

**FARKLI MAGNEZYUM BESLENME KOŞULLARINDA  
KARBONDİOKSİT UYGULAMASININ  
MISIR BİTKİSİNDE (*Zea mays L.*)  
BİTKİ GELİŞİMİ VE  
BAZI ANTIOKSİDATİF ENZİM AKTİVİTELERİ  
ÜZERİNE ETKİSİ**

**Günsu BARIŞIK**

**FARKLI MAGNEZYUM BESLENME KOŞULLARINDA  
KARBONDİOKSİT UYGULAMASININ  
MISIR BİTKİSİNDE (*Zea mays L.*)  
BİTKİ GELİŞİMİ VE  
BAZI ANTİOKSİDATİF ENZİM AKTİVİTELERİ  
ÜZERİNE ETKİSİ**

**Günsu BARIŞIK**



T.C.  
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**FARKLI MAGNEZYUM BESLENME KOŞULLARINDA  
KARBONDİOKSİT UYGULAMASININ MISIR BİTKİSİNDE (*Zea  
mays* L.) BİTKİ GELİŞİMİ VE BAZI ANTIOKSİDATİF ENZİM  
AKTİVİTELERİ ÜZERİNE ETKİSİ**

**Günsu BARIŞIK**

Prof. Dr. A. Vahap KATKAT  
(Danışman)

Prof. Dr. İsmail Çakmak  
(İkinci Danışman)  
Sabancı Üniversitesi

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
TOPRAK BİLİMİ ve BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

BURSA-2013

## TEZ ONAYI

Günsu BARIŞIK tarafından hazırlanan ‘‘Farklı Magnezyum Beslenme Koşullarında Karbondioksit Uygulamasının Mısır Bitkisinde (*Zea mays* L.) Bitki Gelişimi Ve Bazı Antioksidatif Enzim Aktiviteleri Üzerine Etkisi’’ adlı tez çalışması Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Danışman** : Prof. Dr. A. Vahap KATKAT

**İkinci Danışman** : Prof. Dr. İsmail ÇAKMAK

Başkan :

Üye :

Üye :

İmza

İmza

İmza

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Ali Osman DEMİR

Enstitü Müdürü

../../....(Tarih)

**U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;**

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
  - görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
  - başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
  - atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
  - kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
  - ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı
- beyan ederim.**

**26/ 07/ 2013**

**İmza**

**Günsu Barışık**

## ÖZET

Yüksek Lisans

FARKLI MAGNEZYUM BESLENME KOŞULLARINDA KARBONDİOKSİT UYGULAMASININ MISIR BİTKİSİNDE (*Zea mays* L.) BİTKİ GELİŞİMİ VE BAZI ANTIOKSİDATİF ENZİM AKTİVİTELERİ ÜZERİNE ETKİSİ

**Günsu BARIŞIK**

Uludağ Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

**Danışman:** Prof. Dr. A. Vahap KATKAT,

**İkinci Danışman:** Prof. Dr. İsmail ÇAKMAK (Sabancı Üniversitesi)

Bitkiler yaşamlarının devamını sağlamak için fotosentez yapmak zorunda ve bunun için de CO<sub>2</sub>'e ihtiyaç duymaktadırlar. Bu nedenle bitki gelişiminin yalnızca toprak-bitki-su ilişkilerine bağlı olarak açıklanması yeterli değildir. Atmosferdeki gazların miktarlarının değişimlerinin de göz önüne alınması gerekir. Özellikle fotosentez olayının önemli bir girdisi olan CO<sub>2</sub> gazı bitki gelişiminde oldukça etkilidir. Günümüzde küresel ısınma ile paralel olarak giderek artan atmosfer karbondioksit düzeyi bitkilerde kuru madde artışına neden olmaktadır. Atmosfer karbondioksit miktarı arttıkça bitkiler daha fazla besin elementine ihtiyaç duyacak, günümüz kritik besin elementi değerleri değişecektir. İki faktörlü Tesadüf Parselleri Deneme Desenine göre altı tekerrürlü olarak yürütülen denemelerde CO<sub>2</sub> kullanım etkinlikleri yüksek olması nedeniyle C4 bitkisi olan mısır (Pioneer P33-94) kullanılmış, bitkiler üç farklı magnezyum dozunda su kültüründe yetiştirilmiştir. 28 günlük gelişme süresi sonunda normal atmosfer koşullarında ve karbondioksit uygulaması yapılarak yetiştirilen bitkiler fenolojik gözlemler alındıktan sonra hasat edilerek bitki büyümesi, % besin elementi konsantrasyonu ve enzim aktiviteleri için analize alınmıştır.

Karbondioksit uygulaması sonucunda Mısır bitkisinde kuru madde oranının yeşil aksamda % 9 - 23, kökte % 21 - 25 arasında artış gösterdiği saptanmıştır. Alınan SPAD değerleri sonucunda magnezyum dozlarının azalmasına bağlı olarak klorofil miktarının mısır bitkisinde % 13-25 oranında azaldığı belirlenmiştir. Enzim aktivitelerinin belirlenmesi amacıyla yapılan analizler sonucunda magnezyumun kontrol dozunda yetiştirilen bitkilerde enzim aktivitelerinde belirgin bir değişiklik gözlenmemiştir. Katalaz-KATaz enzim aktivitesi tüm bitkilerde magnezyum stresi ve yüksek karbondioksit konsantrasyon koşullarında azalırken, Askorbik peroksidaz-APaz, Superoksit dismutaz-SOD, Glutasyon reduktaz-GRaz enzim aktivitelerinin düşük magnezyum koşullarında ve yüksek karbondioksit konsantrasyonunda arttığı belirlenmiştir.

Sonuç olarak yüksek konsantrasyonda CO<sub>2</sub> içeren ortamda yetiştirilen bitkilerin daha hızlı geliştikleri, yeşil aksam ve kök kuru madde oranlarının daha yüksek olduğu ve bitkilerin magnezyum noksanlığına daha az tolerans gösterip daha çabuk ve şiddetli noksanlık gösterdikleri saptanmıştır. Magnezyum noksanlık stresi altında ve artan CO<sub>2</sub> miktarının etkisinde Katalaz- KATaz dışında tüm antioksidatif enzim aktivitelerinin arttığı belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Magnezyum, Karbondioksit, Antioksidatif Enzimler

**2013, xii + 70 sayfa.**

**ABSTRACT**  
MSc Thesis

THE EFFECTS OF CARBONDIOXIDE APPLICATION ON PLANT GROWTH  
AND SOME ANTIOXIDATIVE ENZYME ACTIVITIES IN MAIZE (*Zea Mays* L.)  
IN DIFERENT MAGNESIUM NUTRITION LEVELS

**Günsu BARIŞIK**

Uludag University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Soil Science and Plant Nutrition

**Supervisor:** Prof. Dr. A. Vahap KATKAT,  
**Second Supervisor:** Prof. Dr. İsmail ÇAKMAK (Sabancı University)

Plants require photosynthesis to maintain their life and due to this necessity they absolutely need CO<sub>2</sub>. That is the reason we can't explain plant growth and yield formation only with the relations between soil, plant and water. We also need to consider changes on gas ratios in atmosphere conditions. CO<sub>2</sub> is one of the main actors of photosynthesis and determining the external of plant growth. It is possible to improve plant productivity with proper levels of CO<sub>2</sub> fertilization in greenhouse conditions. In this experiment, we used maize (Pioneer P33-94) to evaluate results because of its high efficient usage of CO<sub>2</sub> as a C4 plant. Experiment has planned by including 6 replications in two factor randomized plot experimental design. After 28 days of growth period, plants grown under normal and elevated carbondioxide concentrations were harvested and analyzed for growth, concentrations % mineral nutrients and enzyme activities.

We determine with analysis dry matter of maize plant has increased 9 – 23 % in green parts and 7 – 23 % in root region after carbondioxide application. On the score of SPAD datas it shows chlorophyll concentration has decreased between 13-25% due to decrescent magnesium doses. We did not observe any distinct change on enzyme activities of maize plants growth on base level of magnesium. While Catalase - CAT enzyme activity decreased under magnesium stress and high CO<sub>2</sub> concentration conditions, we determined that Askorbik peroksidaz - APaz, Superoksit dismutaz - SOD, Glutatyon reduktaz - GRaz enzyme activities increased under low magnesium and high CO<sub>2</sub> consecration conditions.

As a result we found out growing maize plants under high CO<sub>2</sub> concentration causes faster plant development, higher dry matter percentage in green parts and root section, lower tolerance and faster indication to magnesium stress. Except Catalase - CAT enzyme all other antioxidative enzyme activities increased under magnesium stress and high CO<sub>2</sub> concentration conditions.

**Key Words:** Magnesium, Carbondioxide, Antioksidative Enzymes

**2013, xii + 70 pages.**

## TEŞEKKÜR

Öncelikle, bana bu konuda tez hazırlama olanağı sağlayan, bu çalışmanın ortaya çıkması için ter türlü bilgi ve desteği veren ve özellikle eğitim ve çalışma hayatıma kattığı değerler için hocam, Sayın Prof. Dr. A. Vahap KATKAT'a ve çalışmamda hiçbir yardım ve desteği esirgemeyen hocam Sayın Prof. Dr. İsmail ÇAKMAK'a çok teşekkür ederim.

Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümünün Öğretim Üyelerinden Sayın Doç. Dr. Murat Ali TURAN ve Sayın Doç. Dr. Hakan ÇELİK ile Sayın Araş. Gör. Dr. Barış Bülent AŞIK ve Sayın Araş. Gör. Dr. Serhat GÜREL'e tüm yardım ve destekleri için teşekkür ederim.

Tezimin yazım ve düzeltme aşamalarındaki katkılarından ve sabrından dolayı sevgili arkadaşım Araş. Gör. Ekin Ulaş KARAATA ve Saliha DORAK' a çok teşekkür ederim.

Tez çalışması kapsamında denemelerin kurulması ve analizlerin yapılması aşamalarında yardımlarını esirgemeyen başta Sayın Mustafa Atilla YAZICI olmak üzere Sakıp Sabancı Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi çalışanlarına yardımlarından dolayı teşekkür ederim.

Tez çalışmamın her aşamasında gösterdikleri sonsuz sabır, anlayış ve hiç bitmeyen sevgileri için canım annem Bilgi BARIŞIK ve canım babam N. Melih BARIŞIK'a her daim yanımda oldukları ve desteklerini hep yanımda hissetmemi sağladıkları için çok teşekkür ederim. Tezimin yazım aşamasında kattığı değerlerin yanında sonsuz desteği ve anlayışı için sevgili nişanlım Ziraat Yük. Müh. Hasan KAYIN 'a çok teşekkür ederim.

Son olarak bu çalışmamda bana yardımcı olan ve emeği geçen herkese çok teşekkür ederim.

Günsu BARIŞIK



## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGE ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
1.GİRİŞ	1
2.KAYNAK ARAŞTIRMASI	5
2.1.Magnezyum Beslenmesi ile İlgili Yapılan Çalışmalar	5
2.2. CO <sub>2</sub> Gübrelmesi İle İlgili Yapılan Çalışmalar	9
2.3. Antioksidatif Enzimler İle İlgili Yapılan Çalışmalar	12
3.MATERYAL VE YÖNTEM	16
3.1.Materyal	16
3.1.1.Denemede Kullanılan Bitki Materyali ve Ekipmanlar	16
3.1.2. Deneme Yeri ve Özellikleri	16
3.2.Yöntem	17
3.2.1.Besin Çözeltilisinin Hazırlanması	17
3.2.2.Deneme İçin Bitkilerin Yetiştirilmesi	18
3.2.3.Kuru Madde Verimi	19
3.2.4.Yeşil Aksamda Yapılan Analizler	19
3.2.4.1.Bitkide Magnezyum İçeriklerinin Belirlenmesi	20
3.2.4.2.Çözünür Karbonhidrat Analizi	20
3.2.4.3.Klorofil ve Karatinoit Analizi	20
3.2.4.4.Protein ve Enzim Analizleri İçin Örnek Hazırlanması	21
3.2.4.5.Çözünür Protein Konsantrasyonunun Belirlenmesi	21
3.2.4.6.Süperoksit dismutaz (SOD) Enzim Aktivitesinin Belirlenmesi	22
3.2.4.7.Askorbik Peroksidaz (APaz) Enzim Aktivitesinin Belirlenmesi	22

3.2.4.8. Glutasyon Redüktaz (GRaz) Enzim Aktivitesinin Belirlenmesi	22
3.2.4.9. Katalaz (KATaz) Enzim Aktivitesinin Belirlenmesi	23
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	24
4.1. Magnezyum Beslenme Koşullarının ve CO <sub>2</sub> Uygulamasının Kuru Madde Verimine ve Bitki Mg İçeriğine Etkisi	24
4.2. Magnezyum Beslenme Koşullarının ve CO <sub>2</sub> Uygulamasının Çözünür Protein Konsantrasyonuna Etkisi	34
4.3. Magnezyum Beslenme Koşullarının ve CO <sub>2</sub> Uygulamasının Çözünür Karbonhidrat Konsantrasyonuna Etkisi	37
4.4. Magnezyum Beslenme Koşullarının ve CO <sub>2</sub> Uygulamasının Bitkide Klorofil ve Karatinoid Miktarına Etkisi	41
4.5. Magnezyum Beslenme Koşullarının ve CO <sub>2</sub> Uygulamasının Antioksidatif Enzim Aktivitelerine Etkisi	49
4.5.1. Süperoksit Dismutaz Enzim Aktivitesi	49
4.5.2. Askorbik Peroksidaz Enzim Aktivitesi	53
4.5.3. Katalaz Enzim Aktivitesi	56
4.5.4. Glutasyon Redüktaz Enzim Aktivitesi	58
5. SONUÇ	62
KAYNAKLAR	64
ÖZGEÇMİŞ	70

## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

<b>Simgeler</b>	<b>Açıklama</b>
<b>Al</b>	Alüminyum
<b>B</b>	Bor
<b>Ca</b>	Kalsiyum
<b>Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub></b>	Kalsiyum nitrat
<b>CaSO<sub>4</sub></b>	Kalsiyum sülfat
<b>CO<sub>2</sub></b>	Karbondioksit
<b>Cu</b>	Bakır
<b>CuSO<sub>4</sub></b>	Bakır sülfat
<b>Fe</b>	Demir
<b>H<sub>2</sub>O<sub>2</sub></b>	Hidrojen peroksit
<b>H<sub>2</sub>O</b>	Su
<b>H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub></b>	Borik asit
<b>K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></b>	Potasyum sülfat
<b>K</b>	Potasyum
<b>KCl</b>	Potasyum klorür
<b>KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub></b>	Potasyum di hidrojen fosfat
<b>KNO<sub>3</sub></b>	Potasyum nitrat
<b>Mg</b>	Magnezyum
<b>MgO</b>	Magnezyum oksit
<b>MgSO<sub>4</sub></b>	Magnezyum sülfat
<b>Mn</b>	Mangan
<b>MnSO<sub>4</sub></b>	Mangan sülfat
<b>N</b>	Azot
<b>Na</b>	Sodyum
<b>NaCl</b>	Sodyum klorür
<b>(NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub></b>	Amonyum molibdat
<b>Ni</b>	Nikel
<b>O<sub>2</sub></b>	Oksijen
<b>P</b>	Fosfor
<b>Zn</b>	Çinko
<b>ZnSO<sub>4</sub></b>	Çinko sülfat
<b>%</b>	Yüzde
<b>°C</b>	Santigrat
<b>P&lt;0,01</b>	Yüzde 1 önem seviyesi
<b>P&lt;0,05</b>	Yüzde 5 önem seviyesi
<b>rpm</b>	Dakikadaki devir sayısı

<b>Kısaltmalar</b>	<b>Açıklama</b>
<b>A</b>	Ölçülen absorbans değeri
<b>APaz</b>	Askorbik peroksidaz
<b>AsA</b>	Askorbik Asit
<b>PEP</b>	Fosfoenolpirüvat karboksilaz
<b>cm</b>	Santimetre
<b>da</b>	Dekar
<b>dk.</b>	Dakika
<b>EDTA</b>	Etilen diamin tetra asetik asit
<b>GRaz</b>	Glutasyon redüktaz
<b>GSSG</b>	Okside glutasyon
<b>g</b>	Gram
<b>ha</b>	Hektar
<b>KATaz</b>	Katalaz
<b>Kl a</b>	Klorofil a
<b>Kl b</b>	Klorofil b
<b>kg</b>	Kilogram
<b>L</b>	Litre
<b>MPa</b>	Mega paskal
<b>mM</b>	Milimolar
<b>mg</b>	Miligram
<b>ml</b>	Mililitre
<b>NADPH</b>	Nikotinamid adenin dinükleotit fosfat oksidaz
<b>NBT</b>	Nitro blue tetrazolium chloride
<b>nm</b>	Nanometre
<b>SOD</b>	Süperoksit dizmütaz
<b>sn</b>	Saniye
<b>µM</b>	Mikromolar
<b>µmol</b>	Mikromol
<b>µl</b>	Mikrolitre

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Şekil 3.1. Denemede kullanılan mısır tohumlarının çimlendirilmesi	18
Şekil 3.2. Su kültürüne alınan bitkilerde gerekli seyreltme yapıldıktan sonra denemenin genel görünümü.	19
Şekil 4.1. CO <sub>2</sub> uygulaması ve magnezyum dozlarına bağlı olarak yeşil aksam kuru madde veriminde meydana gelen değişimler.	24
Şekil 4.2. Magnezyumun en düşük dozu (50 µM) ile beslenen bitkilerde CO <sub>2</sub> uygulamasının bitki kuru madde artışına etkisi.	25
Şekil 4.3. Magnezyumun 100 µM dozu ile beslenen bitkilerde CO <sub>2</sub> uygulamasının bitki kuru madde artışına etkisi.	25
Şekil 4.4. Magnezyumun kontrol dozu (500 µM) ile beslenen bitkilerde CO <sub>2</sub> uygulamasının bitki kuru madde artışına etkisi.	26
Şekil 4.5. CO <sub>2</sub> uygulaması ve magnezyum dozlarına bağlı olarak kök kuru madde veriminde meydana gelen değişimler.	26
Şekil 4.6. Magnezyumun en düşük dozu (50 µM) ile beslenen bitkilerde CO <sub>2</sub> uygulamasının kök kuru madde artışına etkisi.	28
Şekil 4.7. Magnezyumun 100µM dozu ile beslenen bitkilerde CO <sub>2</sub> uygulamasının kök kuru madde artışına etkisi.	28
Şekil 4.8. Magnezyumun kontrol dozu (500 µM) ile beslenen bitkilerde CO <sub>2</sub> uygulamasının kök kuru madde artışına etkisi.	29
Şekil 4.9. CO <sub>2</sub> uygulaması ve magnezyum dozlarına bağlı olarak yeşil aksam magnezyum konsantrasyonunda meydana gelen değişimler.	32

Şekil 4.10.	CO <sub>2</sub> uygulaması ve magnezyum dozlarına bağlı olarak kök magnezyum konsantrasyonunda meydana gelen değişimler.	33
Şekil 4.11.	CO <sub>2</sub> uygulaması ve magnezyum dozlarına bağlı olarak yeşil aksam çözümlür protein konsantrasyonunda meydana gelen değişimler.	34
Şekil 4.12.	CO <sub>2</sub> uygulaması ve magnezyum dozlarına bağlı olarak kök çözümlür protein konsantrasyonunda meydana gelen değişimler.	35
Şekil 4.13.	CO <sub>2</sub> uygulaması ve magnezyum dozlarına bağlı olarak yeşil aksam çözümlür karbonhidrat konsantrasyonunda meydana gelen değişimler.	37
Şekil 4.14.	CO <sub>2</sub> uygulaması ve magnezyum dozlarına bağlı olarak kök çözümlür karbonhidrat konsantrasyonunda meydana gelen değişimler.	38
Şekil 4.15.	CO <sub>2</sub> uygulaması ve magnezyum dozlarına bağlı toplam klorofil miktarında meydana gelen değişimler	41
Şekil 4.16.	CO <sub>2</sub> uygulaması ve magnezyum dozlarına bağlı SPAD miktarında meydana gelen değişimler.	44
Şekil 4.17.	CO <sub>2</sub> uygulaması ve magnezyum dozlarına bağlı klorofil a miktarında meydana gelen değişimler.	45
Şekil 4.18.	CO <sub>2</sub> uygulaması ve magnezyum dozlarına bağlı klorofil b miktarında meydana gelen değişimler	46
Şekil 4.19.	CO <sub>2</sub> uygulaması ve magnezyum dozlarına bağlı karotenoid miktarında meydana gelen değişimler	48
Şekil 4.20.	Farklı magnezyum dozlarında yetiştirilen bitkilerde CO <sub>2</sub> uygulaması sonucunda yeşil aksam SOD (Süperoksit Dismutaz) aktivitesine meydana gelen değişim.	49
Şekil 4.21.	Farklı magnezyum dozlarında yetiştirilen bitkilerde CO <sub>2</sub> uygulaması sonucunda kök SOD (Süperoksit Dismutaz) aktivitesine meydana gelen değişim.	50

Şekil 4.22.	Farklı magnezyum dozlarında yetiştirilen bitkilerde CO <sub>2</sub> uygulaması sonucunda yeşil aksam APaz (Askorbik Peroksidaz) aktivitesine meydana gelen değişim.	54
Şekil 4.23.	Farklı magnezyum dozlarında yetiştirilen bitkilerde CO <sub>2</sub> uygulaması sonucunda kök APaz (Askorbik Peroksidaz) aktivitesine meydana gelen değişim.	55
Şekil 4.24.	Farklı magnezyum dozlarında yetiştirilen bitkilerde CO <sub>2</sub> uygulaması sonucunda yeşil aksam KATaz (Katalaz) enzim aktivitesinde meydana gelen değişim.	57
Şekil 4.25.	Farklı magnezyum dozlarında yetiştirilen bitkilerde CO <sub>2</sub> uygulaması sonucunda yeşil aksam GRaz (Glutatyon Redüktaz) enzim aktivitesinde meydana gelen değişim.	59
Şekil 4.26.	Farklı magnezyum dozlarında yetiştirilen bitkilerde CO <sub>2</sub> uygulaması sonucunda kök GRaz (Glutatyon Redüktaz) enzim aktivitesinde meydana gelen değişim.	60

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Çizelge 3.1. Mg dışındaki besin elementlerinin besin çözeltisi içerisindeki konsantrasyonları.	18
Çizelge 4.1. CO <sub>2</sub> uygulaması ve magnezyum dozlarına bağlı olarak yeşil aksam ve kök kuru madde verimleri.	27
Çizelge 4.2. Mısır bitkisinde kuru madde verimi değerlerine ilişkin ortalama değerleri ve istatistiksel farklı gruplar.	30
Çizelge 4.3. CO <sub>2</sub> uygulaması ve magnezyum dozlarına bağlı olarak yaş ağırlık ve kuru ağırlık üzerinden spesifik ağırlık değerleri.	31
Çizelge 4.4. Mısır bitkisinde spesifik ağırlık değerlerine ilişkin ortalama değerleri ve istatistiksel farklı gruplar.	31
Çizelge 4.5. CO <sub>2</sub> uygulaması sonucunda bitki yeşil aksam ve kök Mg içerikleri.	32
Çizelge 4.6. CO <sub>2</sub> uygulaması ve magnezyum dozlarına bağlı olarak yeşil aksam ve kök çözünür protein konsantrasyonu değerleri.	36
Çizelge 4.7. CO <sub>2</sub> uygulaması ve magnezyum dozlarına bağlı olarak yeşil aksam ve kök çözünür karbonhidrat konsantrasyonu değerleri.	39
Çizelge 4.8. Mısır bitkisinde çözünür karbonhidrat değerlerine ilişkin ortalama değerleri ve istatistiksel farklı gruplar	40
Çizelge 4.9. CO <sub>2</sub> uygulaması ve magnezyum dozlarına bağlı toplam klorofil, klorofil a, klorofil b ve karotenoid miktarları.	42
Çizelge 4.10. Mısır bitkisinde toplam klorofil ve SPAD değerlerine ilişkin ortalama değerleri ve istatistiksel farklı gruplar.	43
Çizelge 4.11. CO <sub>2</sub> uygulaması ve magnezyum dozlarına SPAD değerleri.	43



Çizelge 4.12.	Mısır bitkisinde klorofil a değerlerine ilişkin ortalama değerleri ve istatistiksel farklı gruplar.	45
Çizelge 4.13.	Mısır bitkisinde klorofil b değerlerine ilişkin ortalama değerleri ve istatistiksel farklı gruplar.	47
Çizelge 4.14.	Mısır bitkisinde karotenoid değerlerine ilişkin ortalama değerleri ve istatistiksel farklı gruplar.	48
Çizelge 4.15.	Farklı magnezyum dozlarında yetiştirilen bitkilerde CO <sub>2</sub> uygulaması sonucunda yeşil aksam ve kök SOD (Süperoksit Dismutaz) enzim aktivitesi değerleri (SOD: U mg <sup>-1</sup> prt.).	51
Çizelge 4.16.	Mısır bitkisinde SOD enzim aktivitesi değerlerine ilişkin ortalama değerler ve istatistiksel farklı gruplar	52
Çizelge 4.17.	Farklı magnezyum dozlarında yetiştirilen bitkilerde CO <sub>2</sub> uygulaması sonucunda yeşil aksam ve kök APaz (Askorbik Peroksidaz) enzim aktivitesi değerleri (APaz µmol mg <sup>-1</sup> ).	53
Çizelge 4.18.	Mısır bitkisinde Apaz enzim aktivitesi değerlerine ilişkin ortalama değerler ve istatistiksel farklı gruplar	55
Çizelge 4.19.	Farklı magnezyum dozlarında yetiştirilen bitkilerde CO <sub>2</sub> uygulaması sonucunda yeşil aksam KATaz (Katalaz) enzim aktivitesi değerleri (KATaz: nmol mg <sup>-1</sup> bitki. dk <sup>-1</sup> ).	56
Çizelge 4.20.	Mısır bitkisinde KATaz enzim aktivitesi değerlerine ilişkin ortalama değerler ve istatistiksel farklı gruplar	57
Çizelge 4.21.	Farklı magnezyum dozlarında yetiştirilen bitkilerde CO <sub>2</sub> uygulaması sonucunda yeşil aksam ve kök GRaz (Glutasyon Redüktaz) enzim aktivitesi değerleri (GRaz µmol/TA).	58
Çizelge 4.22.	Mısır bitkisinde GRaz enzim aktivitesi değerlerine ilişkin ortalama değerler ve istatistiksel farklı gruplar.	60

## 1. GİRİŞ

Havada çok az oranlarda bulunmasına karşın miktarı ve değişkenliği nedeniyle karbondioksit hayati önemi olan bir gazdır. Havada bulunan CO<sub>2</sub> miktarı karalar üzerinde denizlerdekinden fazladır. Küresel ısınmanın başlıca sorumlusu olarak görülen karbondioksitin dünya atmosferinde kritik eşiğe ulaştığı, son yıllarda yapılan çeşitli araştırmalarda atmosferdeki karbondioksit miktarının 400 mg kg<sup>-1</sup> seviyesinde seyrettiği tespit edilmiştir. Bu gaz, fosil yakıtların (petrol ve türevleri, kömürlerin ve doğal gazın) sanayide kullanılması sonucunda atmosfere karışmaktadır. Atmosfere karışan karbondioksitin % 80 - 85'i fosil yakıtlardan, % 15 - 20'si de canlıların solunumundan ve mikroskobik canlıların organik maddeleri ayrıştırmasından kaynaklanmaktadır (Mitscherlich 1995). Bu nedenle sanayi devriminden önce atmosferdeki toplam karbondioksit miktarı 600 milyar ton olarak tahmin edildiği halde, bugün bu miktarın yaklaşık 750 milyar tona çıktığı bildirilmektedir (Kadioğlu 2001). Diğer taraftan fotosentez için tonlarca karbondioksit harcayan ormanların ve bitkisel planktonların zarar görmesi, atmosferdeki karbondioksit miktarını son 165 bin yılın en yüksek düzeyine ulaşmasına neden olmuştur. Küresel ısınma ile Sibiryaya ve Kanada'daki buzlu tundra toprakları çözünecek ve bataklık haline gelecektir. Buralarda bol miktarda bataklık gazının (metan) oluşarak atmosfere karışacağı, artan sera gazları nedeniyle küresel ısınmanın daha da artacağı ve böylece kısır döngüye girileceği düşünülmektedir (Mitscherlich 1995). Son yıllarda yapılan ölçümler atmosferdeki CO<sub>2</sub> artışının devam ettiğini göstermektedir. Bunun yanında CO<sub>2</sub> yoğunluğunun iki katına çıkması halinde küresel sıcaklığın ortalama 3°C artacağı düşünülmektedir.

Dünyada iklim değişimlerini araştırmak için yapılan çalışma sonuçları bazı parametrelerde değişimin meydana geldiğini ortaya koymuştur. Bitki gelişimi, iklimsel değişimlere karşı çok fazla duyarlı olduğundan bu iklimsel değişimlerin tarımsal faaliyetleri önemli ölçüde etkileyeceği şüphesizdir. Bu nedenle gelecekteki iklim değişiminin bitkisel üretime olan etkilerini önceden belirleyebilmek amacıyla yoğun olarak bitki-iklim modelleri kullanılmaya başlanmıştır (Çaldağ 2000).

Dünyada özellikle gelişmiş ülkeler, gelecekte meydana gelebilecek küresel iklim değişimlerinin ekonomik ve sosyal etkilerinin neler olacağı konusunda senaryolar üretmekte, ulusal ve uluslararası tarım politikalarına yön vermekte ve bu amaçla bitki gelişim modellerini kullanmaktadırlar (Okay ve Demirtaş 2007).

Bitki gelişimini yalnızca toprak-bitki-su ilişkilerine bağlı olarak açıklamak yeterli değildir. Atmosferdeki gazların değişiminin de göz önüne alınması gerekir. Özellikle fotosentez olayının yapıtaşı olan CO<sub>2</sub> gazı bitki gelişiminde oldukça etkilidir. Karbondioksit, yeryüzünden yansıyan uzun dalga radyasyonunu su ile birlikte emerek atmosferin daha da ısınmasına neden olmaktadır. Bilim adamları, karbondioksit miktarındaki artışın bazı bitkilere gübre etkisi yaparak gelişimi hızlandıracağını belirtmektedir. Bitki yetiştirilen ortamdaki CO<sub>2</sub> miktarının artırılması, bitkinin yapraklarında depolanan fazla suyu ve enerjiyi kullanmasını sağlar ve bu büyümenin ciddi bir şekilde artmasına neden olur. Ortamda karbondioksit miktarı arttırıldığında bitkiler daha hızlı ve daha fazla büyürler. CO<sub>2</sub> miktarı arttırıldığında, bitkilerin büyüme hızı % 100-200 kadar yüksek değerlere ulaşabilir. Bitkilerin genetik yapıları CO<sub>2</sub> gübrelemesine karşı farklı tepkiler göstermektedirler. Bazı bitkilerde bu yönde yapılan çalışmalarda varyeteler arasında farklılıklar olmakla birlikte, bitkilerde ortalama verim artışı % 50-55 dolayında olduğu belirlenmiştir (Okay ve Demirtaş 2007). Sera havasında azalan CO<sub>2</sub>, bitkilerin fotosentezini azaltıcı bir etmen olarak karşımıza çıkmaktadır. Bitkilerde verimin azalmaması amacıyla, bitkilerin gereksinimi olan CO<sub>2</sub>'i yeterli düzeyde alması gerekmektedir. CO<sub>2</sub> gübrelemesi bitki gelişimini hızlandırarak bitkide erkenciliği arttıran önemli bir faktördür.

Bitkiler atmosfer karbondioksitini su ve mineral maddelerin de varlığında ışık enerjisi yardımı ile organik maddelere dönüştürmektedir. Bu nedenle atmosferde bulunan karbondioksit miktarı bitkisel üretim için en önemli parametrelerden biridir. Bitkisel üretim artışını sağlayan fotosentez miktarı ışık, ısı ve nem gibi iklim etmenlerinin yanında atmosferdeki karbondioksit miktarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Diğer koşulların optimum olduğu durumlarda karbondioksit miktarının belli bir düzeye kadar arttırılması bitkilerin gelişimi ve verimin arttırılması için etkin bir yoldur.

C3 tipi fotosentez mekanizmasına sahip bitkilerde karbondioksit uygulaması daha iyi sonuç vermektedir. Bunun nedeni bu tip bitkilerde fotosentez mekanizmasında fotorespirasyon olayının önemli bir yer tutmasıdır. Karbondioksit miktarının arttırılması ile fotorespirasyon olayı önemli derecede azalmaktadır. Bu da bitkilerin gelişimi ve veriminde olumlu sonuçlar elde edilmesini sağlamaktadır. Fotorespirasyon olayının hemen hemen hiç görülmediği C4 bitkilerinde ise ortam karbondioksit miktarının arttırılması bitkinin yeşil aksam / kök oranının azalmasına, bitkinin daha iyi gelişmesine, kuru madde veriminin artmasına ve dolayısıyla bitkilerin besin elementi ihtiyaçlarının da artmasına neden olmaktadır (Çaldağ 2000).

Magnezyum, bitkilerde fotosentezin meydana gelmesinde ve karbonhidrat metabolizmasına yaptığı katkılardan dolayı önemli bir bitki besin elementidir. Bitkiler magnezyumu bünyelerine  $Mg^{+2}$  iyonu şeklinde alırlar. Magnezyum bitki kök hücrelerine, enerji gerektiren metabolik süreçlerle aktif olarak veya bir kanal boyunca konsantrasyon gradienti doğrultusunda difüzyon ile pasif olarak taşınır. Optimal bitki gelişmesi için gerekli Mg konsantrasyonu bitki kuru ağırlığının %0,15 - 0,35'i kadardır. Magnezyum bitki hücrelerinin sitoplazmasında en çok bulunan iki değerlikli katyondur (Karaman 2012). Bitkilerde kök meristemini koruyarak Ni ve Al toksisitesini giderir. Ayrıca magnezyumun normal seviyesinden fazlasının bitkileri B toksisitesine karşı koruduğu, olumsuz çevre koşullarına karşı dokularda Ca gibi koruyucu bir fonksiyon üstlendiği rapor edilmiştir (Hecht-Buchholtz ve Schuster 1987). Klorofil molekülünün merkez atomu olması nedeniyle de, yeterli magnezyum olmaması durumunda fotosentez oluşumu önemli derecede gerilemektedir. Klorofilin merkez atomu olan magnezyum fotosentezde oynadığı önemli rol ile hayatın devamlılığını sağlayan anahtar elementlerden biridir. Klorofilin yapısındaki magnezyum, bitkideki toplam magnezyumun ancak % 15 - 20 'sini oluşturmakla birlikte, magnezyum noksanlığında hemen klorofil miktarı düşer ve fotosentez geriler (Pappenbrock ve ark. 2000). Bunun doğal sonucu bitkide gelişme geriliği ve ürün kaybıdır. Bitkide yeşil rengi veren klorofilin yapısında ve serbest halde bulunan Mg bitki bünyesinde birçok enzimatik aktivitede kofaktör olarak yer alır. Magnezyumun fotosentez mekanizması için önemli enzimler olan ribüloz bifosfat karboksilaz, fosfoenolpirüvat karboksilaz (PEP) enzimleri yanında RNA polimeraz, ATPaz, protein kinaz, fosfataz ve glutation sentaz gibi bir çok enzimin fonksiyon ve aktivasyonunu sağladığı bilinmektedir (Williams ve ark. 2000).

Bitkilerin magnezyum içerikleri kuru madde ilkesine göre genelde % 0,15 ile % 1,00 arasında değişir. Çoğu bitkilerde yeterli miktar % 0,25'dir. Bitkilerde bulunan toplam magnezyumun % 70'inden fazlası inorganik anyonlara ve malat ile sitrat şeklinde organik anyonlara bağlanmış olarak bulunur. Magnezyumun bu şekildeki bileşikleri çözünebilir şekilde olup kolayca difüzyon edebilirler. Bitkilerde magnezyumun bir bölümü de oksalatlar ve pektatlar şeklinde bulunur. Bu bileşikler çözünemez oldukları için difüzyon edemezler. Tahıl tanelerinde Mg, inositol heksafosforik asidin (fitik asidin) tuzları şeklinde bulunur (Kacar ve Katkat 2010). Bitki yapraklarında toplam magnezyumun % 5 - 10'u pektatlar şeklinde hücre duvarlarına güçlü olarak bağlanmış ya da vakuollerde güç çözünebilir tuzlar şeklinde çökelmiş olarak bulunur. Toplam magnezyumun kalan % 60 - 90'ı ise suda çözünebilir şekildedir. Klorofil moleküllerine bağlı magnezyum miktarı % 20 - 25'den daha fazla olduğu zaman bitkilerde büyüme geriler ve noksanlık belirtileri ortaya çıkar (Karaman 2012).

Magnezyum noksanlığının bitkilerde en tipik belirtisi gelişmesini tamamlamış yapraklarda (kloroz) sararmadır. Daha önce de açıklandığı gibi magnezyum noksanlığında protein sentezinin gerilemesi sonucu proteine bağlı olmayan azotun birikmesi, birim yaprak alanında daha az klorofil oluşumu ve fotosentezin gerilemesi gibi olgular kloroz belirtisinin nedenleri arasındadır. Noksanlık durumunda mısır bitkisinde yapraklar tamamen sarı çizgili bir şekil alırken bitki kökünün uzaması ve dallanması azalır, sap ve gövdede zayıflama başlar (Kacar ve Katkat 2010). İnsan ve hayvan beslenmesinde önemli bir yeri olan mısır bitkisi Mg noksanlığına karşı az duyarlı bitkiler grubundadır.

Bu çalışmada farklı magnezyum beslenme koşullarında yetiştirilen bitkilerde karbondioksit uygulaması sonrasında meydana gelen fenolojik ve fizyolojik değişimler ile yapılan uygulamaların bitkilerdeki bazı antioksidatif enzim aktivitelerinde meydana getirdiğı değişimler araştırılmıştır.

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

### 2.1. Magnezyum Beslenmesi İle İlgili Yapılan Çalışmalar

Bitkilerde fotosentezin meydana gelmesinde, karbonhidrat metabolizmasında ve bitki bünyesinde meydana gelen çeşitli enzimatik reaksiyonlarda kofaktör olarak yer alması nedeniyle bitkiler için önemli bir makro besin elementi olan magnezyum ile ilgi geçmiş yıllarda birçok çalışma yapılmıştır. Bitkilerin magnezyum beslenmesi ile ilgili yapılan çalışmalar tarih sırasına göre aşağıda sunulmuştur.

Talakovadze (1975) yaptığı 2 ayrı denemede temel gübre olarak uygulanan NPK'lı gübrelere ek olarak hektara verilen 6 kg Mg'un ve özellikle Mg+B'un çayda ürün miktarını % 6 - 10 oranında artırdığını saptamıştır.

Hartmann ve ark (1983) kuşkonmaz (*Asparagus officinalis*) bitkisinde verim öğeleri üzerine yaptıkları bir çalışmada kuşkonmaz yetiştirilen bölge topraklarının Mg durumunu incelemiş ve yüksek Mg içeren toprakların daha iyi kuşkonmaz verimi sağladığını, Mg içeriği düşük topraklarda ise kuşkonmaz veriminin önemli derecede azaldığını bildirmişlerdir.

Lyakh (1986) tarafından yapılan çalışmada; tın bünyeye sahip kireçli toprakta yetiştirilen karanfil bitkisinin gelişimi üzerine magnezyumlu gübrelemenin etkisini araştırmış ve 80 mg kg<sup>-1</sup>'den az Mg içeren yetiştirme ortamında yapılan magnezyumlu gübrelemenin çiçek verimini ve köklendirilmiş çeliklerin sayısını arttırdığı belirlemiştir.

Humik asit ile yaptıkları bir çalışmada humik asit uygulamalarının domates (*Lycopersicon esculentum*) bitkisinde Mg<sup>+2</sup> alınımını azalttığını bildiren Adani ve ark. (1998) bu durumda domates yapraklarındaki klorofil a ve klorofil b miktarının azaldığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar, klorofil a ve klorofil b miktarlarındaki azalmanın Mg<sup>+2</sup> eksikliğinden kaynaklandığını belirtmişlerdir.

Brohi ve ark. (2000) potasyum ve magnezyum gübrelemesinin Kelkit çayından siltasyon ile tarıma yeni kazandırılan topraklarda yetiştirilen çeltik bitkisinin gelişimi ve N, P, K, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn kapsamına etkisini araştırdıkları çalışmalarında, çimlenmeden önce 5 kg'lık saksılara 0, 20, 40, 60 ve 80 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> dozlarında potasyumlu gübre(K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) , 0, 20, 40, 60 ve 80 kg Mg/ha dozlarında magnezyumlu gübre (MgO) uygulamış, en yüksek sap veriminin 60 kg Mg ha<sup>-1</sup> uygulamasında gerçekleştiğini belirtmişlerdir. Araştırmacılar ayrıca magnezyum gübrelemesinin çeltik saplarında K, Mg, Zn ve Mn, çeltik danelerinde ise P ve K kapsamına önemli düzeyde etki ettiğini bildirmişlerdir.

Hager (2003) yaptıkları çalışmalarda magnezyum noksanlığında bitki köklerinde kök karbonhidrat miktarında azaldığını bildirmişlerdir.

Elmacı ve Seçer (2004) kuşkonmaz (*Asparagus officinalis*) bitkisinde yaptıkları çalışmada, azotlu, potasyumlu ve magnezyumlu gübrelerin bitki plantasyon toprağının besin elementi içeriğine olan etkilerini araştırmışlardır. Araştırmacılar çalışma kapsamında topraklara 4, 8, 12 kg da<sup>-1</sup> (MgSO<sub>4</sub>; % 27 MgO) olmak üzere üç dozda Mg uygulamış 12 kg da<sup>-1</sup> Mg dozu uygulanmış parsellerde yetiştirilen bitkilerin Mg ve Mn interaksyonu sonucu Mn elementini yüksek düzeylerde alamadığını ve bu nedenle topraktaki yarayışlı Mn miktarında artış olduğunu belirlemişlerdir.

Ersoy ve Demirsoy (2006) değişik gölgeleme uygulamalarının *camarosa* çilek çeşidinde bazı elementlerin mevsimsel değişimine etkileri üzerine yaptıkları bir çalışmada, yaprak Mg içeriğinin tüm uygulamalarda gelişmenin başlamasıyla yükseldiğini belirtmişlerdir. Araştırmacılar, bu dönemde fotosentezle birlikte klorofil oluşumunun arttığını dolayısıyla Mg alımının da arttığını bildirmişlerdir.

Yakıt ve Tuna (2006) tuz stresi altındaki mısır bitkisinde (*Zea mays L.*) stres parametreleri üzerine kalsiyum (Ca), potasyum (K) ve magnezyumun (Mg) etkilerini araştırdıkları çalışmalarında, mısır bitkisine tuz ile ilave olarak verilen, magnezyumlu bileşiklerin membran geçirgenliği ve bağıl su içeriği üzerine iyileştirici etki yaptığını, bunun yanında toplam klorofil ve toplam karotenoid miktarlarının tuz uygulamasından olumsuz etkilendiğini ancak besin çözeltilisine ilave edilen, magnezyumlu bileşiklerin tuzun olumsuz etkisini kısmen hafiflettiğini, kontrol ve tuz grubuna göre iyileştirici etki yaptığını ortaya koymuşlardır.

Albayrak ve Katkat (2007) bodur anaçlı Granny Smith elma çeşidinin beslenme durumunun belirlenmesi amacıyla yaptıkları çalışmada, toprakların hemen hemen tamamında magnezyum miktarının yeterli olduğunu, ancak magnezyum bakımından çalışmanın birinci ve ikinci yılında bitkilerin yetersiz beslendiğini bildirmişlerdir. Bu durumun kök bölgesindeki kalsiyum, sodyum, potasyum, amonyum gibi minerallerle magnezyumun rekabetinden kaynaklandığı şeklinde açıklamışlar ve gübreleme programlarında magnezyumlu gübrelere de yer verilmesi gerektiğini belirtmişlerdir.

Haspolat ve Nikpeyma (2009) Gemlik zeytin çeşidinde sitrik asitle şelatize edilmiş  $KNO_3$  (Potasyum Nitrat),  $ZnSO_4$  (Çinko Sülfat) ve  $MgSO_4$ 'ın (Magnezyum Sülfat) yapraktan uygulanmasının meyve verim ve kalitesine etkisini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada, zeytin ağaçlarında magnezyum ve çinkonun periyodiziteyi azaltmada etkili olduğunu ortaya koymuşlardır.

Pitann ve ark. (2009) magnezyumun bitkideki fizyolojik işlevlerini araştırdıkları çalışmalarında, magnezyum noksanlığında yeşil aksamda karbonhidrat miktarının azaldığını belirlemişlerdir. Araştırmacılar bu durumu magnezyum noksanlığında karbonhidrat metabolizmasında görev alan çeşitli enzimlerin aktivasyonunda aksaklıklar oluşmasıyla açıklamışlardır.



Santiago ve ark. (2010) bakla (*Lupinus albus*) bitkisi ile yaptıkları çalışmada bitkide magnezyum noksanlığı olduğu durumlarda bitki yapraklarında klorofil a, klorofil b ve karotenoid miktarını önemli derecede azalttığını bildirmişlerdir. Bitkilerde yaprak dokularında klorofil sentezinin gerçekleşebilmesi için magnezyum ( $Mg^{+2}$ ) iyonlarına ihtiyaç olduğunu,  $Mg^{+2}$  iyonlarının klorofil a ve klorofil b molekülleri için yapısal anlamda büyük öneme sahip olduklarını belirtmişlerdir.

## 2.2. CO<sub>2</sub> Gübrelmesi İle İlgili Yapılan Çalışmalar

Fotosentez mekanizmasının en önemli girdilerinden biri olması nedeniyle bitki yetiştirilen ortamda bulunan karbondioksit miktarı bitki gelişimi açısından önemli bir role sahiptir. Ortam karbondioksit miktarının arttırılmasıyla bitki gelişimi ve verim olumlu yönde etkilenmektedir. Karbondioksit gübrelmesi ile ilgili yapılan çalışmalar tarih sırasına göre aşağıda sunulmuştur.

Golsberry ve Holley (1962) yaptıkları bir çalışmada CO<sub>2</sub> gübrelmesi sonucu gül bitkisinde sap uzunluklarında artış olduğu belirlenmiş, güllerin tasnif ve satışının sap uzunluğuna göre yapılmasının CO<sub>2</sub> gübrelmesinin önemini arttırdığını rapor etmişlerdir.

Cooper ve Brun (1967) domates bitkisinde yaptıkları çalışmada CO<sub>2</sub> gübrelmesi ile çiçek salkımlarında kurumanın önlendiğini belirlemişlerdir. Ayrıca gübrelme süresini bulmak için yaptıkları bir çalışmada ise 7 ve 3 saat süre ile yapılan 1200 mg kg<sup>-1</sup>'lik CO<sub>2</sub> gübrelmesinin domateslerdeki etkisini incelemişler ve ilkbahar ürününde gübrelme periyodunun 7 saatten 3 saate düşürülmesinin erkenci verimde % 22, toplam verimde de % 13'lük bir azalmaya neden olduğunu bulmuşlardır.

Smith (1968) yaptığı çalışmada CO<sub>2</sub> gübrelmesi uygulanan (1000 mg kg<sup>-1</sup>) domates bitkileri ile uygulanmayan (350 mg kg<sup>-1</sup>) bitkilerin çiçek oluşumlarını incelemiş ve CO<sub>2</sub> gübrelmesi uygulananların daha hızlı gelişerek 9 gün daha erkenci olduğunu saptamıştır.

Calvert ve Slack (1975) üzüm bitkisiyle yaptıkları bir çalışmada; salkım dökülmesi ile CO<sub>2</sub> konsantrasyonu arasında bir ilişki kurmuş ve yaptıkları denemede CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun yükselmesi ile bitkilerin daha sağlıklı ve hızlı geliştiğini, salkımı gelişmeyen bitki sayısının azaldığını saptamışlardır.

Zuang (1982) biber bitkisiyle yaptığı çalışmada ortam karbondioksit miktarının 1000-1200 mg kg<sup>-1</sup>'a arttırıldığı durumda üründe % 104-200, meyve ağırlığında ise % 112-256 artış meydana geldiğini rapor etmiştir. Araştırmacı bir başka çalışmasında ortam CO<sub>2</sub> düzeyinin 1000 mg kg<sup>-1</sup>'a çıkarılması durumunda marul yetiştiriciliğinde 10 gün erkencilik ve üründe % 20 artış sağlandığını bildirmiştir.

Millhet ve Costes (1984) patlıcan bitkisi ile yaptıkları çalışmalarında günde 4 saat süre ile 1000 mg kg<sup>-1</sup> CO<sub>2</sub> gübrelemesi yapılan serada yetiştirilen bitkilerde hem meyve sayısı hem de meyve ağırlığında önemli ölçüde artışlar meydana geldiğini belirtmişlerdir. Araştırmacılar aynı çalışmayı biber bitkisi ile de yapmış, CO<sub>2</sub> gübrelemesi sonucunda hem ürün artışı meydana geldiğini hem de ürünün daha erken olgunlaştığını saptamışlardır.

Uffelen ve Nederhoff (1988) hıyar, biber ve domates bitkileriyle yaptıkları çalışmalarda CO<sub>2</sub> seviyesinin 350 mg kg<sup>-1</sup>' dan 200 mg kg<sup>-1</sup>'a düşmesinin verimi % 40'a varan oranlarda azalttığını, 750-1000 mg kg<sup>-1</sup>'a yükseltmenin de aynı oranlarda verim artışına sebep olduğunu belirtmişlerdir.

Wolfe (1994) yaptığı çeşitli çalışmalarda CO<sub>2</sub> gübrelemesinin etkisinin sebzelerde türler arasında ve hatta çeşitler arasında bile farklılık gösterdiğini, bazı sebzelerde yetiştirme koşullarında CO<sub>2</sub> seviyesinin iki katına çıkmasının, verimde % 20-30'luk bir artış sağladığını rapor etmiştir.

Kırmızı pancar, havuç ve soğanda yapılan bir çalışmada CO<sub>2</sub> seviyesinin yaklaşık % 25, sıcaklığın da 0,7 - 1,1 °C artması durumunda taze ürün ağırlığındaki değişimin, sırasıyla +% 19, +% 9 ve +% 13 olacağı belirtilmektedir (Wurr ve Hand 1998).

Alexandrov ve Hoogenboom (2000) yaptıkları modelleme çalışmalarında güncel CO<sub>2</sub> konsantrasyonu koşulunda, kışlık buğday ve mısır verimlerinin 2020, 2050 ve 2080 yıllarında artacağı, kışlık buğdayın vernalizasyon süresinin ve toplam bitki gelişme süresinin kısılacağını bildirmişlerdir.

Peet ve Wolfe (2000) yaptıkları çalışmalarda yüksek CO<sub>2</sub>'in doğrudan bir etkisinin de, stomaların kısmi olarak kapanması ve transpirasyonu azaltması olduğunu ileri sürmüşlerdir. CO<sub>2</sub> uygulamasının iki katına çıkarıldığı durumda patates ve fasulye bitkilerinde normal gelişme sıcaklığında üründe artışlar gözlemlendiğini ancak sıcaklığın artması ile CO<sub>2</sub>'in ürünü arttırma etkisi görülmediğini rapor etmişlerdir.

Başkaya (2005) Optimal bir fotosentez için CO<sub>2</sub> miktarının 1200 mg kg<sup>-1</sup> olması gerektiğini bildirmiştir. Ortamdaki karbondioksit miktarının 1200 mg kg<sup>-1</sup> dolaylarında olması durumunda bitkilerden maksimum verim sağlanabileceğini, ancak CO<sub>2</sub> miktarının 1200 mg kg<sup>-1</sup>'dan yukarı çıkmaya başladıkça bu miktarın bitkiler için öldürücü olmaya başlayacağını belirtmiştir. 10000 mg kg<sup>-1</sup> dolaylarında ise bitkilerin fotosentez yapamayacak duruma gelip öldüklerini ve bu nedenle yeterli miktarlarda CO<sub>2</sub>'in bitkilere verilmesi gerektiğini rapor etmiştir.

Okay ve Demirtaş (2007) yaptıkları çalışmada sıcaklık değişiminin olmadığı, CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun ise güncel (330 mg kg<sup>-1</sup>) olduğu durumda mısır bitkisinde tane verimini 1542 kg ha<sup>-1</sup> olarak elde ettiklerini, CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun % 50 (495 mg kg<sup>-1</sup>) artması koşulunda CO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının değişmediği koşuldaki verime göre % 59,5 artarak 2460 kg ha<sup>-1</sup>'a ulaştığını belirtmişlerdir. Aynı araştırmacılar bir başka çalışmalarında CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun % 100 artması koşulunda verimin % 132 oranında artarak 3574 kg ha<sup>-1</sup>'a ulaşacağını bildirmişlerdir.

### 2.3. Antioksidatif Enzimler İle İlgili Yapılan Çalışmalar

Bitkinin üretkenliğini sınırlayan ya da kuru madde birikimini düşüren herhangi bir çevresel etmen olarak tanımlanan stres faktörüne karşı bitkilerin kendilerini koruma mekanizmaları olarak bilinen antioksidatif enzimlerin miktar ve aktiviteleri bitkilerin çeşitli stres koşullarında hayatlarının devamlılığı için önemlidir. Antioksidatif enzim miktar ve aktiviteleri ile ilgili yapılan çalışmalar tarih sırasına göre aşağıda sunulmuştur.

Macrae ve Ferguson (1985), Kubo ve ark (1999), Lee ve Lee (2000) yaptıkları çeşitli çalışmalarda stres koşullarında katalaz enzim inhibitörünün oluşması ve enzim sub-ünitelerinin yapısal deformasyona uğraması sonucu katalaz enzim aktivitesinde azalma olduğunu bildirmişlerdir.

Walker ve Mckersie (1993) domateste düşük sıcaklık stresine toleransta  $H_2O_2$  detoksifikasyonuna katılan glutatyon redüktaz (GRaz) enziminin belirleyici rolü olduğunu açıklamıştır. Çalışmada hidrojen peroksidin detoksifikasyonunda önemli bir rol oynayan katalaz (KATaz) enziminden yoksun transgenik domates bitkilerinin düşük sıcaklık stresine karşı dayanıklılıklarını tamamen kaybettiği bulunmuş ve katalazın düşük sıcaklık toleransında anahtar rolü oynadığı ileri sürülmüştür.

Gossett ve ark. (1994) pamukta yaptıkları çalışmada, tuza tolerant çeşitlerin kallus dokularındaki enzim aktivitelerinin, hassas çeşitlerden daha fazla olduğunu belirtmektedir.

Gossett ve ark. (1994) pamukta, Hernandez ve ark. (1995) bezelyede, Karanlık (2001) buğdayda tuzlu koşullarda dayanıklı bitkilerin, duyarlı olanlara göre daha yüksek oranlarda artan GRaz enzim aktivitelerine sahip olduklarını bildirmişlerdir. Shalata ve Tal (1998) ise, domates bitkisinde, GRaz aktivitelerinin tuza hem toleranslı hem de duyarlı genotiplerde, tuz stresi altında azalma gösterdiğini rapor etmişlerdir.

Hernandez ve ark. (1995) bezelyede tuz stresinin APaz enzimi aktivitesini tolerant çeşitte artırdığını, duyarlı çeşitte ise bir değişiklik yaratmadığını bildirmektedir.

Hidrojen peroksinin detoksifikasyon sürecinde okside glutatyon'un indirgenmesinden sorumlu olan glutatyon redüktaz aktivitesinin tuz stresi altında arttığı, önceki bazı araştırmalarda kaydedilmiştir (Gossett ve ark. 1996, Lin ve Kao 2000, Karanlık 2001, Yaşar 2003, Yaşar ve ark. 2006).

Pek çok araştırmacı, değişik türlerde yapmış oldukları çalışmalarla, bitkilerin tuzun zararlı etkilerinden korunmak için genetik yapılarının desteklediği ölçüde SOD, KATaz, APaz ve GRaz gibi bazı antioksidan enzim aktivitelerini yükselttiklerini belirtmişlerdir (Gossett ve ark. 1996, Harinasut ve ark. 2003, Yaşar 2003, Yaşar ve ark. 2006).

Askorbik-glutatyon döngüsü sayesinde gerçekleşen hidrojen peroksit detoksifikasyonu işlemindeki diğer etkili enzim olan askorbik peroksidaz aktivitesinin de tuz stresi altında arttığı bildirilmiştir (Shalata ve Tal 1998). Domates bitkisinde Lopez ve Satti (1996), Setaria sp.'de Sreenivasulu ve ark. (2000), buğday bitkisinde Karanlık (2001), patlıcan bitkisinde Yaşar (2003), Yaşar ve ark. (2006) ise kavunda tuz uygulamasının ardından tuza dayanıklı çeşitlerde APaz enzim aktivitesinin, duyarlı çeşitlerden çok daha yüksek olduğunu bildirmektedirler.

Farklı türlerde yapılan tuz uygulamasıyla SOD aktivitesinin dayanıklı çeşitlerde daha fazla arttığı ve duyarlı olanlarda daha az arttığı hatta bazı duyarlılarda kontrole göre azalmaların olduğu diğer araştırmacılar tarafından da kaydedilmiştir (Shalata ve Tal 1998, Aktaş 2002, Harinasut ve ark. 2003, Yaşar 2003).

Domates bitkisiyle çalışan Shalata ve Tal (1998) ve patlıcan bitkisiyle tuz stresi üzerine çalışan Yaşar (2003) yaptıkları çalışmalar sonucunda tuza toleransı yüksek çeşitlerde KATaz aktivitesini, duyarlı çeşitlere göre daha yüksek değerlerde saptamışlardır.

Kerdnaimongkol ve Woodson (1999) Düşük sıcaklık stresi üzerine yaptıkları çalışmada hücre tahribatında toksik O<sub>2</sub> türevlerinin rolünün, yalnızca domateste değil diğer bitki türlerinde de saptandığını bildirmişlerdir. Düşük sıcaklık stresi altında değişik bitkilerle yapılan çalışmalarda; buğdayda özellikle SOD ve KATaz' ın (Scebba ve ark. 1999), mısırdaki vitamin E, glutatyon ve glutatyon redüktazın (Leipner ve ark. 1999) ve patateste SOD aktivitelerinin (Seppanen ve Fagerstedt 2000) önemli olduğu ve bu mekanizmaların anılan bitkilerde genotipler arasında farklı olduğu ileri sürülmüştür.

Domateste 19 farklı yerel genotip ve bir adet yabancı tür kullanılarak yapılan tuzluluk çalışmasında biyokimyasal ve fizyolojik parametreler kullanılarak yapılan seçimler sonucunda iki yerel genotip (TR-68516 ve TR-55711) tuza dayanıklı, iki yerel genotip (TR-63233 ve H-2274) tuza hassas olarak belirlenmiştir. Bunlarda yapılan enzim değerlendirmeleri, SOD, KATaz, GRaz ve APaz açısından yapılmış, tuza dayanıklı genotiplerdeki enzim aktiviteleri duyarlılara göre daha yüksek bulunmuş, kontrollerine göre de daha fazla arttığı belirlenmiştir (Doğan 2003).

Kavun bitkisiyle yapılan bir çalışmada, enzim aktivitelerinin tuza toleransı olan genotiplerde daha yüksek olduğu, bu bakımdan özellikle KATaz enzim aktivitesinin kavunlarda tuza toleransın belirlenmesi amacı ile yapılan tarama çalışmalarında etkin bir parametre olabileceği bildirilmiştir (Kuşvuran, 2004).

Tewari ve ark. (2006), Esfandiari ve ark. (2010), Tang ve ark. (2012) yaptıkları çalışmalarda katalaz enzim aktivitesinin stres koşullarında ve magnezyum noksanlığında azaldığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar bunun nedeninin fotosistem 2'de D1 protein çalışma mekanizmasının fotooksidatif zararlanma sonucunda sekteye uğraması şeklinde açıklamışlardır.

Tuz stresinin karpuz yapraklarındaki antioksidatif enzim aktiviteleri üzerindeki etkileri, tuza duyarlı Golden Crown F1, Crimson Sweet ile tuza-tolerant Diyarbakır ve Midyat yerel genotipleri su kültürü ortamında yetiştirilerek incelenmiştir. Fidelerin 4-5 yapraklı oldukları dönemde 100 mM NaCl uygulaması yapılmıştır. 10 gün devam eden stres sonunda tuza tolerant genotiplere ait bitkilerde SOD, KATaz, APaz ve GRaz enzim aktivitelerinin duyarlı olanlara göre çok daha yüksek olduğu, karpuzda antioksidatif enzim sistemlerinin stres koşullarında etkin bir şekilde aktive olduğu belirlenmiştir (Yaşar ve ark. 2008).

Kavunda önceki çalışmalarda kuraklığa toleransı düşük bulunan CU3 genotipi ile dayanımı oldukça iyi bir seviyede bulunduğu belirlenen CU196 genotipinde farklı kuraklık stresi dereceleri (- 0,15 MPa, - 0,52 MPa ve - 1,50 MPa ) uygulanmış ve bu koşullarda KATaz ile APaz enzim aktiviteleri belirlenmiştir. Dayanımı yüksek olan genotipteki enzim aktivitelerinde meydana gelen artış, stres şiddeti arttıkça hassas çeşide göre çok daha yüksek olmuştur (Kuşvuran ve ark. 2010).

Yapılan bir çalışmada, yetiştirilen kabak (*C.pepo*) çeşitlerinin toplanarak tuzluluk stresine karşı gösterdikleri tepkiler araştırılmıştır. Çalışma sonucunda belirlenen 2 tolerant ve 2 duyarlı yerel kabak materyalinde 100 mM NaCl stresinin 7. gününde antioksidatif enzim aktiviteleri belirlenmiştir. Toleransı yüksek genotiplerin stres koşullarında enzim aktiviteleri de yüksek bulunmuş, buna karşılık hassas olanlardaki antioksidatif enzim aktiviteleri daha düşük çıkmıştır (Sevengor ve ark. 2011).

Kuşvuran (2012) yaptığı çalışmada bamyada kuraklık stresinin, genotiplere göre farklılık gösterdiğini bununla birlikte bitki bünyesindeki GRaz ve APaz enzimlerinin aktivitelerinde artış meydana geldiğini rapor etmiştir. Sekiz adet yerel bamya genotipine kuraklık stresi uygulandıktan sonra yaptığı morfolojik ve fizyolojik ölçümler ile paralel biçimde, kuraklığa daha iyi dayanım gösteren genotiplerde (Okr-6, 67, 105) her iki enzimin aktivitesini yüksek bulmuştur. Kuraklık ile karşılaşan ve çok fazla etkilenen Okr-47 ve 112 genotiplerindeki GRaz ve APaz aktivitelerinin ise en düşük değerleri verdiğini bildirmiştir.



### **3. MATERYAL VE YÖNTEM**

#### **3.1. Materyal**

##### **3.1.1. Denemede kullanılan bitki materyali ve ekipmanlar**

Denemelerde hibrit mısır çeşidi Pioneer 33-94 kullanılmıştır. Pioneer 33-94 hibrit mısır çeşidi Amerikan orijinli tek melez çeşit olup, gelişim hızının yüksek olması, sap ve kök sisteminin güçlü olması ve yaprak hastalıklarına olan dayanıklılığı nedeniyle tercih edilmiştir. Her toprağa uyum sağlayabilen, dik yapraklı, dane kalitesi ve hektolitresi yüksek, ortalama 114 günde olgunlaşan, sap ve kök sistemi çok sağlam bir çeşittir. Olgunlaşmadan sonra rutubetini çok hızlı kaybeder, bölgemizdeki hastalıklara dayanıklıdır. Verim potansiyeli yüksek olan bu çeşidin önerilen ekim sıklığı 8000-8400 adet da<sup>-1</sup> dır (Anonim 2006).

Bu tez çalışması, Sabancı Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Seralarında yürütülmüş, analizler ise adı geçen üniversitenin Bitki Fizyolojisi laboratuvarlarında yapılmıştır

##### **3.1.2. Deneme yeri ve özellikleri**

Tez çalışması kapsamındaki denemeler doğal gün ışığı koşullarında tam donanımlı ve izolasyonlu seralarda yürütülmüştür. Denemenin kurulduğu seraların coğrafik konumu 40° 53' 24,5" N ve 029° 22' 46,7" E olarak belirlenmiştir. Seralarda ortam ısısının 15-25 °C arasında tutulmasını sağlamak üzere soğutma ve ısıtma sistemi bulunmaktadır.

## 3.2. Yöntem

### 3.2.1. Besin çözeltisinin hazırlanması

Denemede biri normal atmosfer koşullarında olmak üzere iki farklı sera kullanılmıştır. Normal atmosfer koşullarındaki serada CO<sub>2</sub> düzeyi ölçülmüş ve ortam CO<sub>2</sub> miktarı 350 - 400 mg kg<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir. CO<sub>2</sub> gübrelemesi yapılan serada ise; ortam CO<sub>2</sub> miktarı, CO<sub>2</sub> gaz tankları yardımıyla 1000 - 1200 mg kg<sup>-1</sup> olacak şekilde arttırılmıştır. Tez çalışması kapsamında yürütülen denemede bitkiler su kültüründe yetiştirilmiş, bitkilere 50 µM, 100 µM ve 500 µM olmak üzere 3 farklı Mg dozu, MgSO<sub>4</sub> formunda uygulanmıştır. 500 µM Mg dozu (kontrol dozu) bitkilerin magnezyum noksanlığı göstermediği dozdur. Denemede kullanılan Mg dozları yapılan ön denemeler sonucunda belirlenmiştir.

Kullanılan besin çözeltisinde Mg hariç diğer besin elementleri tüm saksılara aynı dozlarda uygulanmıştır. Kullanılan besin çözeltisi aşağıdaki açıklandığı gibi hazırlanmıştır:

- Makro element stok besin çözeltisi: 65,88 g L<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; 4,04 g L<sup>-1</sup> KCl; 255,04 g L<sup>-1</sup> Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>; 99,82 g L<sup>-1</sup> MgSO<sub>4</sub>; 14,70 g L<sup>-1</sup> KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> tartılıp ayrı ayrı birer litreye tamamlanmıştır.
- Mikro element stok besin çözeltisi: 0,167 g H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>; ,0602 g MnSO<sub>4</sub>.4H<sub>2</sub>O; 0,135 g CuSO<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O; 0,033 g (NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub>.4H<sub>2</sub>O ve 0,776 g ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O aynı kaba tartılıp çözüldükten sonra son hacim 1 litreye tamamlanmıştır.
- 33,04 g L<sup>-1</sup> Fe EDTA ayrıca tartılmış çözüldükten sonra son hacim 1 litre olacak şekilde tamamlanmıştır.
- Uygulama çözeltisi: Her bir saksı için makro element stok besin çözeltilerinden 5'er ml, mikro element stok besin çözeltisinden 1 ml, Fe EDTA çözeltisinden 3 ml eklenmiş ve saksı hacimleri saf su ile 2,7 L'ye tamamlanmıştır.

•

Saksı içerisindeki son konsantrasyonlar aşağıdaki tabloda verilmiştir (Çizelge 3.1).

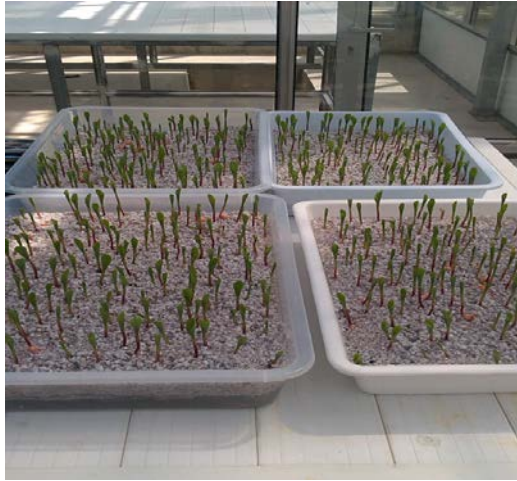
**Çizelge 3.1.** Mg dışındaki besin elementlerinin besin çözeltisi içerisindeki konsantrasyonları

Kimyasal Maddeler	Stok Çözelti Konsantrasyonu (M)	2,7 Litre Besin Çözeltisine Konulacak Stok Çözelti Miktarı, ml	Hazırlanan Besin Çözeltisi Konsantrasyonu ( $\mu\text{M}$ )
$\text{K}_2\text{SO}_4$	0,378	5	700
KCl	0,054	5	100
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	1,080	5	2000
$\text{KH}_2\text{PO}_4$	0,108	5	200
$\text{H}_3\text{BO}_3$	0,0026	1	1
$\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	0,0039	1	1
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	0,0005	1	0,2
$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	0,0002	1	0,01
$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0,002	1	1
Fe EDTA*	0,09	3	100

\*Ferro dihidrojen etilendiamin tetraasetik asit

### 3.2.2. Deneme için bitkilerin yetiştirilmesi

Mısır tohumları 20x10x10 cm boyutlarında perlit ile doldurulmuş plastik çimlenme kaplarına ekilmiştir. Tohumların üzeri örtülecek kadar perlit ilave edilmiş daha sonra  $\text{CaSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  eklenen ile sulanarak çimlenmeye alınmıştır (Şekil 3.1).



**Şekil 3.1.** Denemede kullanılan mısır tohumlarının çimlendirilmesi

Geçen süre sonunda (3-4 gün), çimlenen bitkiler kontrollü sera ortamında su kültürüne alınmıştır. Kotiledon yaprakların yeterince büyümesinin ardından (5-6 gün) her saksıda 4 bitki olacak şekilde gerekli seyreltme işlemi yapılmıştır (Şekil 3.2).

Denemenin amacına ve bitki büyüme durumuna bağlı olarak CO<sub>2</sub> uygulaması başlatılmıştır. Saksılarda bulunan besin çözeltisi bitkilerin büyüme durumuna bağlı olarak 3-5 günde bir değiştirilmiş, bitkilerde herhangi bir beslenme probleminin olmaması sağlanmıştır.



**Şekil 3.2.** Su kültürüne alınan bitkilerde gerekli seyreltme yapıldıktan sonra denemenin genel görünümü.

### **3.2.3. Kuru madde verimi**

Normal koşullarda yetiştirilen ve CO<sub>2</sub> gübrelemesi uygulanan bitkilerde antioksidatif enzim ve pigment analizleri için deneme amacına göre gereken örneklemeler yapılmıştır. Daha sonra kuru ağırlık belirlenmesi için kesilen yeşil aksam ve kök örnekleri etüvde 48 saat 70 °C'de bekletilmiş, son iki tartım eşit olduğunda etüvden çıkarılıp kuru ağırlıklar hesaplanmış ve kuru madde verimi belirlenmiştir (Kacar 1972).

### **3.2.4. Yeşil aksamda yapılan analizler**

Bitkilerin yaprak ve kök magnezyum içeriklerinin belirlenmesi yanında, yapraklarda çözünür protein konsantrasyonu, antioksidatif enzim (glutasyon redüktaz (GRaz), superoksit dismutaz (SOD), askorbik peroksidaz (APaz), katalaz (KATaz)) aktiviteleri ölçülmüştür. Yapraklarda ayrıca klorofil ve karatinoid miktarları belirlenmiştir.

#### **3.2.4.1. Bitkide magnezyum içeriklerinin belirlenmesi**

Kuru madde içeriklerinin belirlenmesi için hazırlanan örnekler, Pulverisette 9; Fritsch GmbH marka öğütme kabininde öğütülmüştür. Öğütülmüş örneklerden 0,2 g tartılmış üzerine 2 ml % 30'luk H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ve 5 ml % 65'lik HNO<sub>3</sub> eklenerek MarsExpress; CEM Corp marka mikrodalga fırında yakılmıştır. Yakma işleminden sonra örnekler son hacim 20 ml olacak şekilde ultra saf su ile tamamlanmıştır. Hazırlanan örneklerde Mg elementi Vista-Pro Axial marka ICP-OES cihazında okunmuştur.

#### **3.2.4.2. Çözünür karbonhidrat analizi**

Çözünür karbonhidrat analizi Yemm ve Wills (1954)' e göre spektroskopik yöntemle yapılmıştır. Spektrofotometre'nin kalibrasyonu için kullanılan standartların hazırlanmasında D-glukoz kullanılmıştır. Anthrone ayırıcı hazırlanırken, 0,6 mg anthrone 300 ml % 98' lik H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ve 100 ml % 20'lik etil alkol içerisinde çözülmüştür. Kuru yaprak (genç yaprak) ve kök örnekleri % 80'lik etanol ile homogenize (1:100 w:v) edildikten sonra 15000 rpm'de 20 dk süre ile santrifüj edilmiştir. Elde edilen santrifüjatlardan 250 µl örnek alınmış üzerine 4 ml anthrone ilave edilmiştir. Örnekler 90 °C'e 20 dk süre ile su banyosunda bekletilmiştir. Soğuması beklenen örnekler 620 nm dalga boyunda spektrofotometrede okunmuştur.

#### **3.2.4.3. Klorofil ve karatinoid analizi**

Yaklaşık 0,1 gram bitki örneği (veya 6 nolu disk kesme aleti ile (çapı 0,5 cm) kesilmiş 4 adet segment) 10 ml % 80'lik aseton ile ekstraksiyondan sonra 4600 rpm'de santrifüj edilmiştir. Spektrofotometrede 652 nm'de total klorofil ve 470 nm'de karatinoid olarak Lichtenthaler ve Wellburn (1983)'e göre yapılmıştır.

Sonuçların hesaplanmasında aşağıda verilen formüller kullanılmıştır (A:ölçülen absorbans değeri).

$$\text{Toplam klorofil} = A_{652} \times 27.8 / \text{mg örnek ağırlığı}$$

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

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

Ayrıca SPAD-metre (Konica-Minolta SPAD-502) cihazı kullanılarak bitki yapraklarının orta kısımlarından ölçüm yapılmış sonuçlar 6 yinelemenin ortalaması olarak verilmiştir. SPAD-metre, Relatif klorofil yoğunluğunu yaprak dokusundaki kırmızı ve infraed bölgeleri (sırasıyla 659 nm ve 940 nm dalga boyunda) ölçüm yaparak belirlemektedir (Gargın ve Göktaş 2011).

#### **3.2.4.4. Protein ve enzim analizleri için örnek hazırlanması**

Yaklaşık 0,5 gram taze yaprak örneği, sıvı azot ve kuvars kumu yardımıyla 0,1 mM Na-EDTA içeren 50 mM (pH 7,6) fosfat tamponu çözeltisi ile (5ml) homogenize edildikten sonra 15 dk. 15 000 rpm, ve +4 °C'de santrifüj edilmiş, elde edilen santrifüjatlarda enzim ve protein analizlerinde kullanılmıştır.

#### **3.2.4.5. Çözünür protein konsantrasyonunun belirlenmesi**

Bitki dokularındaki protein konsantrasyonunun strese bağlı olarak nasıl değiştiğini belirlemek için Bradford (1976)'a göre enzim ekstraktlarında protein analizi yapılmıştır. 100 mg coomasie brilliant blue (G 250) 50 ml etil alkol (% 99,5) içerisinde çözdürüldükten sonra üzerine 100 ml % 85' lik ortofosforik asit ilave edilmiş, bu karışım saf su ile toplam 600 ml'ye tamamlanarak kaba filtre kağıdıyla filtre edilmiştir. Filtre edilen bu çözeltinin üzerine 100 ml gliserol (% 87) eklenmiş ve bu son karışım saf su ile 1000 ml'ye tamamlanmıştır. Bradford çözeltisi olarak adlandırılan bu çözelti buzdolabında 24 saat bekletildikten sonra analiz aşamasına geçilmiştir. Bu aşamada, 100 µl enzim santrifüjü üzerine 5 ml Bradford çözeltisi ilave edilerek vortekslenmiştir. Oluşan renk spektrofotometrede 595 nm'de standartlara göre belirlenmiştir. (örnekler 15-60 dk. arasında okunmuştur.) Protein analizinde, standart olarak 0-800 µg ml<sup>-1</sup> arasında hazırlanan sığır serum albümini (Albumin fraction V) kullanılmıştır.

#### **3.2.4.6. Süperoksit dismutaz (SOD) enzim aktivitesi**

SOD enzim aktivitesi Giannopolitis ve Ries (1977)'a göre yapılmış, nitro blue tetrezolium kloridin ışık altında O<sub>2</sub> tarafından indirgenmesine göre ölçülmüştür. Enzim aktivite ölçümleri 20 ml hacimli cam şişelerde yapılmıştır.

Aktivite ortamı için 0,1 mM Na-EDTA içeren 50 mM (pH 7,6) fosfat tamponu konulduktan sonra üzerine 0,5 ml 50 mM Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (pH 10,2), 0,5 ml 12 mM L-methionine, 0,5 ml 75 µM nitro blue tetrazolium chloride (NBT) ilave edilmiştir.

Bu çözelti üzerine enzim ekstraktı (50-200 µl) ilave edilmiş ve son olarak 0,5 ml 10 µM riboflavine eklenmiştir. NBT'nin O<sub>2</sub> tarafından indirgenmesi, örneklerin 24 °C 400 µmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> ışık intensitesi altında 10 dk. inkübasyonu ile oluşturulmuştur. Bir ünite SOD aktivitesi, 560 nm'de ölçülen NBT'nin indirgenme oranının % 50'sinin engellenebilmesi için gereken enzim miktarı olarak söz edilmiştir.

#### **3.2.4.7. Askorbik peroksidaz (APaz) enzim aktivitesinin belirlenmesi**

APaz enzim aktivitesi Nakano ve Asada (1981)' a göre 290 nm'de (E=2,8 mM cm<sup>-1</sup>) askorbiğin oksidasyon hızı ölçülerek belirlenmiştir. Buna göre 1 ml kuvars spektrofotometre küveti içerisine, 0,1 mM Na-EDTA içeren 50 mM (pH 7,6) fosfat tamponu, 0,1 ml 10 mM Na-EDTA içeren 12 mM H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, 0,1 ml 0,25 mM L(+) askorbik asit (AsA) ve enzim ekstraktı ilave edilerek 290 nm'de askorbik oksidasyon hızı ölçülmüştür.

#### **3.2.4.8. Glutatyon redüktaz (GRaz) enzim aktivitesinin belirlenmesi**

GRaz enzim aktivitesi Foyer ve Halliwell (1976)' a göre 340 nm'de (E=6,2 mM cm<sup>-1</sup>) NADPH'nin oksidasyonu esasına göre belirlenmiştir. Buna göre 1 ml kuvars spektrofotometre küveti içerisine, 0,1 mM Na-EDTA içeren 50 mM (pH 7,6) fosfat tamponu, 0,1 ml 0,5 mM okside glutatyon (GSSG), 0,1 ml 0,5 mM NADPH ve enzim ekstraktı ilave edilerek enzim aktivitesi okunmuştur.

### 3.2.4.9. Katalaz (KATaz) enzim aktivitesinin belirlenmesi

KATaz enzim aktivitesi  $H_2O_2$ 'nin 240 nm'de ( $E=39,4 \text{ mM cm}^{-1}$ ) degradasyonu esasına göre belirlenmiştir. Buna göre 1 ml kuvars spektrofotometre küveti içerisine, 0,1 mM Na-EDTA içeren 50 mM (pH 7,6) fosfat tamponu, 0,1 ml 100 mM  $H_2O_2$  ve enzim ekstraktı ilave edilerek 240 nm'de katalaz enzim aktivitesi okunmuştur (Çakmak ve Marschner 1992).

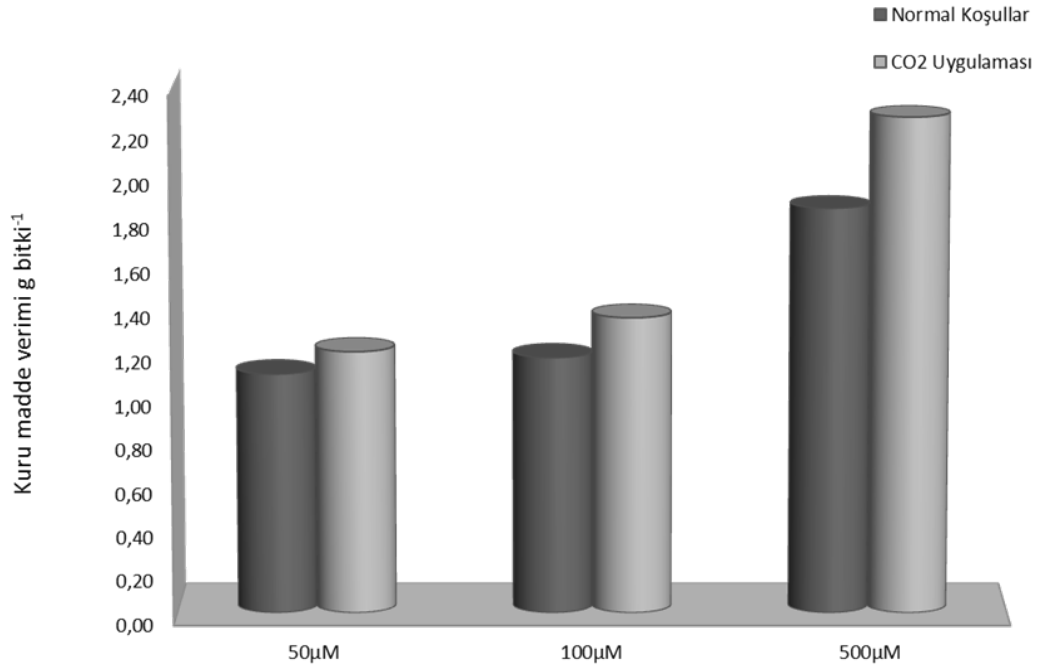
Deneme, tesadüf parselleri deneme desenine göre iki faktörlü olarak planlanmış, elde edilen verilerle TARİST paket programı kullanılarak varyans analizi yapılmıştır. Önemlilik testlerinde ve ortalama değerlerin gruplandırılmasında 0,05 ve 0,01 olasılık düzeyinde LSD testi uygulanmıştır.



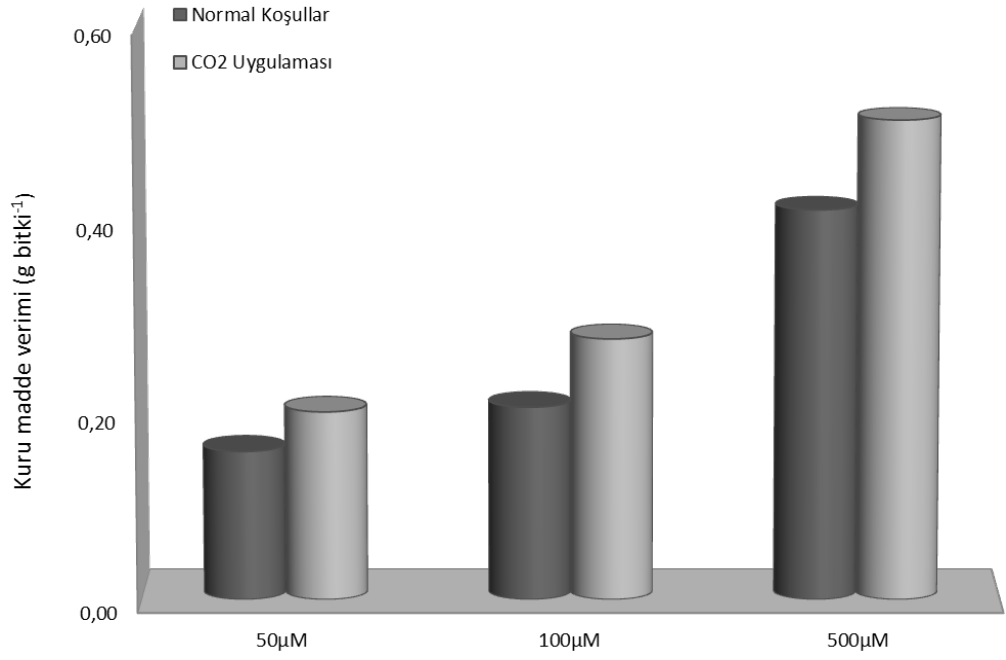
#### 4. BULGULAR ve TARTIŞMA

##### 4.1. Magnezyum Beslenme Koşullarının ve CO<sub>2</sub> Uygulamasının Kuru Madde Verimine ve Bitki Mg İçeriğine Etkisi

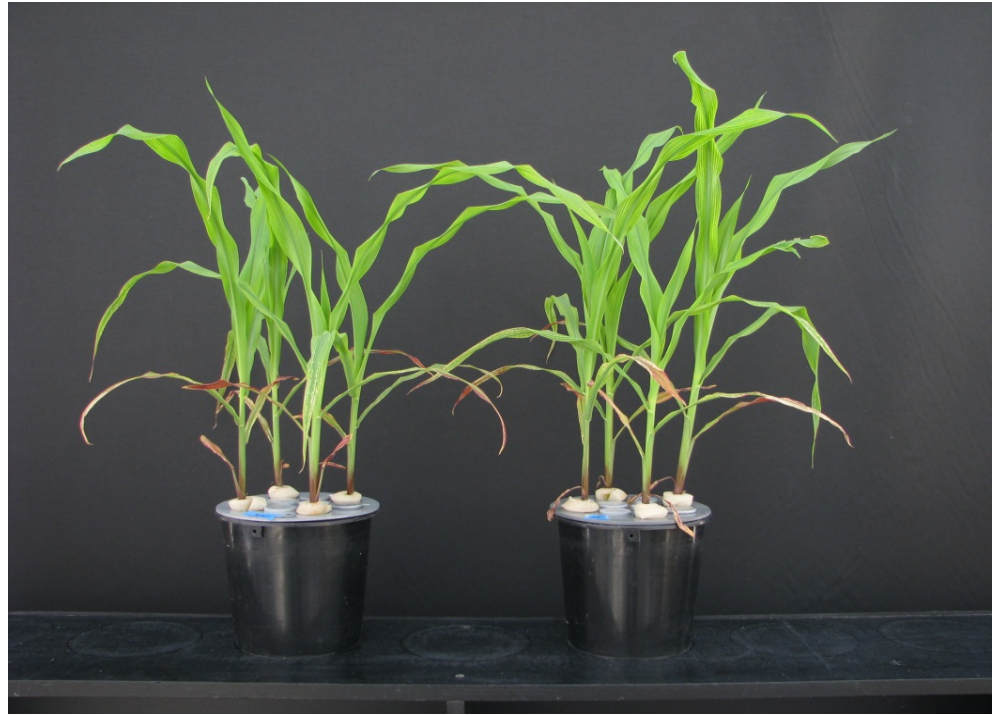
Yapılan çalışmalar sonucunda mısır bitkisi yeşil aksam ve kök kuru madde verimleri Mg dozlarına bağlı olarak artmış, her iki CO<sub>2</sub> koşulunda da en yüksek kuru madde verimi Mg 'un kontrol dozunda (500 µM) elde edilmiştir. CO<sub>2</sub> uygulaması (1000 - 1200 mg kg<sup>-1</sup> CO<sub>2</sub>) yapılan bitkilerde yeşil aksam ve kök kuru madde verimleri Mg'un tüm uygulama dozlarında artış göstermiştir (Şekil 4.1., Şekil 4.5). Bitkilerde CO<sub>2</sub> uygulaması sonrasında meydana gelen kuru madde artışları şekillerde görülmektedir (Şekil 4.2., Şekil 4.3., Şekil 4.4).



Şekil 4.1. CO<sub>2</sub> uygulaması ve magnezyum dozlarına bağlı olarak yeşil aksam kuru madde veriminde meydana gelen değişimler



**Şekil 4.2.** CO<sub>2</sub> uygulaması ve magnezyum dozlarına bağlı olarak kök kuru madde veriminde meydana gelen değişimler



**Şekil 4.3.** Magnezyumun en düşük dozu (50 µM) ile beslenen bitkilerde CO<sub>2</sub> uygulamasının bitki kuru madde artışına etkisi (Solda normal koşullarda yetişen, sağda CO<sub>2</sub> uygulaması yapılan bitki)



**Şekil 4.4.** Magnezyumun 100  $\mu$ M dozu ile beslenen bitkilerde CO<sub>2</sub> uygulamasının bitki kuru madde artışına etkisi (Solda normal koşullarda yetişen, sağda CO<sub>2</sub> uygulaması yapılan bitki)



**Şekil 4.5.** Magnezyumun kontrol dozu (500  $\mu$ M) ile beslenen bitkilerde CO<sub>2</sub> uygulamasının bitki kuru madde artışına etkisi (Solda normal koşullarda yetişen, sağda CO<sub>2</sub> uygulaması yapılan bitki)

Magnezyumun kontrol dozunda yeşil aksam kuru madde verimi CO<sub>2</sub> uygulaması yapılan bitkilerde, normal koşullarda (350 - 400 mg kg<sup>-1</sup> CO<sub>2</sub>) yetişen bitkilere göre % 22 artış göstermiş ancak en düşük magnezyum dozunda (50 µM) bu artış % 9 olarak bulunmuştur.

Kök kuru madde veriminde ise magnezyumun tüm dozlarında CO<sub>2</sub> uygulaması yapılan bitkilerde, normal koşullarda yetişen bitkilere göre % 21 artış gözlenirken magnezyumun en düşük dozunda bu artış % 25 olarak belirlenmiştir. Yapılan analizler sonucunda elde edilen değerler çizelge 4.1.'de verilmiştir. CO<sub>2</sub> uygulaması sonucunda kök kuru madde artışı şekillerde görülmektedir (Şekil 4.6., Şekil 4.7., Şekil 4.8). Birçok araştırmacı bitkilere yapılacak karbondioksit uygulaması sonucunda bitkilerin daha hızlı geliştiklerini bildirmişlerdir. Cooper ve Brun (1967) domates bitkisinde, Calvert ve Slack (1975) üzüm bitkisinde, Zuang (1982) biber bitkisinde, Millhet ve Costes (1984) patlıcan bitkisinde ve Okay ve Demirtaş (2007) mısır bitkisinde yaptıkları çalışmalarda CO<sub>2</sub> uygulaması yapılan bitkilerde büyümenin daha hızlı olduğunu ve verimde artış olduğunu bildirmişlerdir.

**Çizelge 4.1.** CO<sub>2</sub> uygulaması ve magnezyum dozlarına bağlı olarak yeşil aksam ve kök kuru madde verimleri

Uygulama	Mg dozları (µM)	Yeşil Aksam g bitki <sup>-1</sup>	Kök g bitki <sup>-1</sup>
Normal Koşullar	50	1,10 ± 0,1	0,16 ± 0,0
Normal Koşullar	100	1,17 ± 0,1	0,20 ± 0,0
Normal Koşullar	500	1,85 ± 0,3	0,41 ± 0,1
CO <sub>2</sub> Uygulaması	50	1,20 ± 0,1	0,20 ± 0,0
CO <sub>2</sub> Uygulaması	100	1,36 ± 0,1	0,28 ± 0,0
CO <sub>2</sub> Uygulaması	500	2,27 ± 0,1	0,50 ± 0,1



**Şekil 4.6.** Magnezyumun en düşük dozu ( $50 \mu\text{M}$ ) ile beslenen bitkilerde  $\text{CO}_2$  uygulamasının kök kuru madde artışına etkisi (Solda normal koşullarda yetişen, sağda  $\text{CO}_2$  uygulaması yapılan bitki)



**Şekil 4.7.** Magnezyumun  $100 \mu\text{M}$  dozu ile beslenen bitkilerde  $\text{CO}_2$  uygulamasının kök kuru madde artışına etkisi (Solda normal koşullarda yetişen, sağda  $\text{CO}_2$  uygulaması yapılan bitki)



**Şekil 4.8.** Magnezyumun kontrol dozu (500  $\mu$ M) ile beslenen bitkilerde CO<sub>2</sub> uygulamasının kök kuru madde artışına etkisi (Solda normal koşullarda yetişen, sağda CO<sub>2</sub> uygulaması yapılan bitki)

Yapılan istatistiksel analizler sonucunda CO<sub>2</sub> uygulaması yapılan bitkilerde normal koşullarda yetişen bitkilere göre yeşil aksam kuru madde veriminde meydana gelen farklılık istatistiksel açıdan  $P < 0,01$  olasılık düzeyinde önemli bulunmuştur. Yeşil aksam kuru madde veriminde magnezyum dozları arasında meydana gelen farklılık istatistiksel açıdan  $P < 0,01$  olasılık düzeyinde önemli bulunmuştur. Ayrıca ortam CO<sub>2</sub> düzeyi ile magnezyum dozları arasındaki interaksiyon da istatistiksel açıdan  $P < 0,05$  olasılık düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.2.).

Kök kuru madde verimleri ile ilgili yapılan istatistiksel analizlerde, normal koşullarda yetiştirilen bitkilere göre CO<sub>2</sub> uygulaması yapılan bitkilerde meydana gelen farklılık  $P < 0,05$  olasılık düzeyinde önemli bulunmuştur. Magnezyum dozları arasında kök kuru maddesinde meydana gelen farklılık  $P < 0,01$  olasılık düzeyinde önemli bulunmuştur. Kök kuru madde veriminde ortam CO<sub>2</sub> düzeyi ve magnezyum dozları arasındaki interaksiyon istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.2.).

**Çizelge 4.2.** Mısır bitkisinde kuru madde verimine ilişkin ortalama değerleri ve istatistiksel farklı gruplar

Magnezyum Dozları ( $\mu\text{M}$ )	Kuru Madde Verimi $\text{g bitki}^{-1}$	
	Yeşil Aksam	Kök
50	1,149 b	0,162 b
100	1,264 b	0,214 b
500	2,059 a	0,457 a
LSD	0,161**	0,065**
CO <sub>2</sub> Uygulaması		
CO <sub>2</sub> Uygulaması	1,607 a	0,299 a
Normal Koşullar	1,375 b	0,257 b
LSD	0,132**	0,039*
CO <sub>2</sub> Uygulaması x Mg interaksyonu		
LSD	0,169*	öd

\*  $P < 0,05$  olasılık düzeyinde önemlidir

\*\*  $P < 0,01$  olasılık düzeyinde önemlidir

öd : önemli değil

Bitki yeşil aksamlarından yaş halde alınan örneklerden ve sonrasında bu örneklerin kurutulmasıyla elde edilen veriler üzerinden yapılan spesifik ağırlık hesaplaması sonucunda normal koşullarda yetiştirilen bitkilerde en düşük magnezyum dozu ( $50 \mu\text{M}$ ) ile magnezyumun kontrol dozu ( $500 \mu\text{M}$ ) arasında spesifik ağırlıkta meydana gelen artış % 32 olarak bulunmuş ancak bu artış karbondioksit gübrelenmesi yapılan bitkilerde % 38 olarak belirlenmiştir.

Magnezyumun en düşük dozunda yetiştirilen bitkilerde, normal atmosfer koşullarında yetişen bitkiler ile CO<sub>2</sub> gübrelenmesi yapılan bitkiler arasında spesifik ağırlıkta % 14 oranında artış meydana gelmiştir. Ayrıca magnezyumun kontrol dozunda, normal atmosfer koşullarında yetişen bitkiler ile CO<sub>2</sub> gübrelenmesi yapılan bitkiler arasında spesifik ağırlıktaki artış % 19 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.3).

**Çizelge 4.3.** CO<sub>2</sub> uygulaması ve magnezyum dozlarına bağlı olarak yaş ağırlık ve kuru ağırlık üzerinden spesifik ağırlık değerleri

Uygulama	Mg Dozları	Spesifik Ağırlık	Spesifik Ağırlık
	µM	KA g/cm <sup>2</sup>	TA g/cm <sup>2</sup>
Normal Koşullar	50	0,0132 ± 0,001	0,0016 ± 0,0002
Normal Koşullar	100	0,0145 ± 0,007	0,0027 ± 0,0003
Normal Koşullar	500	0,0175 ± 0,001	0,0040 ± 0,0003
CO <sub>2</sub> Uygulaması	50	0,0151 ± 0,001	0,0027 ± 0,0001
CO <sub>2</sub> Uygulaması	100	0,0167 ± 0,001	0,0039 ± 0,0002
CO <sub>2</sub> Uygulaması	500	0,0209 ± 0,001	0,0063 ± 0,0001

TA: Yaş Ağırlık, KA: Kuru Ağırlık

Yapılan istatistiksel analizler sonucunda normal koşullarda yetiştirilen bitkiler ile CO<sub>2</sub> gübrelmesi yapılan bitkiler arasında spesifik ağırlıkta (TA - KA) meydana gelen artış P<0,05 olasılık düzeyinde önemli bulunurken, magnezyum dozları arasında spesifik ağırlıkta meydana gelen artış P<0,01 olasılık düzeyinde önemli bulunmuştur. Ortam CO<sub>2</sub> düzeyi ile Mg dozları arasındaki interaksiyon ise istatistiksel anlamda önemsizdir (Çizelge 4.4).

**Çizelge 4.4.** Mısır bitkisinde spesifik ağırlık değerlerine ilişkin ortalama değerleri ve istatistiksel farklı gruplar

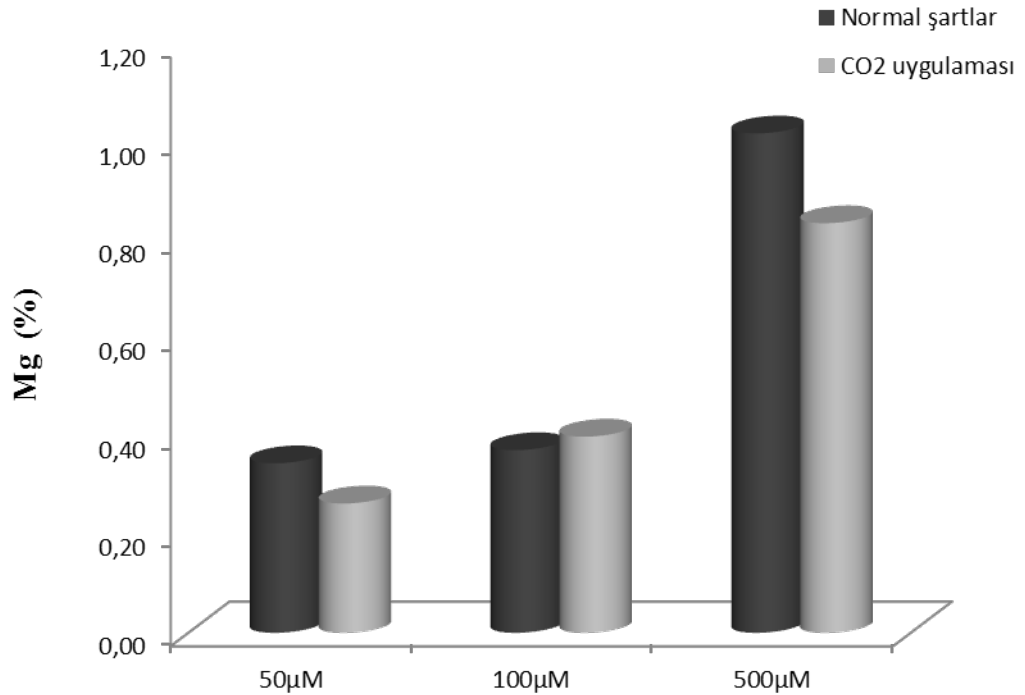
Magnezyum Dozları (µM)	Spesifik Ağırlık g/cm <sup>2</sup>	
	TA	KA
50	0,0168 a	0,00167 b
100	0,0152 b	0,00182 b
500	0,0168 a	0,00214 a
LSD	0,00011**	0,00027**
CO <sub>2</sub> Uygulaması		
CO <sub>2</sub> Uygulaması	0,01595 a	0,00197 a
Normal Koşullar	0,01500 b	0,00178 b
LSD	0,00071*	0,00016*
CO <sub>2</sub> Uygulaması x Mg interaksiyonu		
LSD	öd	öd



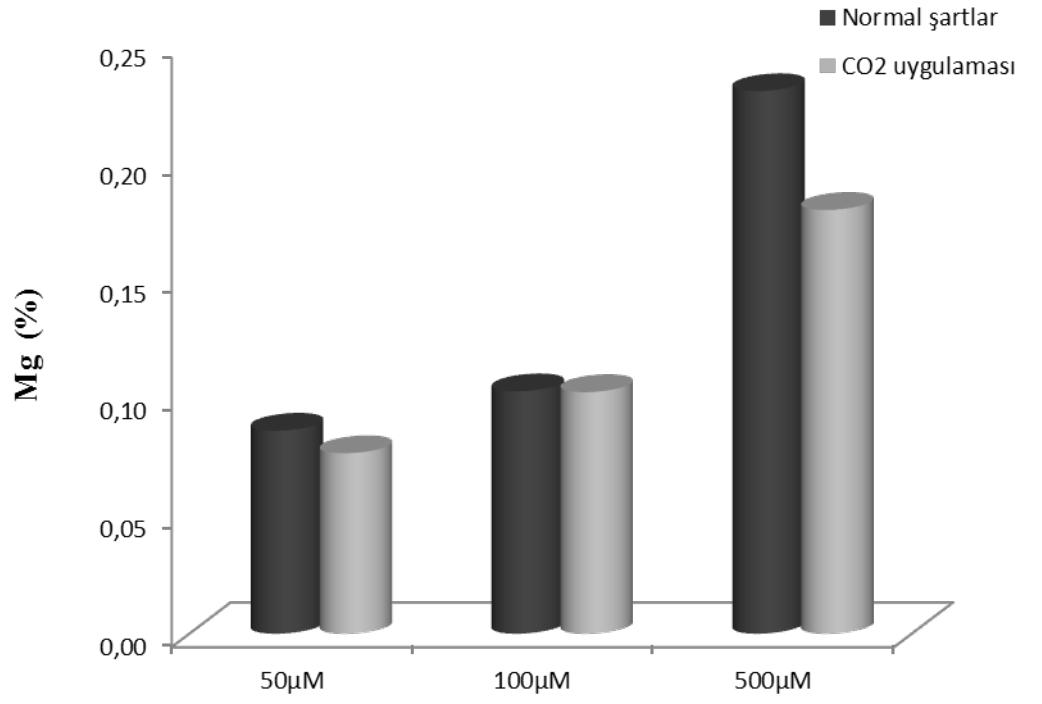
Karbondiyoksit uygulaması yapılan bitkilerin magnezyum içeriklerinde normal atmosfer koşullarında yetiştirilen bitkilere göre azalma belirlenmiştir. Bu azalma aynı magnezyum dozunda yetiştirilen bitkilerin, karbondiyoksit uygulamasıyla daha fazla kuru madde oluşturmaları ve dolayısı ile magnezyumun bitki dokularındaki konsantrasyonunun azalmasıyla açıklanabilir.

**Çizelge 4.5.** CO<sub>2</sub> uygulaması sonucunda bitki yeşil aksam ve kök Mg içerikleri

Uygulama	Mg dozu (µM)	Mg (%)					
		Yeşil aksam			Kök		
Normal şartlar	50	0,35	±	0,02	0,09	±	0,07
Normal şartlar	100	0,37	±	0,02	0,10	±	0,08
Normal şartlar	500	1,02	±	0,03	0,23	±	0,29
CO <sub>2</sub> uygulaması	50	0,26	±	0,01	0,08	±	0,03
CO <sub>2</sub> uygulaması	100	0,40	±	0,01	0,10	±	0,03
CO <sub>2</sub> uygulaması	500	0,84	±	0,03	0,18	±	0,24



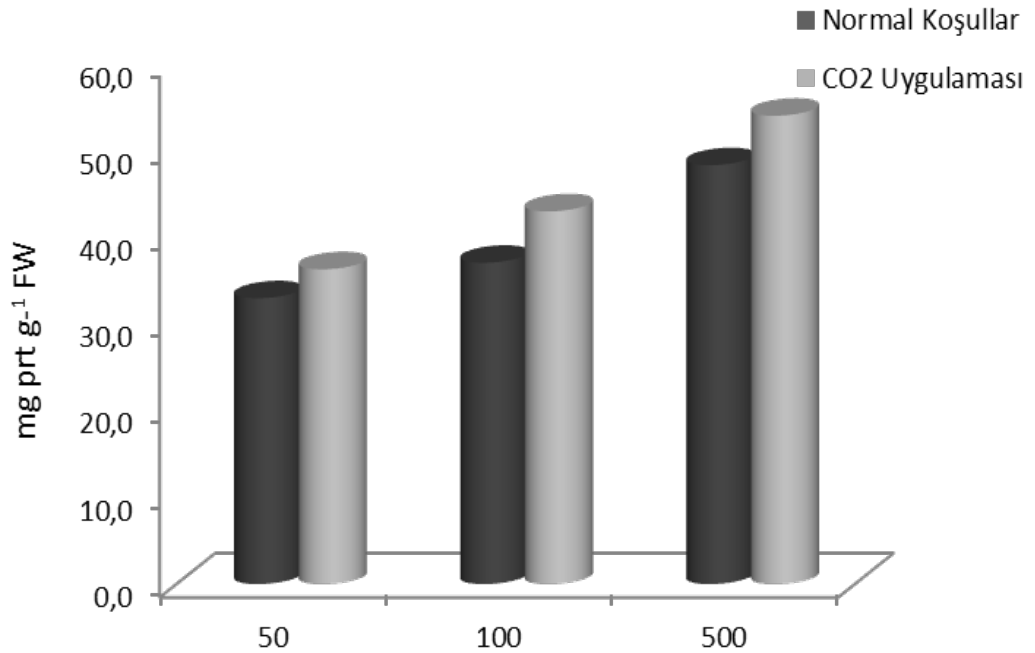
**Şekil 4.9.** CO<sub>2</sub> uygulaması ve magnezyum dozlarına bağlı olarak yeşil aksam magnezyum konsantrasyonunda meydana gelen değişimler



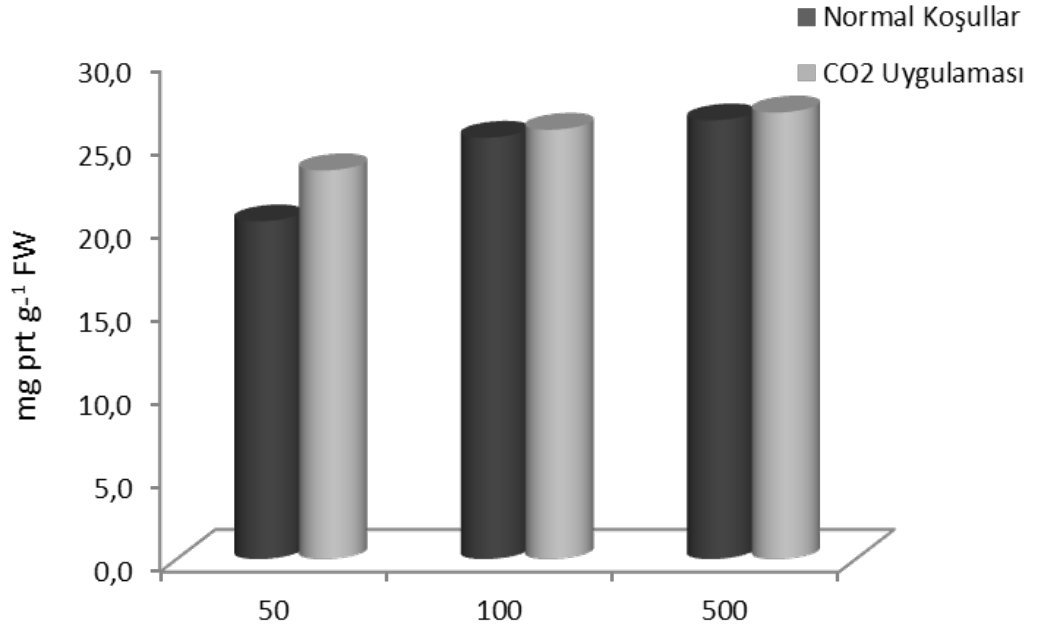
**Şekil 4.10.** CO<sub>2</sub> uygulaması ve magnezyum dozlarına bağlı olarak kök magnezyum konsantrasyonunda meydana gelen değişimler

#### 4.2. Magnezyum Beslenme Koşullarının ve CO<sub>2</sub> Uygulamasının Çözünür Protein Konsantrasyonuna Etkisi

Karbondioksit uygulaması magnezyumun tüm dozlarında yeşil aksam ve kök çözünebilir protein konsantrasyonunun artmasına neden olmuştur. Yeşil aksam ve kök çözümlü protein konsantrasyonunda en yüksek değer CO<sub>2</sub> uygulaması yapılan magnezyumun kontrol dozunda yetiştirilen bitkilerde elde edilmiştir. En düşük çözümlü protein konsantrasyonu ise normal koşullarda ve magnezyumun en düşük dozu ile beslenen bitkilerde elde edilmiştir (Şekil 4.11., Şekil 4.12.).



Şekil 4.11. CO<sub>2</sub> uygulaması ve magnezyum dozlarına bağlı olarak yeşil aksam çözümlü protein konsantrasyonunda meydana gelen değişimler



**Şekil 4.12.** CO<sub>2</sub> uygulaması ve magnezyum dozlarına bağlı olarak kök çözümlü protein konsantrasyonunda meydana gelen değişimler

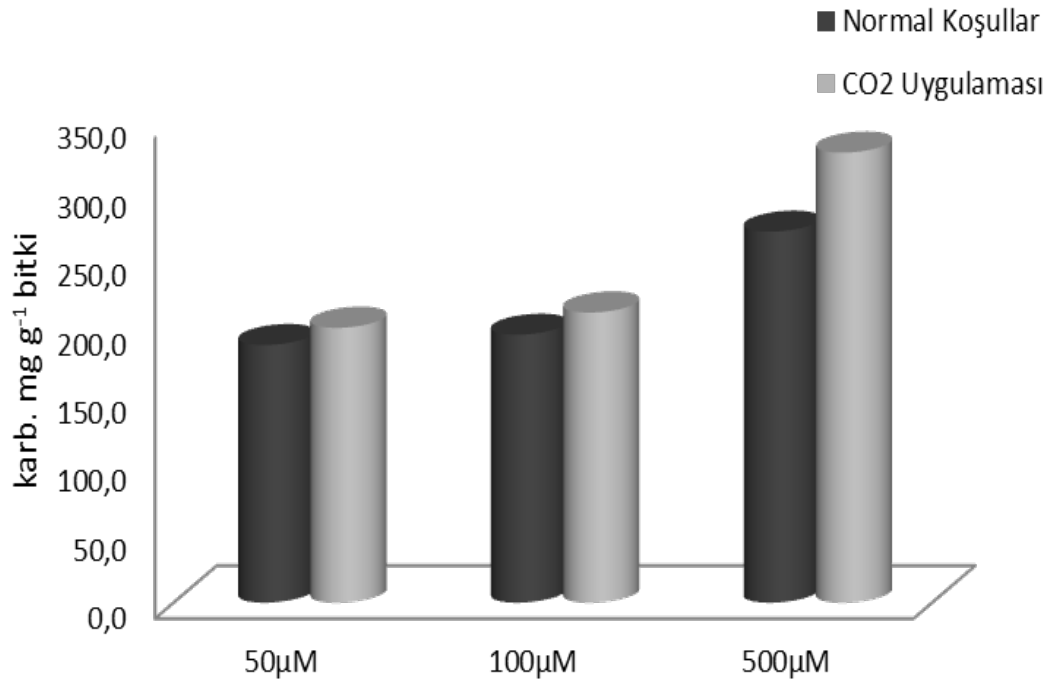
Magnezyumun kontrol dozunda yetişen bitkilerde CO<sub>2</sub> uygulamasına bağlı olarak yeşil aksam çözümlü protein konsantrasyonunda % 3'lük bir artış olurken magnezyumun en düşük dozunda bu artış % 10 seviyesine ulaşmıştır. Normal koşullarda yetişen bitkilerde yeşil aksam çözümlü protein konsantrasyonunda meydana gelen artış magnezyumun en düşük dozu ile magnezyumun kontrol dozu arasında % 46 seviyesinde bulunmuştur. CO<sub>2</sub> uygulaması yapılan bitkilerde ise bu artış % 29 olarak belirlenmiştir. Normal koşullarda yetiştirilen bitkilerde çözümlü protein konsantrasyonundaki artış magnezyumun en düşük dozu ile kontrol dozu arasında % 29 seviyesinde bulunmuş, bu değer CO<sub>2</sub> uygulaması yapılan bitkilerde % 15 olarak belirlenmiştir. Magnezyumun en düşük dozunda yetiştirilen bitkilerde CO<sub>2</sub> uygulamasına bağlı olarak kök çözümlü protein konsantrasyonunda % 14 oranında bir artış belirlenmiştir. Magnezyumun kontrol dozunda yetiştirilen bitkilerde bu artış % 1 seviyesinde bulunmuştur (Çizelge 4.6.). Meydana gelen bu farklılıklar istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur.

**Çizelge 4.6.** CO<sub>2</sub> uygulaması ve magnezyum dozlarına bağlı olarak yeşil aksam ve kök çözümlü protein konsantrasyonu değerleri

Uygulama	Mg dozu ( $\mu\text{M}$ )	Yeşil Aksam (mg prt g <sup>-1</sup> TA)	Kök
Normal Koşullar	50	33,0 $\pm$ 5	20,3 $\pm$ 25
Normal Koşullar	100	37,1 $\pm$ 2	25,3 $\pm$ 10
Normal Koşullar	500	48,3 $\pm$ 8	26,3 $\pm$ 19
CO <sub>2</sub> Uygulaması	50	36,3 $\pm$ 2	23,3 $\pm$ 17
CO <sub>2</sub> Uygulaması	100	43,0 $\pm$ 21	25,8 $\pm$ 10
CO <sub>2</sub> Uygulaması	500	54,0 $\pm$ 9	26,8 $\pm$ 7

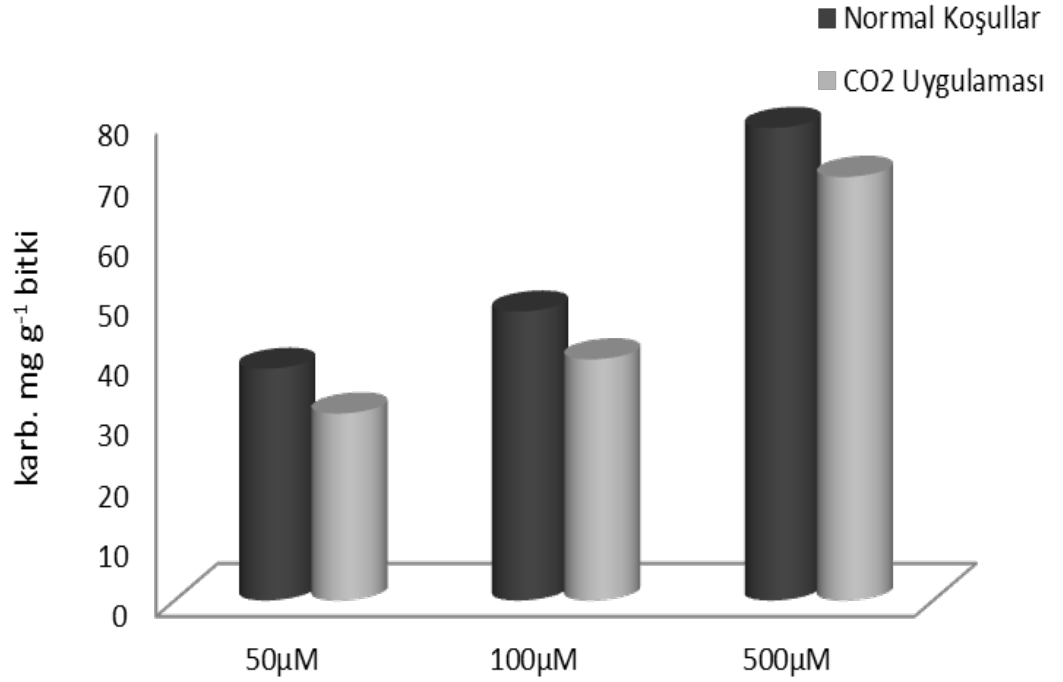
### 4.3. Magnezyum Beslenme Koşullarının ve CO<sub>2</sub> Uygulamasının Bitki Çözünür Karbonhidrat Miktarına Etkisi

Karbondioksit uygulaması, yeşil aksam ve kök çözünür karbonhidrat miktarının artmasına neden olmuştur. Yeşil aksam çözünür karbonhidrat miktarı magnezyum dozlarına bağlı olarak da artış göstermiştir. Yeşil aksam çözünür karbonhidrat miktarı en yüksek değeri CO<sub>2</sub> uygulaması yapılan ve magnezyumun kontrol dozunda yetiştirilen bitkilerden elde edilmiştir. En düşük değeri ise normal koşullarda yetişen ve en düşük magnezyum dozu ile beslenen bitkilerden elde edilmiştir (Şekil 4.13.).



**Şekil 4.13.** CO<sub>2</sub> uygulaması ve magnezyum dozlarına bağlı olarak yeşil aksam çözünür karbonhidrat konsantrasyonunda meydana gelen değişimler

Kök çözünür karbonhidrat miktarı magnezyum dozlarına bağlı olarak artarken bağlı olarak azalmıştır. En yüksek kök çözünür karbonhidrat miktarı değeri normal koşullarda yetiştirilen ve magnezyumun kontrol dozu ile beslenen bitkilerden elde edilmiştir. En düşük değer ise magnezyumun en düşük dozu ile beslenen ve CO<sub>2</sub> uygulaması yapılan bitkilerden elde edilmiştir (Şekil 4.14.).



**Şekil 4.14.** CO<sub>2</sub> uygulaması ve magnezyum dozlarına bağlı olarak kök çözümlü karbonhidrat konsantrasyonunda meydana gelen değişimler

Normal koşullarda yetiştirilen bitkilerde magnezyum dozlarına bağlı olarak yeşil aksam çözümlü karbonhidrat miktarında % 44'lık bir artış belirlenmiştir. CO<sub>2</sub> uygulaması sonucunda ise bu değer % 63 olmuştur. Magnezyumun en düşük dozu ile beslenen bitkilerde CO<sub>2</sub> uygulaması sonucunda % 6 'lık bir artış belirlenirken, magnezyumun kontrol dozunda yetişen bitkilerde bu değer % 21 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.7.). Yapılan istatistiksel analizler sonucunda yeşil aksam çözümlü karbonhidrat miktarında magnezyum dozlarından kaynaklanan değişimler P<0,01 olasılık düzeyinde önemli bulunmuştur. CO<sub>2</sub> uygulamasına bağlı meydana gelen değişimler P<0,05 olasılık düzeyinde önemli bulunmuştur. Magnezyum dozları ile CO<sub>2</sub> uygulaması arasındaki fark istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.8.). Magnezyum noksanlığı ve bitkide stres etmenleri üzerine çalışmalar yapan Hager, 2003 ve Pitann ve ark 2009, yaptıkları çalışmalar sonucunda magnezyum noksanlığında bitkilerin yeşil aksam ve kök karbonhidrat miktarlarının azaldığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar bulgularımıza paralel olarak bitkilerin stres koşullarında kök karbonhidrat miktarında azalma olduğunu belirtmişlerdir.

Karbondiyoksit gübrelemesi yapılan bitkilerde kök çözünebilir karbonhidrat miktarı magnezyumun en düşük dozunda % 19 oranında bir azalma göstermiş, bu değer magnezyumun kontrol dozunda yetişen bitkilerde % 10 olarak belirlenmiştir. Normal koşullarda yetiştirilen bitkilerde magnezyumun en düşük dozu ile kontrol dozu arasında % 103 oranında bir artış olurken bu değer CO<sub>2</sub> uygulaması sonunda % 126 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.7.). Yapılan istatistiksel analizler sonucunda kök çözünebilir karbonhidrat miktarında magnezyum dozlarından kaynaklanan değişimler P<0,01 olasılık düzeyinde önemli bulunmuştur. CO<sub>2</sub> uygulamasına bağlı olarak meydana gelen değişimler P<0,05 olasılık düzeyinde önemli bulunmuştur. Magnezyum dozları ile CO<sub>2</sub> uygulaması arasındaki fark istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.8.). Yapılan çeşitli çalışmalarda araştırmacılar bulgularımıza paralel sonuçlar rapor etmişlerdir. Hager (2003) yaptığı çalışmada magnezyum noksanlığında bitki dokularında meydana gelen deformasyon sonucu bitkide çözünür karbonhidrat miktarında azalma olduğunu bildirmiştir. Pitann ve ark. (2009) ve Schubert ve ark. (2012) yaptıkları çalışmalarda magnezyum noksanlığında hücre duvarlarında meydana gelen esneme ve deformasyona işaret ederek karbonhidrat taşınma ve depolama sistemlerinde aksaklıklar olduğunu rapor etmişlerdir.

**Çizelge 4.7.** CO<sub>2</sub> uygulaması ve magnezyum dozlarına bağlı olarak yeşil aksam ve kök çözünür karbonhidrat konsantrasyonu değerleri

Uygulama	Mg dozu ( $\mu$ M)	Yeşil Aksam mg g <sup>-1</sup> bitki		Kök	
Normal Koşullar	50	187,5	$\pm$ 3,8	38,5	$\pm$ 2,5
Normal Koşullar	100	195,0	$\pm$ 3,2	48,0	$\pm$ 1,0
Normal Koşullar	500	270,0	$\pm$ 2,6	78,5	$\pm$ 1,2
CO <sub>2</sub> Uygulaması	50	200,0	$\pm$ 2,3	31,05	$\pm$ 1,5
CO <sub>2</sub> Uygulaması	100	211,1	$\pm$ 1,9	40,05	$\pm$ 2,3
CO <sub>2</sub> Uygulaması	500	327,5	$\pm$ 2,3	70,35	$\pm$ 2,0

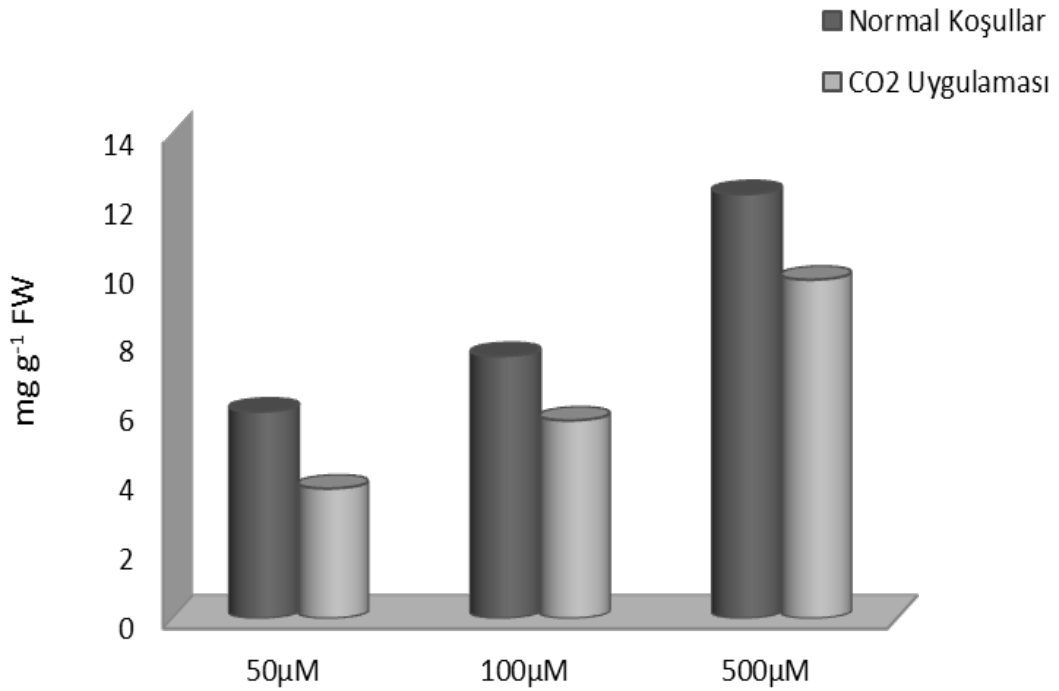


**Çizelge 4.8.** Mısır bitkisinde çözünür karbonhidrat değerlerine ilişkin ortalama değerleri ve istatistiksel farklı gruplar

Magnezyum Dozları ( $\mu\text{M}$ )	Çözünür Karbonhidrat	
	Yeşil Aksam	Kök
50	193,750 b	34,775 b
100	203,058 b	44,025 b
500	298,750 a	74,425 a
LSD	36,172**	10,708**
CO <sub>2</sub> Uygulaması		
CO <sub>2</sub> Uygulaması	217,500 b	55,000 a
Normal Koşullar	246,206 a	47,150 b
LSD	21,079*	6,240*
CO <sub>2</sub> Uygulaması x Mg interaksyonu		
LSD	öd	öd

#### 4.4. Magnezyum Beslenme Koşullarının ve CO<sub>2</sub> Uygulamasının Bitki Klorofil Ve Karotenoid Miktarına Etkisi

Karbondioksit uygulaması magnezyumun tüm dozlarında toplam klorofil, klorofil a, klorofil b ve karotenoid miktarlarının düşmesine neden olmuştur. En yüksek toplam klorofil miktarı normal koşullarda yetişen ve magnezyumun kontrol dozu ile beslenen bitkilerden elde edilmiştir. En düşük toplam klorofil miktarı ise CO<sub>2</sub> uygulaması yapılan ve magnezyumun en düşük dozu ile beslenen bitkilerden elde edilmiştir. Magnezyum dozlarının artmasına bağlı olarak toplam klorofil miktarı artış göstermiş ancak karbondioksit uygulaması magnezyumun tüm dozlarında toplam klorofil miktarının normal koşullara oranla azalmasına neden olmuştur (Şekil 4.15).



Şekil 4.15. CO<sub>2</sub> uygulaması ve magnezyum dozlarına bağlı toplam klorofil miktarında meydana gelen değişimler

Magnezyumun kontrol dozunda yetişen bitkilerde CO<sub>2</sub> uygulamasına bağlı olarak toplam klorofil miktarında % 20 oranında bir azalma belirlenmiştir. Bu azalış magnezyumun en düşük dozu ile beslenen bitkililerde % 37 seviyesinde belirlenmiştir. Normal koşullarda yetiştirilen bitkilerde magnezyumun en düşük dozu ile kontrol dozu arasında toplam klorofil miktarında % 51 oranında artış belirlenirken bu oran CO<sub>2</sub> uygulaması yapılan bitkilerde % 61 seviyesine ulaşmıştır (Çizelge 4.9.). CO<sub>2</sub> uygulamasına ve magnezyum dozlarına bağlı olarak toplam klorofil miktarında meydana gelen değişimler P<0,01 olasılık düzeyinde önemli bulunmuştur. Magnezyum dozları ve CO<sub>2</sub> uygulaması arasındaki interaksiyon ise istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.10.).

Yapılan SPAD ölçümleri sonucunda klorofil analizlerini destekler şekilde SPAD değerlerinde düşüş olduğu belirlenmiştir. Magnezyum dozlarının artmasına bağlı olarak artan SPAD değerleri CO<sub>2</sub> uygulamasına bağlı olarak belirgin bir şekilde düşmüştür (Çizelge 4.11., Şekil 4.16.). CO<sub>2</sub> uygulamasına bağlı olarak meydana gelen değişimler istatistiksel açıdan P<0,05 olasılık düzeyinde önemli bulunmuştur. Magnezyum dozlarına bağlı olarak meydana gelen değişimler ise P<0,01 olasılık düzeyinde önemli bulunmuştur. Magnezyum dozları ve CO<sub>2</sub> uygulaması arasındaki interaksiyon P<0,01 olasılık düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.10.).

**Çizelge 4.9.** CO<sub>2</sub> uygulaması ve magnezyum dozlarına bağlı toplam klorofil, klorofil a, klorofil b ve karotenoid miktarları

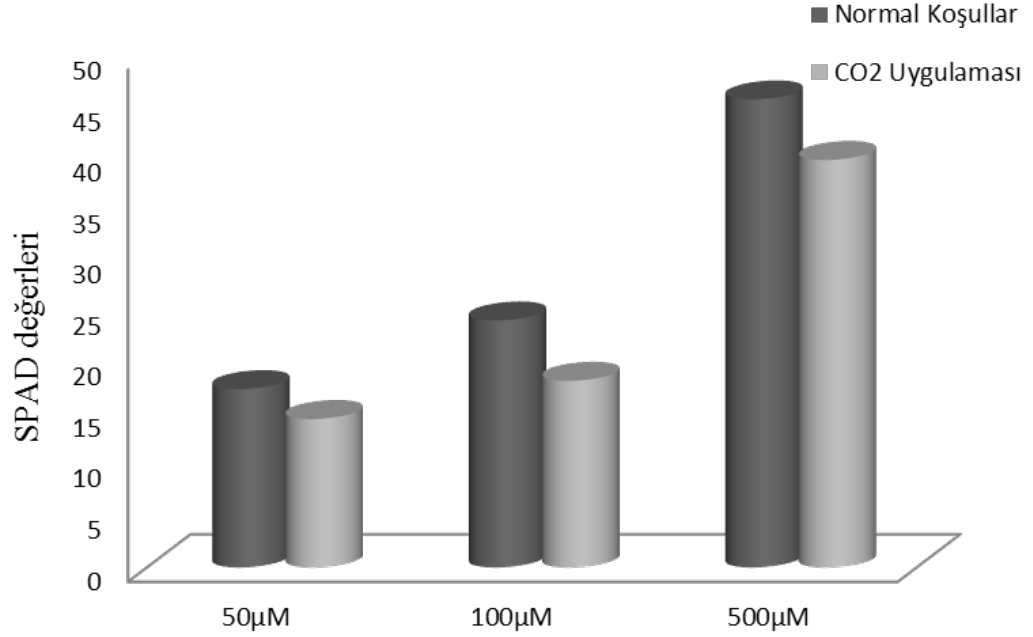
Uygulama	Mg Dozu (µm)	Toplam Klorofil	Klorofil a mg g <sup>-1</sup> Fw	Klorofil b	Karotenoid
Normal Koşullar	50	5,96	0,92	0,81	2,73
Normal Koşullar	100	7,57	0,10	0,95	3,85
Normal Koşullar	500	12,23	0,17	0,15	6,63
CO <sub>2</sub> Uygulaması	50	3,75	0,88	0,71	2,09
CO <sub>2</sub> Uygulaması	100	5,71	0,90	0,78	2,27
CO <sub>2</sub> Uygulaması	500	9,77	0,16	0,13	6,13

**Çizelge 4.10.** Mısır bitkisinde toplam klorofil ve SPAD değerlerine ilişkin ortalama değerleri ve istatistiksel farklı gruplar.

Magnezyum Dozları ( $\mu\text{M}$ )	Toplam Klorofil	SPAD
50	4,858 c	14,488 c
100	5,640 b	19,808 b
500	11,002 a	40,357 a
LSD	1,194**	2,846**
CO <sub>2</sub> Uygulaması		
CO <sub>2</sub> Uygulaması	8,590 a	25,826 a
Normal Koşullar	6,410 b	23,943 b
LSD	0,975**	1,727**
CO <sub>2</sub> Uygulaması x Mg interaksyonu		
LSD	öd	2,992**

**Çizelge 4.11.** CO<sub>2</sub> uygulaması ve magnezyum dozlarına SPAD değerleri

Mg Dozu $\mu\text{M}$	SPAD değerleri					
	Normal Koşullar			CO <sub>2</sub> Uygulaması		
50	17,4	±	1,6	14,48	±	4,2
100	24,1	±	1,4	18,21	±	2,1
500	45,67	±	0,9	39,76	±	1,1



**Şekil 4.16.** CO<sub>2</sub> uygulaması ve magnezyum dozlarına bağlı SPAD miktarında meydana gelen değişimler

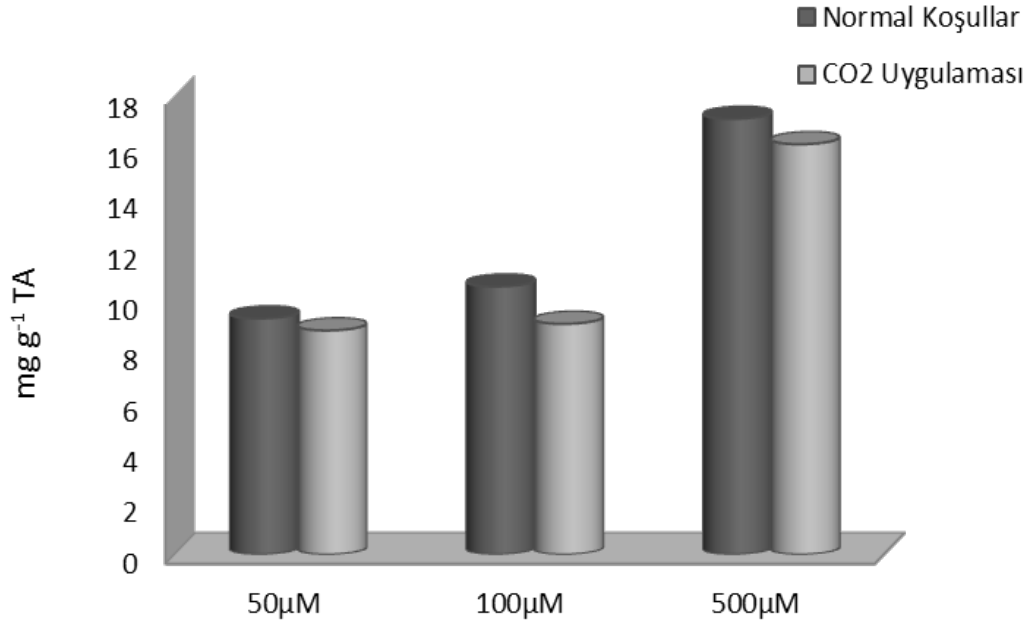
Magnezyum dozlarının artmasına bağlı olarak klorofil a miktarı artış göstermiş ancak karbondioksit uygulaması magnezyumun tüm dozlarında klorofil a miktarının normal koşullarda yetişen bitkilere göre azalmasına neden olmuştur. En yüksek klorofil a miktarı normal koşullarda yetişen ve magnezyumun kontrol dozu ile beslenen bitkilerden elde edilmiştir.

En düşük klorofil a miktarı ise CO<sub>2</sub> uygulaması yapılan ve magnezyumun en düşük dozu ile beslenen bitkilerden elde edilmiştir (Şekil 4.17.).

Magnezyumun kontrol dozunda yetişen bitkilerde CO<sub>2</sub> uygulamasına bağlı olarak klorofil a miktarında % 5 oranında bir azalma belirlenmiştir. Magnezyumun en düşük dozu ile beslenen bitkililerde de bu oran % 5 seviyesinde belirlenmiştir. Normal koşullarda yetiştirilen bitkilerde magnezyumun en düşük dozu ile kontrol dozu arasında toplam klorofil miktarında % 84 oranında artış belirlenirken bu oran CO<sub>2</sub> uygulaması yapılan bitkilerde % 83 seviyesine ulaşmıştır (Çizelge 4.9.). Magnezyum dozlarına bağlı olarak klorofil a miktarında meydana gelen değişimler P<0,01 olasılık düzeyinde önemli bulunmuştur. CO<sub>2</sub> uygulamasına bağlı olarak meydana gelen değişimler ile magnezyum dozları ve CO<sub>2</sub> uygulaması arasındaki etkileşim ise istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.12.).

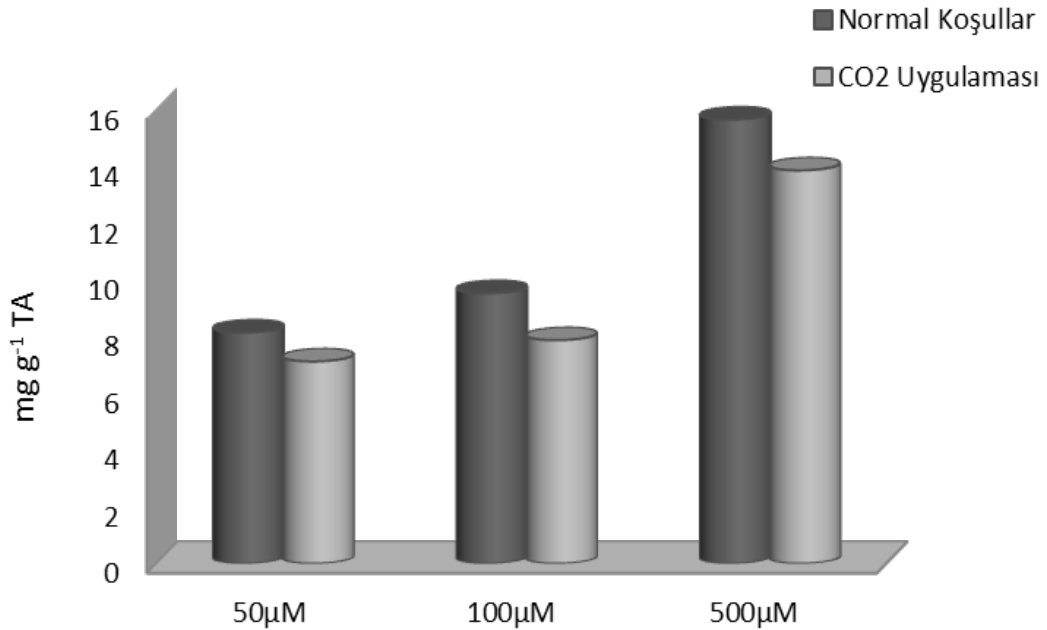
**Çizelge 4.12.** Mısır bitkisinde klorofil a değerlerine ilişkin ortalama değerleri ve istatistiksel farklı gruplar.

Magnezyum Dozları ( $\mu\text{M}$ )	Klorofil a
50	9,038 b
100	9,797 b
500	16,620 a
LSD	3,006**
CO <sub>2</sub> Uygulaması	
CO <sub>2</sub> Uygulaması	8,012
Normal Koşullar	7,891
LSD	öd
CO <sub>2</sub> Uygulaması x Mg interaksyonu	
LSD	öd



**Şekil 4.17.** CO<sub>2</sub> uygulaması ve magnezyum dozlarına bağlı klorofil a miktarında meydana gelen değişimler

Magnezyum dozlarının artmasına bağı olarak klorofil b miktarı artış göstermiş ancak karbondioksit uygulaması ile magnezyumun tüm dozlarında klorofil b miktarının göreceli olarak azalmasına neden olmuştur. En yüksek klorofil b miktarı normal koşullarda yetişen ve magnezyumun kontrol dozu ile beslenen bitkilerden elde edilmiştir. En düşük klorofil b miktarı ise CO<sub>2</sub> uygulaması yapılan ve magnezyumun en düşük dozu ile beslenen bitkilerden elde edilmiştir (Şekil 4.18.). Magnezyumun kontrol dozunda yetişen bitkilerde CO<sub>2</sub> uygulamasına bağı olarak klorofil b miktarında % 11 oranında bir azalma belirlenmiştir. Magnezyumun en düşük dozu ile beslenen bitkililerde ise bu oran % 12 seviyesinde belirlenmiştir. Normal koşullarda yetiştirilen bitkilerde magnezyumun en düşük dozu ile kontrol dozu arasında toplam klorofil miktarında % 92 oranında artış belirlenirken bu oran CO<sub>2</sub> uygulaması yapılan bitkilerde %94 seviyesine ulaşmıştır (Çizelge 4.9.). Magnezyum dozlarına bağı olarak klorofil b miktarında meydana gelen değışimler P<0,01 olasılık düzeyinde önemli bulunmuştur. CO<sub>2</sub> uygulamasına bağı meydana gelen değışimler P<0,01 olasılık düzeyinde önemli bulunmuştur. Magnezyum dozları ve CO<sub>2</sub> uygulaması arasındaki interaksiyon ise istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.13.).



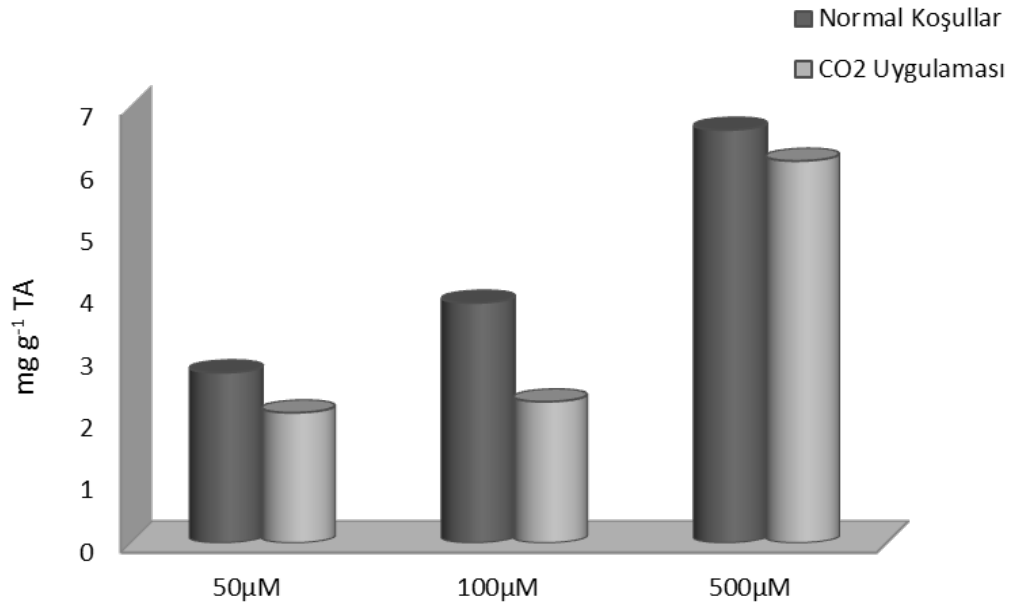
**Şekil 4.18.** CO<sub>2</sub> uygulaması ve magnezyum dozlarına bağı klorofil b miktarında meydana gelen değışimler

**Çizelge 4.13.** Mısır bitkisinde klorofil b değerlerine ilişkin ortalama değerleri ve istatistiksel farklı gruplar.

Magnezyum Dozları ( $\mu\text{M}$ )	Klorofil b
50	7,632 b
100	8,698 b
500	14,748 a
LSD	1,722**
CO <sub>2</sub> Uygulaması	
CO <sub>2</sub> Uygulaması	11,103 a
Normal Koşullar	9,616 b
LSD	1,406**
CO <sub>2</sub> Uygulaması x Mg interaksyonu	
LSD	öd

Karbondiyoksit uygulaması magnezyumun tüm dozlarında karotenoid miktarının azalmasına neden olurken, magnezyum dozlarının artmasına bağlı olarak karotenoid miktarı artış göstermiştir. En yüksek karotenoid miktarı normal koşullarda yetişen ve magnezyumun kontrol dozu ile beslenen bitkilerden elde edilmiştir. En düşük karotenoid miktarı ise CO<sub>2</sub> uygulaması yapılan ve magnezyumun en düşük dozu ile beslenen bitkilerden elde edilmiştir (Şekil 4.19.). Magnezyumun kontrol dozunda yetişen bitkilerde CO<sub>2</sub> uygulamasına bağlı olarak karotenoid miktarında % 7 oranında bir azalma belirlenmiştir. Magnezyumun en düşük dozu ile beslenen bitkililerde ise bu oran % 23 seviyesinde belirlenmiştir. Normal koşullarda yetiştirilen bitkilerde magnezyumun en düşük dozu ile kontrol dozu arasında toplam klorofil miktarında % 142 oranında artış belirlenirken bu oran CO<sub>2</sub> uygulaması yapılan bitkilerde % 193 seviyesine ulaşmıştır (Çizelge 4.9.). Magnezyum dozlarına bağlı olarak karotenoid miktarında meydana gelen değişimler  $P < 0,01$  olasılık düzeyinde önemli bulunmuştur. CO<sub>2</sub> uygulamasına bağlı meydana gelen değişimler  $P < 0,01$  olasılık düzeyinde önemli bulunmuştur. Magnezyum dozları ve CO<sub>2</sub> uygulaması arasındaki interaksyon ise istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.14.).





**Şekil 4.19.** CO<sub>2</sub> uygulaması ve magnezyum dozlarına bağlı karotenoid miktarında meydana gelen değişimler

**Çizelge 4.14.** Mısır bitkisinde karotenoid değerlerine ilişkin ortalama değerleri ve istatistiksel farklı gruplar.

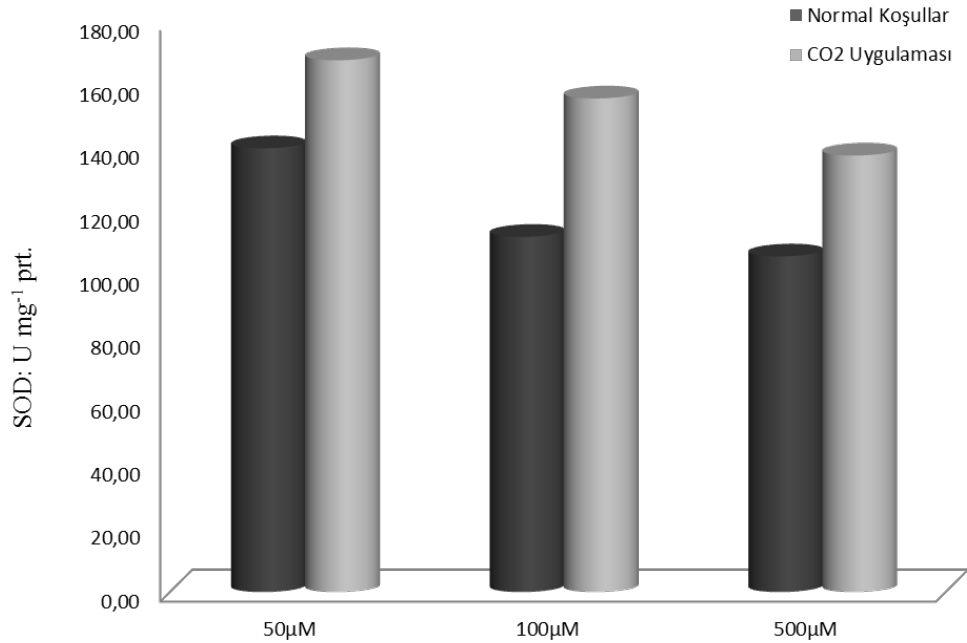
Magnezyum Dozları (µM)	Karotenoid
50	2,413 b
100	3,062 b
500	6,375 a
LSD	0,904**
CO <sub>2</sub> Uygulaması	
CO <sub>2</sub> Uygulaması	4,403 a
Normal Koşullar	3,497 b
LSD	0,738**
CO <sub>2</sub> Uygulaması x Mg interaksyonu	
LSD	öd

Yapılan değişik çalışmalarda magnezyum noksanlığında bitkilerde klorofil miktarının azaldığı bildirilmiştir. Adani ve ark. (1998) domates bitkisinde, Ersoy ve ark. (2006) çilek bitkisinde ve Santiago ve ark. (2010) bakla bitkisinde yaptıkları çalışmalarda magnezyum noksanlığında bitkilerde toplam klorofil, klorofil a, klorofil b ve karotenoid miktarlarında ciddi şekilde azalmalar olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar tarafından söz edilen bu sonuçlar bulgularımızı destekler niteliktedir.

## 4.5. Magnezyum Beslenme Koşullarının ve CO<sub>2</sub> Uygulamasının Antioksidatif Enzim Aktivitelerine Etkisi

### 4.5.1. Süperoksit Dismutaz (SOD) Enzim Aktivitesi

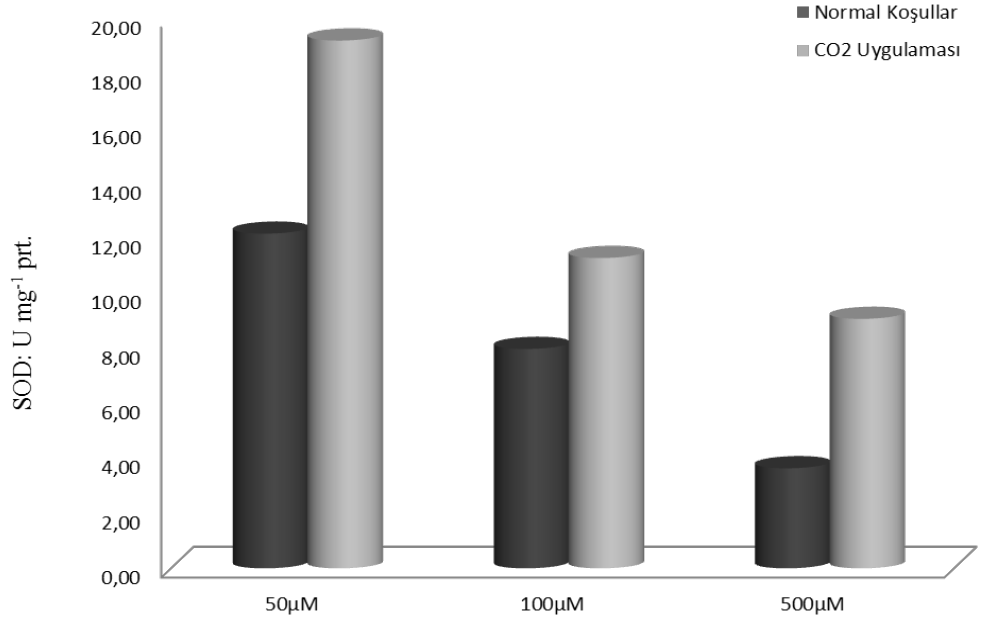
Yeşil aksamda ölçülen süperoksit dismutaz aktivitesinin, magnezyum dozlarının artmasına bağlı olarak azaldığı ancak CO<sub>2</sub> uygulamasına bağlı olarak arttığı belirlenmiştir. Magnezyumun kontrol dozuna göre (500 µM) 100 µM dozunda artış göstermiş ancak bu artış 50 µM magnezyum dozunda daha belirgin olmuştur (Şekil 4.20).



**Şekil 4.20.** Farklı magnezyum dozlarında yetiştirilen bitkilerde CO<sub>2</sub> uygulaması sonucunda yeşil aksam SOD (Süperoksit Dismutaz) aktivitesine meydana gelen değişim

Kök SOD enzim aktivitesi incelendiğinde ise magnezyum dozları arasında enzim aktivitesinde meydana gelen değişimin yaprak enzim aktivitesinde meydana gelen değişimden çok daha belirgin olduğu görülmüştür (Şekil 4.21.). Magnezyumun kontrol dozunda yetiştirilen bitkilerde kök enzim aktivitesi en düşük değeri alırken, magnezyum dozunun 100 µM ve 50 µM' a düşmesiyle SOD enzim aktivitesinde belirgin bir artış meydana gelmiştir.

Ortam karbondioksit konsantrasyonunun 1000 - 1200 mg kg<sup>-1</sup>'a arttırıldığı durumda tüm magnezyum dozlarında kök SOD enzim aktivitesinde artış olduğu belirlenmiştir. Magnezyumun en düşük dozunda yetişen bitkilerde bu artış % 54 olurken, magnezyumun kontrol dozunda yetişen bitkilerde bu artış % 146'ya ulaşmıştır.



**Şekil 4.21.** Farklı magnezyum dozlarında yetiştirilen bitkilerde CO<sub>2</sub> uygulaması sonucunda kök SOD (Süperoksit Dismutaz) aktivitesine meydana gelen değişim.

Normal CO<sub>2</sub> konsantrasyon koşullarında yetiştirilen bitkilerde yeşil aksam SOD enzim aktivitesi en yüksek değeri magnezyumun en düşük dozunda almıştır. Magnezyumun kontrol dozuna yeşil aksam SOD aktivitesinde % 32 artış belirlenmiştir. CO<sub>2</sub> uygulaması yapılan bitkilerde ise bu artış % 234 seviyesine ulaşmıştır.

Kontrol magnezyum dozunda yetişen bitkilerde, yapılan CO<sub>2</sub> uygulaması yeşil aksam SOD aktivitesinin % 30 oranında artmasına neden olmuştur. Kök SOD enzim aktivitesi incelendiğinde ortam karbondioksit konsantrasyonunun 1000 - 1200 mg kg<sup>-1</sup>'a arttırıldığı durumda tüm magnezyum dozlarında kök SOD enzim aktivitesinde artış olduğu belirlenmiştir.

Magnezyumun en düşük dozunda yetişen bitkilerde bu artış % 54 olurken, magnezyumun kontrol dozunda yetişen bitkilerde bu artış % 146'ya ulaşmıştır (Çizelge 4.15.).

**Çizelge 4.15.** Farklı magnezyum dozlarında yetiştirilen bitkilerde CO<sub>2</sub> uygulaması sonucunda yeşil aksam ve kök SOD (Süperoksit Dismutaz) enzim aktivitesi değerleri (SOD: U mg<sup>-1</sup> prt.).

Uygulama	Mg dozu ( $\mu$ M)	Yeşil Aksam (SOD: U mg <sup>-1</sup> prt.)	Kök
Normal Koşullar	50	139,91 $\pm$ 3,3	12,16 $\pm$ 2,4
Normal Koşullar	100	112,00 $\pm$ 1,6	7,97 $\pm$ 2,1
Normal Koşullar	500	105,83 $\pm$ 2,6	3,63 $\pm$ 1,1
CO <sub>2</sub> Uygulaması	50	167,69 $\pm$ 2,7	19,18 $\pm$ 2,3
CO <sub>2</sub> Uygulaması	100	155,65 $\pm$ 1,1	11,28 $\pm$ 1,7
CO <sub>2</sub> Uygulaması	500	137,63 $\pm$ 2,7	9,07 $\pm$ 2,4

Yapılan istatistiksel analizler sonucunda yeşil aksam SOD enzim aktivitesinde magnezyum dozları nedeniyle meydana gelen değişim P<0,05 olasılık düzeyinde önemli bulunmuştur. Kök SOD aktivitesinde ise magnezyum dozları ile CO<sub>2</sub> uygulaması arasındaki interaksiyon P<0,05 olasılık düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.16.).

**Çizelge 4.16.** Mısır bitkisinde SOD enzim aktivitesi değerlerine ilişkin ortalama değerler ve istatistiksel farklı gruplar.

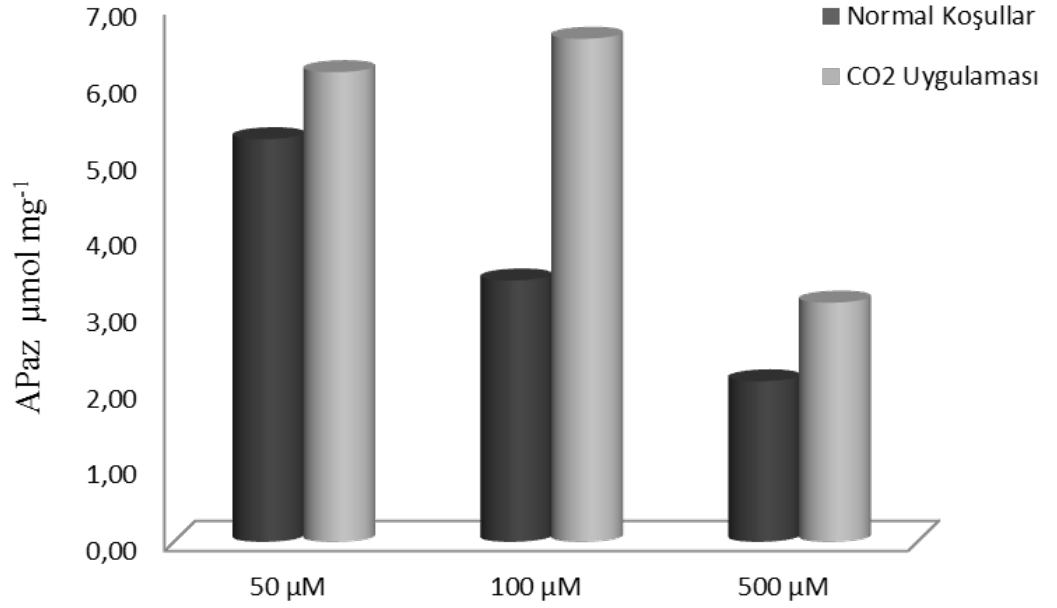
Magnezyum Dozları ( $\mu\text{M}$ )	SOD	
	Yeşil Aksam	Kök
50	146,333 a	15,671
100	142,667 a	13,623
500	126,500 b	11,358
LSD	14,055*	öd
CO <sub>2</sub> Uygulaması		
CO <sub>2</sub> Uygulaması	123,656	13,174
Normal Koşullar	119,274	7,923
LSD	öd	öd
CO <sub>2</sub> Uygulaması x Mg interaksyonu		
LSD	öd	6,790*

#### 4.5.2. Askorbik peroksidaz (APaz) enzim aktivitesi

Yeşil aksam da ölçülen APaz (Askorbik Peroksidaz) enzim aktivitesi magnezyum dozlarının artmasına bağlı olarak azalmıştır (Çizelge 4.17.). En yüksek APaz enzim aktivitesi CO<sub>2</sub> uygulaması (1000 - 1200 mg kg<sup>-1</sup>) yapılan ve magnezyumun en düşük dozu ile beslenen (50 µM) bitkilerde belirlenmiştir. En düşük APaz enzim aktivitesi ise normal koşullarda yetiştirilen bitkiler arasında magnezyumun kontrol dozu ile beslenen bitkilerden elde edilmiştir (Şekil 4.22.). Yeşil aksam APaz enzim aktivitesinde magnezyum dozları ve CO<sub>2</sub> uygulamasına bağlı oluşan farklılıklar istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.18.).

**Çizelge 4.17.** Farklı magnezyum dozlarında yetiştirilen bitkilerde CO<sub>2</sub> uygulaması sonucunda yeşil aksam ve kök APaz (Askorbik Peroksidaz) enzim aktivitesi değerleri (APaz µmol mg<sup>-1</sup> prt).

Uygulama	Mg dozu (µM)	Yeşil Aksam APaz ( µmol mg <sup>-1</sup> prt)	Kök
Normal Koşullar	50	5,27 ± 2,36	4,56 ± 1,15
Normal Koşullar	100	3,42 ± 0,58	3,75 ± 0,49
Normal Koşullar	500	2,10 ± 2,65	3,21 ± 0,53
CO <sub>2</sub> Uygulaması	50	6,15 ± 4,26	7,92 ± 1,90
CO <sub>2</sub> Uygulaması	100	6,58 ± 5,91	5,60 ± 2,77
CO <sub>2</sub> Uygulaması	500	3,13 ± 1,88	3,72 ± 1,10

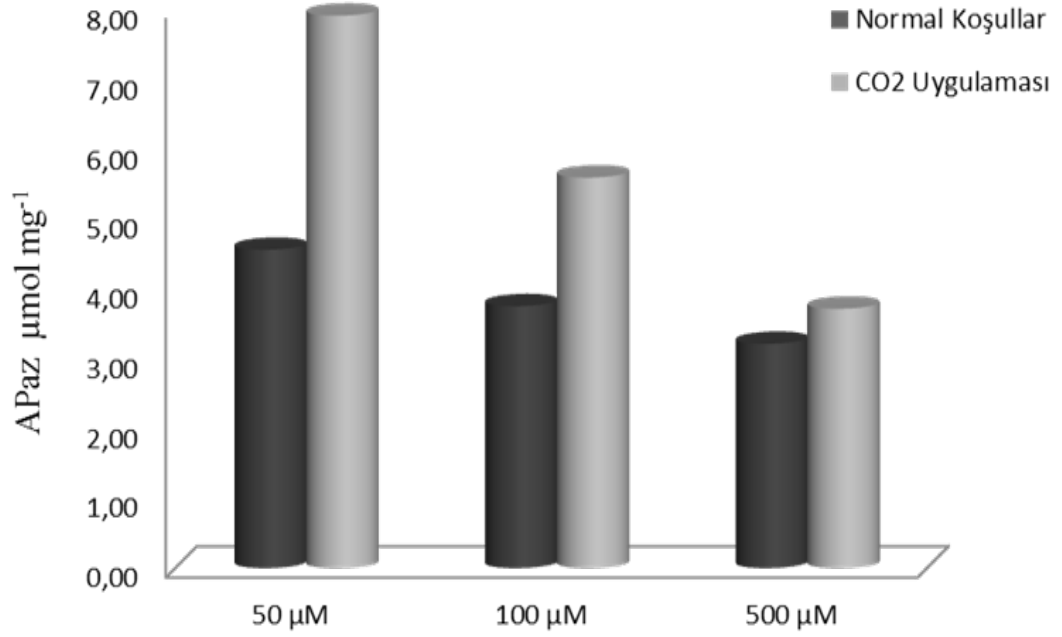


**Şekil 4.22.** Farklı magnezyum dozlarında yetiştirilen bitkilerde CO<sub>2</sub> uygulaması sonucunda yeşil aksam APaz (Askorbik Peroksidaz) aktivitesine meydana gelen değişim.

Kökte ölçülen APaz enzim aktivitesi magnezyum dozlarının artmasına bağlı olarak azalmış ancak CO<sub>2</sub> uygulamasına bağlı olarak artmıştır (Çizelge 4.17, Şekil 4.23). En yüksek APaz enzim aktivitesi CO<sub>2</sub> uygulamasının en düşük magnezyum dozunda belirlenmiştir. En düşük APaz enzim seviyesi ise normal koşullarda yetişen bitkilerde magnezyumun kontrol dozunda belirlenmiştir. Kök APaz enzim aktivitesinde magnezyum dozu ve CO<sub>2</sub> uygulamasına bağlı oluşan farklılıklar P<0,01 olasılık düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.18).

**Çizelge 4.18.** Mısır bitkisinde Apaz enzim aktivitesi değerlerine ilişkin ortalama değerler ve istatistiksel farklı gruplar

Magnezyum Dozları ( $\mu\text{M}$ )	Apaz	
	Yeşil Aksam	Kök
50	5,719	6,738 a
100	4,503	6,173 ab
500	3,626	3,463 b
LSD	öd	2,727**
CO <sub>2</sub> Uygulaması		
CO <sub>2</sub> Uygulaması	4,954	7,073 a
Normal Koşullar	3,608	3,843 b
LSD	öd	2,227**
CO <sub>2</sub> Uygulaması x Mg interaksyonu		
LSD	öd	öd



**Şekil 4.23.** Farklı magnezyum dozlarında yetiştirilen bitkilerde CO<sub>2</sub> uygulaması sonucunda kök APaz (Askorbik Peroksidaz) aktivitesine meydana gelen değişim

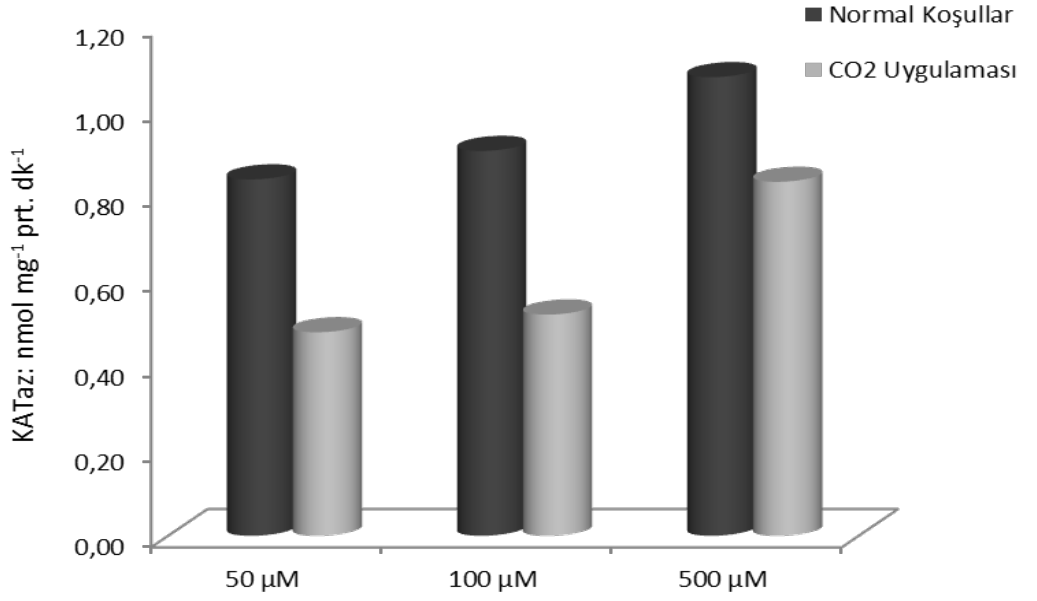


### 4.5.3. Katalaz (KATaz) enzim aktivitesi

Yeşil aksam katalaz (KATaz) enzim aktivitesi düşük magnezyum beslenme koşullarına bağlı olarak azalmıştır (Çizelge 4.19, Şekil 4.24). Katalaz enzim aktivitesindeki magnezyum dozlarına bağlı azalma normal koşullarda yetiştirilen bitkilerde % 28 oranında olurken, CO<sub>2</sub> uygulaması yapılan bitkilerde ise bu oran % 46 seviyesine ulaşmıştır. Magnezyumun kontrol dozunda yetiştirilen bitkilerde CO<sub>2</sub> uygulaması sonucunda KATaz enzim aktivitesinde % 69 oranında bir azalma belirlenmiş, bu değer magnezyumun en düşük dozunda (50 µM) % 50 olmuştur. KATaz enzim aktivitesi bitki köklerinde eser miktarda bulunduğundan hesaplama yapılmamış bu miktarlar önemsiz kabul edilmiştir. Yeşil aksam KATaz enzim aktiviteleri arasındaki magnezyum dozlarına bağlı değişim önemsiz bulunurken, CO<sub>2</sub> uygulaması sonucunda meydana gelen değişimler P<0,05 olasılık düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.20).

**Çizelge 4.19.** Farklı magnezyum dozlarında yetiştirilen bitkilerde CO<sub>2</sub> uygulaması sonucunda yeşil aksam KATaz (Katalaz) enzim aktivitesi değerleri (KATAZ: nmol mg<sup>-1</sup> bitki. dk<sup>-1</sup>)

Mg dozu (µM)	Yeşil Aksam (KATaz: nmol mg <sup>-1</sup> bitki. dk <sup>-1</sup> )					
	Normal Koşullar			CO <sub>2</sub> Uygulaması		
50	31,18	±	2,35	15,82	±	3,26
100	38,71	±	2,12	24,66	±	3,42
500	42,98	±	1,03	29,83	±	3,91



**Şekil 4.24.** Farklı magnezyum dozlarında yetiştirilen bitkilerde CO<sub>2</sub> uygulaması sonucunda yeşil aksam KATaz (Katalaz) enzim aktivitesinde meydana gelen değişim

**Çizelge 4.20.** Mısır bitkisinde KATaz enzim aktivitesi değerlerine ilişkin ortalama değerler ve istatistiksel farklı gruplar

Magnezyum Dozları (μM)	KATaz	
	Yeşil Aksam	Kök
50	23,503	-
100	31,682	-
500	36,401	-
LSD	öd	-
CO <sub>2</sub> Uygulaması		
CO <sub>2</sub> Uygulaması	23,437 b	-
Normal Koşullar	37,613 a	-
LSD	12,734*	-
CO <sub>2</sub> Uygulaması x Mg interaksiyonu		
LSD	öd	-

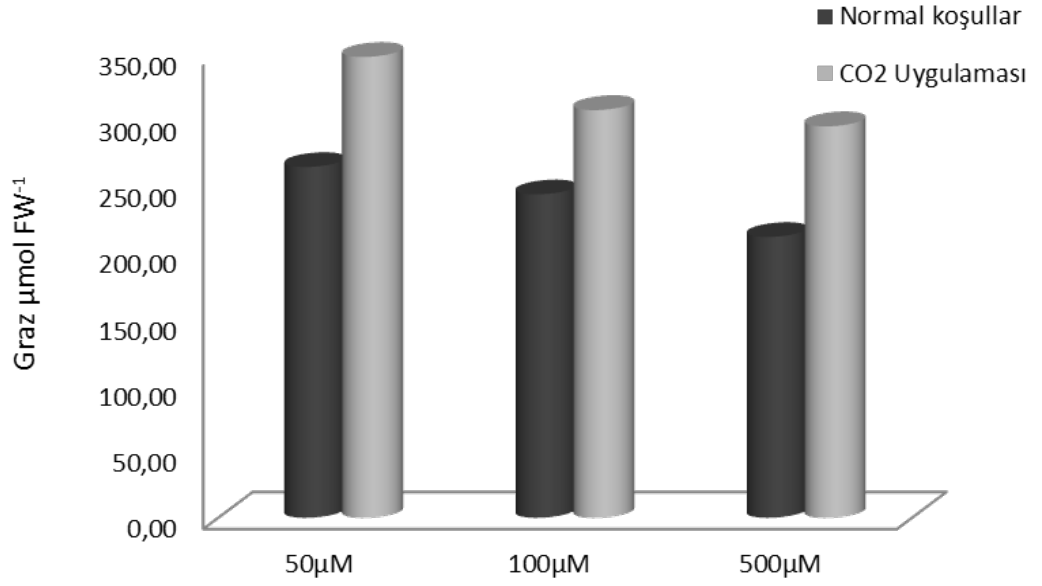
#### 4.5.4. Glutasyon redüktaz (GRaz) enzim aktivitesi

Yapılan yeşil aksam ve kök GRaz enzim aktiviteleri analizleri sonucunda, hem yeşil aksam hem de kök enzim aktivitelerinde CO<sub>2</sub> uygulamasına bağlı olarak bir artış olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.21).

**Çizelge 4.21.** Farklı magnezyum dozlarında yetiştirilen bitkilerde CO<sub>2</sub> uygulaması sonucunda yeşil aksam ve kök GRaz (Glutasyon Redüktaz) enzim aktivitesi değerleri (GRaz  $\mu\text{mol}/\text{FW}$ )

Uygulama	Mg dozu ( $\mu\text{M}$ )	Yeşil Aksam (GRaz $\mu\text{mol}/\text{FW}$ )	Kök
Normal koşullar	50	265,19 $\pm$ 2,6	99,36 $\pm$ 1,4
Normal koşullar	100	244,53 $\pm$ 1,5	87,16 $\pm$ 1,3
Normal koşullar	500	212,34 $\pm$ 1,5	49,14 $\pm$ 2,7
CO <sub>2</sub> Uygulaması	50	348,39 $\pm$ 2,5	148,39 $\pm$ 2,1
CO <sub>2</sub> Uygulaması	100	308,17 $\pm$ 1,5	146,74 $\pm$ 2,6
CO <sub>2</sub> Uygulaması	500	295,88 $\pm$ 2,2	96,40 $\pm$ 2,4

Yeşil aksam GRaz enzim aktivitesinde, magnezyum dozlarının azalması enzim aktivitesinde bir artış meydana getirmiştir. Normal koşullarda yetiştirilen bitkilerde yeşil aksam GRaz enzim aktivitesindeki bu artış magnezyumun kontrol dozu ile en düşük dozu arasında % 24 olarak belirlenmiştir. CO<sub>2</sub> gübrelemesi yapılan bitkilerde magnezyumun kontrol dozu ile en düşük dozu arasındaki artış ise %17 seviyesinde bulunmuştur. Magnezyumun en düşük dozu ile beslenen bitkilerde CO<sub>2</sub> uygulamasına bağlı olarak enzim aktivitesindeki artış % 31 oranında bulunmuş, magnezyumun kontrol dozunda yetiştirilen bitkilerde ise bu artış % 39 seviyesine çıkmıştır (Şekil 4.25). Yapılan istatistiksel analizler sonucunda yeşil aksam GRaz enzim seviyelerindeki bu farklılıklar istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.22).

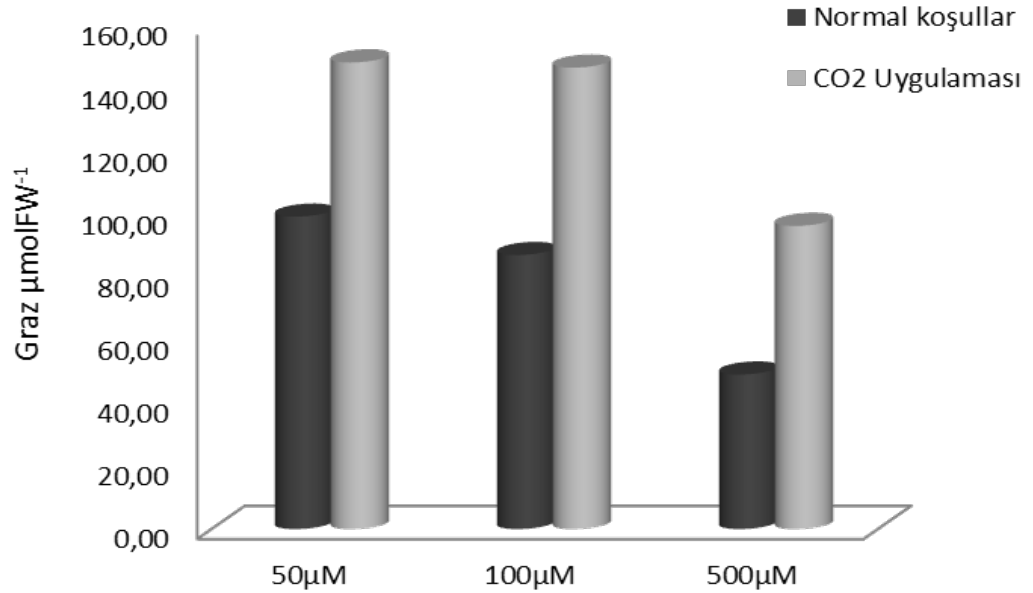


**Şekil 4.25.** Farklı magnezyum dozlarında yetiştirilen bitkilerde CO<sub>2</sub> uygulaması sonucunda yeşil aksam GRaz (Glutasyon Redüktaz) enzim aktivitesinde meydana gelen değişim

Kök GRaz enzim aktivitesinde de magnezyum dozlarının azalması enzim aktivitesinde bir artış meydana getirmiştir. Normal koşullarda yetiştirilen bitkilerde magnezyumun kontrol dozu ile en düşük dozu arasında % 102 oranında bir artış belirlenmiştir. CO<sub>2</sub> uygulaması yapıldığı koşullarda ise bu artış % 53 olmuştur. Magnezyumun en düşük dozu ile beslenen bitkilerde kök GRaz enzim aktivitesini CO<sub>2</sub> uygulamasına bağlı olarak % 49 oranında artmış, bu değer magnezyumun kontrol dozuyla beslenen bitkilerde % 96 seviyesine ulaşmıştır (Şekil 4.266). Magnezyum dozlarına bağlı olarak kök GRaz enzim aktivitelerinde meydana gelen değişim istatistiksel açıdan P<0,01 olasılık düzeyinde önemli bulunmuştur. CO<sub>2</sub> gübrelemesine bağlı olarak enzim aktivitesindeki değişim istatistiksel açıdan önemsiz bulunurken, CO<sub>2</sub> uygulaması ve magnezyum dozları arasındaki interaksiyon P<0,05 olasılık düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.21).

**Çizelge 4.22.** Mısır bitkisinde GRaz enzim aktivitesi değerlerine ilişkin ortalama değerler ve istatistiksel farklı gruplar

Magnezyum Dozları ( $\mu\text{M}$ )	GRaz	
	Yeşil Aksam	Kök
50	306,790	133,052 a
100	276,351	119,273 ab
500	254,108	72,770 b
LSD	öd	46,943**
CO <sub>2</sub> Uygulaması		
CO <sub>2</sub> Uygulaması	317,479	130,509
Normal Koşullar	240,687	118,554
LSD	öd	öd
CO <sub>2</sub> Uygulaması x Mg interaksyonu		
LSD	öd	47,381*



**Şekil 4.26.** Farklı magnezyum dozlarında yetiştirilen bitkilerde CO<sub>2</sub> uygulaması sonucunda kök GRaz (Glutasyon Redüktaz) enzim aktivitesinde meydana gelen değişim

Yapılan çeşitli araştırmalarda bitkilerin stres koşullarında bir savunma mekanizması olarak antioksidatif enzim sistemleri geliştirdikleri ve stres koşullarında bitkilerin bu enzim aktivitelerinde artış olduğu belirtilmiştir. Düşük sıcaklık stresi üzerine yaptıkları çalışmalarda Kerdnaimongkol ve Woodson, (1999) domates bitkisinde, Scebba ve ark. (1999) buğdayda, Seppanen ve Fagerstedt (2000) patatete, Leipner ve ark. (1999) mısırda antioksidatif enzim aktivitelerinde artış olduğunu bildirmişlerdir. Stres koşullarında APaz, GRaz, SOD enzim aktivitelerindeki artışın aksine KATaz enzim aktivitesindeki azalma çeşitli araştırmacılar tarafından rapor edilmiştir. Tewari ve ark. (2006), Esfandiari ve ark. (2010) yaptıkları çalışmada stres koşullarında fotooksidatif zararlanma sonucunda fotosistem 2'de meydana gelen aksaklıklar sonucu KATaz enzim aktivitesinin azaldığını bildirmişlerdir. Katalaz aktivitesinin düşük sıcaklıkla birlikte azalması başka bitki türlerinde de gösterilmiştir (MacRae ve Ferguson 1985, Lee ve Lee 2000, Kubo ve ark. 1999). Katalaz aktivitesindeki düşük sıcaklığa bağlı azalmanın farklı nedenleri olabileceği bildirilmiştir. Bunlar arasında uygulanan stres sonucu bir KATaz inhibitörünün oluşması, enzim sentezinin sekteye uğraması ve enzim sub-ünitelerinin yapısal deformasyonu sayılmaktadır (MacRae ve Ferguson 1985). Yapılan bu çalışma sonuçları bulgularımızla paralellik göstermektedir.

## 5. SONUÇ

Karbondiyoksit uygulaması bitkilerin kök ve yeşil aksam kuru maddelerinde ciddi bir artışa neden olmuştur. Ortam karbondiyoksit miktarının artması bitkide fotosentez hızının artmasına ve dolayısıyla bitkilerin daha hızlı gelişmelerine neden olmaktadır. Yapılan karbondiyoksit uygulaması sonucunda bitkiler, normal koşullarda yetişen bitkilere göre daha hızlı gelişmiş, yeşil aksam ve kök kuru madde verimleri artmıştır. Karbondiyoksit uygulaması sonucu kök kuru madde veriminde meydana gelen artış yeşil aksam kuru madde veriminde meydana gelen artıştan daha belirgin olmuştur. Bu sonuç, artan CO<sub>2</sub> koşullarında köklerin yeşil aksama oranla karbonhidratlara daha çok bağımlı olduğunu göstermektedir. Karbondiyoksit uygulamasının başka bir sonucu da bitkilerde yeşil aksam çözümler karbonhidrat miktarının artmasıdır. Daha hızlı gelişen bitkiler daha fazla fotosentez ürünü üretmekte ve depolamaktadır. Ancak karbondiyoksit uygulaması ile artan fotosentez hızına karşın kök çözümler karbonhidrat miktarı düşmüştür. Bitkinin vegetatif aksamının daha sağlıklı gelişebilmesi amacıyla köke iletilen karbonhidrat miktarı azalmıştır. Magnezyum noksanlığında da bitki genç yapraklarında çözümler karbonhidrat miktarının düştüğü belirlenmiştir.

Magnezyum noksanlığı durumunda bitkilerde yeşil aksam ve kök çözümler protein konsantrasyonunun azaldığı belirlenmiştir. Karbondiyoksit uygulaması sonucunda yeşil aksam çözümler protein konsantrasyonunda meydana gelen azalma belirgin olurken kök çözümler protein konsantrasyonunun uygulamadan fazla etkilenmediği görülmüştür.

Magnezyum, klorofil molekülünün merkez atomu olması nedeniyle noksanlığında bitkide klorofil miktarının düşmesi beklenen bir sonuçtur. Yapılan bu çalışmada magnezyumun noksanlık dozlarında yetişen bitkilerde toplam klorofil miktarının düşmesi yanında klorofil a, klorofil b ve karotenoid miktarlarında da azalma olduğu belirlenmiştir. Yapılan fenolojik gözlemler sonucu bitkilerin karbondiyoksit uygulaması sonucunda daha şiddetli magnezyum noksanlığı gösterdikleri belirlenmiştir. Yapılan SPAD ölçümleri sonuçları bu bulguları destekler niteliktedir. Bitkide klorofil miktarının azalması fotosentez oluşumunu aksatmaktadır. Bitkide klorofil miktarının düşmesi ve fotosentez oluşumunun azalması, magnezyum dozlarına bağlı azalmadan kaynaklanmaktadır. Karbondiyoksit uygulaması sonucu da bitkilerde klorofil miktarlarında azalma gözlemlenmiştir. Bu olgu bitkilerin kuru maddelerinde meydana gelen belirgin artış, besin elementlerinden yeterli düzeyde yararlanamamaları ve

dolayısıyla yüksek CO<sub>2</sub> uygulamasında bitkilerin daha çok magnezyuma ihtiyaç duyması olarak açıklanabilir.

Bitkiler stres koşullarında hayatlarının devamlılığı için antioksidatif enzim mekanizmaları geliştirmiştir. Fotooksidatif zararlanmayı en aza indirmek için geliştirdikleri bu mekanizmada herhangi bir stres koşulunda bitkide antioksidatif enzim aktivitelerinde artış meydana gelmektedir. Yapılan çalışmalarda bitkilerin magnezyum noksanlığında KATaz dışındaki antioksidatif enzim aktivitelerinde artış olduğu belirlenmiştir. KATaz enzim aktivitesinde meydana gelen bu azalmanın uygulanan stres sonucu bir KATaz inhibitörünün olduğu, enzim sentezinin sekteye uğradığı ve enzim sub-ünitelerinin yapılarında meydana gelen bozulmalar olduğu düşünülmektedir. Karbondioksit uygulaması yapılan bitkilerde KATaz dışındaki antioksidatif enzim aktivitelerinde artış belirlenmiştir. Yapılan çeşitli araştırmalarda karbondioksit uygulamasının belirli bir seviyenin üzerine çıkması durumunda bitkilere toksik etki yapabileceği bildirilmiştir.

Karbondioksit uygulaması sonucunda bitkiler daha çabuk gelişir ve verimde artışlar elde edilebilir. Ancak uygulanan karbondioksit sonucu daha çabuk gelişen bitkilerin besin elementi isteklerinin artacağı unutulmamalıdır. Atmosferde giderek artan CO<sub>2</sub> miktarı ile bitkilerin daha çok kuru madde oluşturmaları nedeniyle bitkilerin besin elementlerine ihtiyacı daha çok artacaktır. Bu durum gelecek yıllarda gübreleme programlarının değişmesine ve uygulanan dozların artmasına neden olacaktır. Ayrıca yapraklarda besin elementi kritik sınır değerlerinin de değişmesi ve artması beklenebilir. Karbondioksit uygulaması yapılacak bitkilerden sağlıklı bir verim artışı sağlamak için; sıcaklık, ışık gibi öteki bitki gelişim faktörlerinin de gereken oranda arttırılması dolayısıyla bu faktörlerin sınırlayıcı etki yapmaması sağlanmalı, bitkilerin strese girmeleri engellenmeli ve besin elementleri miktarları dikkatli bir şekilde ayarlanmalıdır.



## KAYNAKLAR

- Adani, F., Genevini, P., Zaccheo, P. and Zocchi, G. 1998.** The effect of humic acid on tomato plant growth and mineral nutrition. *Journal of Plant Nutrition*, 21(3): 561-575.
- Aktaş, H., 2002.** Biberde Tuza Dayanıklılığın Fizyolojik Karakterizasyonu ve Kalıtımı. *Doktora Tezi*, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Albayrak, B., Katkat, V. 2007.** Güney Doğu Marmara’da yetiştirilen bodur anaçlı granny smith elma çeşidinin beslenme durumunun belirlenmesi. *U. Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*, Cilt 21(1): 93-105
- Alexandrov, V.A., Hoogenboom, G. 2000.** The Impact of climate variability and change on crop yield in Bulgaria. *Agricultural and Forest Meteorology*, 104: 315-327.
- Anonim, 2006.** Kullanılan Çeşide (Pioneer 3394) Ait Üretici Firma. (PIONEER) Kataloğu.
- Başkaya, H.S. 2005.** Atmosferdeki Değişiklikler, Sera Etkisi Ve Dünyamızın Geleceği. Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, 140s.
- Bradford, M.M. 1976.** A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the protein-dye binding. *Anal.Biochem.*, 72: 248-254.
- Brohi, A.R., Karaman, M.R., Topbaş, M.T., Aktaş, A., Savaşlı, E. 2000.** Effect of Potassium and Magnesium Fertilization on Yield and Nutrient Content of Rice Crop Grown on Artificial Siltation Soil. *Turk J Agric For.* 24:429–435© TÜBİTAK.
- Çakmak, I., Marschner, H. 1992.** Magnesium deficiency and high light intensity enhance activities of superoxide dismutase, ascorbate peroxidase and glutathione reductase in bean leaves. *Plant. Physiol.* 98: 1222-1227.
- Çaldağ, B. 2000.** Meteorolojik Faktörlerin Bitki Gelişimine Etkilerinin Bitki-İklim Modelleri İle Belirlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*. İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Calvert, A., Slack, G. 1975.** Effect of Carbon Dioxide Enrichment on Growth, Development and Yield of Glasshouse Tomatoes: I. Response to Controlled Concentrations. *Journal of Horticultural Science*, 50:61-71.
- Cooper, R.L., Brun, W.A. 1967.** Effects of Light Intensity and Carbon Dioxide Concentration on Photosynthetic Rate of Soybean. *Crop Sci.*7: 451-454.
- Doğan, M. 2003.** Domates (*Lycopersicon sp.*)’te Tuz Stresinin Bazı Fizyolojik Parametreler ve Antidoksidant Enzim Aktiviteleri Üzerindeki Etkilerinin in vivo ve in vitro Olarak İncelenmesi. *Doktora Tezi*, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bil. Enst., Ankara.

- Elmacı, Ö.L., Seçer, M. 2004.** Azot, Potasyum ve Magnezyum Gübrelere, Kuşkonmaz (*Asparagus officinalis*) Plantasyon Toprağının Besin Elementleri İçeriğine Etkileri. *Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.* 41(1):127-138.
- Ersoy B., Demirsoy H. 2006.** Değişik Gölgeleme Uygulamalarının Camarosa Çilek Çeşidinde Bazı Elementlerin Mevsimsel Değişimine Etkileri Üzerine Bir Araştırma. *OMÜ Zir. Fak. Dergisi*, 21(1):82-88.
- Esfandiari, E., Shokrpour, M., Alavi-Kia, S. 2010.** Effect of Mg deficiency on antioxidant enzymes activities and lipid peroxidation. *J Agr Sci* 2:131–136.
- Foyer, C.H., Halliwell, B., 1976.** The presence of glutathione and glutathione reductase in chloroplasts: a proposed role in askorbik asid metabolism. *Planta* 133: 21-25.
- Gargın, S., ve Göktaş, A. 2011.** Farklı üzümü meyve türlerinde yaprak klorofil miktarının belirlenmesi. 6. *GAP Tarım Kongresi* 05-09 Mayıs 430-441 s., Şanlıurfa
- Giannopolitis, N., Ries, S.K. 1977.** Superoxide dismutase. I. Occurrence in high plants. *Plant Physiol.* 59: 309-319.
- Goldsberry, K.L., Holley, W.D. 1962.** Carbondioxide research on roses at Colorado State University. *Colorado Flower Growers Assoc. Bul.* 151: 1-6.
- Gossett, D.R., Banks, S.W., Millhollon, E.P., Lucas, C. 1996.** Antioxidant response to NaCl stress in a control and NaCl tolerant cotton cell line grown in the presence of paraquat, buthionine, sulfoximine, and exogenous glutathione. *Plant Physiol.*, 112: 803-809.
- Gossett, D.R., Millhollon, E.P., Lucas, M.C., 1994.** Antioxidant response to NaCl stress in salt-tolerant and salt-sensitive cultivars of cotton. *Crop Sci.*, 34:706-714.
- Hager, A. 2003.** Role of the plasma membrane H<sup>+</sup>-ATPase in auxin-induced elongation growth: historical and new aspects. *J Plant Res* 116:483–505.
- Harinasut, P., Poonsopa, D., Roengmongkol, K., Charoensataporn, R., 2003.** Salinity effects on antioxidants enzymes in mulberry cultivar. *Science Asia*, 29:109-113.
- Hartmann, H.D., H.U. Born, J. Müller. 1983.** Einfluß von Mg, Ca und Al auf den Spargelertrag. *Kali-Briefe (Buntehof)* 16(8): 421-430.
- Haspolat, G., Nikpeyma, Y. 2009.** Gemlik zeytin çeşidinde biyolojik olarak şelatize edilmiş KNO<sub>3</sub> (Potasyum Nitrat), ZnSO<sub>4</sub> (Çinko Sülfat) Ve MgSO<sub>4</sub>'ün (Magnezyum Sülfat) yapraktan uygulanmasının ve plastik malç uygulamasının meyve verimine ve kalitesine etkisi. *KSÜ Doğa Bil. Dergisi.* 12(2): 26-35
- Hecht-Buchholtz, C., Schuster, J. 1987.** Responses of Al-tolerant Dayton and Al-Sensitive Kearney Barley Cultivars to Calcium And Magnesium During Al Stress. *Plant and Soil*, 99:47-61.

**Hernandez, J.A., Olmos, E., Corpas, F.J., Sevilla, F., Del Rio, I.A., 1995.** Salt-induced oxidative stress in chloroplasts of pea plants. *Plant Sci.*, 105:151-167.

**Kacar, B. 1972.** Toprağın ve Bitkinin Kimyasal Analizleri , *Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayınları* No: 53 , A.Ü. Basımevi, Ankara.

**Kacar, B., Katkat, A.V. 2007.** Bitki Besleme. Nobel Yayın No: 849. *Fen ve Biyoloji Yayınları Dizisi* No: 29. Ankara.

**Kadioğlu, M. 2001.** Bildiğimiz Havaların Sonu. Küresel İklim Değişimi ve Türkiye. *Güncel Yayıncılık A.Ş.* No.110, İstanbul.

**Karanlık, S. 2001.** Değişik Buğday Genotiplerinde Tuz Stresine Dayanıklılık ve Dayanıklılığın Fizyolojik Nedenlerinin Araştırılması. *Doktora Tezi*, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

**Karaman, M.R. 2012.** Bitki Besleme. Gübretaş Rehber Kitaplar Dizisi 2, Ankara, 234pp.

**Kerdnaimongkol, K., Woodson, R. 1999.** Inhibition of KATase by antisense RNA increases susceptibility to oxidative stress and chilling injury in transgenic tomato plants. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 124: 330-336.

**Kubo, A., Aono, M., Nakajima, N., Saji, H., Tanaka, K., Kondo, N. 1999.** Differential responses in activity of antioxidant enzymes to different environmental stresses in *Arabidopsis thaliana*, *Journal of Plant Research.* 112: 279-290.

**Kuşvuran, Ş. 2004.** Kavunda (*Cucumis melo* L.) Tuz Stresine Toleransın Belirlenmesinde Antioksidan Enzim Aktivitesi ve Lipid Peroksidasyonundan Yararlanma Olankaları. *Yüksek Lisans Tezi*, Fen Bil. Ens., Ankara Üniversitesi.

**Kuşvuran, Ş., Daşgan, H.Y., Abak, K. 2010.** Farklı Kuraklık Stresi Derecelerinde Kavun Genotiplerinde Antioksidan Enzim Aktivitelerinin Değişimi. VIII. Sebze Tarımı Sempozyumu, 23-25 Haziran 2010, Van, 309-312.

**Kuşvuran, S. 2012.** Influence of Drought Stress on Growth, Ion Accumulation and Antioxidative Enzymes in Okra Genotypes. *International Journal Of Agriculture & Biology* 14 (3): 401-406.

**Lee, D.H., Lee, C.B., 2000.** Chilling stress-induced changes of antioxidant enzymes in the leaves of cucumber: in gel enzyme activity assays, *Plant Science* 159: 75-85.

**Leipner, J., Fracheboud, Y., Stamp, P. 1999.** Effect of growing season on the photosynthetic apparatus and leaf antioxidative defenses in two maize genotypes of different chilling tolerance. *Environ. and Experiment. Botany.* 42: 129-139.

- Lichtenthaler, H.K., Wellburn, A. 1983.** Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. *Biochem Soc. Trans.* 11: 591-592.
- Lin, C.C., Kao, C.H. 2000.** Effect of NaCl stress on H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> metabolism in rice leaves. *Plant Growth Regul.*, 30: 151-155.
- Lopez, M.V., Satti, S.M.E. 1996.** Calcium and potassium enhanced growth and yield of tomato under sodium chloride stress. *Plant Sci.*, 114: 19-27.
- Lyakh, V.M. 1986.** Effectiveness of Magnesium Fertilizers in plantings of Perpetual Carnation on Substrates Containing Calcareous Loam. *Horticultural Abstracts*, 28,453.
- Macrae, E.A., Ferguson, I.B. 1985.** Changes in Katalase activity and hydrogen peroxide concentration in plants in response to low temperature, *Physiol. Plant*, 65: 51-56
- Millhet, Y., Costes, C. 1984.** Influence de la forme et de la dose d'azote de la fumure minérale sur la production de fruits de plusieurs plantes maraichères suivant les teneurs de l'air en dioxyde de carbone. VI<sup>e</sup> Colloque international pour l'optimisation de la nutrition des plantes, Montpellier, France.
- Mitscherlich, G. 1995.** Die Welt in der wir leben. Entstehung – Entwicklung, heutige Stand. Rombach Ökologie, Rombach Verlag, Freiburg.
- Nakano, Y., Asada, K. 1981.** Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate specific peroxidase in spinach chloroplasts. *Plant Cell Physiol* 22: 867-880
- Okay, D., Demirtaş, Ç. 2007.** Bursa Koşullarında Sıcaklık ve CO<sub>2</sub> Değişimlerinin Mısır Bitkisinin Verim ve Evapotranspirasyon Üzerine Etkisinin Belirlenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri Dergisi (J. Agric. Sci.)*, 17(2): 81-87
- Pappenbrock, J., Mock, H.P., Tanaka, R., Kruse, E., Grimm, B. 2000.** Role of Magnesium Chelatase Activity in the Early Steps of the Tetrapyrrole Biosynthetic Pathway. *Plant Physiology*. 122:1161-1169
- Peet, M.M., Wolfe, D.W. 2000.** Crop Ecosystem Responses to Climate Change-Vegetable Crops, *CABI Publishing*, New York.
- Pitann B., Schubert S., Mühling K.H. 2009.** Decline in leaf growth under salt stress is due to an inhibition of H<sup>+</sup>- pumping activity and increase in apoplastic pH of maize leaves. *J Plant Nutr Soil Sc* 172:535–543.
- Shalata, A., Tal, M. 1998.** The Effect of salt stress on lipid peroxidation and antioxidants in the leaf of the cultivated tomato and its wild salt-tolerant relative *Lycopersicon pennellii*. *Physiol. Plant.*, 104: 169-174.

- Santiago, A., Exposito, A., Quintero, J.M., Carmona, E., Delgado, A. 2010.** Adverse effects of humic substances from different origin on lupin as related to iron sources. *Journal of Plant Nutrition*, 33, 143-156.
- Scebba, F., Sebastiani, L., Vitagliano, C. 1999.** Protective enzymes against activated oxygen species in wheat (*Triticum aestivum* L.) seedling: Responses to cold acclimation. *Journal of Plant Physiology*, 155,6,762-768.
- Schubert, S., Jung, S., Hanstein, S. 2012.** Magnesium nutrition of crop plants with special regard to drought stress. In: *Abstracts of the First International Symposium on Magnesium in Crop Production, Food Quality and Human Nutrition*, 8–9 May, 2012, Gottingen University, Germany
- Seppanen, M.M., Fagerstedt, K. 2000.** The role of superoxide dismutase activity in response to cold acclimation in potato. *Physiol. Plant.* 108: 279- 285.
- Sevengor, S., Yasar, F., Kusvuran, S., Ellialtioglu, S. 2011.** The effect of salt stress on growth, chlorophyll content, lipid peroxidation and antioxidative enzymes of pumpkin seedling. *African J. of Agricultural Research (AJAR)* 6(21):4920-4924
- Smith, B.P. 1968.** The Variation of Carbon Dioxide Under the Snow in the Arctic, *Ecology*, 49 (2): 358-361.
- Sreenivasulu, N., Grimm, B., Wobus, U., Weschke, W. 2000.** Differential response of antioxidant compounds to salinity stress in salt-tolerant and salt-sensitive seedling of fox-tail millet (*Setaria italica*). *Physiol. Plant.*, 109: 435-442.
- Talakvadze, K.B. 1975.** The effectiveness of minor elements in tea plantations receiving long – term fertilization. *Subtropicheskie kul'tury*, 6:14-18.
- Tang, N., Li, Y., Chen, L.S. 2012.** Magnesium deficiency-induced impairment of photosynthesis in leaves of fruiting *Citrus reticulata* trees accompanied by up-regulation of antioxidant metabolism to avoid photo-oxidative damage. *J Plant Nutr Soil Sci* 175: 784- 93
- Tewari R.K., Kumar. P., Sharma. P.N. 2006.** Magnesium deficiency induced oxidative stress and antioxidant responses in mulberry plants. *Sci Horti-Amst* 108:7–14.
- Uffelen, J.A.M., Nederhoff, E.M. 1988.** Effects of Continuous and Intermittent Carbon Dioxide Enrichment on Fruit Set and Yield of Sweet Pepper (*Capsicum Annuum* L.), *Neth. J. Agric. Sci*, 36: 209-217.
- Yakit, S., Tuna, A.L. 2006.** Tuz Stresi Altındaki Mısır Bitkisinde (*Zea Mays* L.) Stres Parametreleri Üzerine Ca, Mg ve K'nın Etkileri, *Akdeniz Ün. Ziraat Fak. Dergisi* 19(1):59-67.

**Yasar, F., Kusvuran, S., Ellialtioglu, S. 2006.** Determination of anti oxidant activities in some melon (*Cucumis melo* L.) varieties and cultivars under salt stress. *J. Hort. Sci. and Biotech.*, 81(4):627–630.

**Yaşar, F. 2003.** Tuz Stresi Altındaki Patlıcan Genotiplerinde Bazı Antioksidant Enzim Aktivitelerinin in vitro ve in vivo Olarak İncelenmesi. *Doktora Tezi*, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van, 138 s.

**Yaşar, F., Ellialtıoğlu, Ş., Özpay, T., Uzal, Ö. 2008.** Tuz Stresinin Karpuzda (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Mansf.) Antioksidatif Enzim (SOD, KATAZ, APX ve GR) Aktivitesi Üzerine Etkisi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri Dergisi (J. Agric. Sci.)*, 18(1): 61-65

**Yemm E.W., Wills, A.J. 1954.** The estimation of carbohydrate in plant extract by anthrone. *Biochem J*, 57:508–514

**Walker, M.A., Mckersie, B.D. 1993.** Role of the ascorbate-glutathione antioxidant system in chilling resistance of tomato, *Plant Physiology* 141: 234-239.

**Williams, L.E., Pittman, J.K., Hall, J.L. 2000.** Emerging Mechanisms for Heavy Metal Transport in Plants. *Biochim Biophys Acta*. 1465:104-126

**Wolfe, D.W. 1994.** Physiological and Growth Responses to Atmospheric CO<sub>2</sub> Concentration, *Handbooh of Plant and Crop Physiology*, 223-242. New York,

**Wurr, D.C.E., Hand, D.W. 1998.** Climate change: a response surface study of the effects of CO<sub>2</sub> and temperature on the growth of beetroot, carrots and onions. *J. Agric. Sci., Camb.*, 131:125–133.

**Zuang, H. 1982.** La fertilisation des cultures legumieres. CTIFLE, 22, rue Bergere. 75009, Paris.

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Günsu BARIŞIK  
Doğum yeri ve tarihi : Lefkoşa/Kıbrıs 29/08/1986  
Yabancı dil : İngilizce

### Eğitim Durumu

Lise : Sakıp Sabancı Anadolu Lisesi, 2001 - 2004  
Lisans : Uludağ Üniversitesi, Bursa 2004 - 2010  
Yüksek lisans : Uludağ Üniversitesi, Bursa 2010 - Devam

Çalıştığı kurum / Yıl : Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki  
Besleme Bölümü 2010 - Halen

İletişim : gbarisik@uludag.edu.tr

Yayınlar :

**Barışık G., Cakmak İ., Katkat A.V. 2013.** Karbondioksit Uygulamasının Farklı Magnezyum Beslenme Koşullarında Mısır Bitkisi Antioksidatif Enzim Aktivitesi Üzerine Etkisi. *6.Ulusal Bitki Besleme ve Gübre Kongresi*. 392. Kapadokya Nevşehir Türkiye

**Barışık G., Cakmak İ., Katkat A.V. 2010.** Karbondioksit Uygulamasının Farklı Magnezyum Beslenme Koşullarında Mısır Bitkisi Gelişimi Üzerine Etkisi. *Uludağ Üniversitesi II.Arge ve Bilgilendirme Günleri*. 169. Bursa Türkiye