte fotosentezde gerileme meydana gelmektedir. Fotosentezde meydana gelen bu gerilemenin nedenlerini stomaya bağlı nedenler ve stomaya bağlı olmayan nedenler olarak 2 gruba ayırmak mümkündür. Stomaya bağlı nedenler arasında stomaların kapanması, stoma iletkenliğinin ve CO₂ difüzyonunun azalması gibi süreçler sayılabilir. Stomaya bağlı olmayan nedenler ise RubisCO enzim inhibisyonu, fotooksidasyon, klorofil floresans parametrelerindeki değişim ve oksidatif stresdir

(Kamanga vd., 2018). Stres koşulları altında transpirasyonun önlenmesi amacıyla zeytin çeşitlerinde stomaların kapanması sonucu CO₂ difüzyonu, transpirasyon oranı azalmıştır. Bu parametreler ilgili paragrafta daha önce belirtildiği gibi çeşitlerin fotosentez kabiliyetini de etkilemiştir.

Stomaların kapanmasına bağlı olmayan fotosentezi sınırlandıran faktörlerden en önemlisi fotosentetik pigmentlerin zarar görmesidir. Fotosentetik pigmentler olarak adlandırılan klorofil ve karotenoid pigmentleri yaprakta mezofil hücrelerdeki kloroplastlarda bulunmaktadır. Bu pigmentlerden K_{la} ve K_{lb} pigmentleri bitkilerde ışık enerjisinin kimyasal enerjiye dönüştürülmesinde rol alır. Bitkinin kuraklık stresi ile karşı karşıya kaldığı durumlarda bitkilerde klorofil içeriğinin azaldığı birçok araştırmacı tarafından ortaya konmuştur (Guerfel vd., 2009a; Abdallah vd., 2018; Gholami ve Zahedi, 2019). Çalışmada KSU ile Memecik çeşidinde K_{la} ve K_{lb} içeriklerinde belirgin değişim izlenmemiştir, ancak Gemlik çeşidinde K_{la} içeriği N uygulaması yapılmayan N₀ koşullarında azalmış, N₁ koşullarında ise artmış kuraklık stresinin en yüksek olduğu koşullarda ise çok fazla değişim olmamıştır. Gemlik çeşidinin K_{lb} içeriği ise N₀ dozu hariç diğer koşullarda artmıştır (Çizelge 4.40, Çizelge 4.44). Kuraklık stresi altında bu pigmentlerin azalmasının nedeni pigmentlerin parçalanması veya yenilenememesidir. Bazı araştırmacılar bunu kayıp olarak yorumlarken bazı araştırmacılar ise fazla enerjinin absorpsiyonunu engellemek suretiyle bitkinin fotooksidasyon zararından kaçınmak için seçtiği yol olarak değerlendirmektedir (Montagu ve Woo, 1999; Powles, 1984). Azotlu gübrelemenin her iki çeşitte de K_{la}, K_{lb} ve karotenoid içerikleri üzerine olumlu etkisi olmuştur (Çizelge 4.39, Çizelge 4.43). Çalışmada yapılan N'lu gübreleme ile her iki çeşitte de K_{la} ve K_{lb} içeriklerinde artış meydana gelmiştir. Bunun sebebi olasılıkla yaprak N'unun yaklaşık %75'inin fotosentetik biyokimyasal bileşiklerin yapısında kullanılmasıdır (Field ve Mooney, 1986). Bu bağlamda zeytin bitkisinde alınan N'un klorofil pigmentlerin yapısına katıldığı söylenebilir. Diğer taraftan karotenoid içeriklerine bakıldığında istatistiksel olarak önemli olmamakla birlikte çeşitler arasında farklılık gözlenmektedir. Kısıtlı su uygulamaları altında Memecik çeşidinde karotenoid içeriklerinde belirgin bir değişim olmazken, Gemlik çeşidinde ise KSU ile artış meydana gelmiştir. Azotlu gübreleme ile de benzer etki ortaya çıkmıştır (Çizelge 4.51). Karotenoid pigmentleri gelen fazla enerjiyi absorbe ederek fotooksidasyonu önlerken, absorbe ettiği enerjinin bir kısmını da klorofile aktararak fotosentezin

devamlılığında rol oynar (Kataria vd., 2014; Dias vd., 2018). Kurak koşullar altında Gemlik çeşidinin daha yüksek karotenoid içeriğine sahip olması pigmentlerin Memecik çeşidine göre daha iyi korunduğunu bunun da kuraklığa toleransta etkili bir yol olduğunu düşündürmektedir. Kuraklık stresi koşullarında fotosentetik pigmentlerde meydana gelen artışın bitkilerin kuraklığa toleransında etkisi olduğunu ancak tür ve çeşitler arasında farklılık olabileceğini ortaya koyan çalışmalar mevcuttur (Beeflink, 1985; Chartzoulakis vd., 1993).

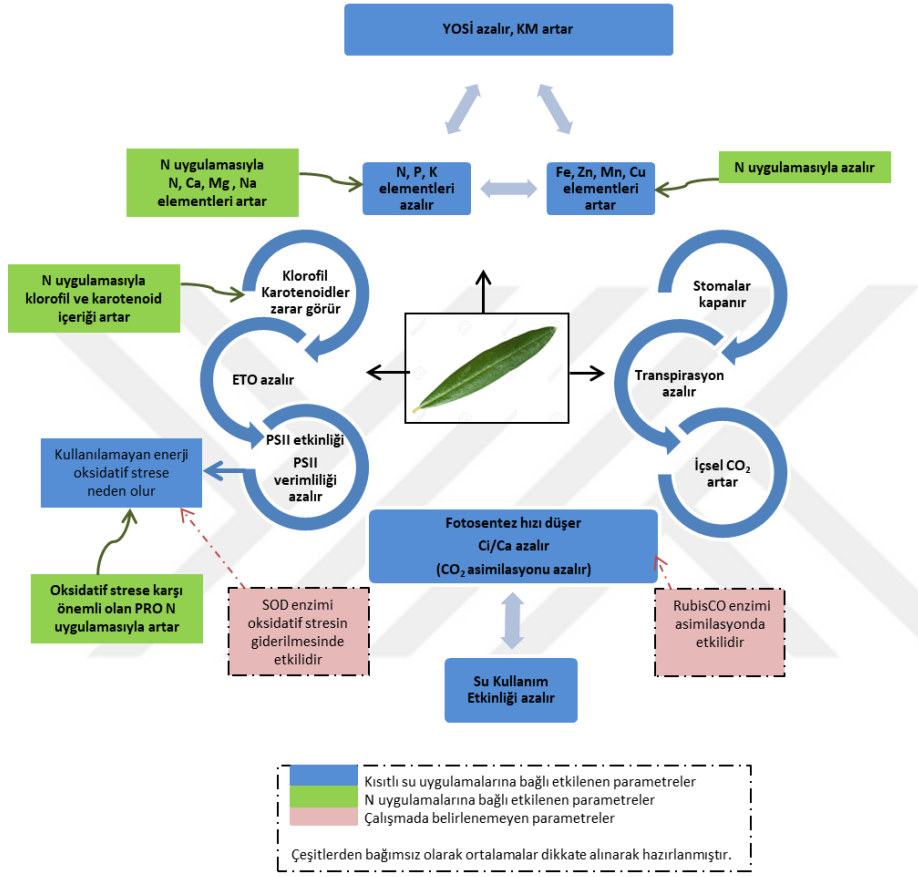
Fotosentetik pigmentlerin zarar görmesiyle birlikte gaz değişim parametrelerinde meydana gelen azalma bitki gelişimini ve verimi olumsuz etkiler. Fotosentezde en önemli parametre olan enerji aktarımı fotosentetik pigmentler ile ilgilidir. Fotosentezin enerji aktarımını ifade eden çalışmada da belirlenen parametre elektron transfer oranı (ETO) dır. Kısıtlı su uygulamaları ile her iki çeşitte ETO'nda azalma meydana gelmiştir. Bunun sebebi elektron transferini gerçekleştirecek pigmentlerin zarar görmesi veya miktarının azalmasıdır. Ayrıca elektron transferi için spesifik organeller olan kloroplastlar reaktif oksijen türlerinin ana kaynağıdır. Memecik çeşidiyle karşılaştırıldığında Gemlik çeşidinde yüksek karotenoid içeriğine bağlı olarak daha yüksek ETO bulunmuştur. Ancak KSU altında her iki çeşitte de ETO'nda azalmanın sebebi stres koşulları altında fazla miktarda absorbe edilen ve kullanılmayan ışık enerjisinin yarattığı oksidatif hasar olabilir (Dias vd., 2014). Çalışmada yapılan N'lu gübreleme ile Memecik çeşidinde ETO'nda belirgin bir değişim gözlenememiştir. Gemlik çeşidinde ise N'lu gübreleme ile ETO değerleri tüm su uygulamalarında artmıştır. Bu durum olasılıkla Gemlik çeşidindeki fotosentetik pigmentlerin stres koşulları altında korunduğuna işaret etmektedir.

Fotosentezde elektron transferi PSI ve PSII adı verilen ışığı absorbe eden pigmentlerin birarada bulunduğu üniteler tarafından gerçekleştirilir. Elektron transfer oranıyla ilgili bir parametre olan PSII etkinliği Li-COR cihazı ile belirlenebilmektedir. Fotosistem II etkinliği fotosentezdeki elektron akışını gösteren bir parametredir. Çalışmada KSU ile PSII etkinliği her iki çeşitte de azalmıştır. Bu sonuç ETO'nda meydana gelen azalmayı işaret etmektedir. Azotlu gübreleme ile Memecik çeşidinde PSII etkinliğinde belirgin değişim olmazken, Gemlik çeşidinde N'lu gübreleme her sulama koşulunda PSII etkinliğini arttırmıştır. Bu bulgular Gemlik çeşidinde klorofil ve karotenoid içeriklerinin durumunu ve elektron transfer oranındaki değişimi destekler niteliktedir. Azotun

ETO ve dolayısıyla PSI ve PSII üzerine olan etkisi ilgili Kla/b protein kompleksleriyle ilişkilidir (Tang vd., 2019).

Fotosistem II etkinliği kadar PSII verimliliği de önemli bir parametredir. Bu bağlamda birçok çalışmada klorofil floresans ölçümleri ile PSII verimliliği belirlenmektedir. Klorofil floresans ölçümleri zeytinde çevresel şartlar altında fotosentetik unsurların performanslarındaki değişimleri gözlemlemek için kullanılan uygun bir tekniktir (Loreto vd., 2003; Gregoriou vd., 2007; Melgar vd., 2009). Fv ve Fm ölçüm değerleri PSII verimliliğini gösteren parametrelerdir. Bu değer ayrıca bitkilerin stres düzeyini de yansıtır. Memecik ve Gemlik çeşitlerinde su kısıtının artması PSII verimliliğini azaltmıştır. Bu durum Faraloni vd. (2011), Sofo (2011) Abdallah vd. (2018)'in bulgularıyla benzerlik göstermektedir. Azot uygulamasıyla Memecik çeşidinde belirgin değişim olmaz iken Gemlik çeşidinde ise N'lu gübreleme PSII verimliliğini tüm su uygulamaları altında arttırmıştır. Azotun PSII verimliliği ile ilişkili olmasının nedeninin klorofil pigmentleri için N'un önemine bağlayan Niinemets vd., (1997)'nin çalışması sonuçları destekler niteliktedir.

Çalışmada belirlenen stoma iletkenliği, CO₂ asimilasyonu, transpirasyon oranı, PSII verimliliği gibi parametreler fotosentez hızı ile ilişkili parametrelerdir. Bu parametrelerdeki artış veya azalış fotosentez hızında benzer değişikliklere neden olmuştur (Şekil 5.1). Kısıtlı su uygulamaları fotosentez hızını her iki çeşitte de azaltmıştır. Kuraklık stresi altında fotosentezin olumsuz etkilendiği çeşitli araştırmacılar tarafından ortaya konmuştur (Chartzoulakis vd., 1999; Kamanga vd., 2018; Farooq vd., 2009). Azotlu gübreleme dozlarına bağlı olarak Memecik çeşidinde fotosentez hızı tüm su uygulamalarında azalmıştır. Gemlik çeşidinde belirgin değişim gözlenmemiştir (Çizelge 4.59). Bu durum çeşitlerin içerdiği fotosentetik pigmentlerde meydana gelen değişimle birlikte, PSII düzeylerindeki farklılıktan ortaya çıkmıştır. Abdallah vd. (2018) kuraklık stresi koşullarında fotosentez hızındaki azalmanın nedeninin PSII'deki azalmaya bağlı olduğunu bildirmiştir. Fotosistem II'deki azalmaya bağlı olarak yeteri kadar CO₂ asimilasyonu gerçekleştirilememektedir.



Şekil 5.1. Azotlu gübreleme ve kısıtlı su uygulamalarının zeytin bitkisine etkisi

Ortalama fotosentez hızları değerlendirildiğinde istatistiki olarak önemli bulunmamakla birlikte Gemlik ($2,64 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) çeşidinin fotosentez hızı Memecik ($2,43 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) çeşidine göre biraz daha yüksek bulunmuştur. Bu sonuçta Gemlik çeşidindeki fotosentetik pigmentlerin düzeyleri ile diğer fotosentezi ifade eden unsurlardaki (elektron transfer oranı, transpirasyon oranı) yüksek değerlerin etkisi vardır. Bulgular Sofo (2011), Shangguan vd. (2000) Abdallah vd. (2018)'ın bulgularıyla benzerlik göstermektedir.

Sonuç olarak çalışmada yaratılan kuraklık şartlarından S2 ve S3 dozları zeytinde stres yaratmıştır. Bununla beraber denemenin yürütülmesi sırasında karşılaşılan bazı zorluklar (hızlı yaprak kaybı vb.) tarla kapasitesinin %25'i düzeyindeki S3 dozunun bu tip denemeler için çok düşük bir kuraklık seviyesini ifade ettiği ve bu

nedenle mümkünse bu düzeye kadar inilmemesi gerektiğini ortaya koymuştur. Öte yandan uygulanan N dozlarına paralel olarak artan bitki N içeriği gübrelemenin sağlıklı bir şekilde yapıldığını ortaya koymaktadır.

Kısıtlı su uygulamaları zeytinde bitki besin elementi içeriklerini etkilemiştir. Bitki besin element içeriklerindeki bu değişimin alım mekanizmalarıyla olduğu kadar, kuru madde ve YOSİ'ye bağlı olan konsantrasyon değişimiyle de ilgili olabileceği düşünülmektedir. Kısıtlı su uygulamaları ve N'lu gübreleme dozları yaprakların bitki besin element içeriği üzerine farklı (zıt) yönde etkili olmuştur. Özellikle K içeriği açısından çeşitler arasında belirlenenen farklılık strese karşı çeşitlerin tepkilerinin farklı olabileceğini göstermiştir.

Kısıtlı su uygulamaları ile zeytin bitkisinde stomaların kapanması kuraklığa karşı bitkilerin geliştirdiği bir mekanizmadır. Stomaların kapanmasına bağlı olarak transpirasyon engellenmiş ve fotosentez olumsuz etkilenmiştir. Ayrıca içsel CO₂ miktarındaki artış da asimilasyonun yeteri kadar gerçekleşmediğinin kanıtıdır. Fotosentez hızında her iki çeşitte meydana gelen azalmanın bir diğer sebebi fotosentetik pigmentlerin olasılıkla zarar görmesidir. Klorofil ve karotenoidlerde meydana gelen azalmaya bağlı olarak ETO ve PSII verimliliği azalmıştır. Buna karşı yapılan N'lu gübreleme zeytin bitkisinde klorofil ve karotenoid içeriklerinde artışa neden olsa da fotosentez hızını artırmada etkili olmamıştır.

Kuraklık stresi çalışmalarında kullanılan en önemli parametrelerden biri de SKE'dir. Çalışmada SKE'nin KSU ile azaldığı görülmüştür. Birim zamanda gerçekleşen fotosentez miktarının transpirasyon miktarına oranlanmasıyla elde edilen SKE değerindeki azalmanın nedeni fotosentezde meydana gelen azalmadır. Azotlu gübreleme ile Gemlik çeşidinde bir miktar artış meydana geldiyse de önemli bulunmamıştır.

Yukarıda verilen sonuçlar bir bütün olarak değerlendirildiğinde zeytin bitkisinin her ne kadar kuraklık stresine karşı görece dayanıklı olduğu bilinse de çalışmada kullanılan KSU'na bağlı olarak zarar gördüğü belirlenmiştir. Memecik ve Gemlik çeşitlerinin bazı fizyolojik ve biyokimyasal parametreler açısından kısıtlı su uygulamalarından farklı düzeylerde etkilendiği görülmüştür. Her ne kadar aynı Delice anacı üzerine aşılı fidanlar kullanılmış olsa da çeşitlerin olasılıkla kök gelişimine olan etkisine bağlı olarak uygulamalara tepkisi de farklı olmuştur

(Köklerin durumu ile ilgili bilgi Bölüm 3.2’de verilmiştir). Yörenin yerel çeşidi olan Memecik’e göre Gemlik çeşidi de kuraklığa toleransta bazı parametreler açısından oldukça iyi performans sergilemiştir. Gemlik çeşidinin sulama ve N’lu gübrelemeye olan tepkisinin daha belirgin olduğu görülmüştür. Bu durum Aydın yöresinde mevcut ve gelecekte tesis edilecek Gemlik bahçelerinde uygun sulama şartları sağlanması durumunda yapılacak N’lu gübrelemenin ilgili çeşidin gelişimi ve verimi üzerine olumlu etkiler yapabileceğini göstermektedir. Öte yandan Memecik çeşidinin de kuraklığa karşı tolerans mekanizmalarının anlaşılmasında bu çalışmada belirlenen parametreler dışında stres enzimlerinin ve fotosentezde rol alan enzimlerin belirlenmesinin önemli olduğu düşünülmektedir. Bu çalışma şüphesiz benzer çalışmalar için referans kaynak olma niteliğindedir. Bundan sonraki çalışmalarda kuraklık koşullarında farklı zeytin çeşitleri ile çalışılarak biyokimyasal parametreler ışığında fotosentezde meydana gelen değişimlerin ortaya konmasının önemli olduğu düşünülmektedir. Ayrıca kontrollü koşullar altında gerçekleştirilen bu çalışmanın genişletilerek arazi koşullarında denenmesinin sonraki çalışmalar için daha aydınlatıcı veriler ortaya koyacağı öngörülmektedir.

KAYNAKLAR

- Abd El-Baki, G.K., Siefert, F., Man, H.M., Weiner, H., Kaldenhoff, R., Kaiser, W.M. 2000. Nitrate reductase in *Zea Mays* L. under salinity. **Plant Cell Environment**, 23:515-521.
- Abdallah, M.B., Trupiano, D., Polzella, A., De Zio, E., Sassi, M., Scaloni, A., Scippa, G.S. 2018. Unraveling physiological, biochemical and molecular mechanisms involved in olive (*Olea europaea* L. cv. Chétoui) tolerance to drought and salt stresses. **Journal of Plant Physiology**, 220: 83-95.
- Agami, R.A., Alamri, S.A., Abd El-Mageed, T.A., Abousekken, M.S.M., Hashem, M. 2018. Role of exogenous nitrogen supply in alleviating the deficit irrigation stress in wheat plants. **Agricultural Water Management**, 210: 261-270.
- Ali, Q., Ashraf, M., Anwar, F. 2010. Seed composition and seed oil antioxidant activity of maize under water stress. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, 87(10): 1179-1187.
- Amtmann, A., Blatt, M.R. 2009. Regulation of macronutrient transport. **New Phytologist**, 181(1): 35-52.
- Anonim, 2014. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü (<http://www.mgm.gov.tr>).
- Anonim, 2019. Türkiye İstatistik Kurumu Bitkisel Üretim Verileri (<https://tuikweb.tuik.gov.tr>).
- Anonim, 2020. Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü İklim Verileri (<https://www.mgm.gov.tr/iklim/iklim-raporlari>).
- Arnon, D. 1949. Measuring chlorophyll and anthocyanin concentration. **Plant Physiology**, 24: 1-15.
- Ashraf, M., Foolad, M.R. 2007. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. **Environmental and Experimental Botany**, 59(2): 206-216.
- Ashraf, M., Harris, P.J.C. 2013. Photosynthesis under stressful environments: an overview. **Photosynthetica**, 51(2): 163-190.

- Azedo-Silva, J., Osório, J., Fonseca, F., Correia, M.J. 2004. Effects of soil drying and subsequent re-watering on the activity of nitrate reductase in roots and leaves of *Helianthus annuus*. **Functional Plant Biology**, 31(6): 611-621.
- Bacelar, E. A., Correia, C.M., Moutinho-Pereira, J.M., Gonçalves, B.C., Lopes, J.I., Torres-Pereira, J.M. 2004. Sclerophylly and leaf anatomical traits of five field-grown olive cultivars growing under drought conditions. **Tree Physiology**, 24(2): 233-239.
- Bacelar, E.A., Santos, D.L., Moutinho-Pereira, J.M., Gonçalves, B.C., Ferreira, H.F., Correia, C.M. 2006. Immediate responses and adaptative strategies of three olive cultivars under contrasting water availability regimes: changes on structure and chemical composition of foliage and oxidative damage. **Plant Science**, 170(3): 596-605.
- Banziger, M., Edmeades, G.O., Beck, D., Bellon, M. 2000. Breeding for drought and nitrogen stress tolerance in maize: From Theory to Practise. CIMMYT, Mexico, D.F., 688pp.
- Bates, L.S., Waldren, R.P., Teare, I.D. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. **Plant and Soil**, 39(1): 205-207.
- Baykara, A. 2011. XIX. Yüzyıldan Cumhuriyetin İlk Yıllarına Menteşe Sancağında Zeytin Yetiştiriciliği, Ulusal Zeytin Kongresi, S:24-30, Akhisar-Manisa.
- Beeflink, 1985. Ecology of coastal vegetation. 2nd Edition, W Junk Publication, USA p:640.
- Biesiada, A., Kuś, A. 2010. The effect of nitrogen fertilization and irrigation on yielding and nutritional status of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). **Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus**, 9(2): 3-12.
- Blumthaler, M., Ambach, W. 1990. Indication of increasing solar ultraviolet-B radiation flux in alpine regions. **Science**, 248(4952): 206-208.
- Borlaug, N., Dowsell, C.R. 1993. Fertiliser: To nourish infertile soil that feeds a fertile population that crowds a fragile world. **Fertiliser News**, 38: 11-11.
- Bosabalidis, A.M., Kofidis G. 2002. Comparative effects of drought stress on leaf anatomy of two olive cultivars. **Plant Science**, 163: 375-379.

- Boussadia, O., Mariem, F.B., Mechri, B., Boussetta, W., Braham, M., El Hadj, S.B. 2008. Response to drought of two olive tree cultivars /cv Koroneki and Meski). **Scientia Horticulturae**, 116: 388-393.
- Bouyoucos, G.J. 1951. A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soils 1. **Agronomy Journal**, 43(9): 434-438.
- Boyer, J.S. 1982. Plant productivity and environment. **Science**, 218: 443-448.
- Bray, E.A. 2000. Response to abiotic stress. **Biochemistry and Molecular Biology of Plants**: 1158-1203.
- Bremner, J.M. 1965. Total nitrogen 1. methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties, (methodsofsoilanb), 1149-1178.
- Brown, C.E., Pezeshki, S.R., DeLaune, R.D. 2006. The effect of salinity and soil drying on nutrient uptake and growth of *Spartina alterniflora* in a smilated tidal system. **Environmental and Experimental Botany**, 58: 140-148.
- Canözer, Ö. 1991. Yerli ve Yabancı Zeytin Çeşitlerinin Özelliklerinin Tespiti ve Koleksiyon Zeytinliği Tesisi (Sonuç Raporu). T.O.K.B. Proje ve Uygulama Genel Müdürlüğü. Bornova Zeytincilik Araştırma Enstitüsü, İzmir, 165s
- Chartzoulakis, K., Noitsakis, B., Therios, I. 1993. Photosynthesis, plant growth and dry matter distribution in kiwifruit as influenced by water deficits. **Irrigation Science**, 14(1): 1-5.
- Chartzoulakis, K., Patakas, A., Bosabalidis, A. M. 1999. Changes in water relations, photosynthesis and leaf anatomy induced by intermittent drought in two olive cultivars. **Environmental and Experimental botany**, 42(2): 113-120.
- Chartzoulakis, K., Psarras, G., Moutsopoulou, M., Stefanoudaki, E. 2010. Application of olive mill wastewater to a Cretan olive orchard: Effects on soil properties, plant performance and the environment. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, 138(3-4): 293-298.
- Chaves, M.M., Maroco, J.P., Pereira, J.S. 2003. Understanding plant responses to drought-from genes to the whole plant. **Funct. Plant Biol.** 3011. 239-264.

- Chaves, M.M. 1991. Effects of water deficits on carbon assimilation. **Journal of Experimental Botany**, 42(1): 1-16.
- Cornic, G. 2000. Drought stress inhibits photosynthesis by decreasing stomatal aperture-not by affecting ATP synthesis. **Trends in Plant Science**.
- Correia, M.J., Fonseca, F., Azedo-Silva, J., Dias, C., David, M.M., Barrote, I., Osório, J. 2005. Effects of water deficit on the activity of nitrate reductase and content of sugars, nitrate and free amino acids in the leaves and roots of sunflower and white lupin plants growing under two nutrient supply regimes. **Physiologia Plantarum**, 124(1): 61-70.
- Çakmak, İ. 2002. Plant nutrition research: Priorities to meet human needs for food in sustainable ways. **Plant Soil**, 247: 3-24.
- Silva, E.C., Nogueira, R.J.M.C., da Silva, M.A., de Albuquerque, M.B. 2011. Drought stress and plant nutrition. **Plant Stress**, 5(Special Issue 1): 32-41.
- DaMatta, F.M., Loos, R.A., Silva, E.A., Loureiro, M.E., Ducatti, C. 2002. Effects of soil water deficit and nitrogen nutrition on water relations and photosynthesis of pot-grown *Coffea canephora* Pierre. **Trees**, 16(8): 555-558.
- Dhanda, S.S., Sethi, G.S., Behl, R.K. 2004. Indices of drought tolerance in wheat genotypes at early stages of plant growth. **Journal of Agronomy and Crop Science**, 190.1: 6-12.
- Dias, M.C., Correia, S., Serôdio, J., Silva, A.M. S., Freitas, H., Santos, C. 2018. Chlorophyll fluorescence and oxidative stress endpoints to discriminate olive cultivars tolerance to drought and heat episodes. **Scientia Horticulturae**, 231: 31-35.
- Dias, M.C., Oliveira, H., Costa, A., Santos, C. 2014. Improving elms performance under drought stress: The pretreatment with abscisic acid. **Environmental and Experimental Botany**, 100: 64-73.
- Dichio, B., Xiloyannis, C., Sofò, A., Montanaro, G. 2006. Osmotic regulation in leaves and roots of olive trees during a water deficit and rewatering. **Tree Physiology**, 26(2): 179-185.

- Ding L, Lu, Z., Gao, L., Guo, S., Shen, Q. 2018. Is nitrogen a key determinant of water transport and photosynthesis in higher plants upon drought stress? **Front. Plant Science**. 9: 1143.
- Dubey, R.S., Pessarakli, M. 1995. Physiological mechanisms of nitrogen absorption and assimilation in plants under stressful conditions. **Handbook of Plant and Crop Physiology**: 605-625.
- Ennajeh, M., Tounekti, T., Vadel, A. M., Khemira, H., Cochard, H. 2008. Water relations and drought-induced embolism in olive (*Olea europaea*) varieties 'Meski' and 'Chemlali' during severe drought. **Tree Physiology**, 28(6): 971-976.
- Ennajeh, M., Vadel, A.M., Khemira, H., Ben Mimoun, M., Hellali, R. 2006. Defense mechanisms against water deficit in two olive (*Olea europaea* L.) cultivars 'Meski' and 'Chemlali'. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, 81(1): 99-104.
- Ennajeh, M., Vadel, A.M., Cochard, H., Khemira, H. 2010. Comparative impacts of water stress on the leaf anatomy of a drought-resistant and a drought-sensitive olive cultivar. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, 85:4: 289-294.
- Evans J.R., Terashima, I. 1987. Effects of nitrogen nutrition on electron transport components and photosynthesis in spinach. **Australian Journal of Plant Physiology**, 14: 59-68.
- Faraloni, C., Cutino, I., Petruccelli, R., Leva, A.R., Lazzeri, S., Torzillo, G. 2011. Chlorophyll fluorescence technique as a rapid tool for in vitro screening of olive cultivars (*Olea europaea* L.) tolerant to drought stress. **Environmental and Experimental Botany**, 73: 49-56.
- Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D., Basra, S. 2009. Plant Drought Stress: Effects, Mechanisms and Management Sustainable Agriculture. Berlin: Springer), 153-188.
- Farzi, R., Gholami, M., Bannisab, B. 2017. Water-retention additives' effects on plant water status and some physiological parameters of two olive cultivars under reduced irrigation regimes. **Acta Physiologiae Plantarum** 39(6):126.

- Faye, I., Diouf, O., Guisse, A., Sene, M., Diallo, N. 2006. Characterizing root responses to low phosphorus in pearl millet (*Pennisetum glaucum* L. R. Br.). **Agronomy Journal**, 98:1187-1194.
- Fernández-Escobar, R. 2019. Olive nutritional status and tolerance to biotic and abiotic stresses. **Frontiers in Plant Science**: 10.
- Field, C.H., Mooney, H.A. 1986. Photosynthesis-nitrogen relationship in wild plants. In *On the Economy of Plant Form and Function: Proceedings of the Sixth Maria Moors Cabot Symposium, Evolutionary Constraints on Primary Productivity, Adaptive Patterns of Energy Capture in Plants*, Harvard Forest, August 1983. Cambridge [Cambridgeshire]: Cambridge University Press.
- Flexas, J., Bota, J., Loreto, F., Cornic, G., Sharkey, T.D. 2004. Diffusive and metabolic limitations to photosynthesis under drought and salinity in C3 plants. **Plant Biology**, 6(3): 269-279.
- Frechilla S, González E M, Royuela M, Arrese-Igor C, Lamsfus C., Aparicio-Tejo PM. 1999. Source of nitrogen nutrition affects pea growth involving changes in stomatal conductance and photorespiration. **Journal of Plant Nutrition**, 22: 911-926.
- Gholami, R., Zahedi, S.M. 2019. Identifying superior drought-tolerant olive genotypes and their biochemical and some physiological responses to various irrigation levels. **Journal of Plant Nutrition**, 42(17): 2057-2069.
- Gimenez, C., Mitchell, V., Lawlor, D.W. 1992. Regulation of Photosynthetic Rate of Two Sunflower Hybrids under Water Stress. **Plant Physiology**. 98 (2): 516-524.
- Glass, A.D. 2003. Nitrogen use efficiency of crop plants: physiological constraints upon nitrogen absorption. **Critical Reviews in Plant Sciences**, 22(5): 453-470.
- Goldhamer, D.A. 1999. Regulated deficit irrigation for California canning olives. **Acta Horticulturae**, 474(1): 369-372.
- Goudriaan, J., Van Keulen, H. 1979. The direct and indirect effects of nitrogen shortage on photosynthesis and transpiration in maize and sunflower. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, 27: 227-234.

- Grabarova, S., Martinkova, M. 2001. Changes in mineral nutrition of Norway spruce (*Picea abies* L. Karst.) under the impact of drought. **Ekologia-Bratislava**, 20: 46-60.
- Grattan, S.R., Berenguer, M.J., Connell, J.H., Polito, V.S., Vossen, P.M. 2006. Olive oil production as influenced by different quantities of applied water. **Agricultural Water Management**, 85(1-2): 133-140.
- Gregoriou, K., Pontikis, K., Vemmos, S. 2007. Effects of reduced irradiance on leaf morphology, photosynthetic capacity, and fruit yield in olive (*Olea europaea* L.). **Photosynthetica**, 45(2): 172-181.
- Grisafi, F., Bonafede, E., Vecchia, F.D., Rascio, N. 2004. Some morphological, anatomical, physiological responses of different olive cultivars to high temperatures and drought stress. **Acta Botanica Gallica**, 151(3): 241-253.
- Gruhn, P., Goletti, F., Yudelman, M. 2000. Integrated nutrient management, soil fertility, and sustainable agriculture: current issues and future challenges. Food, Agriculture, and the Environment Discussion Paper 32, International Food Policy Research Institute, Washington, D.C.
- Guerfel, M., Baccouri, O., Boujnah, D., Chaïbi, W., Zarrouk, M. 2009'a. Impacts of water stress on gas exchange, water relations, chlorophyll content and leaf structure in the two main Tunisian olive (*Olea europaea* L.) cultivars. **Scientia Horticulturae**, 119(3): 257-263.
- Guerfel, M., Ouni, Y., Taamalli, A., Boujnah, D., Stefanoudaki, E., Zarrouk, M. 2009b. Effect of location on virgin olive oils of the two main Tunisian olive cultivars. **European Journal of Lipid Science and Technology**, 111(9): 926-932.
- Haberman, A., Dag, A., Shtern, N., Zipori, I., Erel, R., Ben-Gal, A., Yermiyahu, U. 2019. Significance of proper nitrogen fertilization for olive productivity in intensive cultivation. **Scientia Horticulturae**, 246: 710-717.
- Harris, D., Tripathi, R.S., Joshi, A. 2002. On-farm seed priming to improve crop establishment and yield in dry direct-seeded rice. Direct seeding: Research Strategies and Opportunities, International Research Institute, Manila, Philippines, 231-240.

- Hassan, M.J., Wang, F., Ali, S., Zhang, G. 2005. Toxic effect of cadmium on rice as affected by nitrogen fertilizer form. **Plant and Soil**. 277(1-2): 359-365.
- Hassine, A.B., Ghanem, M.E., Bouzid, S., Lutts, S. 2008. An inland and a coastal population of the Mediterranean xero-halophyte species *Atriplex halimus* L. differ in their ability to accumulate proline and glycinebetaine in response to salinity and water stress. **Journal of Experimental Botany**, 59(6): 1315-1326.
- Hernández, T., García, C., Reinhardt I. 1997. Short-term effect of wildfire on the chemical, biochemical and microbiological properties of Mediterranean pine forest soils. **Biology and Fertility Soils**.25 (2): 109-116.
- Hernandez-Santana, V., Fernandes, R. D., Perez-Arcoiza, A., Fernández, J. E., Garcia, J. M., Diaz-Espejo, A. 2018. Relationships between fruit growth and oil accumulation with simulated seasonal dynamics of leaf gas exchange in the olive tree. **Agricultural and Forest Meteorology**, 256: 458-469.
- Hu, Y., Burucs, Z., Tucher, S.V., Schmidhalter, U. 2007. Short-term effects of drought and salinity on mineral nutrient distribution along growing leaves of maize seedlings. **Environmental and Experimental Botany**, 60: 268-275.
- Hu, Y., Schmidhalter, U. 2005. Drought and salinity: a comparison of their effects on mineral nutrition of plants. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, 168(4): 541-549.
- Huber, D., Römheld, V., Weinmann, M. 2012. Relationship between nutrition, plant diseases and pests. In Marschner's mineral nutrition of higher plants (pp. 283-298). Academic Press.
- Hussain, M., Malik, M.A., Farooq, M., Ashraf, M. Y., Cheema, M.A. 2008. Improving drought tolerance by exogenous application of glycinebetaine and salicylic acid in sunflower. **Journal of Agronomy and Crop Science**, 194(3): 193-199.
- Jackson, R. B., Sperry, J.S., Dawson, T.E. 2000. Root water uptake and transport using physiological processes in global predictions. **Trends in Plant Science**, 5: 482-488.

- Jackson, W.A. 1967. Physiological effects of soil acidity. **Soil Acidity and Liming**, 12: 43-124.
- Jalloh, M.A., Chen, J., Zhen, F., Zhang, G. 2009. Effect of different N fertilizer forms on antioxidant capacity and grain yield of rice growing under Cd stress. **Journal of Hazardous Materials**, 162(2-3):1081-1085.
- Jones Jr, J.B., Wolf, B., Mills, H.A. 1991. Plant analysis handbook. A practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide. Micro-Macro Publishing, Inc.
- Just, D., Saux, C., Richaud, C., Andre, M. 1989. Effect of nitrogen stress on sunflower gas exchange. I: Photorespiration and carbon partitioning. **Plant Physiology and Biochemistry**, 27(5): 669-677.
- Kacar, B. 1996. Toprak Analizleri (Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri III). Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları, (3).
- Kacar, B., İnal, A. 2008. Bitki Analizleri. Nobel Yayın No: 1241. Fen Bilimleri, 63(1).
- Kaiser, W.M., Brendle-Behnisch, E. 1991. Rapid modulation of spinach leaf nitrate reductase activity by photosynthesis: I. Modulation in vivo by CO₂ availability. **Plant Physiology**, 96(2): 363-367.
- Kamanga, R. M., Mbega, E., Ndakidemi, P. 2018. Drought tolerance mechanisms in plants: physiological responses associated with water deficit stress in *Solanum lycopersicum*. **Advances in Crop Science and Technology**, 6(3): 1-8.
- Kapluhan, E. 2013. Türkiye’de kuraklık ve kuraklığın tarıma etkisi. **Marmara Coğrafya Dergisi**, 27: 487-510.
- Karimi, S., Rahemi, M., Rostami, A.A., Sedaghat, S. 2018. Drought effects on growth, water content and osmoprotectants in four olive cultivars with different drought tolerance. **International Journal of Fruit Science**, 18(3): 254-267.

- Kashiwagi, T., Ishimaru, K. 2004. Identification and functional analysis of a locus for improvement of lodging resistance in rice. **Plant Physiology**, 134(2): 676-683.
- Kataria, S., Jajoo, A., Guruprasad, K.N. 2014. Impact of increasing Ultraviolet-B (UV-B) radiation on photosynthetic processes. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, 137: 55-66.
- Kathju, S., Vyas, S.P., Garg, B.K., Lahiri, A.N. 1990. Fertility induced improvements in performance and metabolism of wheat under different intensities of water stress. In Proceedings of the International Congress of Plant Physiology (Vol. 88, pp. 854-858).
- Kenis, J.D., Rouby, M.B., Edelman, M.O., Silvente, S.T. 1994. Inhibition of nitrate reductase by water stress and oxygen in detached oat leaves: a possible mechanism of action. **Journal of Plant Physiology**, 144 (6): 735-739.
- Kettlewell, P.S. Juggins, S.A. 1992. Can foliar application of nitrogen fertiliser to winter wheat reduce nitrate leaching. **Aspects of Applied Biology**, 30: 103-108.
- Kolb, C.A., Pfündel, E.E. 2005. Origins of non-linear and dissimilar relationships between epidermal UV absorbance and UV absorbance of extracted phenolics in leaves of grapevine and barley. **Plant, Cell & Environment**, 28(5): 580-590.
- Larbi, A., Baccar, R., Boulal, H. 2020. Response of olive tree to ammonium nitrate fertilization under saline conditions. **Journal of Plant Nutrition**, 1-14.
- Lambers, H., Chapin, F. III, Pons, T. 2008. *Plant Physiological Ecology*, 2nd Edn. New York, NY: Springer-Verlag.
- Larsson, M., Larsson, C.M., Whitford, P.N., Clarkson, D.T. 1989. Influence of osmotic stress on nitrate reductase activity in wheat (*Triticum aestivum* L.) and the role of abscisic acid. **Journal of Experimental Botany**, 40(11): 1265-1271.
- Lawlor, D.W. 2002. Limitation to photosynthesis in water-stressed leaves: stomata vs. metabolism and the role of ATP. **Annals of Botany**, 89(7): 871-885.

- Lichtenthaler, H.K., Wellburn, A.R. 1983. Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents.
- Lindsay, W.L., Norvell, W.A. 1978. Development of a DTPA micronutrients soil test for Zn, Fe, Mn and Cu. In Soil Sci. Soc. Am. Proceedings (Vol. 42, pp. 421-428).
- Little, T.M., Hills, F.J. 1978. Agricultural experimentation: design and analysis (No. 630.72 L5).
- Loreto, F., Centritto, M., Chartzoulakis, K. 2003. Photosynthetic limitations in olive cultivars with different sensitivity to salt stress. **Plant, Cell & Environment**, 26(4): 595-601.
- Ma, Y.Y., Song W.Y., Liu, Z.H., Zhang, H.M., Guo, X.L., Shao, H.B., Ni, F.T. 2009. The dynamic changing of Ca²⁺ cellular localization in maize leaflets under drought stress. **Comptes rendus biologiques**, 332(4): 351-362.
- MacAdam, J.F., Volenec, J.J., Nelson, C.J. 1989. Effects of nitrogen on mesophyll cell division and epidermal cell elongation in tall fescue leaf blades. **Plant Physiology**, 89(2): 549-556.
- Madronich, S., McKenzie, R.L., Caldwell, M., Björn, L.O. 1995. Changes in ultraviolet-radiation reaching the earth's surface. **Ambio**, 24(3): 143-152.
- Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants 2nd edition. Academic, Great Britain.
- Marschner, H. 2011. Marschner's mineral nutrition of higher plants. Academic Press, USA. Isbn 9780123849052.
- Martin, B., Dasilva, J.V. 1972. Effect of dehydration on cellular distribution of ribonucleic acid in cotton leaves. **Physiologia Planterum**, 27: 150-155.
- Martin-StPaul, N., Delzon, S., Cochard, H. 2017. Plant resistance to drought depends on timely stomatal closure. **Ecology Letters**, 20(11): 1437-1447.
- Melgar, J. C., Guidi, L., Remorini, D., Agati, G., Degl'innocenti, E., Castelli, S., Tattini, M. 2009. Antioxidant defences and oxidative damage in salt-treated olive plants under contrasting sunlight irradiance. **Tree Physiology**, 29(9): 1187-1198.

- Mengel, K., Kirkby, E.A. 2001. Principles of Plant Nutrition. (4th Edn), International Potash Institute, Switzerland, 687pp.
- Miletic, R.P.R., Dodig, D., Milutinovic, S., Mihajlovic, I., Nikodijevic, S.M. 2010. Strategies for solving the problem of drought in Eastern Serbia.
- Montagu, K.D., Woo, K.C. 1999. Recovery of tree photosynthetic capacity from seasonal drought in the wet-dry tropics: the role of phyllode and canopy processes in *Acacia auriculiformis*. **Functional Plant Biology**, 26(2): 135-145.
- Morgan, J.M. 1984. Osmoregulation and water stress in higher plants. **Annual Review of Plant Physiology**, 35: 299-319.
- Moriana, A., Orgaz, F., Pastor, M., Fereres, E. 2003. Yield responses of a mature olive orchard to water deficits. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, 128(3): 425-431.
- Munns, R., Tester, M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, 59: 651-681.
- Niinemets, Ü., Tenhunen, J.D. 1997. A model separating leaf structural and physiological effects on carbon gain along light gradients for the shade-tolerant species *Acer saccharum*. **Plant, Cell & Environment**, 20(7): 845-866.
- Olsen, S.R., Dean, L.A. 1965. Phosphorus 1. Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties, (methodsofsoilanb), 1035-1049.
- Öztürk, N.Z. 2015. Bitkilerin kuraklık stresine tepkilerinde bilinenler ve yeni yaklaşımlar. **Türk Tarım- Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi**, 3(5): 307-315.
- Parry, M., Canziani, O., Palutikof, J., Van Der Linden, P. J., Hanson, C. E. 2007. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Cambridge: Cambridge University Press.
- Parry, M.A.J., Flexas, J., Medrano, H. 2005. Prospects for crop production under drought: research priorities and future directions. **Annals of Applied Biology**, 147(3): 211-226.

- Payne, W.A., Hossner, L.R., Onken, A.B., Wendt, C.W. 1995. Nitrogen and phosphorus uptake in pearl millet and its relation to nutrient and transpiration efficiency. **Agronomy Journal**, 87(3): 425-431.
- Petridis, A., Therios, I., Samouris, G., Koundouras, S., Giannakoula, A. 2012. Effect of water deficit on leaf phenolic composition, gas exchange, oxidative damage and antioxidant activity of four Greek olive (*Olea europaea* L.) cultivars. **Plant Physiology and Biochemistry**, 60:1-11.
- Pinstrup-Andersen, P., Pandya-Lorch, R., Rosegrant, M.W. 1999. World Food Prospects: Critical Issues for the Early Twenty-First Century. <http://hdl.handle.net/10947/1622>
- Pintó-Marijuan, M., Munné-Bosch, S. 2014. Photo-oxidative stress markers as a measure of abiotic stress-induced leaf senescence: advantages and limitations. **Journal of Experimental Botany**, 65(14): 3845-3857.
- Powles, S.B. 1984. Photoinhibition of photosynthesis induced by visible light. **Annual Review of Plant Physiology**, 35(1): 15-44.
- Raese, J.T., Drake, S.R. 1997. Nitrogen fertilization and elemental composition affects fruit quality of 'fuji' apples. **Journal of Plant Nutrition** 20(12): 1797-1809.
- Ranieri, A., Bernardi, R., Lanese, P., Soldatini, G.F. 1989. Changes in free amino acid content and protein pattern of maize seedlings under water stress. **Environmental and Experimental Botany**, 29(3): 351-357.
- Raun, W.R. Johnson, G.V. 1999. Review and interpretation: improving nitrogen use efficiency for cereal production. **Agronomy Journal**, 91(3): 357-363.
- Raza, M.A.S., Saleem, M.F., Shah, G.M., Khan, I.H., Raza, A. 2014. Exogenous application of glycinebetaine and potassium for improving water relations and grain yield of wheat under drought. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, 14(2): 348-364.
- Rucker, K.S., Kvien, C.K., Holbrook, C.C., Hook, J.E. 1995. Identification of peanut genotypes with improved drought avoidance traits. **Peanut Science**, 22(1): 14-18.

- Rufty Jr., T.W., Huber, S.C., Volk, R.J. 1988. Alterations in Leaf Carbohydrate Metabolism in Response to Nitrogen Stress. **Plant Physiology**, 88(3): 725-730.
- Saneoka, H. Moghaieb, R.E.A., Premachandra, G.S., Fujita, K. 2004. Nitrogen nutrition and water stress effects on cell membrane stability and leaf water relations in *Agrostis palustris* Huds. **Environmental and Experimental Botany**, 52: 131-138.
- Sanzani, S.M., Schena, L., Nigro, F., Sergeeva, V., Ippolito, A., Salerno, M.G. 2012. Abiotic diseases of olive. **Journal of Plant Pathology**, 94(3): 469-491.
- Shangguan, Z.P., Shao, M.A., Dyckmans, J. 2000. Nitrogen nutrition and water stress effects on leaf photosynthetic gas exchange and water use efficiency in winter wheat. **Environmental and Experimental Botany**, 44(2): 141-149.
- Sharma, P., Jha, A.B., Dubey, R.S., Pessarakli, M. 2012. Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions. **Journal of Botany**.
- Silva, M.D.A., Jifon, J.L., Da Silva, J.A., Sharma, V. 2007. Use of physiological parameters as fast tools to screen for drought tolerance in sugarcane. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, 19(3): 193-201.
- Sinclair, T.R., Horie, T. 1989. Leaf nitrogen, photosynthesis, and crop radiation use efficiency: a review. **Crop Science**, 29(1): 90-98.
- Singh, B., Singh, G. 2004. Influence of soil water regime on nutrient mobility and uptake by *Dalbergia sissoo* seedlings. **Tropical Ecology**, 45(2): 337-340.
- Sofa, A. 2011. Drought stress tolerance and photoprotection in two varieties of olive tree. **Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Soil & Plant Science**, 61(8): 711-720.
- Sofa, A., Dichio, B., Xiloyannis, C., Masia, A. 2004. Effects of different irradiance levels on some antioxidant enzymes and on malondialdehyde content during rewatering in olive tree. **Plant Science**, 166(2): 293-302.

- Tabatabaei, S.J. 2006. Effects of salinity and N on the growth, photosynthesis and N status of olive (*Olea europaea* L.) trees. **Scientia Horticulturae**, 108(4): 432-438.
- Tabatabaei, S.J., Yusefi, M., Hajiloo, J. 2008. Effects of shading and NO₃: NH₄ ratio on the yield, quality and N metabolism in strawberry. **Scientia Horticulturae**, 116(3): 264-272.
- Taiz, L., Zeiger, E. 2006. Bitki Fizyolojisi. III. baskı: Editor- İsmail Türkan. Palme yayıncılık, Ankara.
- Takele, A. 2000. Seedling emergence and of growth of sorghum genotypes under variable soil moisture deficit. **Acta Agronomica Hungarica**, 48(1): 95-102.
- Tang, J., Sun, B., Cheng, R., Shi, Z., Luo, D., Liu, S., Centritto, M. 2019. Effects of soil nitrogen (N) deficiency on photosynthetic N-use efficiency in N-fixing and non-N-fixing tree seedlings in subtropical China. **Scientific Reports**, 9(1): 1-14.
- Tisdale, S.L., Nelson, W.L. 1975. Soil Fertility and Fertilizers. Macmillan. 694 pp.
- Tognetti, R., d'Andria, R., Morelli, G., Alvino, A. 2005. The effect of deficit irrigation on seasonal variations of plant water use in *Olea europaea* L. **Plant and Soil** 273(1-2):139-55.
- Toth, V.R., Mészáros, I., Veresa, S., Nagy, J. 2002. Effects of the available nitrogen on the photosynthetic activity and xanthophyll cycle pool of maize in field. **Journal of Plant Physiology**, 159(6):627-634.
- Touzani, A. 2001. The olive-growing sector in the world in the 21st century. The olive-growing sector in the world in the 21st century., 23-32.
- Tunalıoğlu, R., Gökçe, O. 2002. Ege Bölgesinde optimal zeytin yayılış alanlarının tespitine yönelik bir araştırma. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tarımsal Ekonomi Araştırma Enstitüsü, Ankara.
- US. Salinity Laboratory Staff. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. US Department of Agriculture Handbook 60, Washington, DC.

- Uysal, T. 2012. Gemlik Zeytin Çeşidinde Çiçek Yapısının Sitolojik Olarak İncelenmesi. Uludağ Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi.
- Verga, B., Corni, A., Kalsan, M. 1992. Effects of mineral fertilizer and soybean sowing methods on protein contents of soybean (*Glycine max* L. Merr.). **Pojopriveredna Znanstvena Smotra**, 57(1): 91-100.
- Verhoeven, A.S. Demmig-Adams B., Adams, W.W. 1997. Enhanced employment of the xanthophyll cycle and thermal energy dissipation in spinach exposed to high light and N stress. **Plant Physiology**, 113(3): 817-824.
- Vilagrosa, A., Chirino, E., Peguero-Pina, J.J., Barigah, T.S., Cochard, H., Gil-Pelegrin, E. 2012. "Xylem cavitation and embolism in plants living in water-limited ecosystems". **Plant Responses to Drought Stress**, 63-109.
- Walkley, A., Black, I.A. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil Science**, 37(1): 29-38.
- Wang, D., Huang, G., Duan, H., Lei, X., Liu, W., Wu, J., Fan, H. 2019. Effects of drought and nitrogen addition on growth and leaf physiology of *Pinus massoniana* seedlings. **Pak. J. Bot**, 51(5): 1575-1585.
- Wang, M., Shen, Q., Xu, G., Guo, S. 2014. New insight into the strategy for nitrogen metabolism in plant cells. **In International Review of Cell and Molecular Biology**, 310: 1-37.
- Waraich, E.A., Ahmad, R., Ashraf, M.Y. 2011. Role of mineral nutrition in alleviation of drought stress in plants. **Australian Journal of Crop Science**, 5(6): 764.
- Wu, F.Z., Bao, W.K, Li, F.L., Wy, N. 2008. Effects of water stress and nitrogen supply on leaf gas exchange and fluorescence parameters of *Sophora davidii* seedlings. **Photosynthetica**, 46: 40-48.
- Xie, K., Lu, Z., Pan, Y., Gao, L., Hu, P. Wang, M., Guo, S. 2020. Leaf photosynthesis is mediated by the coordination of nitrogen and potassium: The importance of anatomical-determined mesophyll conductance to CO₂ and carboxylation capacity, **Plant Science**, 290.

- Xiloyannis, C., Dichio, B., Nuzzo, V., Celano, G. 1997. Defence strategies of olive against water stress. In III International Symposium on Olive Growing 474 (pp. 423-426).
- Xiong, D., Chen, J., Yu, T., Gao, W., Ling, X., Li, Y., Huang, J. 2015. SPAD-based leaf nitrogen estimation is impacted by environmental factors and crop leaf characteristics. **Scientific Reports**, 5: 13389.
- Xu, D., Duan, X., Wang, B., Hong, B., Ho, T., Wu, R. 1996. Expression of a late embryogenesis abundant protein gene, HVA1, from barley conferred tolerance to water deficit and salt transgenic rice. **Plant Physiology**, 110(1): 249-57.
- Xu, G., Fan, X., Miller, A.J. 2012. Plant nitrogen assimilation and use efficiency. **Annual Review of Plant Biology**, 63: 153-182.
- Yuan, X. K., Yang, Z. Q., Li, Y. X., Liu, Q., Han, W. 2016. Effects of different levels of water stress on leaf photosynthetic characteristics and antioxidant enzyme activities of greenhouse tomato. **Photosynthetica**, 54(1): 28-39.
- Zhao, B. P., Ma, B. L., Hu, Y. G., Liu, J. H. 2011. Leaf photosynthesis, biomass production and water and nitrogen use efficiencies of two contrasting naked vs. hulled oat genotypes subjected to water and nitrogen stresses. **Journal of Plant Nutrition**, 34(14): 2139-2157.
- Zhong, C., Cao, X., Bai, Z., Zhang, J., Zhu, L., Huang, J., Jin, Q. 2018. Nitrogen metabolism correlates with the acclimation of photosynthesis to short-term water stress in rice (*Oryza sativa* L.). **Plant Physiology and Biochemistry**, 125, 52-62.
- Zou, C., Wang, X., Wang, Z., Zhang, F. 2005. Potassium and nitrogen distribution pattern and growth of flue-cured tobacco seedlings influenced by nitrogen form and calcium carbonate in hydroponic culture. **Journal of Plant Nutrition**, 28(12): 2145-2157.

